

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE COBERTURA E INTERFERENCIA PARA EL  
SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE DE LAS ESTACIONES DE CERRO  
ORIENTE Y CERRO TASAJERO UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE  
SANTANDER

Ana María Pulido Anteliz

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero en Telecomunicaciones



Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Electrónica, Eléctrica, Sistemas y Telecomunicaciones

Programa Ingeniería en Telecomunicaciones

Pamplona

2021

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE COBERTURA E INTERFERENCIA PARA EL  
SISTEMA DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE DE LAS ESTACIONES DE CERRO  
ORIENTE Y CERRO TASAJERO UBICADAS EN EL DEPARTAMENTO DE NORTE DE  
SANTANDER

Ana María Pulido Anteliz

Trabajo de Grado para Optar el título de Ingeniero en Telecomunicaciones

Director

Edwin Mauricio Sequeda Arenas

Ingeniero Electrónico



Universidad de Pamplona

Facultad de Ingenierías y Arquitectura

Departamento de Ingeniería Electrónica, Eléctrica, Sistemas y Telecomunicaciones

Programa Ingeniería en Telecomunicaciones

Pamplona

2021

**NOTA DE ACEPTACION.**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director de tesis

---

Firma del Jurado 1

---

Firma del Jurado 2

## **DEDICATORIA**

La presente tesis quiero agradecerle principalmente a Dios por la oportunidad de brindarme salud y bienestar para cumplir con este logro, a mis abuelitas que me acompañan desde el cielo por que fueron guías de fortaleza durante todo mi vida personal y profesional, a mis padres Rubier y Adriana que son fuentes de inspiración, esfuerzo y dedicación para culminar mi proceso académico, a mis hermanos Fabian y Katherin por acompañarme en los momentos más difíciles donde sentía no poder continuar, a mi Tía Aura Pulido que durante mi proceso académico me apoyo económicamente, a mis docente y amigos del programa que siempre confiaron en mis capacidades y me motivaron a siempre luchar por lo que me proponía.

Todo este trabajo ha sido gracias a ellos y al esfuerzo que día a día me propongo para conseguir lo que he querido.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Expreso mis totales agradecimientos a:

La Universidad de Pamplona, institución que me abrió las puertas para cursar mi carrera profesional.

A la Agencia Nacional del Espectro por permitirme realizar las pasantías profesionales y darme la oportunidad de crecer como profesional

Al Ingeniero Edwin Mauricio Sequeda, tutor y coordinador durante el proceso de mi pasantía y desarrollo del proyecto de grado, a mis jurados Jorge Herrera y Jairo Moreno por enfocar orientar mis ideas.

A mi familia por siempre brindarme su apoyo en todo momento, por permitirme demostrarles las capacidades que tengo y habilidades que desarrolle a lo largo de mi formación.

A todos los docentes del programa que transmitieron todo conocimiento para formarme como Ingeniero en Telecomunicaciones, a mis compañeros que me impulsaron siempre a dar lo mejor de mí, demostrando siempre mis capacidades como líder.

## TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN.....	17
Planteamiento del Problema.....	17
Justificación.....	18
II. OBJETIVOS.....	20
2.1. Objetivo General.....	20
2.2. Objetivos Específicos.....	20
III. MARCO REFERENCIAL .....	21
3.1. Localización.....	21
3.2. Estado del Arte.....	22
3.2.1. Internacional.....	22
3.2.2. Nacional.....	24
3.3. Marco Conceptual.....	26
3.3.1. Televisión Digital Terrestre.....	26
3.3.1.1. Antecedentes de la Televisión Digital en Colombia.....	28
3.3.1.2. Digital Video Broadcasting - Terrestrial (DVB-T2).....	30
3.3.1.3. Modelos de Propagación.....	33
3.3.1.3.1. Métodos Determinísticos.....	33
3.3.1.3.2. Métodos Empírico.....	34
3.3.1.3.3. Métodos Semiempíricos.....	34
3.3.1.4. ITU-R 525/526 - 11.....	34
3.3.1.5. Método Deygout.....	37
3.3.1.6. Propagación Electromagnética.....	37
3.3.1.7. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.....	38

3.3.8. Agencia Nacional del Espectro .....	39
3.3.9. Comisión de Regulación de Comunicaciones .....	40
3.4. Marco Legal. ....	41
3.5. Información General de la Empresa.....	42
IV. METODOLOGÍA.....	44
4.1. Identificación preliminar .....	44
4.2. Revisión del marco legal y técnico.....	45
4.3. Apropiación del funcionamiento del simulador HTZ Communications. ....	45
4.4. Desarrollo de simulaciones .....	45
4.5. Análisis de Resultados .....	46
4.6. Desarrollo de prácticas profesionales.....	46
V. DESARROLLO.....	47
5.1. Estructura organizacional de la Agencia Nacional del Espectro.....	47
5.1.1. Funciones de la Agencia Nacional del Espectro .....	48
5.1.2. Funciones principales de la dependencia de Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro. ....	49
5.2. Simulaciones de Estaciones .....	52
5.2.1. Conceptos Básicos.....	52
5.2.2. Configuración de parámetros para el estándar DVB-T2 .....	56
5.2.3. Ubicación de las estaciones base.....	57
5.2.4. Patrón de radiación.....	59
5.2.5. Configuración de umbral de recepción.....	62
5.2.6. Configuración de antena receptora.....	62
5.2.7. Parámetros técnicos de las estaciones .....	63

5.2.7.1. Parámetros para la estación de Cerro Oriente.....	64
5.2.7.2. Parámetros para la estación de Cerro Tasajero.....	64
5.2.8. Simulación de las estaciones.....	65
5.3. Generación de reportes de cobertura.....	66
5.4. Análisis de interferencias.....	66
5.4.1. Conceptos básicos para análisis de interferencia.....	67
5.4.2. Configuración para interferencia.....	68
5.5. Configuración estudio de cobertura en Xirio Online.....	71
VI. RESULTADOS.....	77
6.1. Patrones de radiación.....	77
6.2. Análisis de cobertura.....	78
6.3. Análisis de cobertura con Simulador Xirio Online.....	80
6.4. Análisis de Interferencia.....	84
VII. CONCLUSIONES.....	88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92



## TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización Cerro Oriente .....	21
Ilustración 2. Localización Cerro Tasajero.....	22
Ilustración 3. Comparación entre las pérdidas de propagación medidas y estimadas. Modelos de propagación de Hata+Deygout y Okumura-Hata. Escenario de Barcelona. ....	23
Ilustración 4. Enlace de cobertura ISDB-Tb y DVB-T2. ....	24
Ilustración 5. Nivel de señal del transmisor de Calatrava de forma individual UIT-R 526-11.25	25
Ilustración 6. Nivel de señal del transmisor de El Cable de forma individual modelo UIT-R 526-11 .....	25
Ilustración 7. Diagrama de bloques de una Red TDT .....	27
Ilustración 8. Transmisión y recepción de la señal de TDT .....	28
Ilustración 9. Estructura de Televisión abierta en Colombia.....	29
Ilustración 10. Estándares de Televisión a nivel mundial .....	30
Ilustración 11. Mapa de cobertura TDT en estándares DVB-T y DVB-T2 .....	31
Ilustración 12. Difracción por obstáculos tipo filo de cuchilla.....	37
Ilustración 13. Logo Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación. ....	39
Ilustración 14. Logo Agencia Nacional del Espectro .....	40
Ilustración 15. Logo de la Comisión de Regulación de Comunicaciones .....	40
Ilustración 16. Línea del tiempo de la regulación de la TDT en Colombia .....	42
Ilustración 17. Metodología de la investigación.....	44
Ilustración 18. Organigrama de la Agencia Nacional del Espectro.....	47
Ilustración 19. Análisis de solicitudes de TDT.....	52
Ilustración 20. Zonas de Cobertura. a) Cobertura en el simulador de HTZ y b. Cobertura exportada en Google Earth Pro.....	53

Ilustración 21. Configuración del método de propagación.....	57
Ilustración 22. Configuración de coordenadas para Cerro Oriente .....	58
Ilustración 23. Configuración de coordenadas para Cerro Tasajero .....	58
Ilustración 24. Ubicación en el departamento de las estaciones.....	59
Ilustración 25. Selección del tipo de patrón horizontal (Azimuth).....	60
Ilustración 26. Configuración para patrón horizontal (Azimuth).....	60
Ilustración 27. Selección del tipo de patrón vertical (Elevación).....	61
Ilustración 28. Configuración para patrón vertical (Elevación) .....	61
Ilustración 29. Configuración de umbral de recepción a 48 dBuV/m .....	62
Ilustración 30. Altura de la antena receptora .....	63
Ilustración 31. Configuración de parámetros DBV-T2 .....	63
Ilustración 32. Parámetros para la estación de Cerro Oriente .....	64
Ilustración 33. Parámetros para la estación de Cerro Tasajero.....	64
Ilustración 34. Simulación a 48 dBuV/m de la estación Cerro Tasajero.....	65
Ilustración 35. Simulación a 48 dBuV/m de la estación Cerro Tasajero.....	65
Ilustración 36. Generación de cobertura para la estación de Cerro Oriente .....	66
Ilustración 37. Configuración de interferencia .....	68
Ilustración 38. Configuración de márgenes de protección .....	69
Ilustración 39. Restricción de interferencia .....	70
Ilustración 40. Crear nuevo estudio .....	71
Ilustración 41. Parámetros técnicos Cerro Oriente.....	72
Ilustración 42. Parámetros técnicos Cerro Tasajero .....	73
Ilustración 43. Parámetros técnicos de recepción.....	74
Ilustración 44. Parámetros de difusión .....	74

Ilustración 45. Propiedades de Método de Calculo .....	75
Ilustración 46. Área de cálculo y rangos .....	75
Ilustración 47. Patrones de radiación para la estación de Cerro Oriente con una inclinación de 180° .....	77
Ilustración 48. Patrones de radiación para la estación de Cerro Tasajero con una inclinación de 180° .....	78
Ilustración 49. Análisis de cobertura de las dos estaciones .....	79
Ilustración 50. Cobertura del municipio de Pamplona - Estación Cerro Oriente .....	81
Ilustración 51. Cobertura del municipio de Mutiscua - Estación Cerro Oriente .....	81
Ilustración 52. Cobertura del municipio de Cúcuta - Estación Cerro Tasajero .....	82
Ilustración 53. Cobertura del municipio de Villa del Rosario - Estación Cerro Tasajero .....	82
Ilustración 54. Cobertura del municipio de Los Patios- Estación Cerro Tasajero .....	83
Ilustración 55. Cobertura del municipio de El Zulia - Estación Cerro Tasajero .....	83
Ilustración 56. Cobertura del municipio de San Cayetano - Estación Cerro Tasajero .....	84
Ilustración 57. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Oriente .....	85
Ilustración 58. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Oriente en Google Earth ...	85
Ilustración 59. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Tasajero .....	86
Ilustración 60. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Tasajero en Google Earth .	87

**LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Ubicación geográfica de estaciones.....	21
Tabla 2. Especificaciones técnicas de DTV-T2 vs DVB-T .....	33
Tabla 3. Banda de frecuencias para televisión terrestre .....	54
Tabla 4. Canales disponibles en Colombia para TDT .....	54
Tabla 5. Umbrales de recepción .....	67
Tabla 6. Márgenes de protección en los campos .....	67
Tabla 7. Rango de señal Xirio Online .....	76
Tabla 8. Tabla de cobertura para la estación de Cerro Tasajero.....	79
Tabla 9. Tabla de cobertura para la estación de Cerro Oriente .....	80

**LISTA DE APÉNDICES**

**Apéndice A.** Hoja de datos de la Antena RYMSA AT15-250

**Apéndice B.** Manual de Funciones del simulador HTZ Communications.

**Apéndice C.** Informes mensuales entregados a Estado Joven

**ACRONIMOS**

<b>ANE</b>	Agencia Nacional del Espectro
<b>MINTIC</b>	Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
<b>CRC</b>	Comisión de Regulación de Comunicaciones
<b>CNTV</b>	Consejo Nacional de Televisión
<b>TDT</b>	Televisión Digital Terrestre
<b>DVB-T2</b>	Digital Video Broadcasting – Terrestrial (Segunda versión)
<b>CNABF</b>	Cuadro Nacional de Atribuciones de Bandas de Frecuencias
<b>PTTV</b>	Plan Técnico de Televisión
<b>CCTR</b>	Cuadro de Características de la Red
<b>LoS</b>	Line of Sight (Línea de Vista)
<b>PRST</b>	Proveedor de redes y servicios de Telecomunicaciones
<b>ERE</b>	Espectro radioeléctrico

## RESUMEN

En Colombia, las transmisiones analógicas de televisión están siendo modificadas en su mayoría por transmisión digitales, esto con el fin de aprovechar espacios del espectro radioeléctrico, mejorar la calidad y capacidad de los servicios multimedia.

En el siguiente proyecto se presenta un análisis del comportamiento en la cobertura e interferencia para el servicio de Televisión Digital Terrestre (TDT) de dos estaciones bases ubicadas en el departamento de Norte de Santander, Colombia, específicamente en Cerro Oriente y Cerro Tasajero, realizadas a partir de la práctica profesional en la Agencia Nacional del Espectro (ANE), en la dependencia de la Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro. El desarrollo de este, dispuso de varias etapas para cumplir el propósito de los objetivos planteados, inicialmente se documentó en la parte técnica y legal sobre el servicio de Televisión Digital Terrestre, a partir de ello, con la ayuda de una herramienta de simulación, fueron realizadas pruebas para analizar los comportamientos en la señal de TDT para las estaciones mencionadas anteriormente, teniendo en cuenta parámetros y condiciones necesarios para ofrecer el servicio de televisión digital.

Cabe resaltar que este proyecto fue realizado con el fin de dar a conocer el comportamiento de cobertura existente en algunos municipios del departamento y sus alrededores, así mismo fueron evaluadas e identificadas las interferencias que se presentaron entre estaciones bases que ofrecen servicios de Televisión Digital Terrestre (TDT).

**Palabras Claves:** *Televisión Digital Terrestre, Interferencias, Cobertura, Análisis, ANE .*

## ABSTRACT

In Colombia, analog television transmissions are being modified mostly by digital transmission, this in order to take advantage of radio spectrum space, improve the quality and capacity of multimedia services.

The following project presents an analysis of coverage and interference behavior for the Terrestrial Digital Television (TDT) service of two base stations located in the department of Norte de Santander, Colombia, specifically in Cerro Oriente and Cerro Tasajero, made from the professional practice in the National Spectrum Agency (ANE), in the unit of the Subdirection of Management and Technical Planning of the Spectrum. The development of this, had several stages to meet the purpose of the objectives set, initially was documented in the technical and legal part on the Terrestrial Digital Television service, from this, with the help of a simulation tool, tests were conducted to analyze the behaviors in the TDT signal for the stations mentioned above, taking into account parameters and conditions necessary to provide digital television service.

It should be noted that this project was carried out in order to show the existing coverage behavior in some municipalities of the department and its surroundings, as well as to evaluate and identify the interferences that occurred between base stations offering Terrestrial Digital Television (TDT) services.

**Key words:** *Terrestrial Digital Television, Interference, Coverage, Analysis, ANE.*



## I. INTRODUCCIÓN

En la época de los 60's la televisión tan solo era un medio de comunicaciones con el objetivo de generar entretenimiento en las personas, pero para ello siempre fue indispensable ofrecer buena calidad en el servicio. La Televisión Digital Terrestre (TDT) en Colombia actualmente es una de las invenciones tecnológicas más importantes de la historia, ya que esta permite que la señal analógica convencional sea digitalizada mediante métodos binarios que es transmitida mediante ondas propagadas en el aire hasta cada uno de los hogares. El servicio de TDT trae consigo varias ventajas en imagen y sonido de alta calidad, interactividad con plataformas y la transmisión de diferentes canales, haciendo uso de un mismo ancho de banda (Moreno et al., 2011, p. 2).

La TDT no solo representa un avance tecnológico, sino que además enfrenta grandes retos de impacto social y económico en la población, transformación de infraestructura e ideas de negocios para consorcios privados y públicos, que deberán migrar hacia esta tecnología, cambiando formatos digitales y transmitir bajo las recomendaciones del estándar DVB-T.

Una de las cosas más importantes para ofrecer un servicio de Televisión Digital Terrestre, es conocer la cobertura que posiblemente cubrirá la señal del servicio, para este caso en las zonas del departamento de Norte de Santander, donde actualmente no se encuentra información local referente al tema.

### **Planteamiento del Problema**

La Agencia Nacional del Espectro (ANE) es una entidad que brinda asesoría al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC) en relación a la gestión, planeación, control y vigilancia del espectro radioeléctrico en Colombia.

Para la transmisión del servicio de radiodifusión de la TDT a través de estaciones base, es necesario tener en cuenta que debe cumplir con los mínimos estándares establecidos, para el buen

funcionamiento de la misma, y para ello es de importancia analizar comportamientos en los parámetros de viabilidad del uso de frecuencias, potencias, modelos de propagación entre otras que son asignadas para esta tecnología.

Las estaciones donde cubren en gran porcentaje los municipios de Norte de Santander son Cerro Oriente y Cerro Tasajero, que permiten llevar varios servicios a través de su infraestructura por sus alrededores, pero usualmente en estos municipios del departamento los usuarios usan aun los servicios de televisión analógica, y tras los apagones analógicos que se presentarán durante los siguientes periodos, estos se podrían ver perjudicados al no contar con los equipos establecidos para la TDT.

Además, este tipo de investigaciones actualmente no se han realizado en la región por lo que no se tiene información relevante sobre el servicio en el departamento, lo que afectaría en gran parte en el desarrollo tecnológico para estas zonas. Algunas de las consecuencias que se presentan con la infraestructura de estaciones base de TDT, es que aún no se cuenta en el país con la suficiente capacidad para ofrecer el servicio al 100%, lo que limita a las entidades reguladoras hacer uso de las frecuencias.

Es importante tener en cuenta que, para el análisis del comportamiento de la señal de TDT, fue tenido en cuenta los parámetros utilizados por la ANE, bajo las recomendaciones de la ITU-R 525/526-11.

### **Justificación**

A partir del año 1954 Colombia da inicio al servicio de televisión (analógica), la cual fue una innovación tecnológica importante, que permitió a todos los usuarios disfrutar de contenidos para su entretenimiento, ahora bien, la Televisión Digital Terrestre en Colombia llego para generar nuevas oportunidades a entidades involucradas, considerando ventajas de calidad, diversidad de contenidos y uso eficiente del espectro (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2012, p. 4).

A partir de los apagones analógicos, que permitieron desarrollar no solo el servicio de Televisión Digital Terrestre, si no la implementación de muchas tecnologías, es necesario que el uso de estas conserve la calidad y cobertura durante la transmisión de información.

Para ello se buscó que con la realización de este estudio los operadores que ofrecen estos servicios tengan una visibilidad en cuanto a la cobertura de municipios en donde podrían transmitir la señal. Para el caso del análisis de interferencias de estas dos estaciones, se realizaron algunas observaciones para evitar obstrucciones a partir de condiciones técnicas de transmisión y recepción de servicios para TDT, dentro de las cuales se abordan intensidad de campo de señal del servicio con DVB-T2, límites de exposición a campos electromagnéticos, mascarar espectrales, convivencia de redes, márgenes de protección entre estaciones del servicio de radiodifusión de televisión, condiciones técnicas para recepción móvil, entre otras.

Según las competencias conferidas por la CRC, se establecen especificaciones técnicas mínimas para la implementación del estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T2, respecto a equipos de red y receptores. Estos elementos en materia regulatoria, la CRC da a concebir que la implementación de la TDT, para estos procesos implica modificaciones desde los reguladores.

Para los usuarios que hacen uso del servicio de TDT en Colombia es totalmente gratis, ya que no requiere ningún tipo de contrato hacia algún operador que ofrecen servicios de televisión, además que les permitirá disfrutar de mejor calidad de imagen y sonido en los contenidos.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo General**

Analizar el comportamiento de la cobertura e interferencia para el sistema de Televisión Digital Terrestre de las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero para la Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro de la Agencia Nacional del Espectro

### **2.2.Objetivos Específicos**

Identificar las funciones principales de la dependencia de Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro.

Simular las estaciones base Cerro Oriente y Cerro Tasajero con información similar para ofrecer el servicio de TDT.

Evaluar las interferencias presentadas en las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero.

Realizar un manual del funcionamiento del simulador HTZ Communications.

### III. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1. Localización.

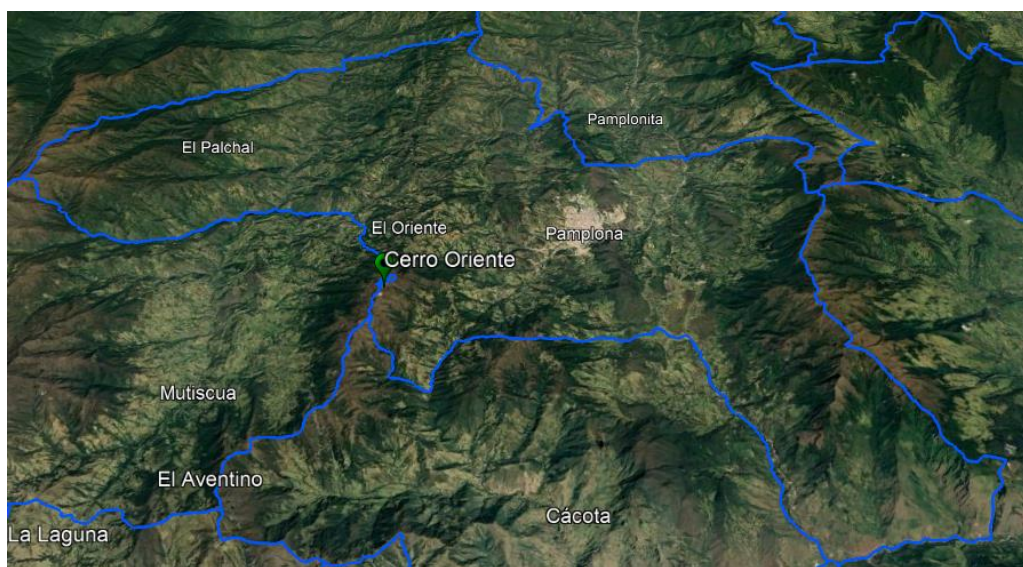
Para este análisis es necesario referenciar dos estaciones, localizadas en el departamento de Norte de Santander georreferenciadas en la tabla 1, Cerro Oriente ubicada en las montañas del municipio de Pamplona como se muestra en la ilustración 1 y Cerro Tasajero que forma parte del área urbana de la ciudad de Cúcuta que se evidencia en la ilustración 2.

Estas estaciones generalmente cuentan con infraestructura en telecomunicaciones para ofrecer diferentes servicios, además que son referentes para comunicar repetidores distribuidos por varios municipios del departamento

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de estaciones

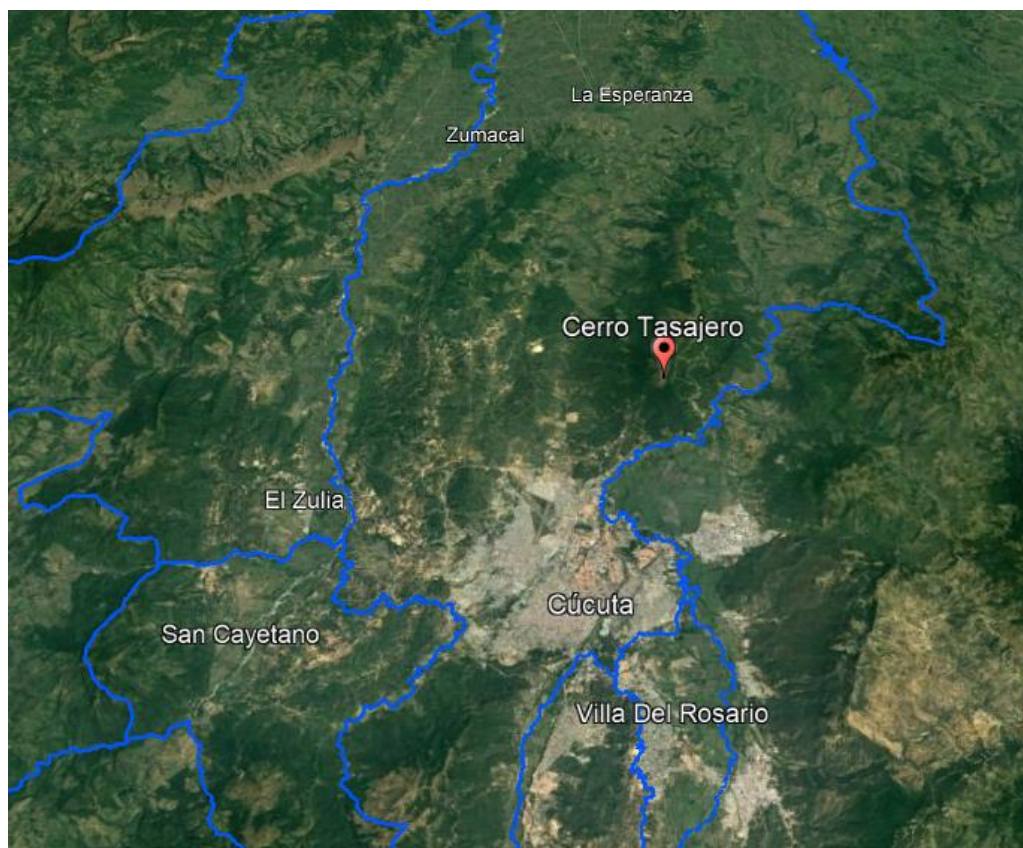
NOMBRE	LATITUD	LONGITUD
<b>Cerro Oriente</b>	7°20'2.60"N	72°42'3.60"O
<b>Cerro Tasajero</b>	7°59'31.31"N	72°27'43.83"O

**Ilustración 1.** Localización Cerro Oriente



**Fuente:** (Google Earth, 2021)

## Ilustración 2. Localización Cerro Tasajero



**Fuente:** (Google Earth, 2021)

### 3.2.Estado del Arte.

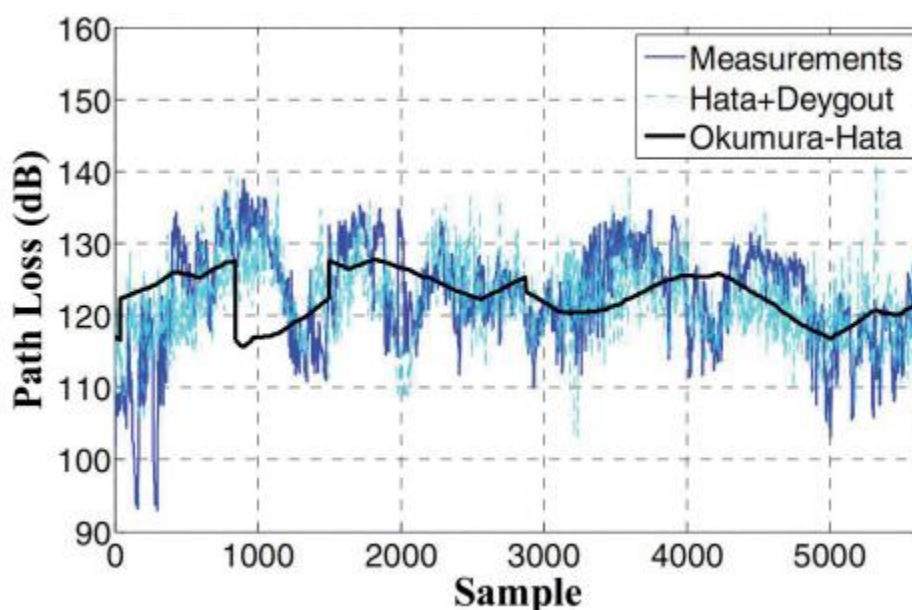
Para obtener una retroalimentación sobre el tema de cobertura y análisis de interferencias para el sistema de televisión digital terrestre, es necesario realizar algunas investigaciones que permitirá contextualizar la propuesta de manera general.

#### 3.2.1. Internacional.

Jordi Joan, Jaime López, David Gómez y Coche Narcisoña en el año 2011, realizaron un artículo sobre los “Modelos de propagación radio para redes de TDT móvil en la banda UHF” para España donde estudian la idoneidad de diferentes modelos de propagación para el despliegue de redes de TDT móvil sobre la banda UHF. Puesto que la planificación y minimización de costos de

infraestructura para estas redes que basan en los estándares de DVBT/H, DVB-T2 o terminales móviles DVB-NGH que están en estudio. Esta propuesta analiza tres modelos basados en la fórmula de Hata, usando el término de difracción del método de Deygout y el modelo COST 231 Walfisch-Ikegami. En la ilustración 3 se muestra una comparación de pérdidas de propagación entre los modelos de Hata+Deygout y Okumura-Hata para el área de Barcelona. Se realizaron varias medidas en varios espacios y con diferentes condiciones, para que finalmente evaluarán la viabilidad de la señal recibida para un cierto espacio en específico (Giménez et al., 2011)

**Ilustración 3.** Comparación entre las pérdidas de propagación medidas y estimadas. Modelos de propagación de Hata+Deygout y Okumura-Hata. Escenario de Barcelona.



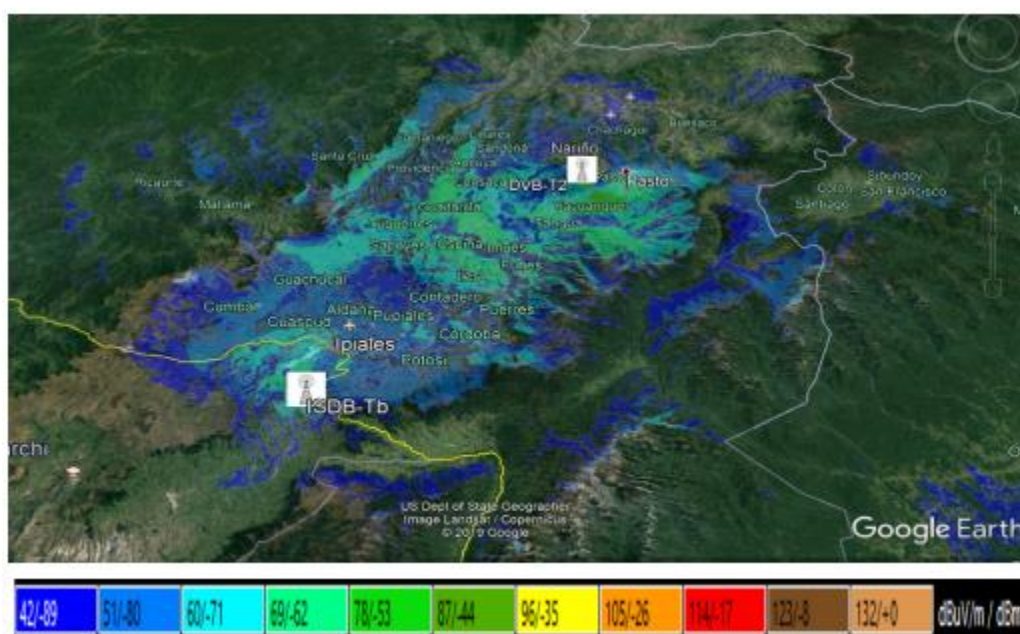
**Fuente:** (Giménez et al., 2011)

Propuesta de trabajo de grado sobre la “Coexistencia de ISDB-TB de Ecuador y D2011VB-T2 de Colombia En La Ciudad De Tulcán”. Donde comentan que su proyecto tiene como finalidad analizar el grado de coexistencia que tiene los sistemas de TDT entre el límite de Colombia y Ecuador, según sus estándares de TDT, que respectivamente son DVB-T2 y ISDB-Tb respectivamente. Seguidamente realiza un análisis de las principales características de parámetros



técnicos para los sistemas TDT teniendo en cuenta su geografía, esto con el fin de hacer la elección apropiada del modelo de propagación para esta zona fronteriza como se muestra en la ilustración 4. Las mediciones obtenidas ayudaron a estimar el umbral de interferencia, de manera que le permitió proponer el mejor modelo de propagación que se ajustaran a las condiciones geográficas y climáticas para la zona de transmisión TDT de Colombia y Ecuador, con el fin de aumentar el nivel de coexistencia sin ningún problema significativo de interferencias entre ellos (Zambrano, 2020).

**Ilustración 4.** Enlace de cobertura ISDB-Tb y DVB-T2.



**Fuente:** (Zambrano, 2020).

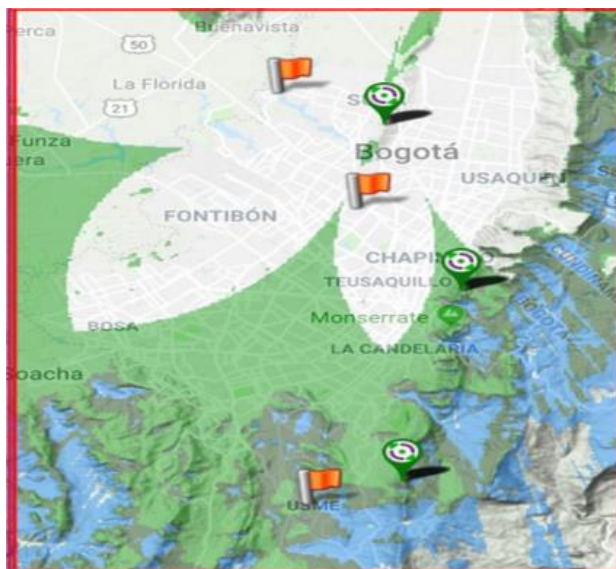
### 3.2.2. Nacional.

En la ciudad de Bogotá se realizó un estudio de “Medición y análisis de cobertura de la señal de televisión digital terrestre en entornos urbanos”, donde refleja un estudio de cobertura para la red de televisión digital terrestre implementada en Colombia, en la zona urbana de la ciudad de Bogotá, donde primeramente realizaron una revisión en la normatividad vigente nacional e internacional, modelos de propagación para el servicio, para luego proceder con el desarrollo de una estructura



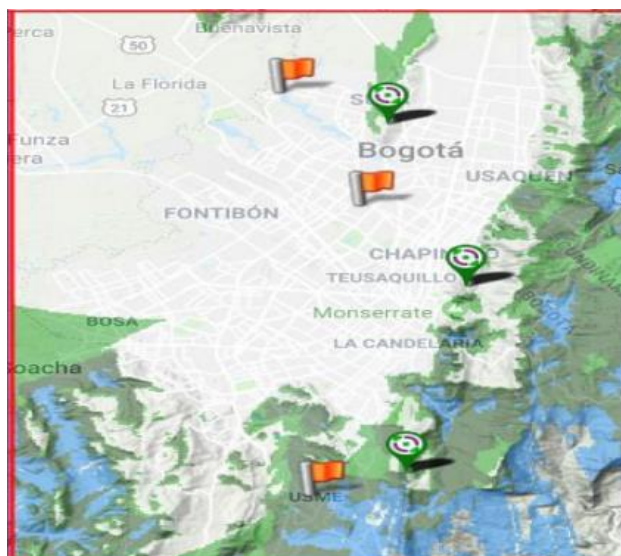
de medición localizada geográficamente, y finalmente hacer mediciones usadas sobre el nivel de cobertura para el sector rural de la ciudad de Bogotá, estableciendo si los niveles de señal actuales cumplía con el nivel establecido por la normativa como se evidencia en las ilustraciones 5 y 6. Para finalizar se realizó un ajuste al modelo de propagación con el cual se esperó representar de mejor manera los niveles calculados frente a los medidos. (Ovideo, 2019)

**Ilustración 5.** Nivel de señal del transmisor de Calatrava de forma individual UIT-R 526-11



**Fuente:** (Ovideo, 2019)

**Ilustración 6.** Nivel de señal del transmisor de El Cable de forma individual modelo UIT-R 526-11



**Fuente:** (Ovideo, 2019)

Para el año 2013 los investigadores Andrés Navarro, Iván Abadía y Madelayne Morales realizan un artículo llamado “TDT - Estado del arte”, donde a partir de la aprobación del plan para la implementación del servicio de televisión digital terrestre en Colombia, realizaron un reconocimiento de la adopción de la DVB-T2, donde en América Latina, reconoce que es un estándar poco común. Presenta ciertos antecedentes desde una perspectiva técnica de los estándares de TDT existentes y sus aplicaciones en América Latina. Finalmente, el mayor aporte para esta investigación facilita comprender ventajas y diferencias para este estándar, y visualizar posibilidades para el territorio colombiano (Navarro et al., 2013)

### **3.3.Marco Conceptual.**

Para el año 2010, la televisión radiodifundida en Colombia, adopta el estándar europeo DVB-T para la TDT, bajo el acuerdo de la CNTV No. 008 del 2010, donde posteriormente fue modificado para la actualización de la versión de la DVB-T2 mediante el acuerdo de la CNTV No. 004 del 2011. Seguidamente, fue expedido el Acuerdo CNTV No. 002 del 2012, que reglamenta la prestación del servicio público de televisión radiodifundida digital terrestre, y establece el marco general del despliegue de la TDT en el país. Para contextualizar el servicio de televisión digital terrestre, se debió relacionar algunas definiciones importantes, que dan inicio a esta tecnología.

#### **3.3.1. Televisión Digital Terrestre**

Esta tecnología es el resultado de aplicar la señal digital a través de ondas que son transmitidas por la atmosfera sin la necesidad de cables o satélites, y son recibidas por medio de antenas, en la ilustración 7 se evidencia el diagrama de cómo funciona una red de TDT. Este reemplazó en gran parte, la televisión analógica convencional, gracias a sus múltiples ventajas, ya que permite mayor cantidad de canales, variedad de servicios y mejor calidad de imagen y sonido (Ministerio de

asuntos económicos y transformación digital, s.f). En Colombia se trabaja para que de manera gradual se vaya implementando esta tecnología y los ciudadanos puedan irse acoplando a esta nueva tecnología sin verse afectados por los apagones analógicos.

**Ilustración 7.** Diagrama de bloques de una Red TDT

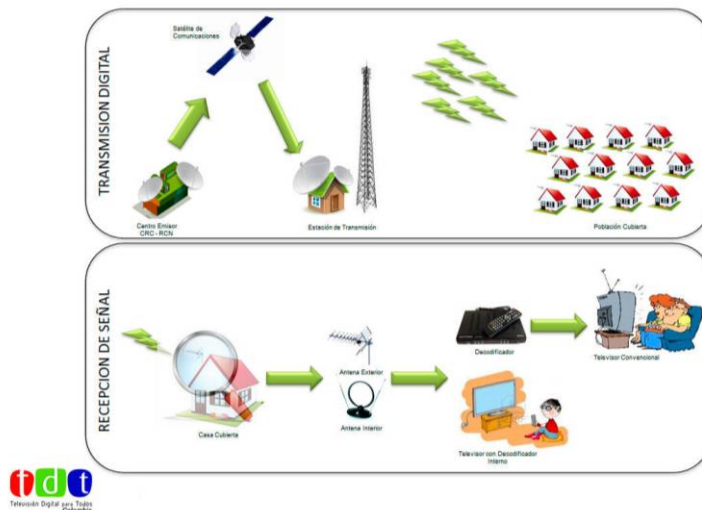


**Fuente:** (CRC, 2012)

En Colombia existen canales públicos y privados, nacionales, regionales y locales, que tienen la obligación de adelantar procesos para implementar redes de cobertura para el servicio, actualmente existen alrededor de 786 municipios cubiertos por estaciones bases de los diferentes canales entre ellos Caracol, RCN, RTVC, Regionales y Locales (TDT para todos, 2021)

En la ilustración 8, se muestra el funcionamiento de transmisión y recepción de la señal de Televisión Digital Terrestre.

### Ilustración 8. Transmisión y recepción de la señal de TDT



**Fuente:** Televisión Digital para Todos

#### 3.3.1.1. Antecedentes de la Televisión Digital en Colombia

En el año 2011, según la CNTV, los canales de television del consorcio nacional de canales privados CCNP que son RCN y CARACOL, fueron los que inicialmente empezaron en el año 2010 con dos estaciones bases bajo el estándar de DVB-T.

- Estación de calatrava que cubre los municipios de Bogotá, Soacha, Chía, Cajicá, Facatativá, Madrid, Funza, Mosquera.
- Estación La Palma que cubre los municipios de Medellín, Copacabana, Envigado y Bello.

Por otro lado, se asignó un presupuesto para trece estaciones bases de TDT que corresponden a Manjuí, Calatrava, Sur de Bogotá, Cerro Kennedy, Nogales, Padre Amaya, Bello, Itagüí, La Azalea, Cristo Rey, Terrón Colorado, La Popa y Lebrija, todas estas comprendían un canal tanto para RTVC, como un canal regional en cada uno sus municipios.

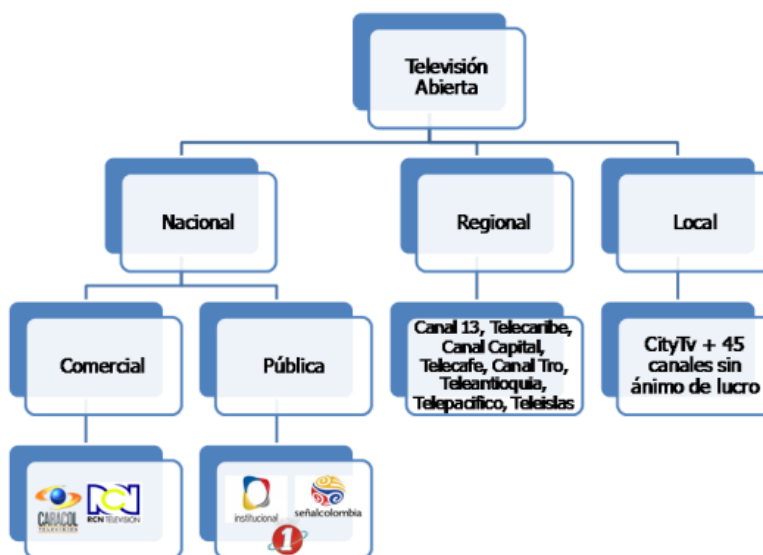
Cuando la CNTV realizó asignaciones de canales según los proveedores que en la actualidad son los estructurados en la ilustración 9, para emitir la señal TDT en gran parte de los departamentos de Colombia, se asignaron de la siguiente manera:

- Canal Caracol : CH14.
- Canal RCN: CH15.
- RTVC (Canales Uno, Institucional y Señal Colombia): CH16.

Para los canales regionales, que eran emitidos es sus respectivos departamentos, fueron asignados así:

- Teveandina: CH18.
- Capital: CH19.
- Teleantioquia: CH18.
- Telecaribe: CH18.
- Telepacífico: CH18

**Ilustración 9.** Estructura de Televisión abierta en Colombia

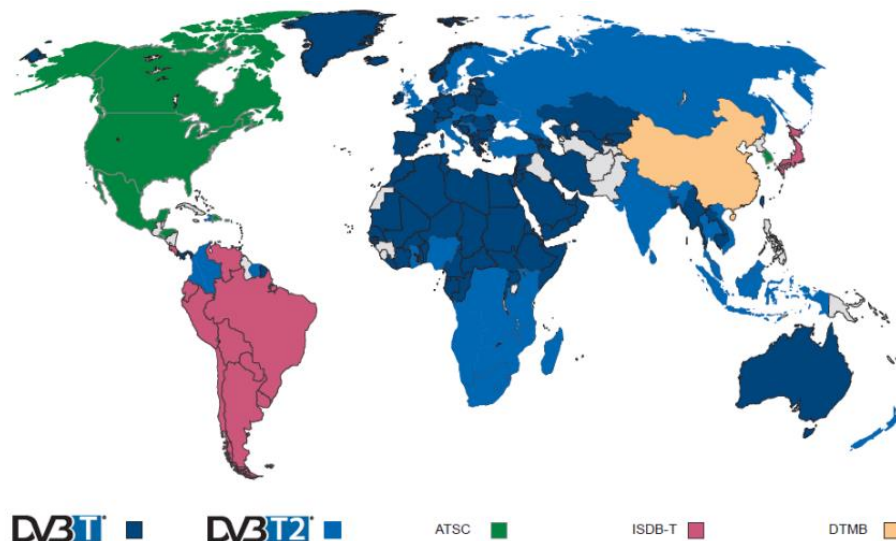


**Fuente:** (CRC, 2012)

### 3.3.2. Digital Video Broadcasting - Terrestrial (DVB-T2)

Para empezar DVB-T es el estándar encargado de transmitir video, audio y varia información a través de una señal digital que es enviada por una red de antenas terrestres. Esta es utilizada por toda Europa y gran parte de Asia y África como se muestra en la ilustración 10.

**Ilustración 10.** Estándares de Televisión a nivel mundial



**Fuente:** DVB Project

El estándar DVB-T2 implementado para Televisión Digital Terrestre fue seleccionada para el territorio colombiano, la elección fue realizada principalmente bajo el aprovechamiento del espectro radioeléctrico, permitiendo la transmisión de canales en alta definición que tiene una mejora en las condiciones de transmisión en situaciones atmosféricas adversas (DVB-T2, s.f)

Para hacer más simple el significado de la DVB-T2, la explicación detallada de cada una de las letras se compone de:

**DVB:** Este es el encargado de crear estándares abiertos de televisión digital, sus siglas representan difusión de video digital

**T:** Esta representa la T de terrestre, para ser diferenciado de otros estándares como la difusión por satélite (DVB)-S, difusión portátil (DVB-H) y difusión por cable (DVB-C).

2: Por ser segunda generación

**Ilustración 11.** Mapa de cobertura TDT en estándares DVB-T y DVB-T2



**Fuente:** TDT para todos

Es importante aclarar que el objetivo de este estándar es obtener una retransmisión de televisión de mayor calidad que el anterior estándar (DVB-T), debido a que este no cuenta con suficiente ancho de banda que permita la visualización de canales en alta resolución (Ramírez, 2018)

En Colombia implementar el estándar DVB-T2 fueron necesarias realizar ciertas fases, donde por cada una comprendían una gran cantidad de departamentos, según como la infraestructura permitiera, como se muestra en la ilustración 11 se puede evidenciar que no en todo el territorio colombiano se ha implementado el estándar DVB-T2.

### 3.3.2.1. Parámetros DVB-T2

Este estándar cumple con ciertos parámetros para el buen funcionamiento, que fueron resumidos en la tabla 2 (PROMAX, 2017), sin embargo, se deben conocer algunos conceptos base.

- **Ancho de banda:** Es el ancho donde se encuentran los canales
- **Inversión Espectral:** Este detecta si se realiza una inversión espectral a la señal de entrada
- **Modo FFT:** Define el número de portadoras de modulación
- **Piloto Patrón:** Existen varios patrones pilotos, a partir del PP1 a PP8, sus funciones dependerán según el tipo de canal. Pueden soportar variaciones de tiempo y frecuencia, y sus límites dependerán según las características del receptor.
- **Intervalo de Guarda:** Su objetivo es permitir una detección correcta para no interferir entre transmisiones, este intervalo introduce inmunidad a retardos, ecos y reflexiones de propagación de los datos digitales
- **Modulación:** Modulación COFDM con constelaciones QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM.
- **Tasa de codificación:** Relación entre el número de bits de datos y el número de bits totales transmitidos
- **Potencia:** Potencia medida en todo el ancho de banda del canal
- **C/N:** Relación Portadora/Ruido, donde C (Carrier) es la potencia recibida por la señal portadora modulada y N (Noise) es la potencia de ruido recibida.
- **MER:** Relación de error de modulación, este representa la relación entre la potencia media de la señal DVB y la potencia media de ruido que se presente en la modulación de las señales
- **BER:** Tasa de error, que se relaciona en:
  - **CBER:** Medida del BER de la señal, después de pasar por el demodulador y antes de aplicar la corrección de errores.



- **LBER:** Medida del BER después de aplicar la corrección de errores.

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de DTV-T2 vs DVB-T

	DVB-T	DVB-T2
<b>Interfaz de entrada</b>	Flujo de transporte único (TS)	Flujo de transporte múltiple
<b>Ancho de banda de canales</b>	6 MHz, 7 MHz y 8 MHz	
<b>FFT</b>	2k, 4k y 8k	1k, 2k, 4k, 8k, 8k+ EXT, 16k, 16k+ EXT, 32k, 32k+ EXT.
<b>Modulación</b>	COFDM	
<b>Modulaciones empleadas por las portadoras</b>	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
<b>Intervalo de Guarda</b>	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 19/128, 1/8, 19/256 1/16, 1/32, 1/128

### 3.3.3. Modelos de Propagación

#### 3.3.3.1. Métodos Determinísticos

Estos se fundamentan por teorías y por escenarios en donde se presenta línea de vista (LoS). Se basan más que todo en el trayecto y mecanismo que sustenta la propagación. Actualmente son los más utilizados ya que ofrecen mejores resultados. Estos pueden ser: [ITU-R 525, ITU-R 526, Método Fresnel, Método Wojnar, Trazado de Rayos, ITU 525/526]

### 3.3.3.2. Métodos Empírico

Este se fundamenta en formulas por datos obtenidos en mediciones de campos, puesto que definen mejor el uso del suelo (clutter). Estos pueden ser: [ITU-R P.1546, Método Bullington, Delta Bullington, Método Deygout 94]

### 3.3.3.3. Métodos Semiempíricos

Estos consisten en medidas y complementan a los modelos determinísticos, ya que esencialmente estimas perdidas por difracción que se ajustan a mediciones de campo. Estos pueden ser: [Okumura-Hata Modulado, ITU-R 1411, ITU-R 1812, COST 231]

### 3.3.4. ITU-R 525/526 - 11

La difracción es producida bajo la superficie de la tierra u algunas obstrucciones, saber evidenciar algunos de los parámetros geométricos durante el trayecto como la altura del obstáculo, radio de curvatura, ángulo de difracción que deben ser evaluados, puesto que las ondas radioeléctricas sufren efectos por irregularidades de la superficie.

Es importante abordar algunos conceptos básicos para determinar algunas técnicas para este método de propagación

- **Zonas de Fresnel:** Cuando se evalúa las ondas radioeléctricas entre dos puntos, el espacio entre ellos forma elipsoides. Se considera que la propagación se puede efectuar cuando existe visibilidad directa, es decir, sin la presencia de obstrucciones en el primer elipsoide de Fresnel. El radio de un elipsoide entre un receptor y transmisor, se calcula a partir de la ecuación 1.

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}} \quad (1)$$

Donde:

$r_n$  = Radio en metros (m) de la zona Fresnel ( $n = 1, 2, 3 \dots$ )

$d_1$  = Distancia del transmisor

$d_2$  = Distancia del transmisor

$\lambda$  = Longitud de onda de la señal transmitida en metros (m)

- **Anchura de penumbra:** Es la transición de la luz a la sombra que ocupa sobre la superficie en la que se encuentra el transmisor.
- **Zonas de difracción:** Esta zona es producida cuando el transmisor se extiende desde la distancia de la línea de visión. Si en el trayecto no se presentan obstrucciones igual al 60% del radio de la zona de Fresnel  $r_1$ , hasta una mayor distancia del transmisor en donde prevalece el método de dispersión troposférica.
- **Criterio de rugosidad de la superficie del obstáculo:** Si donde se encuentra ubicado un obstáculo se presentan alteraciones que no sobrepasen el valor de  $\Delta h$ , dado por la ecuación 2:

$$\Delta h = 0,04 [R\lambda^2]^{1/3} \quad (2)$$

Donde:

$R$  = radio de curvatura del obstáculo

$\lambda$  = Longitud de onda en metros (m)

se considera que el obstáculo tiene una superficie lisa y su atenuación puede ser calculada.

- **Obstáculo aislado:** Estos son considerados cuando la atenuación se presenta solamente al obstáculo, y la superficie en donde se encuentra no altera dicho parámetro. Sin embargo, debe de cumplir con lo siguiente:
  - No presentar solapamiento entre las anchuras de penumbra de cada terminal y la parte superior del obstáculo.
  - Para una vista sin obstáculos en ambos lados, debe ser al menos 0,6 del radio de la primera zona de Fresnel.
  - No se deberá presentar reflexión especular en ninguno de los lados del obstáculo.
- **Tipos de Terreno:** Se pueden clasificar tres tipos de terreno según el criterio de rugosidad de la superficie del obstáculo.
  - Terreno Liso: Se considera que la superficie es lisa si existe un valor de  $0,1R$  o inferior a este, donde  $R$  corresponde al valor máximo del radio de la zona Fresnel  $r_1$  en el recorrido de propagación.
  - Obstáculos aislados: El recorrido del trayecto de propagación puede tener entre uno o más obstáculos aislados.
  - Terreno ondulante: En esta superficie se puede encontrar variedad de colinas pequeñas, que no represente una mayor obstrucción.

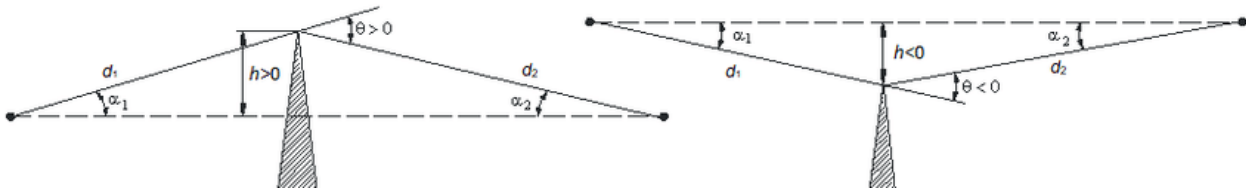
Para la ANE es importante realizar sus estudios bajo la recomendación de modelos que efectúe la difracción de intensidad del campo recibida para los diferentes obstáculos y geometrías del trayecto, para ello utilizar la ITU-R 525/526-11 en sus simulaciones le permite dar de forma racional, equitativa, eficaz y económica del espectro las frecuencias radioeléctricas para todos los servicios de radiocomunicaciones (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2019)

### 3.3.5. Método Deygout

Es un modelo que analiza la radio propagación por difracción, bajo el modelo del investigador Deygout debido a que analiza las pérdidas que existen a causa de uno o varios obstáculos que producen el fenómeno de difracción, pues cada obstáculo es considerado como si tuviera forma de filo de cuchillo.

Este método reduce el número de cálculos por el cual los niveles de intensidad de campo con vista directa al transmisor, producen una señal en una pequeña área que incide en el transmisor. En la ilustración 12 se evidencia el comportamiento por difracción del modelo. (White et al., 2020 p. 28)

**Ilustración 12.** Difracción por obstáculos tipo filo de cuchilla



**Fuente:** (Deygout, 1966)

### 3.3.6. Propagación Electromagnética

- **Ecuación de Friss:** La potencia obtenida en espacio libre por una antena a cierta distancia del transmisor está dada por la ecuación 3.

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad (3)$$

Donde:

$P_r$  = Potencia recibida

$P_t$  = Potencia transmitida

$G_t$  = Ganancia de la antena Transmisora

$G_r$  = Ganancia de la antena Receptora

$r$  = Distancia entre transmisor y receptor

$\lambda$  = Longitud de onda

- **Perdidas en el espacio libre:** Cuando se tiene un enlace radioeléctrico en el cual no hay presencia de obstrucciones que alteren el funcionamiento entre antenas transmisoras y receptoras, se les denomina propagación en el espacio libre. Una de las ecuaciones que nos permite describir las pérdidas en dB para esta situación está dado por la ecuación 4:

$$L_{bf} = 20 \log_{10} \left( \frac{4\pi r}{\lambda} \right) (dB) \quad (4)$$

Ahora bien, la ecuación 4, es expresada en función de la frecuencia, como se muestra en la ecuación 5

$$L_{bf} = 32,4 + 20\log_f + 20\log_R (dB) \quad (5)$$

Donde:

$f$  = Frecuencia (MHz)

$R$  = Distancia máxima (Km)

De igual forma se dan a conocer algunas entidades colombianas que interfieren y están relacionadas con el servicio de televisión digital terrestre.

### 3.3.7. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones (MINTIC) es la entidad encargada 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 facultades, esta debe asegurar la facilidad de acceso a todos los colombianos a las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y a sus beneficios (MINTIC, s.f-a)

**Ilustración 13.** Logo Ministerio de Tecnologías de la Información y la Comunicación.



**Fuente:** (Ministerios de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, 2009)

Para el MINTIC el servicio de radio y televisión pretende lograr la actualización del marco legal, regulatorio e institucional del sector para el reconocimiento de las nuevas realidades tecnológicas y del negocio, para la promoción de la sostenibilidad de la TV pública, de igual manera la adjudicación de frecuencias para el canal de televisión abierta, ampliación de cobertura de la TDT al 100%, fortalecimiento de canales públicos, promoción de la producción de contenidos públicos, entre otras (MINTIC, s.f)

### **3.3.8. Agencia Nacional del Espectro**

En Colombia, La Agencia Nacional de Espectro (ANE) fue creada bajo la ley 1341 del 2009, adscrita al Ministerio de las Tecnologías de la Información y las comunicaciones (MINTIC) con el objetivo principal de asesorar en la gestión, planeación, vigilancia y control del espectro radioeléctrico (Agencia Nacional del Espectro, s.f), que tiene como propósito superior gestionar el espectro radioeléctrico con enfoque innovador y de inclusión social, que contribuirá al desarrollo de las comunicaciones y a la calidad de vida de los colombianos, donde principalmente se enfocara en 4 ejes estratégicos que permitirán transformar, investigar, comunicar y asesorar, estas con el fin de implementar, promover, estudiar, comprender, divulgar, formular y proponer el buen uso del espectro radioeléctrico (Agencia Nacional del Espectro, s.f.-b)

Así mismo, la ANE mediante la ley 1507 del 2012, adquiere distribución de funciones en materia del espectro electromagnético destinados para el servicio de televisión.

**Ilustración 14.** Logo Agencia Nacional del Espectro



**Fuente:** ANE

La ANE es responsable de planificar y asignar el espectro radioeléctrico de acuerdo con las políticas establecidos por el Ministerio de TIC. Para ello, establece y actualiza el Cuadro Nacional de Atribuciones de Bandas de Frecuencias (CNABF) en función de las necesidades del país, de interés público y de los planes técnicos de radiodifusión sonora elaborados por el Ministerio de TIC (Congreso de Colombia, 2012).

### **3.3.9. Comisión de Regulación de Comunicaciones**

La Comisión de Regulación de Comunicaciones, es la autoridad encargada de garantizar a los colombianos disfrutar de los mejores servicios de comunicación y contenidos de calidad, para ello requiere de diseñar normas bajo las cuales se presta de manera eficiente estos servicios, protege todos los derechos de usuario garantizando los contenidos de emitidos en televisión e impulsa la infraestructura de redes de telecomunicaciones necesarias para mejorar la cobertura en el territorio colombiano.

**Ilustración 15.** Logo de la Comisión de Regulación de Comunicaciones





**Fuente:** (CRC, 2019)

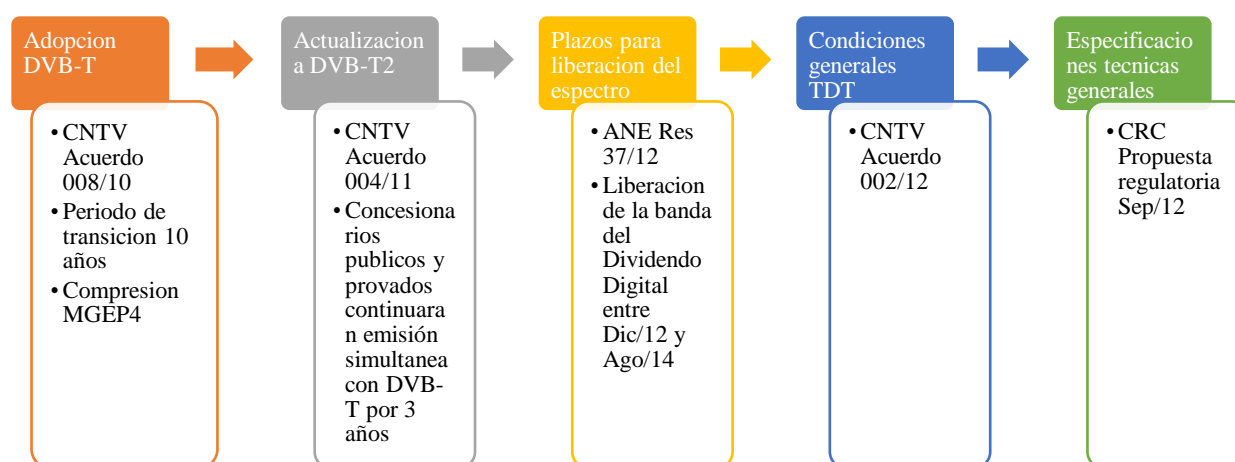
Según la resolución 1507 del 2012 la CRC establece especificaciones técnicas aplicables a la red y a los receptores de servicio de Televisión Digital Terrestre – TDT – en Colombia que presenta una base de lineamientos para asegurar el funcionamiento del servicio de televisión digital terrestre (TDT) y la prestación del mismo a los ciudadanos, bajo el estándar DVB-T2 (Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2012)

### **3.4.Marco Legal.**

Colombia siempre ha sido un país que busca evolucionar, y en el caso de la televisión este representa una serie de cambios legales para ofrecer el servicio. Tras la publicación del Acuerdo 08 de la CNTV, el 22 de diciembre del 2009, por el cual se adopta el estándar de televisión digital terrestre DVB-T y se establecen condiciones generales para su implementación. En donde establece que el cambio del sistema de TV analógica a TV digital no superaría los 10 años. En el 2011, modifican dicho acuerdo actualizando el estándar de la TDT para el país, de DVB-T a DVB-T2. Y donde además establece que la prestación del servicio quedaría a cargo de los concesionarios de la Televisión Privada Nacional y el Operador Público Nacional (RTVC). Dicho acuerdo adoptó el “Estudio del Impacto de la Actualización al Estándar de Televisión Digital Terrestre DVB-T al DVB-T2”, donde específicamente se centran equipos para la transmisión y recepción del sistema.

A partir de todo esto, la CNTV en el año 2012, reglamenta la prestación del servicio público televisión radiodifundida digital terrestre, donde establece el despliegue de la TDT en Colombia y se determinan las características técnicas.

En este mismo año se expide la Ley 1597, donde se le otorga a la CRC analizar las condiciones necesarias para establecer la operación de redes con el nuevo estándar de la DVB-T2, todo esto se resume en la ilustración 16 .

**Ilustración 16.** Línea del tiempo de la regulación de la TDT en Colombia

**Fuente:** Comisión de Regulación de Comunicaciones

La primera emisión en Colombia fue emitida públicamente el 29 de Enero de 2010 a través de Radio Televisión Colombiana (RTVC) que emite canales públicos de Televisión Nacional como Señal Colombia y Canales Institucionales

### 3.5. Información General de la Empresa.

<b>Nombre de la Empresa</b>	Agencia Nacional del Espectro
<b>Nit</b>	900.331.265-3
<b>Dirección</b>	Calle 93 # 17 -45 Piso 4. Bogotá, Colombia
<b>Teléfono</b>	(+57) 60 (1) 6000030
<b>Código Postal</b>	110221.
<b>Correo</b>	contactenos@ane.gov.co
<b>Actividad</b>	Gestión del espectro radioeléctrico con enfoque innovador y de inclusión social, para contribuir al desarrollo de las comunicaciones y a la calidad de vida de los colombianos

**Director General**

Miguel Felipe Anzola Espinosa

### **Misión**

Administrar de manera eficiente el espectro radioeléctrico por medio de la planeación, atribución, vigilancia y control del mismo; la generación y divulgación del conocimiento; la gestión internacional y el relacionamiento con los grupos de interés, a través de un equipo humano competente y de herramientas tecnológicas idóneas.

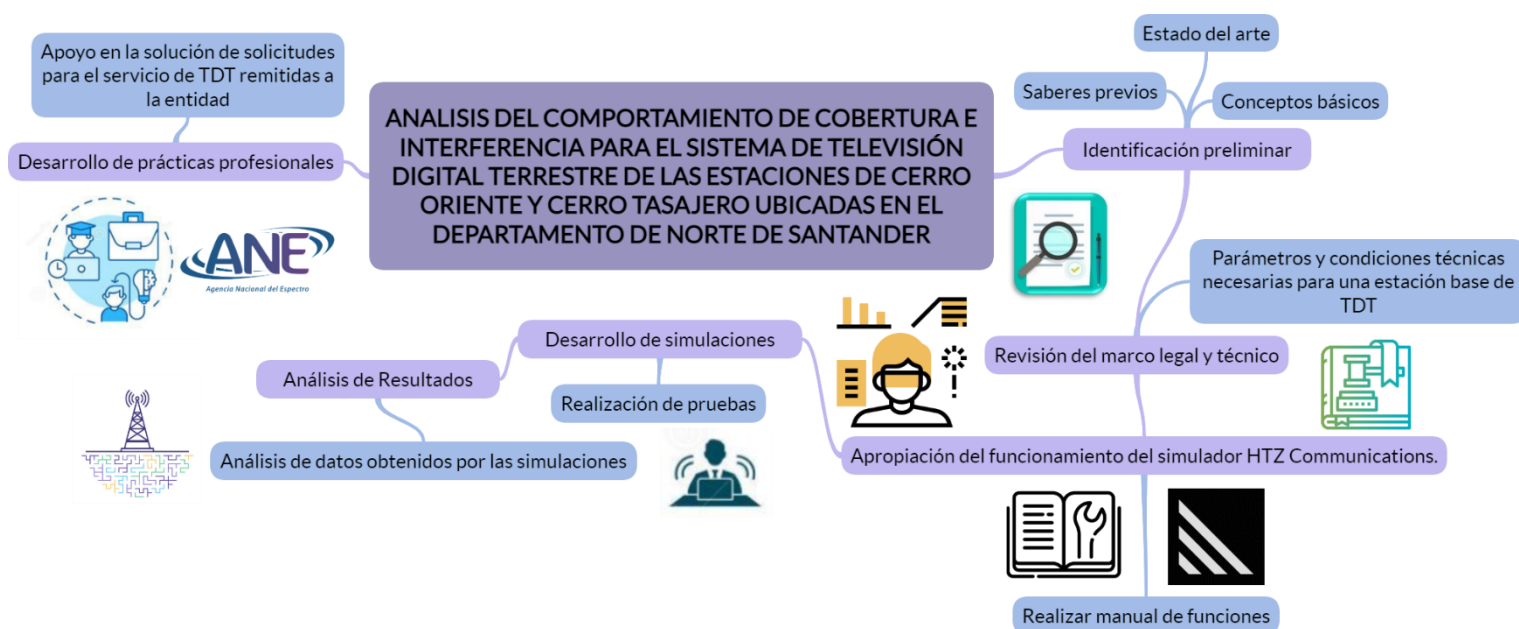
### **Visión**

La ANE en el 2022 será referente nacional e internacional, siendo una entidad técnica, innovadora, influyente en grupos de interés y orientada a la ciudadanía en materia de espectro radioeléctrico, reconocida por su transparencia al disponer sus datos al público a través de la utilización de tecnologías de vanguardia (Agencia Nacional del Espectro, s.f.-b)

## IV. METODOLOGÍA

Para este proyecto, fue necesario identificar la metodología en el análisis de cobertura e interferencia para el sistema de TDT de las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, que permitiera obtener un buen resultado. Por eso fue indispensable realizar un paso a paso y descripción de las actividades desarrolladas.

**Ilustración 17.** Metodología de la investigación.



**Fuente:** (Autor, 2021)

### 4.1. Identificación preliminar

Uno de los principales fundamentos del proyecto, fue la identificación de conceptos básicos, saber previos y análisis de estudios respecto a la televisión digital terrestre. Luego de esto, fue importante realizar una identificación y revisión de documentación para comprender la estructura en donde se desarrolló la práctica profesional, que es la dependencia de Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro.

## **4.2. Revisión del marco legal y técnico**

Para desarrollar este proyecto, es importante tener en cuenta que parámetros y condiciones técnicos son necesarios para una estación base que ofrece el servicio de Televisión Digital Terrestre (TDT), además de identificar los comportamientos a tener en cuenta cuando presenta interferencia en la señal del servicio en el departamento de Norte de Santander

## **4.3. Apropriación del funcionamiento del simulador HTZ Communications.**

Una de las herramientas que simula, planea y diseña todo tipo de redes inalámbricas es el simulador de HTZ Communications, este software de ingeniería de radio propagación es número uno en todo el mundo. Ahora bien, para el desarrollo del proyecto es de importancia tener conocimiento en el funcionamiento del simulador, para ello fueron tomadas capacitaciones realizadas por el grupo de Ingeniería de la dependencia y además la revisión documental de manuales del software. Por otro lado, este simulador fue herramienta indispensable para el desarrollo de la practica empresarial, ya que como se mencionó anteriormente la actividad principal desarrollada en la entidad, fue el apoyo en la respuesta de solicitud del servicio de televisión digital terrestre. Una forma de contribuir académicamente sobre esta herramienta, es el desarrollo de un manual sobre el funcionamiento del software.

## **4.4.Desarrollo de simulaciones**

Con el objetivo de cumplir a cabalidad el desarrollo del proyecto, estos fueron los pasos mínimos para realizar las simulaciones:

- Localización de estaciones bases
- Configuración de parámetros técnicos
- Elección de patrones de radiación
- Configuración de parámetros de propagación

Realizar las simulaciones respectivas para el análisis del comportamiento de cobertura e interferencia del sistema de TDT en las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, es una de las actividades que más conlleva tiempo y verificación de los parámetros, para ello fueron realizadas unas pruebas de simulación.

#### **4.5. Análisis de Resultados**

Para finalizar el desarrollo del proyecto, fueron analizadas y evaluadas las simulaciones obtenidas para verificar el comportamiento de la señal de TDT, y así dar un fundamento profesional y técnico de lo observado.

#### **4.6. Desarrollo de prácticas profesionales**

A partir de la práctica profesional en la Agencia Nacional del Espectro (ANE), en la dependencia de la Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro que, dentro de sus funciones, es la encargada de resolver situaciones de viabilidad en el uso del espectro radioeléctrico, y de las cuales se encuentra el dar respuesta a solicitudes de Televisión Digital Terrestre (TDT). Una de las actividades como pasante, fueron apoyar estos procesos donde la información proporcionada por la entidad fue verificada dentro del área de servicio que se registra en los Cuadros de Características Técnicas de Red (CCTR), la cual podía ser modificada, dependiendo de los resultados obtenidos en las mediciones de campo proporcionadas por los operadores, y de las simulaciones de estaciones de servicio de radiodifusión de Televisión Digital Terrestre (TDT) realizadas por el equipo de Ingeniería de esta dependencia, que permitieron obtener un mayor conocimiento en el tema y darle una mejor visión en el área donde fue llevado a cabo el análisis.

## V. DESARROLLO

Según el decreto 93 de 2010 “Por el cual se adopta la estructura de la Agencia Nacional del Espectro, ANE, y se dictan otras disposiciones”

### 5.1. Estructura organizacional de la Agencia Nacional del Espectro

Para comenzar con el desarrollo del siguiente proyecto, conocer la estructura interna de la ANE como se muestra en la ilustración 18, con sus principales funciones es el primer paso. Está conformada por un Consejo Directivo, la dirección general y tres subdirecciones encargadas de la Gestión y Planeación Técnica del Espectro, a la Vigilancia y Control, y por último de Soporte Institucional.

**Ilustración 18.** Organigrama de la Agencia Nacional del Espectro



**Fuente:** ANE

### **5.1.1. Funciones de la Agencia Nacional del Espectro**

Estas funciones son dispuestas conforme al artículo 26 de la Ley 1341 del 2009:

1. *Asesorar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el diseño y formulación de políticas, planes y programas relacionados con el espectro radioeléctrico.*
2. *Diseñar y formular políticas, planes y programas relacionados con la vigilancia y control del Espectro, en concordancia con las políticas nacionales y sectoriales y las propuestas por los organismos internacionales competentes, cuando sea del caso.*
3. *Estudiar y proponer, acorde con las tendencias del sector y las evoluciones tecnológicas, esquemas óptimos de vigilancia y control del espectro radioeléctrico, incluyendo los satelitales, con excepción a lo dispuesto en el artículo 76 de la Constitución Política y conforme a la normatividad vigente.*
4. *Ejercer la vigilancia y control del espectro radioeléctrico, con excepción de lo dispuesto en el artículo 76 de la Constitución Política.*
5. *Realizar la gestión técnica del espectro radioeléctrico.*
6. *Investigar e identificar las nuevas tendencias nacionales e internacionales en cuanto a la administración, vigilancia y control del espectro.*
7. *Estudiar y proponer los parámetros de valoración por el derecho al uso del espectro radioeléctrico y la estructura de contraprestaciones.*
8. *Notificar ante los organismos internacionales las interferencias detectadas por señales originadas en otros países, previa coordinación con el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.*
9. *Apoyar al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el establecimiento de estrategias para la participación en las diversas conferencias y*



*grupos de estudio especializados de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros organismos internacionales.*

10. *Adelantar las investigaciones a que haya lugar, por posibles infracciones al régimen del espectro definido por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, así como imponer las sanciones, con excepción de lo dispuesto en el artículo 76 de la Constitución Política.*
11. *Ordenar el cese de operaciones no autorizadas de redes, el decomiso provisional y definitivo de equipos y demás bienes utilizados para el efecto, y disponer su destino con arreglo a lo dispuesto en la ley, sin perjuicio de las competencias que tienen las autoridades Militares y de Policía para el decomiso de equipos.*
12. *Actualizar, mantener y garantizar la seguridad y confiabilidad de la información que se genere de los actos administrativos de su competencia.*
13. *Las demás que por su naturaleza le sean asignadas o le correspondan por ley.*  
*(Departamento Administrativo de la Función Pública, 2010)*

### **5.1.2. Funciones principales de la dependencia de Subdirección Gestión y Planeación Técnica del Espectro.**

Según el artículo 6 del decreto 93 de 2010, se disponen las siguientes funciones para esta dependencia:

1. *Estudiar y proponer elementos de política para la administración del espectro, en concordancia con las políticas nacionales y sectoriales, y aquellas que adopten los organismos internacionales competentes, cuando sean del caso.*
2. *Proponer y llevar a cabo estudios e investigaciones para identificar nuevas tendencias en cuanto al uso y gestión técnica del espectro.*

3. *Desarrollar modelos para el uso óptimo del espectro y para una mayor eficiencia en la administración del mismo.*
4. *Desarrollar estudios para la valoración y definición de contraprestaciones, por el uso del espectro radioeléctrico en el marco de la Constitución y la ley.*
5. *Planear y ejecutar las actividades de gestión técnica del espectro radioeléctrico, a cargo de la Agencia y coordinar con las dependencias del Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones elementos de interés común o compartido.*
6. *Estudiar y tramitar las solicitudes relacionadas con el uso del espectro radioeléctrico.*
7. *Recomendar a través del Director de la Agencia oportunamente al Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, los valores asociados a los derechos de uso del espectro radioeléctrico.*
8. *Proponer los procesos de ingeniería para la adecuada utilización de las diferentes bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, incluyendo las satelitales.*
9. *Hacer el seguimiento y evaluación técnica de los planes, programas y proyectos que desarrolle la Subdirección.*
10. *Rendir al Director General de la Agencia los informes técnicos y estadísticos sobre la utilización del espectro.*
11. *Recomendar al Director General de la Agencia, propuestas que coadyuven a la coordinación internacional de las frecuencias en las fronteras y la de los sistemas de telecomunicaciones por satélite, para evitar interferencias.*
12. *Orientar, dirigir, coordinar y evaluar el desempeño de las funciones asignadas al personal de la subdirección.*
13. *Proyectar los informes que requieran las autoridades de control, de acuerdo con su competencia.*

*14. Desempeñar las demás funciones que le sean asignadas por el Director General, las que reciba por delegación y aquellas inherentes a la naturaleza de la dependencia y del cargo (Departamento Administrativo de la Función Pública, 2010)*

Según lo determinado anteriormente esta dependencia se subdivide en 3 coordinaciones, que tendrán a cargo el cumplimiento y ejecución de las funciones esta comprenden la Coordinación de: Planeación Técnica del Espectro, Ingeniería del Espectro y Gestión del Espectro.

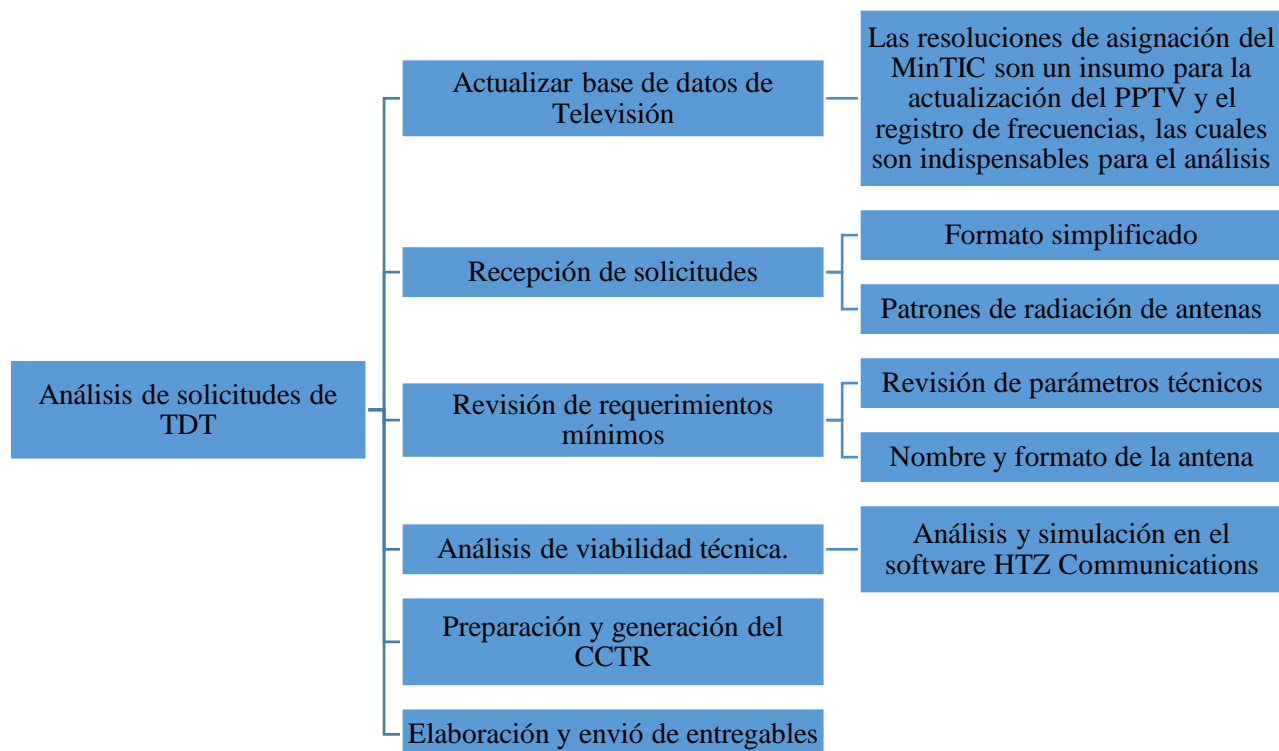
Ahora bien, para dar cumplimiento de las funciones de la ANE, estos estudios técnicos se realizan con el fin de determinar la viabilidad del uso correcto del espectro radioeléctrico de acuerdo con el MinTIC y según la solicitud del proveedor de red y servicios de telecomunicaciones (PRST). El proceso de seguimiento que siguen en la dependencia es el siguiente:

- Los PRST presentan formatos técnicos y administrativos que soporten la solicitud ante el Ministerio de las TIC, posterior a esto, el MINTIC realiza sus tareas administrativas respecto a la solicitud y es enviada a la dependencia que correspondiente de la ANE para el respectivo análisis.
- La ANE realiza los estudios técnicos, los cuales determinan la viabilidad en el uso del espectro, este procedimiento consiste en el análisis y simulación según el tipo de red, y a partir de ello, finaliza con la modificación del Cuadro de Características Técnicas de Red (CCTR), y que a su vez es la respuesta remitida al Ministerio de las TIC.
- Los funcionarios de la ANE realizan este tipo de análisis y simulaciones de propagación con el software **HTZ Communications**, que le permitirá al personal identificar si existen algún tipo de interferencias.

En el grupo de Ingeniería es común que se den respuesta a muchas de estas solicitudes, pero dentro de las funciones desarrolladas en la entidad, las solicitudes a las que se dieron respuesta, fueron

sobre Televisión Digital Terrestre. En la ilustración 19 se evidencia el procedimiento que se realizó para dar respuesta a dichas solicitudes.

**Ilustración 19.** Análisis de solicitudes de TDT



**Fuente:** (Autor, 2021)

## 5.2. Simulaciones de Estaciones

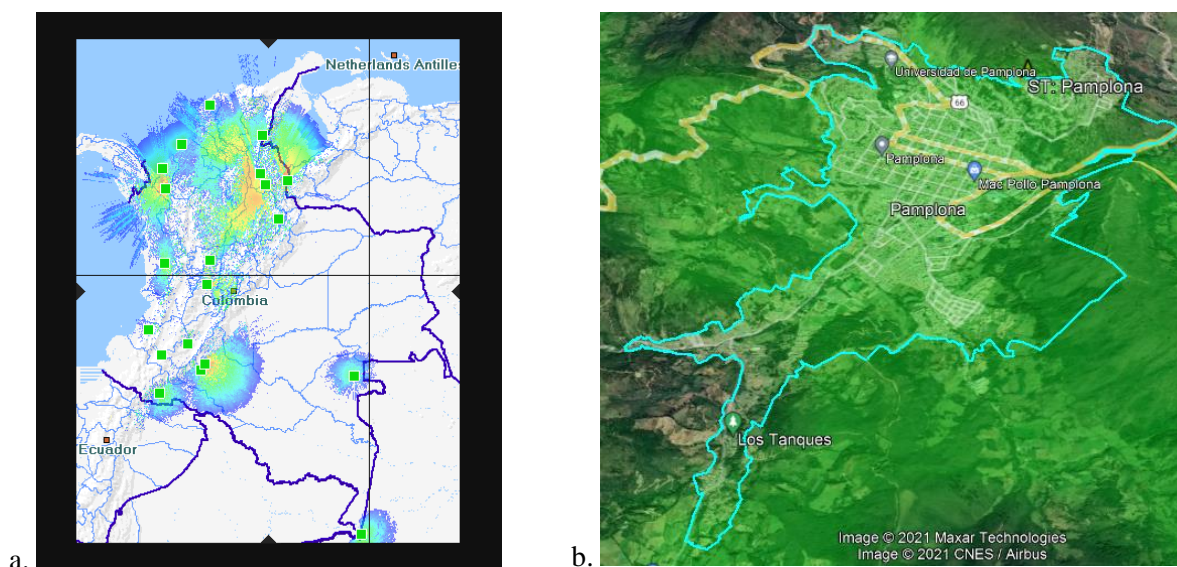
Para comenzar, es primordial que se tengan claro conceptos básicos de simulación para el desarrollo:

### 5.2.1. Conceptos Básicos

Una simulación radioeléctrica es el cálculo de una señal emitida por un transmisor a un punto o varios puntos que compone una zona geográfica que, para este caso, se denomina como Zona de Cobertura. Existe varias herramientas informáticas que permiten realizar simulaciones de este tipo como se evidencia en la ilustración 20, y como mínimo se configuran los siguientes parámetros

- Adecuada configuración de equipo y/o estaciones
- Cartografía
- Método de propagación según la frecuencia y entorno radioeléctrico

**Ilustración 20.** Zonas de Cobertura. a) Cobertura en el simulador de HTZ y b. Cobertura exportada en Google Earth Pro



**Fuente:** (HTZ Communications / Google Earth, 2021)

- **Zona Cobertura:** En esta zona se encuentra la intensidad de campo del emisor que se quiera llegar y es igual o mayor a la intensidad de campo utilizable. Para esta zona se asegura que no existan interferencias.
- **Zona de Servicio:** Esta hace parte de la Zona de Cobertura, en la cual quien la administra elige donde quiere que llegue el servicio. Los operadores tienen derecho a que se cumplan las condiciones de protección convenidas.
- **Selección de ubicación:** Se tuvieron en cuenta:
  - Identificar la mejor ubicación para localizar el transmisor
  - Determinar la ubicación de repetidores entre varios puntos de extremo

- Soluciones para garantizar conexiones entre los transmisores y receptores cubiertos, según los umbrales de recepción
- La ubicación de la estación base se debe condicionar al sistema radiante.
- **Frecuencias utilizadas para TDT en Colombia:** En la tabla 3, se evidencian las bandas de frecuencias tenidas en cuenta para la TDT, además en la tabla 4, se muestran los canales nacionales, regionales y locales disponibles en Colombia

**Tabla 3.** Banda de frecuencias para televisión terrestre

Tipo de Señal	Banda de frecuencias
Analógica – Intensidad de campo (65 dBuV/m)	470 – 582 MHz
Analógica – Intensidad de campo (70 dBuV/m)	582 – 830 MHz
Digital	470 – 862 MHz

**Tabla 4.** Canales disponibles en Colombia para TDT

N° Canal	N° de estaciones	Canales	Cobertura
14	151	Caracol Television	Nacional.
15	151	RCN Television	Nacional.
16	80	Radio Televisión Nacional de Colombia - RTVC	Nacional.
17	14	Telecaribe (Colombia)	Región Caribe
17	9	Teleantioquia	Antioquia.
17	9	Telepacífico	Región Pacífica
17	4	Telecafé	Eje Cafetero

17	8	Television Regional del Oriente (TRO)	Santander y Norte de Santander.
17	2	Teleislas	Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.
17	37	Teveandina	Cundinamarca, Boyacá, Huila, Tolima y regiones Orinoquía y Amazonía.
28	3	Canal Capital	Solo Bogotá y municipios aledaños
27	1	Citytv	Solo Bogotá

- **Umbrales utilizados para la TDT:** Para DVB-T2 se utilizan estos tres umbrales:
  - **22 dBuV/m (Interferencia Cocanal):** Esta se presenta cuando las señales de televisión comparten un mismo canal.
  - **48 dBuV/m (Área de Servicio):** Estas permite ubicar la cobertura del servicio
  - **65 dBuV/m (Interferencia por canal adyacente):** Esta se presenta cuando las señales de televisión se sitúan en canales continuos
- **Selección de patrón de radiación (antena):**
  - **Parámetros de una antena:** Toda antena debe entregar un nivel de señal sin que afecte sus condiciones, para que aproveche en su máximo el receptor. Es importante conocer algunos parámetros:
    - ✓ **Directividad:** Esta definida en función de la dirección

$$D(\theta, \phi) = \frac{\text{Intensidad de radiación en dirección } (\theta, \phi)}{\text{Intensidad de radiación promedio en todas las direcciones}} \quad (6)$$

$$D(\theta, \phi) = \frac{\text{Intensidad de radiación en dirección } (\theta, \phi)}{\text{Intensidad de radiación de una antena isotrópica radiando en la misma potencia}} \quad (6)$$

$$D [dBi] = 10 \text{ Log } (D) \quad (7)$$

$$D \approx \frac{41000}{\theta_{HP}^{\circ} * \phi_{HP}^{\circ}} \quad (8)$$

Donde:

$\theta_{HP}^{\circ}$  = Angulo de potencia media de Elevación

$\phi_{HP}^{\circ}$  = Angulo de potencia media de Azimuth

- ✓ **Ganancia:** Es la relación de la intensidad de radiación de la antena con respecto a la intensidad de radiación total de una antena isotrópica y una antena real.

$$G(\theta, \phi) = eD(\theta, \phi) \quad (9)$$

$$G [dBi] = 10 \text{ Log } (G) \quad (10)$$

Donde:

$e$  = Eficiencia de la antena

- ✓ **Ancho de banda:** Se expresa como la habilidad que tiene una antena para operar en un amplio rango de frecuencias.
- ✓ **Relación de onda estacionaria:** Indicador de adaptación entre la antena y la impedancia del sistema.

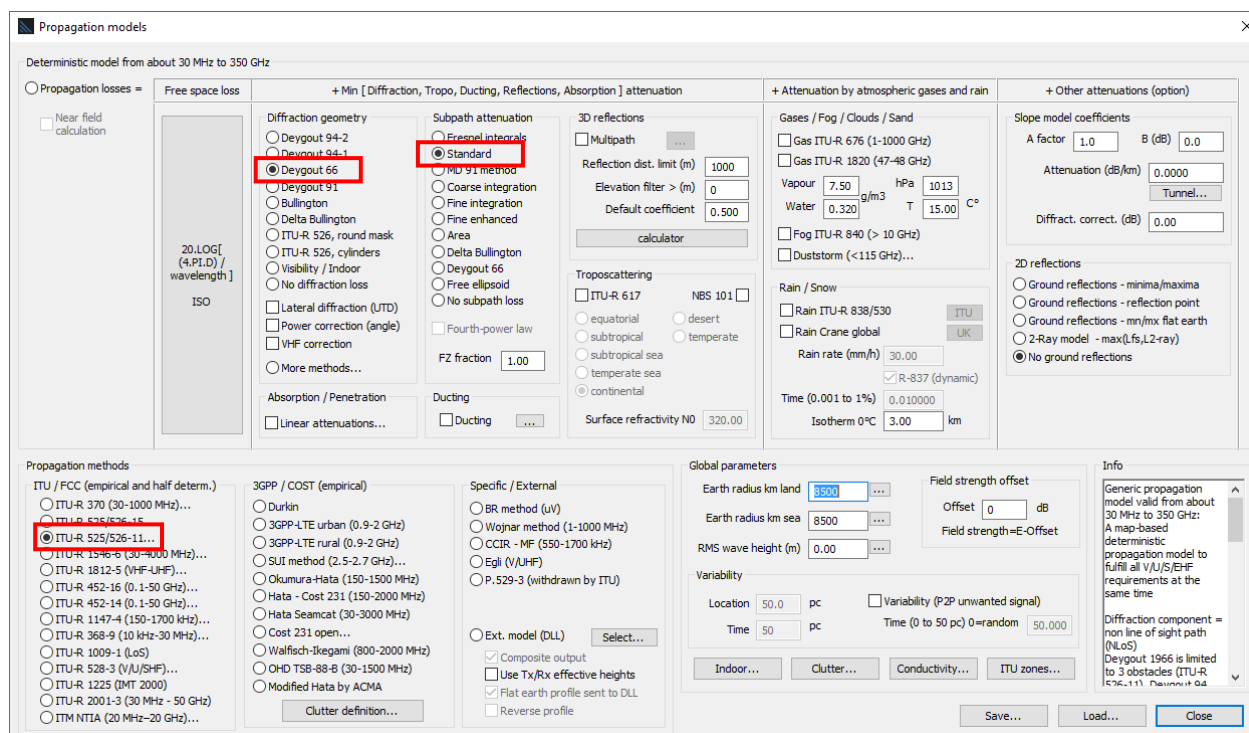
### 5.2.2. Configuración de parámetros para el estándar DVB-T2

Según lo mencionado anteriormente, en la ilustración 21 se muestran las configuraciones a tener en cuenta cuando fueron realizadas las simulaciones de estaciones del servicio de TDT. Para ello



fue configurado el método de propagación (ITU-R 525/526), geometría de difracción de Deygouth 66 y la atenuación del trayecto de manera estándar. La selección de estos parámetros fue realizada bajo las recomendaciones de la entidad.

**Ilustración 21.** Configuración del método de propagación

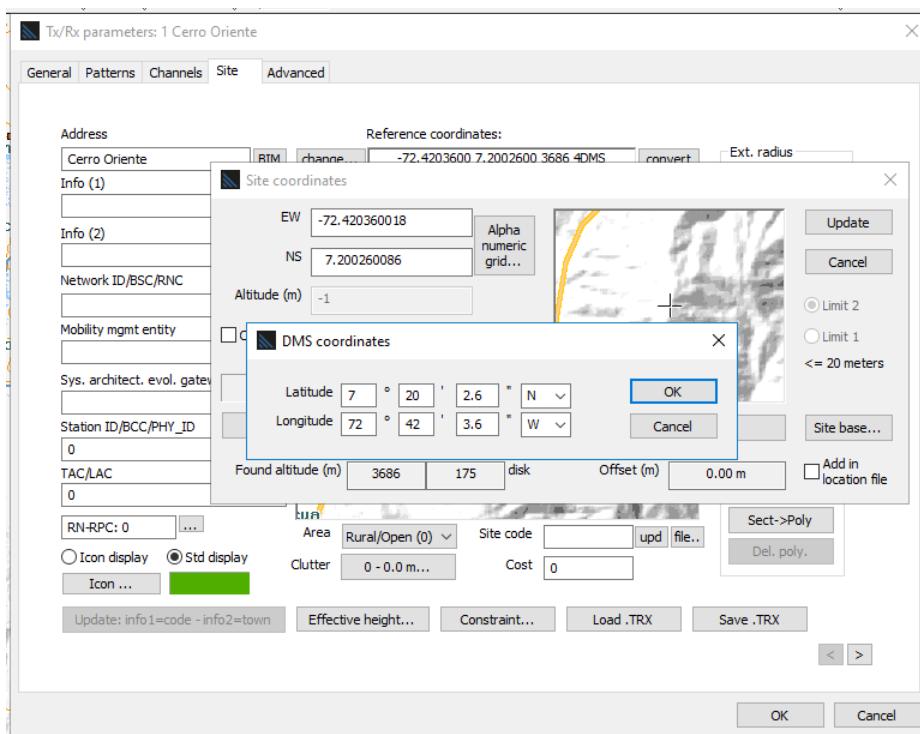


**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

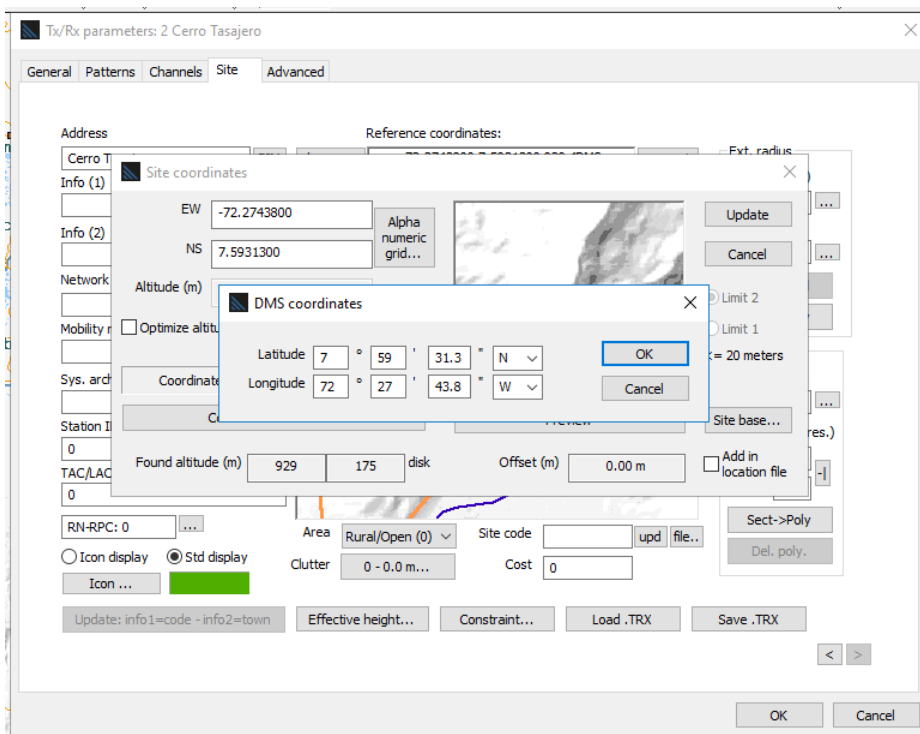
### 5.2.3. Ubicación de las estaciones base

La ubicación de las estaciones fue localizada en Cerro Oriente y Tasajero como se muestra en la ilustración 24, la elección de estas dos estaciones fue realizada con el fin de evidenciar el impacto que tiene sobre los municipios del departamento en donde se encuentran ubicadas. Es importante tener en cuenta que las coordenadas de cualquier estación deben diligenciarse de forma correcta, para un mejor estudio, como se evidencia en las ilustraciones 22 y 23.

**Ilustración 22.** Configuración de coordenadas para Cerro Oriente



**Ilustración 23.** Configuración de coordenadas para Cerro Tasajero



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

**Ilustración 24.** Ubicación en el departamento de las estaciones

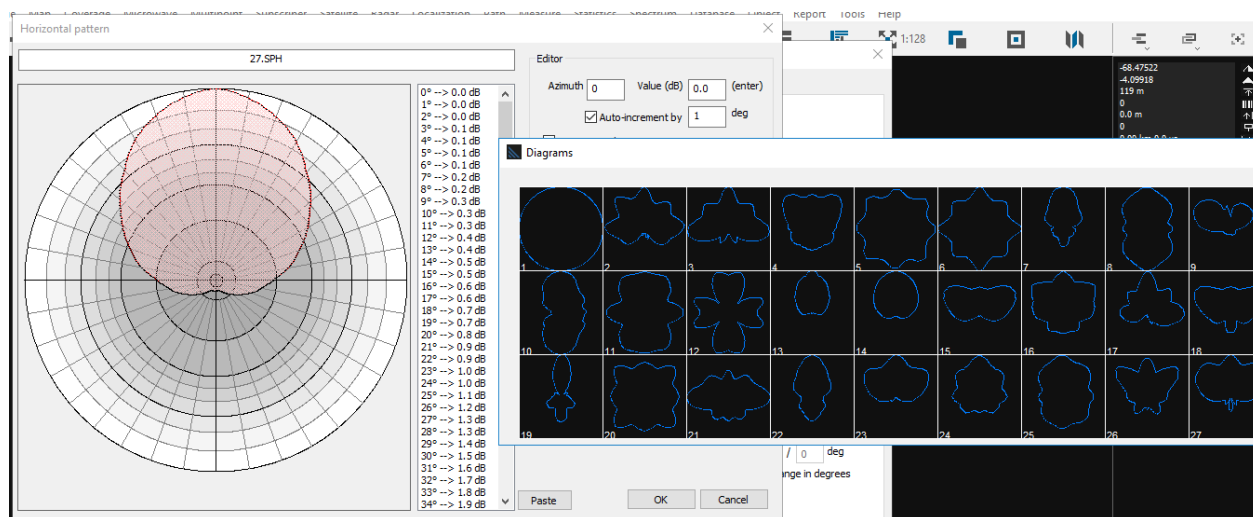


**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

#### 5.2.4. Patrón de radiación

Para este análisis fue realizada la elección de una antena RYMSA AT15-250 (Apéndice A), que cumple con las características técnicas para transmitir señal TDT, ya que su rango de frecuencias es de 470 – 862 MHz, según la Tabla 3, son las utilizadas para la señal digital de televisión. Cuenta con una ganancia de 11.5 dB, su polarización es horizontal y su potencia máxima depende del tipo de conector. Este tipo de antenas cuenta con arreglos hasta de 8 posiciones que dependerán según la necesidad del sistema. Ahora bien, la configuración realizada en el simulador, comprende al patrón de radiación, ángulos de elevación y azimuth, ganancia de la antena y tipo de polarización. Esta configuración fue realizada para ambas estaciones.

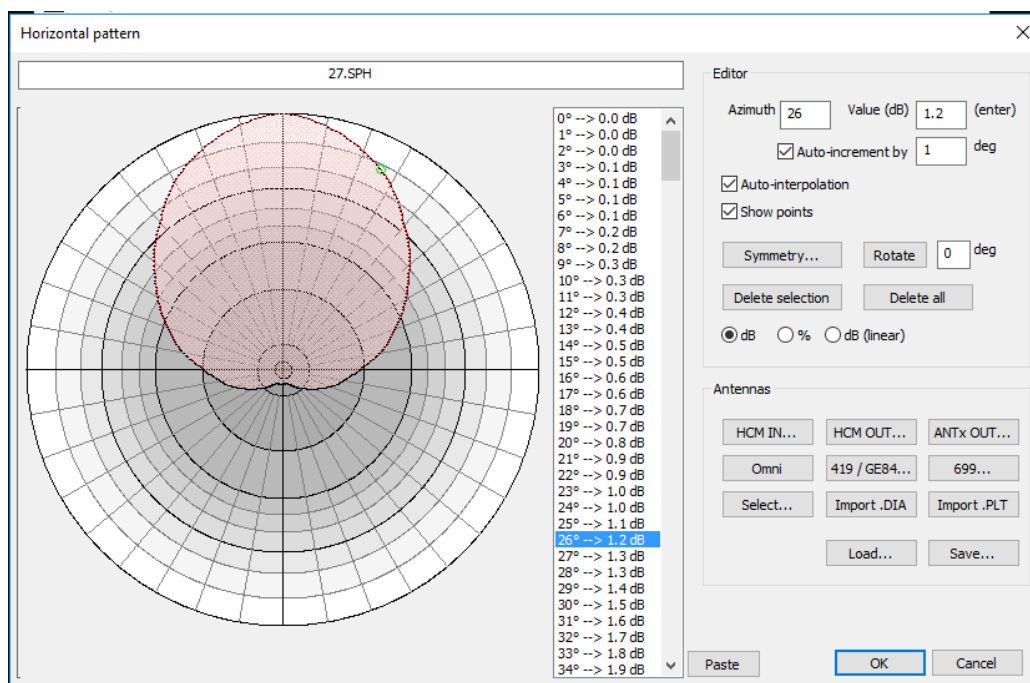
**Ilustración 25.** Selección del tipo de patrón horizontal (Azimuth)



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

El simulador permite seleccionar cualquier tipo de patrón horizontal (Azimuth), en este caso el numero 14 es el más similar para representar el patrón de la antena RYMSA AT15-250 con ángulo de 26°, como se evidencia la ilustración 25.

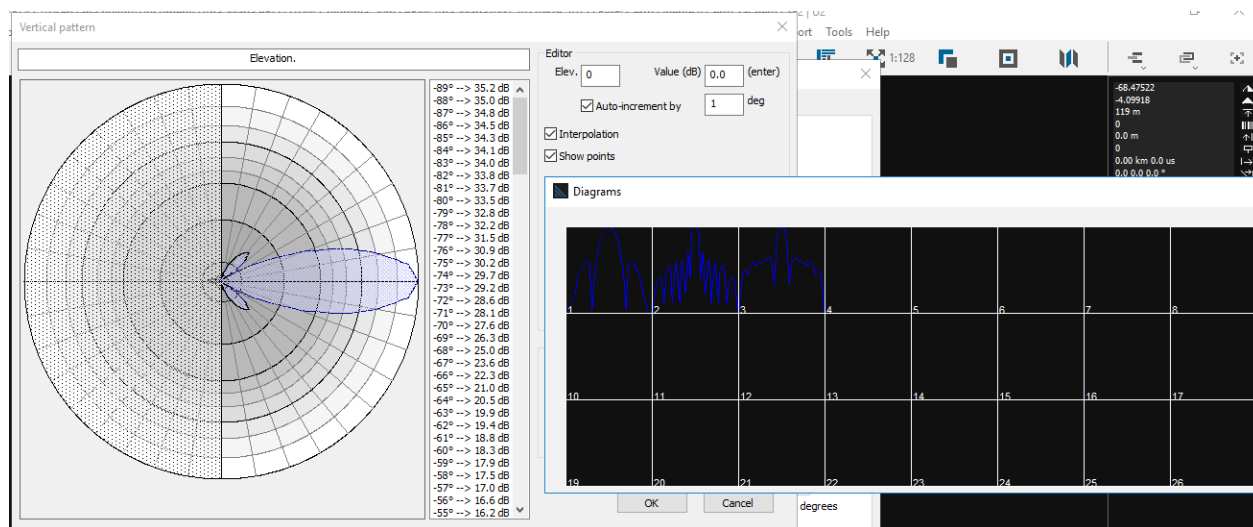
**Ilustración 26.** Configuración para patrón horizontal (Azimuth)



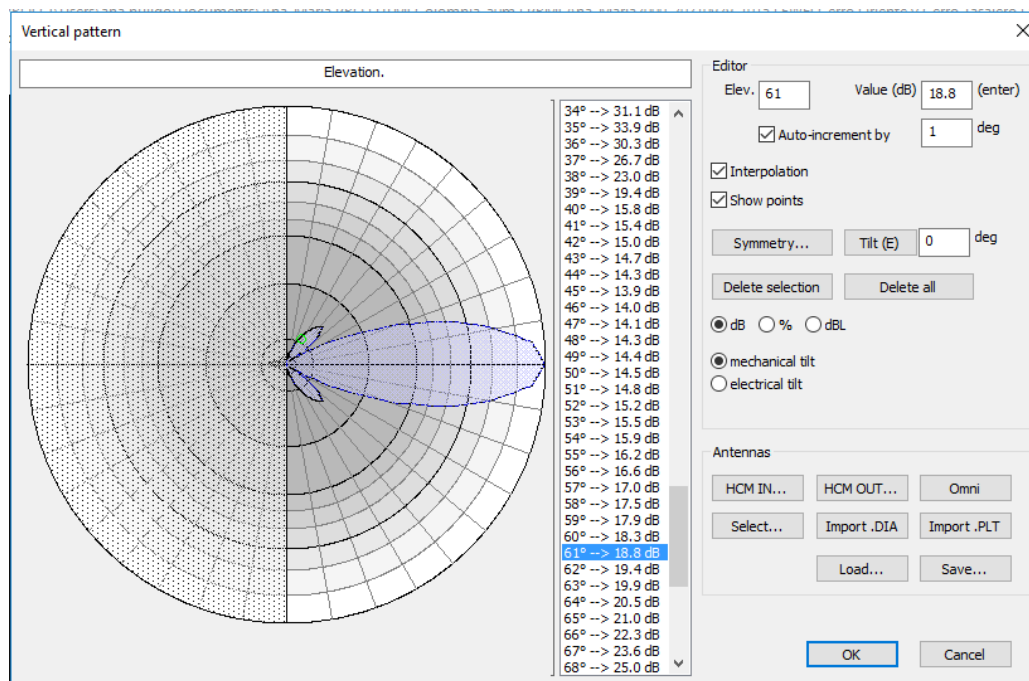
**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

La configuración del tipo de patrón vertical (Elevación), en este caso la primera figura es la más similar para representar el patrón de la antena RYMSA AT15-250 con ángulo de  $61^\circ$ , como se evidencia la ilustración 27.

**Ilustración 27.** Selección del tipo de patrón vertical (Elevación)



**Ilustración 28.** Configuración para patrón vertical (Elevación)



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Para el servicio de television digital terrestre usualmente la polarización del trasmisor y el receptor es de manera horizontal.

### 5.2.5. Configuración de umbral de recepción

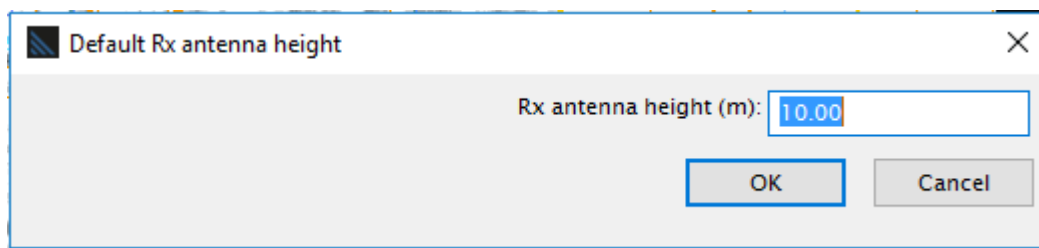
Para la recepción de umbral de la señal, se debe configurar como se observa en la ilustración 29, pues 48 dBuV/m es el umbral utilizado para determinar el área de servicio.

**Ilustración 29.** Configuración de umbral de recepción a 48 dBuV/m

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

### 5.2.6. Configuración de antena receptora

Ahora bien, para la simulación se configura solo la altura de la antena transmisora, como se muestra en la ilustración 30

**Ilustración 30. Altura de la antena receptora**

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

### 5.2.7. Parámetros técnicos de las estaciones

Para esta sección fueron configurados diferentes parámetros para las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, estas configuraciones fueron utilizadas según las recomendaciones de simulación del grupo de ingeniería de la ANE empleadas para solicitudes de operadores que ofrecen el servicio de TDT. Usando el canal de 6MHz para DVB, fueron realizadas las siguientes configuraciones que corresponden a los parámetros del estándar para las dos estaciones

**Ilustración 31. Configuración de parámetros DBV-T2**

Type (0)	Signal (41)	Modulation (24)	NFD / TS-RIF
Tx/Rx A (0)	DVB 6MHz (41)	64-QAM 2/3 (24)	

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Respecto a la ilustración 31, los parámetros tenidos en cuenta para las estaciones tendrán una tasa de codificación de 2/3 y una modulación de 64-QAM.



### 5.2.7.1. Parámetros para la estación de Cerro Oriente

**Ilustración 32.** Parámetros para la estación de Cerro Oriente

The screenshot shows the 'Tx/Rx parameters: 1 Cerro Oriente' configuration window. The window is divided into several sections:

- General:** Type: Tx/Rx A (0), Signal: DVB 6MHz (41), Status: Unknown (0), Frequency plan: # 1, Status: activated.
- Tx/Rx:** Nominal power (W): 250, Dynamic (dB): 0, Tx ant gain (dB): 11.50, Rx ant gain (dB): 11.50, Losses (dB): tx: 0.00, rx: 0.00, Tx add losses (dB): 0.00, E.I.R.P (W): 3531.344, Frequency (MHz): 641.000000, Antenna height (m): 90.00, Tx bandwidth (kHz): 6000.00, Rx bandwidth (kHz): 6000.00.
- Coverage:** Generic, Delete, info, OOB or Spurious (dBW/MHz): 0, Variable power, Fixed power, Fixed frequency, Freq Hop / WB, Variable elevation, Fixed elevation.
- Info:** Callsign: Cerro Oriente, Parenting: 0, Address: Cerro Oriente\_Regional, Date (yyyymmdd): 20211114, Info (1): CH42, Type ID: C, Info (2): Link, Network ID: Group, User: Call number: 0, Date: start / end: 0 / 0.
- Comment:** SQL record 0.

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

### 5.2.7.2. Parámetros para la estación de Cerro Tasajero

**Ilustración 33.** Parámetros para la estación de Cerro Tasajero

The screenshot shows the 'Tx/Rx parameters: 2 Cerro Tasajero' configuration window. The window is divided into several sections:

- General:** Type: Tx/Rx A (0), Signal: DVB 6MHz (41), Status: Unknown (0), Frequency plan: # 2, Status: activated.
- Tx/Rx:** Nominal power (W): 500, Dynamic (dB): 0, Tx ant gain (dB): 11.50, Rx ant gain (dB): 0.00, Losses (dB): tx: 0.00, rx: 0.00, Tx add losses (dB): 0.00, E.I.R.P (W): 7062.688, Frequency (MHz): 635.000000, Antenna height (m): 30.00, Tx bandwidth (kHz): 6000.00, Rx bandwidth (kHz): 6000.00.
- Coverage:** Generic, Delete, info, OOB or Spurious (dBW/MHz): 0, Variable power, Fixed power, Fixed frequency, Freq Hop / WB, Variable elevation, Fixed elevation.
- Info:** Callsign: Cerro Tasajero, Parenting: 0, Address: Cerro Tasajero\_Regional, Date (yyyymmdd): 20211114, Info (1): CH41, Type ID: C, Info (2): Link, Network ID: Group, User: Call number: 0, Date: start / end: 0 / 0.
- Comment:** SQL record 0.

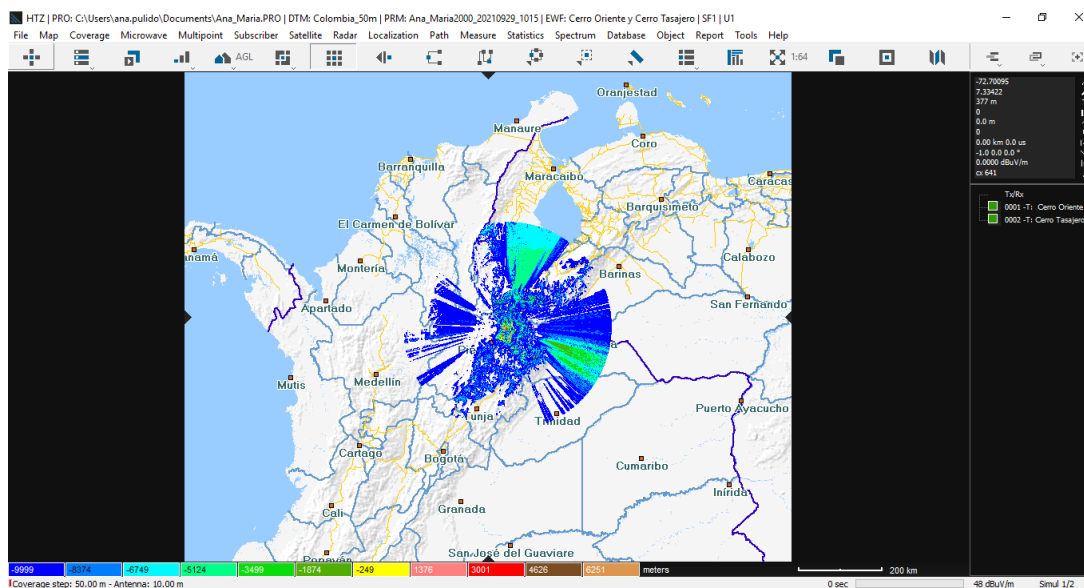
**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)



## 5.2.8. Simulación de las estaciones

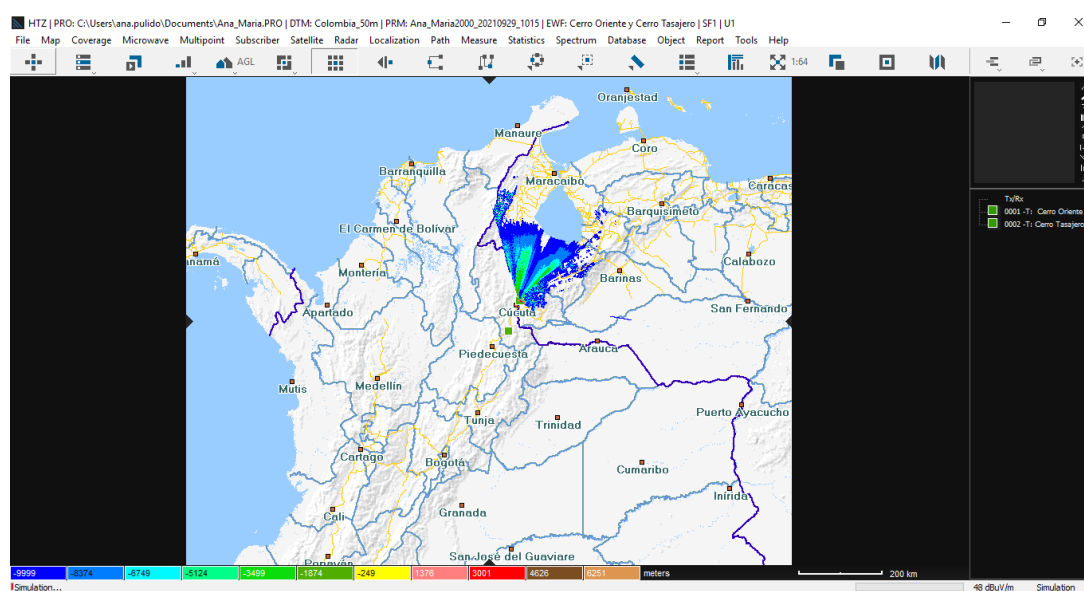
En las ilustraciones 34 y 35, se visualizó el proceso que realiza las simulaciones para obtener la cobertura.

**Ilustración 34.** Simulación a 48 dBuV/m de la estación Cerro Tasajero



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

**Ilustración 35.** Simulación a 48 dBuV/m de la estación Cerro Tasajero

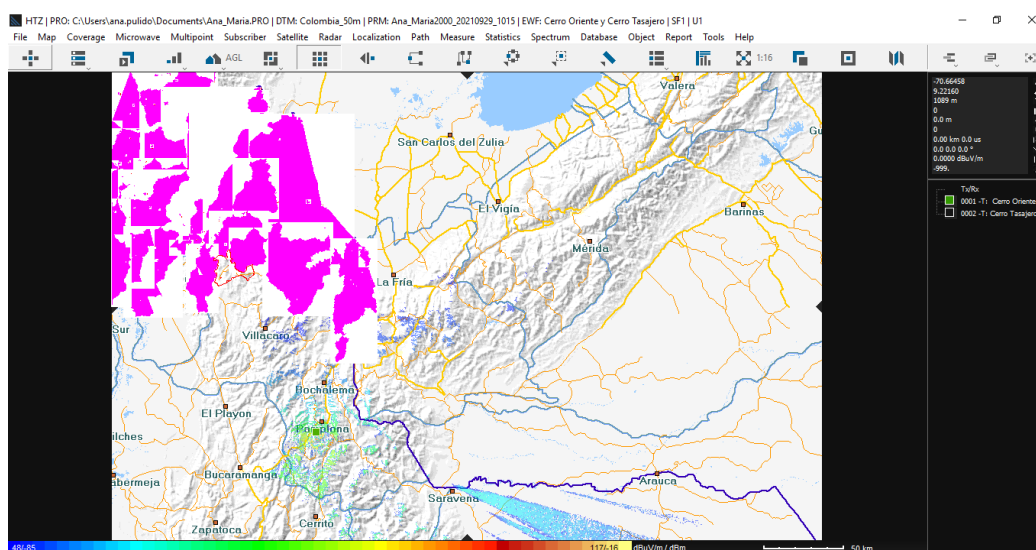


**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

### 5.3. Generación de reportes de cobertura

Para esta parte, generar los reportes de cobertura para cada una de las estaciones, fue utilizado el mismo procedimiento. En el cual consiste cargar un Shape como se muestra en la ilustración 36, y automáticamente se descargará un documento Excel que indica el porcentaje de cobertura que tiene la estación respecto a los municipios.

**Ilustración 36.** Generación de cobertura para la estación de Cerro Oriente



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Una de las cosas a tener en cuenta, es que para generar este reporte es necesario cargar la cartografía en formato .shp que es utilizada para almacenar la información de los municipios de Colombia, y que son necesarios para saber dentro de la mancha de cobertura, cuáles son los cubiertos por la estación.

### 5.4. Análisis de interferencias.

Para el análisis de interferencia, es importante tener en cuenta algunas recomendaciones como:

- Cargar la estación de interés
- Verificar frecuencias de operación
- Activar la estación posiblemente interferida y desactivar la estación de interés

### 5.4.1. Conceptos básicos para análisis de interferencia

Cuando fue realizado el análisis de interferencia, se tuvieron en cuenta algunas recomendaciones que hace la entidad.

- En la tabla 5 se muestran los umbrales de recepción para una estación posiblemente interferida.

**Tabla 5.** Umbrales de recepción

Tipo de estación	Umbral de recepción (dBuV/m)
<b>Analógica con canal de operación menor o igual que 40</b>	65
<b>Analógica con canal de operación mayor que 41</b>	70
<b>Digital de RTVC o regional</b>	46
<b>Digital de Caracol o RCN</b>	48
<b>Digital de CityTV</b>	35

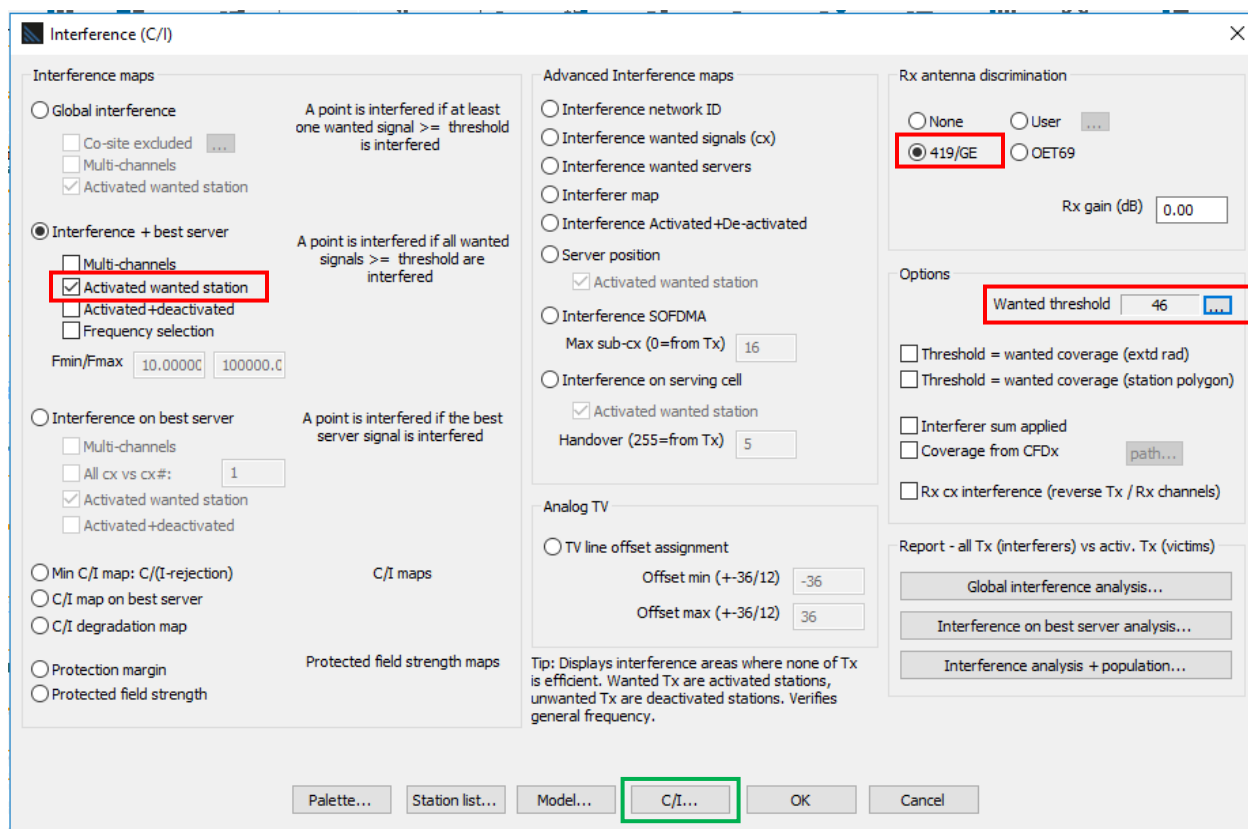
- Márgenes de protección de filtro y configuración de radio de protección. Los valores por diligenciar dependen de la tabla 6.

**Tabla 6.** Márgenes de protección en los campos

Estación posiblemente interferida	Estación interferente	Margen de protección "N=0" (dB)	Margen de protección "N=1" (dB)
<b>Analógica</b>	Digital	+38	+3
<b>Digital RTVC o regionales</b>	Digital	+16	-27
<b>Digital Caracol o RCN</b>	Digital	+18	-27
<b>Digital CityTV</b>	Digital	+9	-27
<b>Digital</b>	Analógica	+2	-22

## 5.4.2. Configuración para interferencia

Ilustración 37. Configuración de interferencia



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

En la ilustración 37, la configuración realizada para el análisis de interferencia, para el mapa de interferencia la opción escogida fue “Interference + best server” debido a que realiza el estudio de interferencia según la estación deseada. Dentro de la discriminación de recepción de antena se activa la opción “419/GE” que tiene en cuenta la recomendación de la ITU R – BT.419-3, comprendiendo la directividad y discriminación por polarización de las antenas para recepción en la radiodifusión de la televisión. Dentro de la misma se configura el umbral de recepción por el cual las estaciones se encuentran posiblemente interferidas.

Para la configuración del análisis de C/I (recuadro verde), fue configurado como se muestra en la ilustración 38 respecto a los márgenes de protección según la tabla 6.

**Ilustración 38.** Configuración de márgenes de protección

**Protection ratio**

Multiple C/I (dB) mask - Priority 4

Compare Tx/Rx bandwidths

N=0	1	<input checked="" type="checkbox"/> used	N=8	-30	<input type="checkbox"/> used
N=1	0	<input checked="" type="checkbox"/> used	N=9	-30	<input type="checkbox"/> used
N=2	-10	<input type="checkbox"/> used	N=10	-30	<input type="checkbox"/> used
N=3	-20	<input type="checkbox"/> used	N=11	-30	<input type="checkbox"/> used
N=4	-30	<input type="checkbox"/> used	N=12	-30	<input type="checkbox"/> used
N=5	-30	<input type="checkbox"/> used	N=13	-30	<input type="checkbox"/> used
N=6	-30	<input type="checkbox"/> used	N=14	-30	<input type="checkbox"/> used
N=7	-30	<input type="checkbox"/> used	N=15	-30	<input type="checkbox"/> used

Pilot channel:

N=0  N=1  N=2

Use mask as filter - All priorities

127=from station

Activity factor weighting [C/Ireq+10.log(activity)]

Smart antenna discrimination

Channel weighting [C/Ireq+10.log((nbcx-cx)/nbcx)]

XPD

Global XPD  dB

C/H or V: 3 dB protection except if global XPD=0

C/I from Tx/Rx - Priority 3

C/I from Tx/Rx C/I

C/I tables - Priority 2

C/I from ITU-R 478 2033 412 655 1368 1009 560, FCC OET 69, Wiesbaden 95, IEEE 802.11/802.16, ETSI 101-980 301-598

Tropo  Steady  From T/R

Rice fading (DVB)  Rayleigh fading (DVB)

FM ITU  FM UK  FM ITU+ISO

NFD matrix - Priority 1

C/I from NFD/TS-RIF Required C/I (dB)

Tx bandwidth / Tx bandwidth

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

La configuración realizada en la ilustración 39, dentro de las otras opciones fue utilizada para establecer una distancia deseada o no entre las interferencias presentadas por los canales.

**Ilustración 39.** Restricción de interferencia

**Interference restriction**

**Interference rules**

Interference from/to activated stations (only)

**Wanted: all channels / Unwanted: all channels (C/I)**

Wanted: Pilot channel only / Unwanted: all channels (C/I)

Wanted/Unwanted distance <=  km

C/I and IRF correction if same Network ID  dB

C/I - correction, IRF + correction

**Coordinated Multi-Point Operation if**

Same Network ID (1) or

Same Group code or

Linked or

Same pixel or

Neighbors or

Different PCIMODn or

Same user or

and if Delta F >=  MHz

(1) Network ID must be not null

**Disregard station if (Interference OFF)**

Status  ▼

or

Type  ▼

**Antenna**

Standard / AAS

MIMO SD/SM

Antenna arrays  gain

Real life diversity gain (SNIR calculation)

Radar collision probability

**Combined location correction factor**

Location probability (pc)  ▼

STD DEV wanted / unwanted (dB)  /

Combined location correction (dB)

**Close**

**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

## 5.5. Configuración estudio de cobertura en Xirio Online

Se tuvo en cuenta un simulador online como se muestra en la ilustración 40, que permitió de igual forma observar la cobertura del sistema de TDT para los municipios del departamento. Para ello, las configuraciones a tener en cuenta fueron:

**Ilustración 40.** Crear nuevo estudio

Simulación Profesional de Cobertura Radioeléctrica Online

XIRIO online

Crear nuevo estudio Ayuda ?

### Crear nuevo estudio

**Seleccione un tipo de estudio**

- Enlace
- Cobertura**
- Cobertura de interior
- Cobertura multitransmisor
- Red de transporte

**Estudio de cobertura:**  
Este estudio representa valores de la señal impuesta por un transmisor, en términos de campo eléctrico o potencia, en todos los puntos dentro del área seleccionada por el usuario.  
[Leer más](#)

**Seleccione un servicio o tecnología**

Categoría: Radiodifusión Audiovisual ▼  
Subcategoría: DVB-T2 ▼  
Servicio: SFN-Fijo 6 MHz ▼

Modo asistente Aceptar










**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

En la ilustración 40 se hizo la elección de la categoría de radiodifusión audiovisual, el estándar DVB-T2 implementado por Colombia y el servicio de redes de frecuencia única fija con ancho de bando de 6 MHz.





Ilustración 41. Parámetros técnicos Cerro Oriente

Transmisor	
Nombre:	<input type="text" value="Cerro Oriente"/>
Identificador de red:	<input type="text"/>





  

Emplazamiento	
Emplazamiento:	<input type="text"/>  
Coordenadas       	
Latitud:	<input n"="" type="text" value="07°20'02.60"/>
Longitud:	<input type="text" value="072°42'03.60" w"=""/>


  

Parámetros de radio	
Antena:	<input type="text" value="DVB-T 14 dBi 60°"/>    
Altura antena:	<input type="text" value="90"/> m

Frecuencias de transmisión			
<table border="1"><thead><tr><th>Frecuencias</th></tr></thead><tbody><tr><td>641.000 MHz </td></tr></tbody></table>		Frecuencias	641.000 MHz 
Frecuencias			
641.000 MHz 			
Polarización:	<input type="text" value="Horizontal"/> 		

Potencia:	<input type="text" value="250"/> <input type="text" value="W"/> 
-----------	---

Fuente: (Xirio Online, 2021)



**Ilustración 42.** Parámetros técnicos Cerro Tasajero

Transmisor			
<b>Nombre:</b>	Cerro Tasajero_S2		
<b>Identificador de red:</b>			
Emplazamiento			
<b>Emplazamiento:</b>			
<b>Coordenadas</b>			
<b>Latitud:</b>	07°59'31.31"N		
<b>Longitud:</b>	072°27'43.83"W		
Parámetros de radio			
<b>Antena:</b>	DVB-T 14 dBi 60°		
<b>Altura antena:</b>	30 m		
<b>Frecuencias de transmisión</b>			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Frecuencias</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>635.000 MHz</td> </tr> </tbody> </table>		Frecuencias	635.000 MHz
Frecuencias			
635.000 MHz			
<b>Polarización:</b>	Horizontal		
<b>Potencia:</b>	500 W		

**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

Para las configuraciones realizadas en las ilustraciones 41 y 42, se tuvieron en cuenta los mismos parámetros técnicos para cada una de las estaciones, y por defecto se dejaron algunos que no interferirían en el cálculo del estudio.

### Ilustración 43. Parámetros técnicos de recepción

**Parámetros de recepción** Ayuda ?

**i** Los parámetros de recepción se han configurado automáticamente para el servicio radioeléctrico del estudio. Es conveniente que revise y personalice los mismos.

**Antena:**  [Icons]

**Altura antena:**  m

**Polarización:**

**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

Para las antenas transmisora y receptora el estudio de cobertura tomó por defecto antenas tenidas en cuenta para el servicio de televisión digital terrestre.

- Transmisora: Antena DVB-T, con ganancia de 14 dBi y ancho de haz de 60°
- Receptora: Antena Yagi, con ganancia de 14 dBi y ancho de haz de 36°

### Ilustración 44. Parámetros de difusión

**Parametros de difusión**

**Tipo de recepción:**

**Porcentaje de ubicaciones:**

**Sigma:**  dB

**Portadoras:**

**Intervalo de guarda:**

**Patrón de pilotos:**

**Tasa de código:**

**Modulación de canal:**

**Tamaño de bloque:**

**Margen de implementación:**

**Tipo de entorno para corrección por altura:**

**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

En la ilustración 44, se evidencian los parámetros de difusión tenidos en cuenta para la TDT.

#### Ilustración 45. Propiedades de Método de Cálculo

**Método de cálculo**

**Nombre:**

**Método de propagación:**

**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

Para el método de cálculo, se tiene en cuenta el método de propagación de la UIT-R P.526-11, el cual ya fue explicado anteriormente, y por defecto se dejaron los parámetros ya establecidos por el simulador para este método.

#### Ilustración 46. Área de cálculo y rangos

**Capas de cartografía:**

Tipo	Nombre	Año	Res. (m)	Proveedor
MDT	Altimetría mundial	2006	100.00	Optica

**Área del cálculo**

Esquina NorOeste: Latitud

Esquina SurEste: Longitud

**Rangos**

Rango de Señal

Color	Rango	Descripción
	[48.00 , 64.00] µV/m	
	[64.00 , 74.00] µV/m	
	[74.00 , Infinity] µV/m	

Visualizar niveles de señal

Si ha realizado cambios en parámetros que afecten a la sensibilidad o al tipo de trayecto, debe actualizar los rangos de señal para que los valores por defecto de estos se recalculen automáticamente.




Aceptar Aplicar Recargar Cancelar

**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

Así mismo para la ilustración 46 es importante tener en cuenta el rango de señales que tuvo en cuenta el simulador.

Para la tabla 7 se deben tener en cuenta el rango de señales, que permitió observar el nivel aceptable de cobertura resultante.

**Tabla 7.** Rango de señal Xirio Online

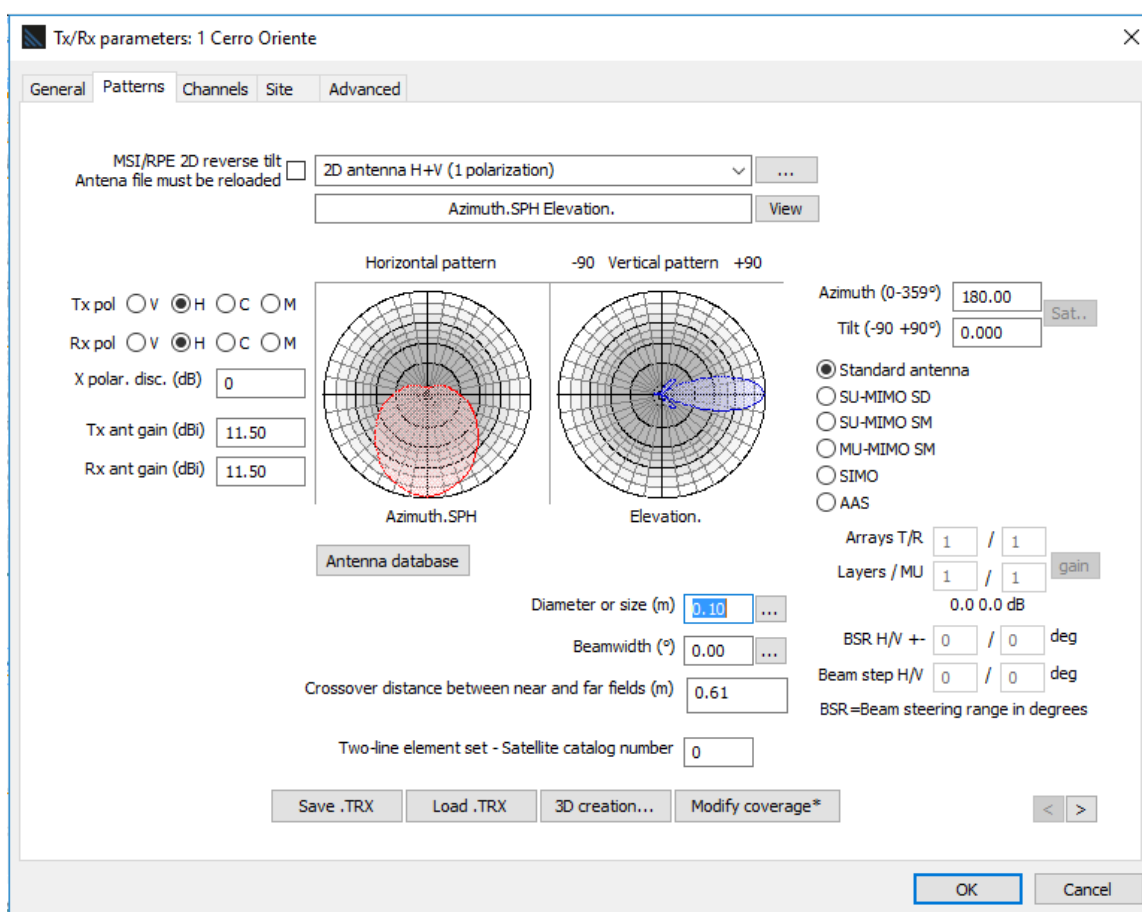
Color	Rango	Descripción
	48 – 64 dBuV/m	Nivel de señal de cobertura aceptable
	64 – 74 dBuV/m	Nivel de señal de buena cobertura
	74 – Infinito dBuV/m	Nivel de señal de muy buena cobertura

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Patrones de radiación

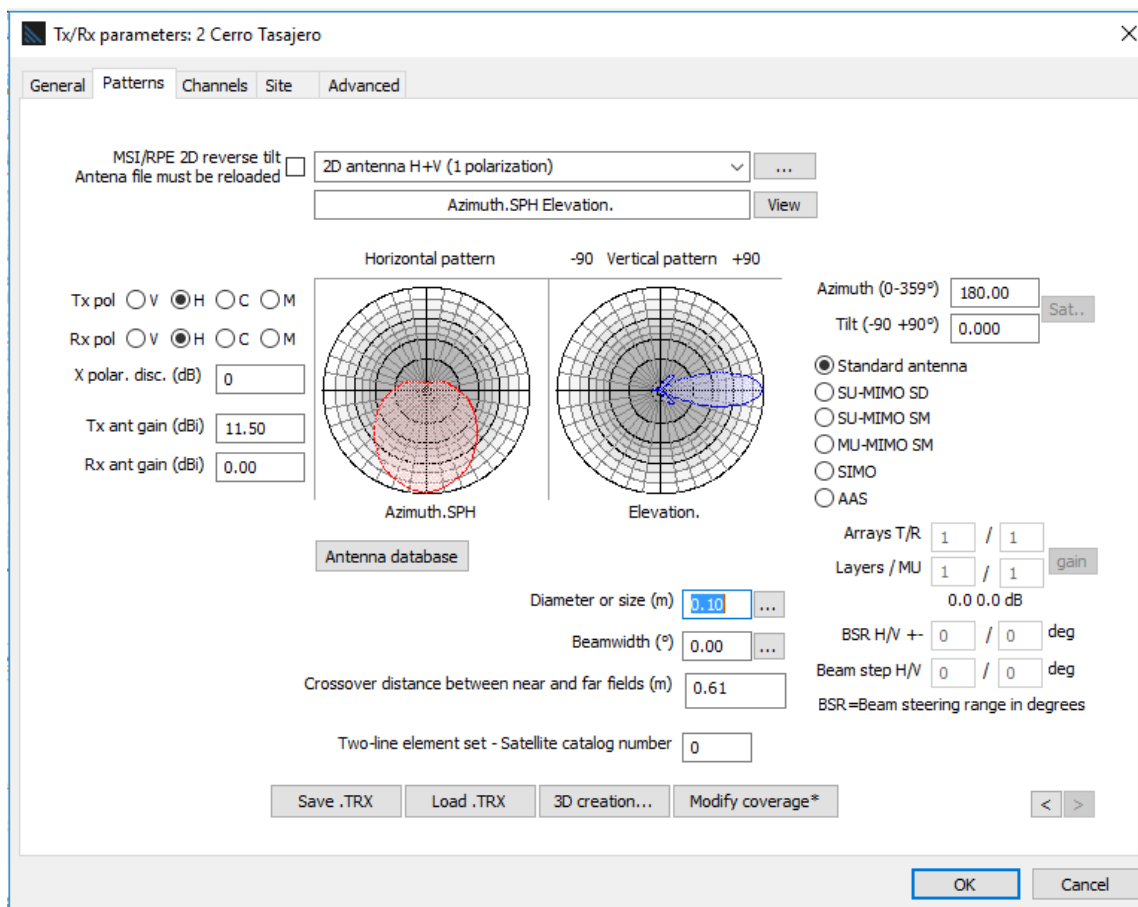
Debido a que la cobertura de la señal en su mayoría, tomaba territorio Venezolano, fue realizada una modificación en el ángulo horizontal (Azimuth) de  $180^\circ$  para que la transmisión de la señal permanecería en los municipios del departamento de Norte de Santander y sus alrededores como se muestra en las ilustraciones 47 y 48

**Ilustración 47.** Patrones de radiación para la estación de Cerro Oriente con una inclinación de  $180^\circ$



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

**Ilustración 48.** Patrones de radiación para la estación de Cerro Tasajero con una inclinación de  $180^\circ$

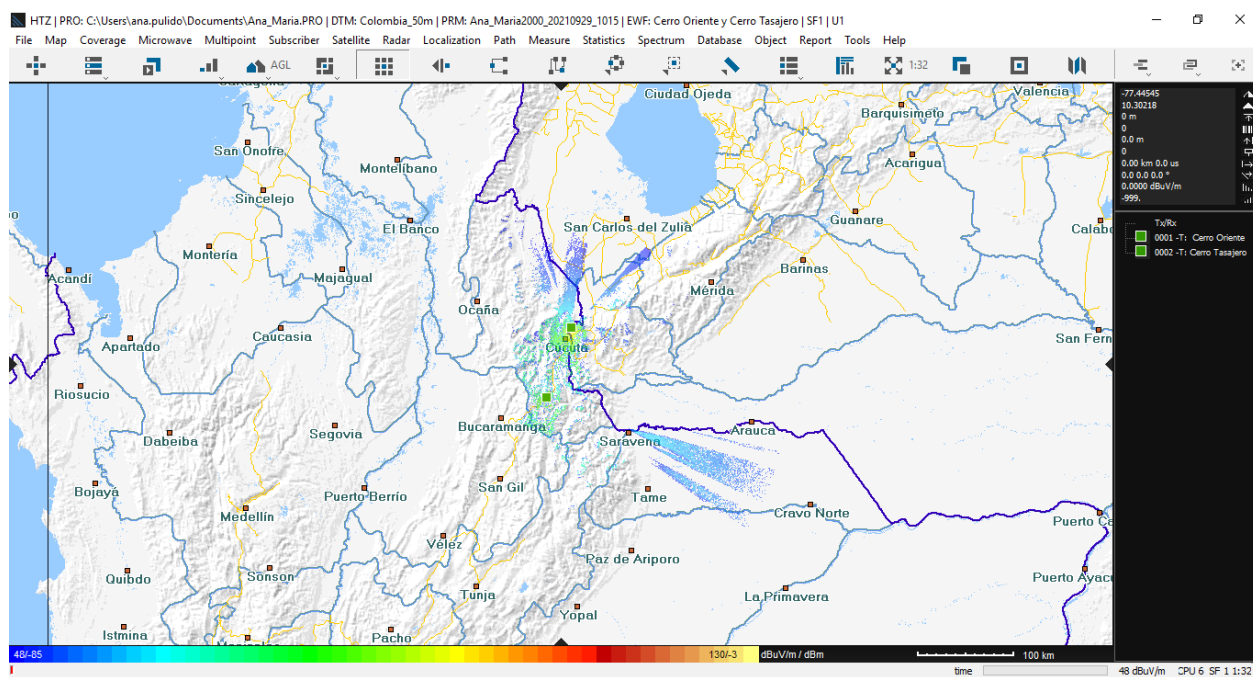


**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

## 6.2. Análisis de cobertura

Como se muestra en la ilustración 49, se observó la cobertura presente en los municipios del departamento según las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero. Ahora bien, para solicitudes de Televisión Digital Terrestre, los municipios que no tengan un porcentaje superior o igual a 80%, no podrá ser incluido como cubierto por la estación.

### Ilustración 49. Análisis de cobertura de las dos estaciones



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Como se mencionó anteriormente, las tablas 7 y 8 son generadas a partir de los Shape cargados, que se descargan automáticamente como un documento Excel donde muestra el porcentaje de cobertura, departamento, municipio y la clase que es definida a partir del casco urbano del municipio.

**Tabla 8.** Tabla de cobertura para la estación de Cerro Tasajero

N°	PORCENTAJE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CLASE
1	100	NORTE DE SANTANDER	San Cayetano	1
2	99,764	NORTE DE SANTANDER	Villa del Rosario	1
3	99,76	NORTE DE SANTANDER	Cúcuta	1
4	99,696	NORTE DE SANTANDER	El Zulia	1
5	98,459	NORTE DE SANTANDER	Los Patios	1
6	75,61	NORTE DE SANTANDER	Puerto Santander	1
7	63,125	NORTE DE SANTANDER	Ragonvalia	1
8	54,286	NORTE DE SANTANDER	Herrán	1
9	49,231	NORTE DE SANTANDER	Chinácota	1
10	33,605	NORTE DE SANTANDER	Tibú	1

Para el análisis de cobertura de la estación de Cerro Tasajero, se observó que en su totalidad fueron visualizados los municipios del departamento, pero según lo mencionado anteriormente solo los municipios de San Cayetano, Villa del Rosario, Cúcuta, El Zulia y Los Patios, fueron los únicos cubiertos por esta estación.

**Tabla 9.** Tabla de cobertura para la estación de Cerro Oriente

Nº	PORCENTAJE	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CLASE
1	89,897	NORTE DE SANTANDER	Pamplona	1
2	81,319	NORTE DE SANTANDER	Mutiscua	1
3	77,015	NORTE DE SANTANDER	Los Patios	1
4	67,925	NORTE DE SANTANDER	Chitaga	1
5	54,348	NORTE DE SANTANDER	Cacota	1
6	40,221	NORTE DE SANTANDER	Cúcuta	1
7	28,253	ARAUCA	Puerto Rondon	1
8	17,646	NORTE DE SANTANDER	Villa del Rosario	1
9	3,197	ARAUCA	Fortul	1

Para el análisis de cobertura de la estación de Cerro Oriente, se observó que en su mayoría fueron visualizados algunos municipios del departamento, pero además se visualizaron dos municipios del departamento de Arauca. Ahora bien, según lo mencionado anteriormente solo los municipios de Pamplona y Mutiscua, fueron los únicos cubiertos por esta estación.

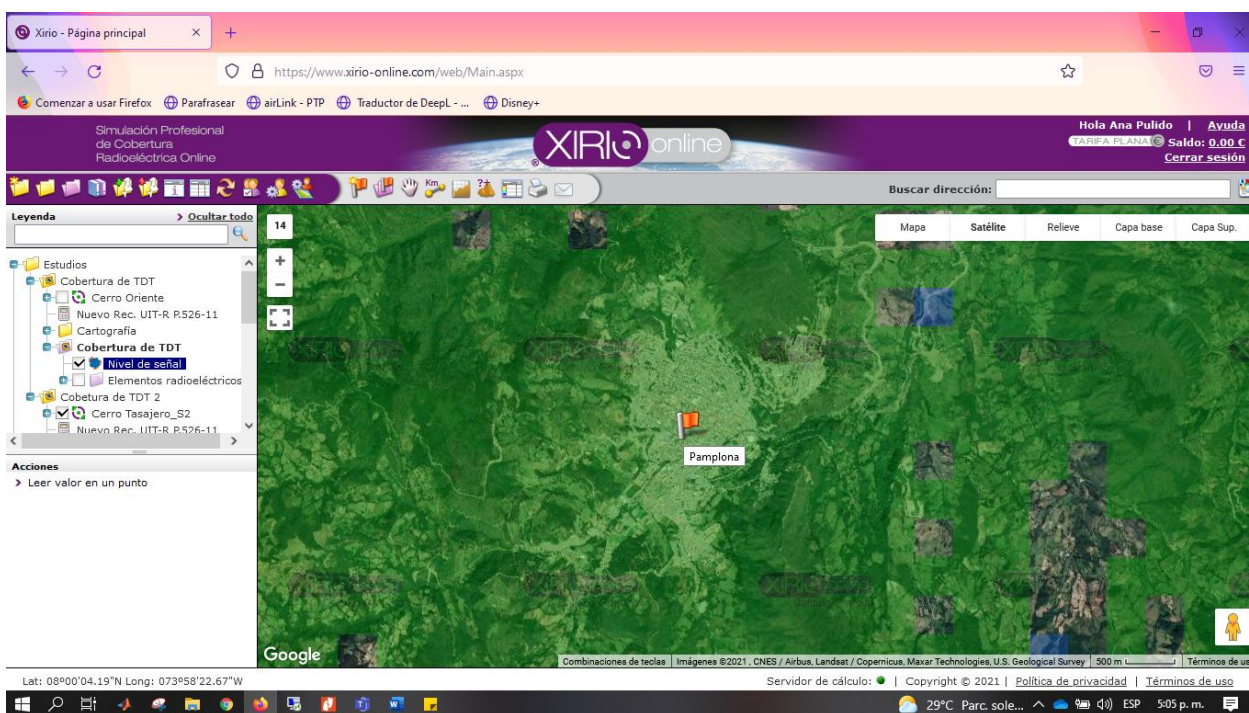
### **6.3. Análisis de cobertura con Simulador Xirio Online**

Se realizó una comprobación de cobertura con el simulador Xirio Online, donde se observó que los municipios cubiertos fueron los mismos obtenidos por el simulador de HTZ Communications, teniendo en cuenta los mismos parámetros.

Para la estación de Cerro Oriente se observó en las ilustraciones 50 y 51, los municipios de Pamplona y Mutiscua fueron cubiertos en su totalidad por la señal de la estación.

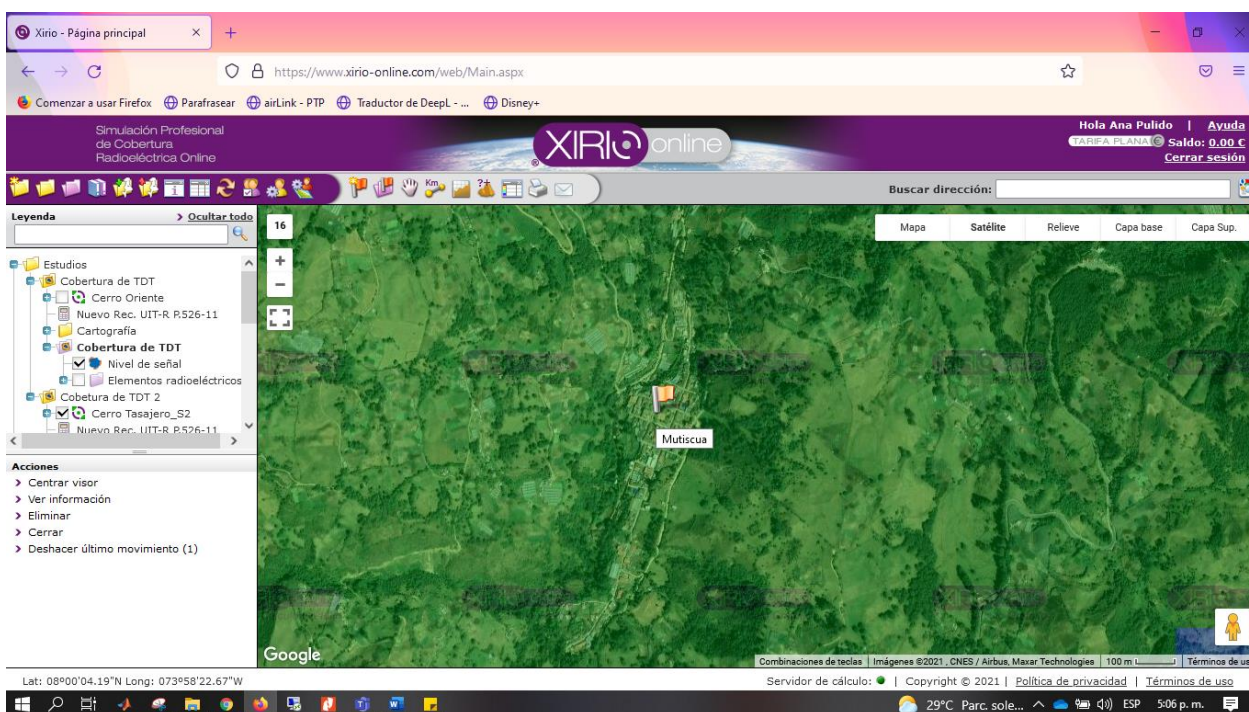


**Ilustración 50.** Cobertura del municipio de Pamplona - Estación Cerro Oriente



**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

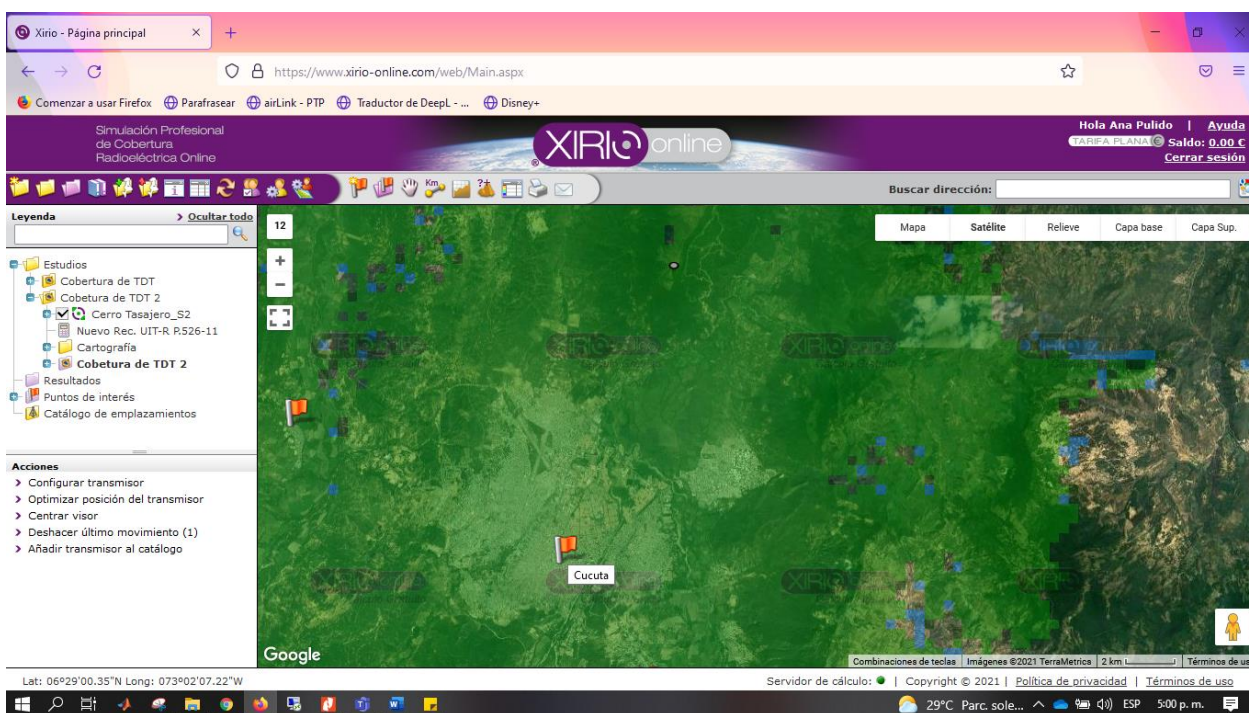
**Ilustración 51.** Cobertura del municipio de Mutiscua - Estación Cerro Oriente



**Fuente:** (Xirio Online, 2021)

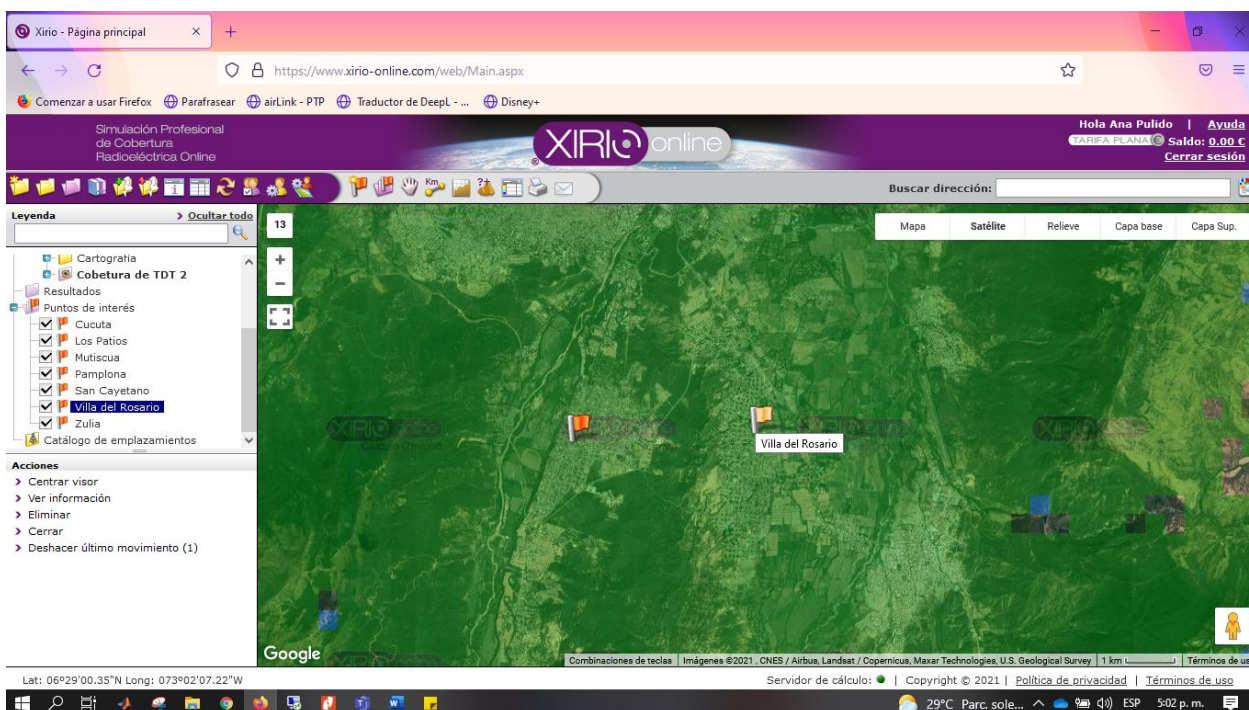


### Ilustración 52. Cobertura del municipio de Cúcuta - Estación Cerro Tasajero



Fuente: (Xirio Online, 2021)

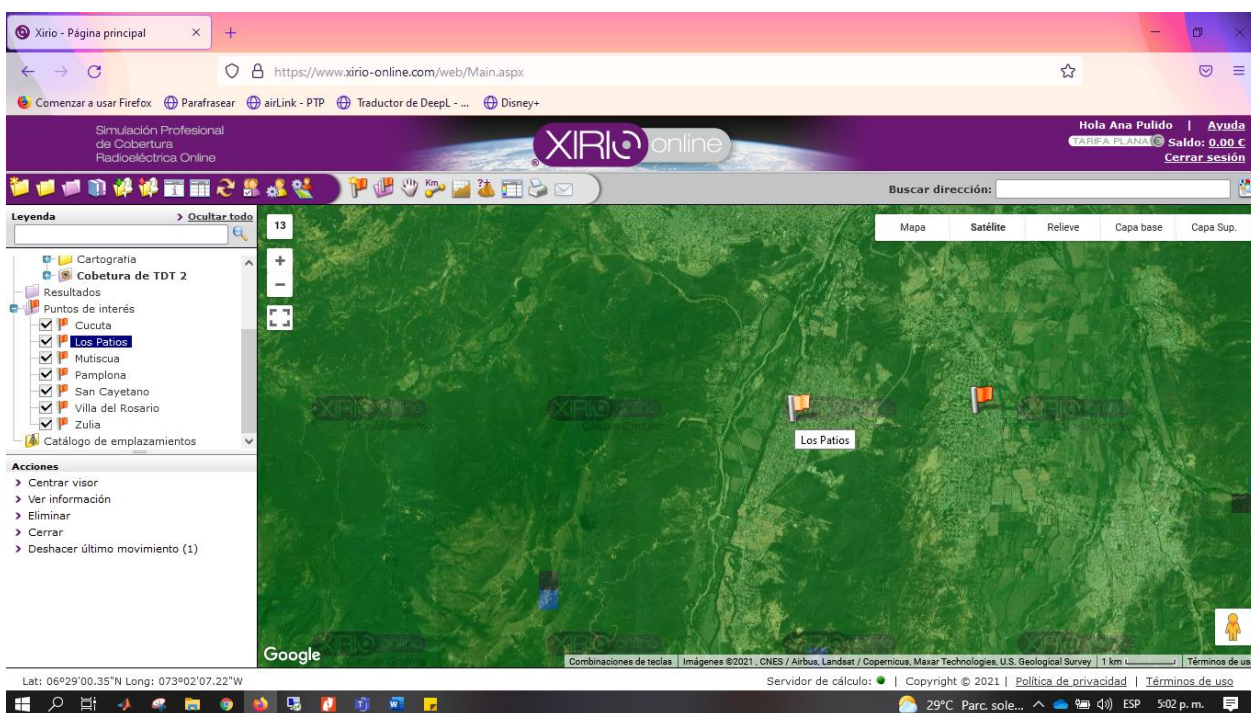
### Ilustración 53. Cobertura del municipio de Villa del Rosario - Estación Cerro Tasajero



Fuente: (Xirio Online, 2021)

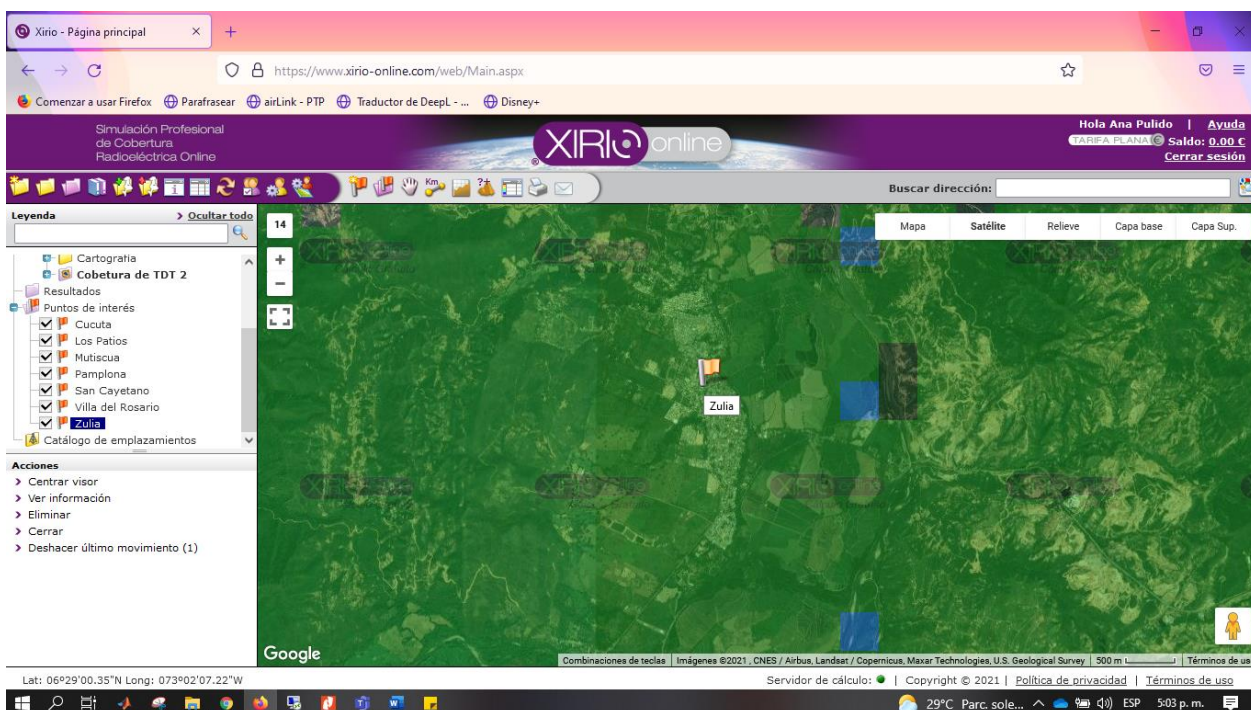


**Ilustración 54.** Cobertura del municipio de Los Patios- Estación Cerro Tasajero



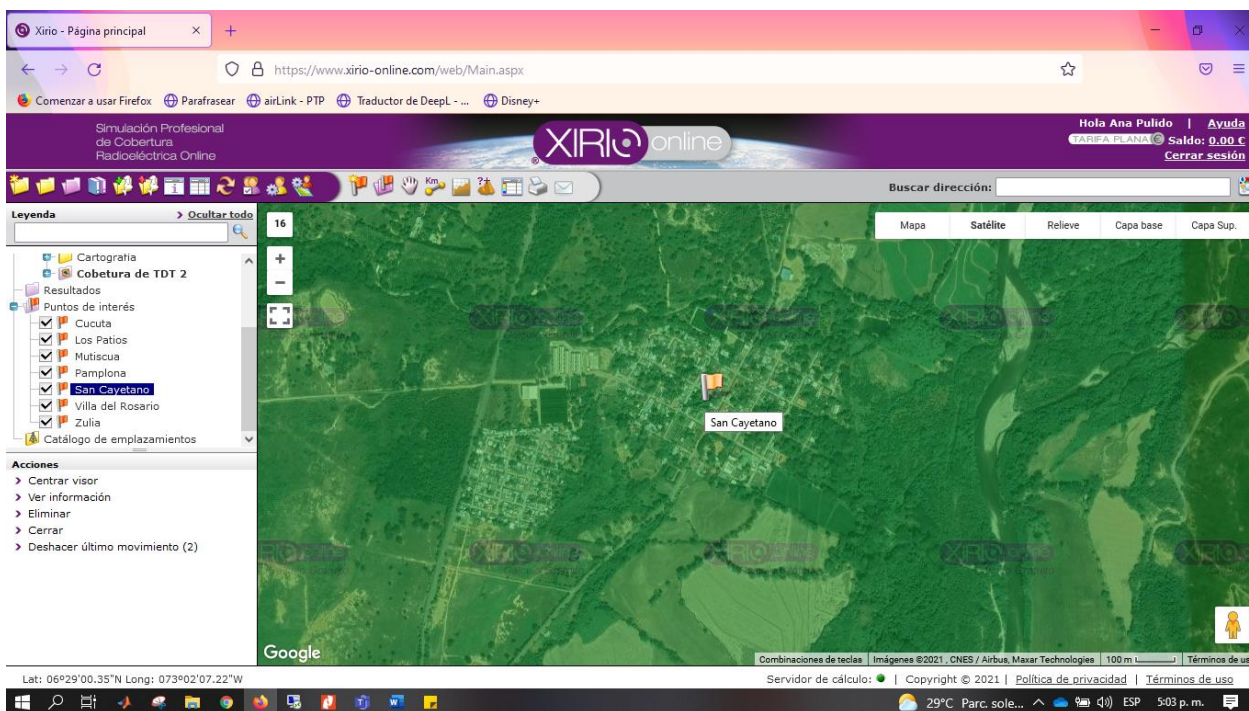
Fuente: (Xirio Online, 2021)

**Ilustración 55.** Cobertura del municipio de El Zulia - Estación Cerro Tasajero



Fuente: (Xirio Online, 2021)

### Ilustración 56. Cobertura del municipio de San Cayetano - Estación Cerro Tasajero



Fuente: (Xirio Online, 2021)

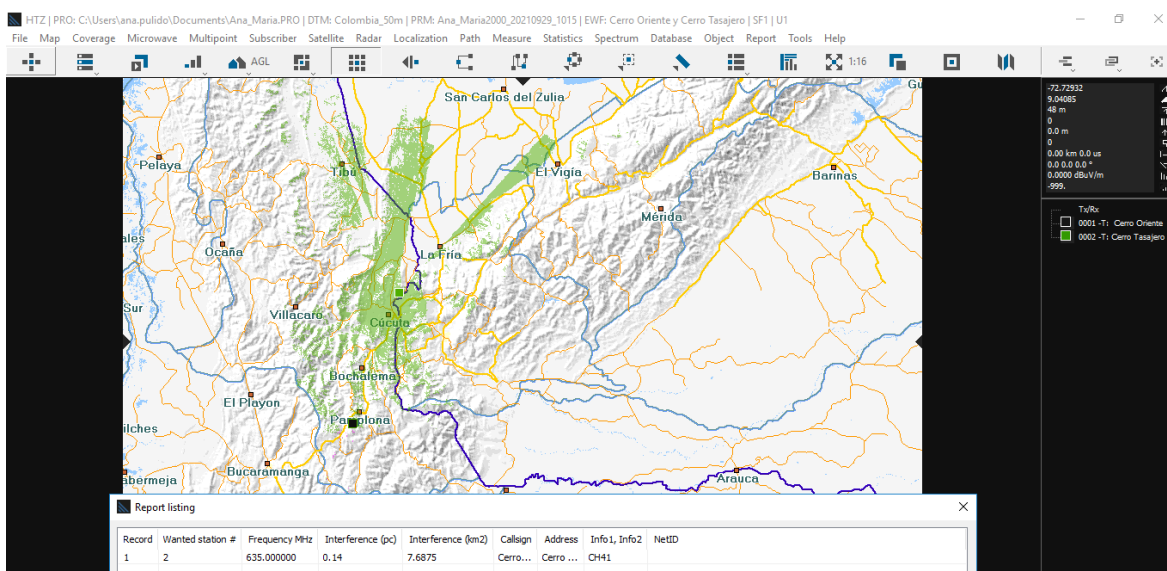
Para la estación de Cerro Tasajero, se observó en las ilustraciones 52 – 56. que los municipios de San Cayetano, Villa del Rosario, Cúcuta, El Zulia y Los Patios fueron cubiertos en su totalidad por la señal de la estación.

#### 6.4. Análisis de Interferencia

Como fue mencionado anteriormente para realizar el análisis de interferencia, fue desactivada la estación de interés, y activada la estación interferida, como se muestra en las ilustraciones 57 y



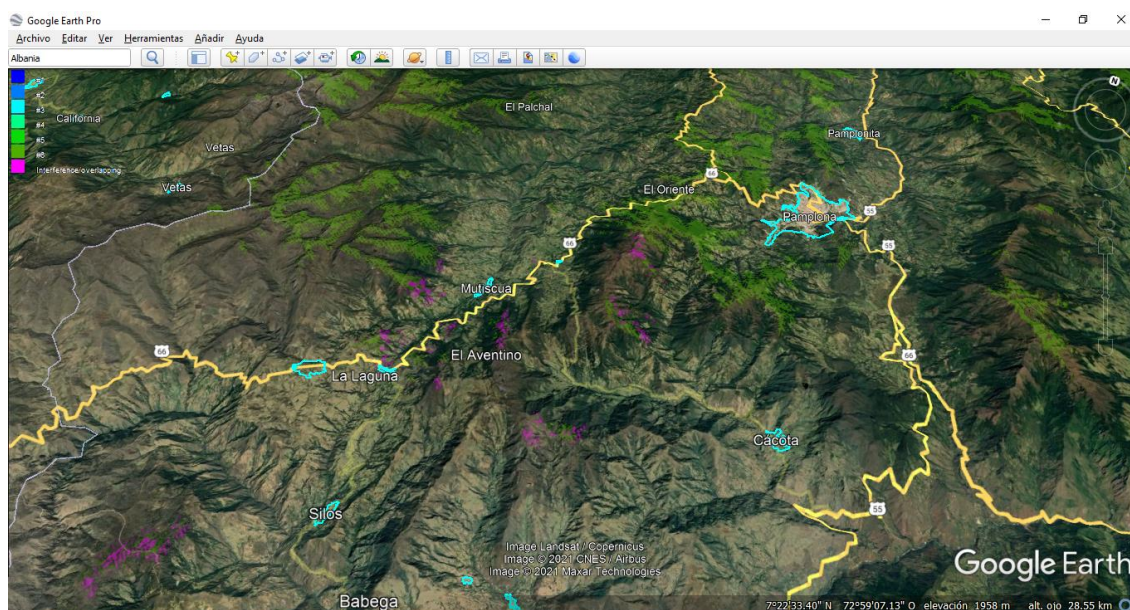
### Ilustración 57. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Oriente



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Como se muestra en la ilustración 57 la interferencia presentada por la estación de Cerro Oriente no es muy notoria, pues solo representa el 0.14 de interferencia, a continuación, se visualizan las pequeñas manchas en Google Earth

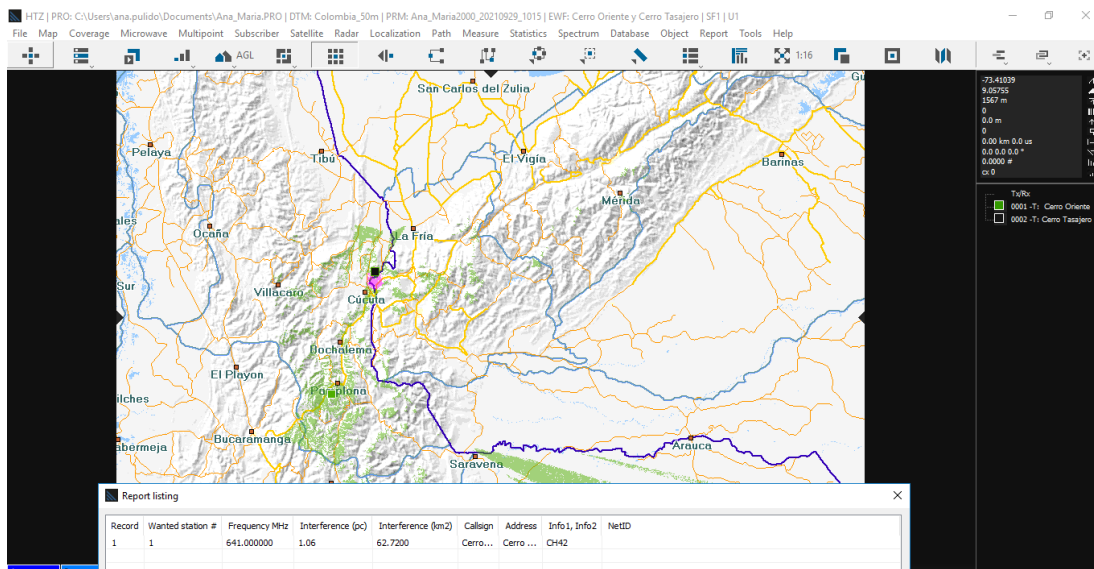
### Ilustración 58. Análisis de interferencia para la estación de Cerro Oriente en Google Earth



**Fuente:** (Google Earth, 2021)

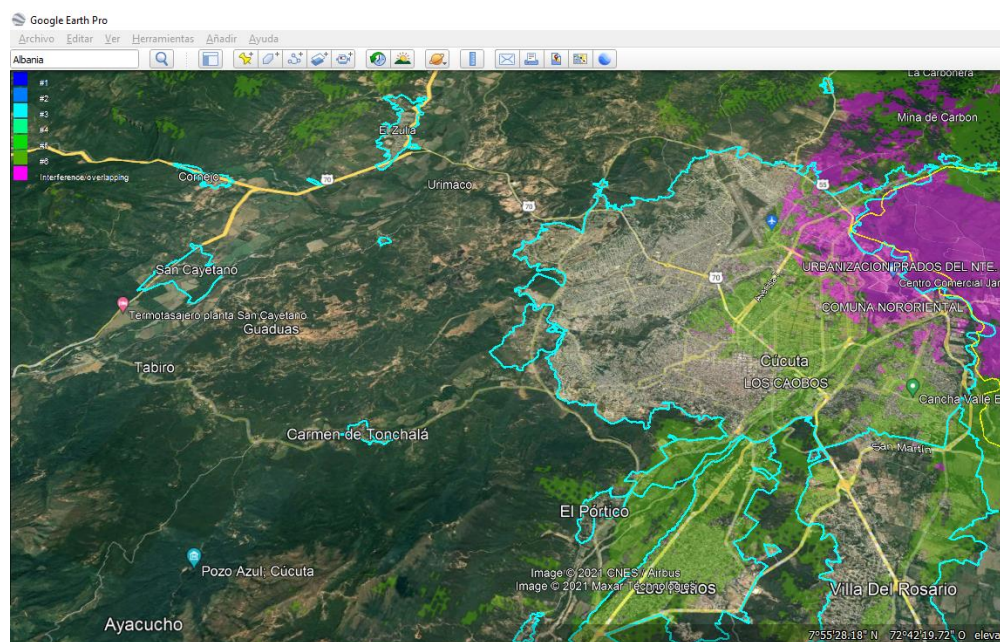
Como se muestra en la ilustración 58, a partir de ello, se determinó que estas manchas de interferencias no afectan en absoluto la señal de TDT, ya que fueron visualizadas en partes montañosas de la región.

**Ilustración 59.** Análisis de interferencia para la estación de Cerro Tasajero



**Fuente:** (HTZ Communications, 2021)

Pero para la estación de Cerro Tasajero, no ocurre el mismo caso, ya que existe una gran mancha de interferencias en el municipio de Cúcuta, como se muestra en la ilustración 60, representada en color morado.

**Ilustración 60.** Análisis de interferencia para la estación de Cerro Tasajero en Google Earth

**Fuente:** (Google Earth, 2021)

Como la estación posiblemente interferida es la estación de Cerro Oriente, no existe gran inconveniente, ya que este municipio no está cubierto por esta estación. Y al pertenecer a una frecuencia para sistemas de televisión regional es importante mejor tener estas estaciones en un numero de red diferente.

## VII. CONCLUSIONES

Es importante saber que la televisión digital terrestre para Colombia es uno de los avances que mayor impacto ha tenido en la sociedad, pero debido al poco avance en el despliegue de infraestructura en equipos de telecomunicaciones, esto ocasiona que se lleve en su totalidad el cambio del servicio analógico al digital, puesto que según lo indica el Ministerio de las TIC, hace más de dos años, en el territorio Colombiano se debió realizar el apagón analógico y ofrecer en totalidad el servicio de televisión de manera digital.

Para el departamento de Norte de Santander, realizar este tipo de estudios contribuyen al desarrollo tecnológico del departamento, ya que en este aún persisten municipios como Pamplona que continúan viendo contenido de forma analógica, de manera que la TDT es una de las tecnologías que no se ha estudiado de forma local por mucho tiempo.

El estándar DVB-T2 para Colombia permitirá que los proveedores de servicio y empresas involucradas aprovechen los beneficios que se obtienen al ofrecer este servicio, como lo es buen uso del espacio radioeléctrico para esta tecnología y demás, y la capacidad de canales por un mismo ancho de banda que podrán transmitir sin presenta interferencias. Para los usuarios este estándar permite que disfruten una mayor cantidad y calidad en los contenidos.

Reconocer a profundidad cuales fueron y siguen siendo las entidades que regulan al servicio de televisión digital terrestre en Colombia, permite que se conocieran todas aquellas especificaciones técnicas que aseguran el buen funcionamiento del servicio de TDT, y la prestación del mismo a los ciudadanos.

Implementar una metodología de investigación para el desarrollo de este proyecto, permite la identificación de saberes, conceptos, análisis y resultados técnicos que proyectan un buen aprovechamiento de la investigación con respecto al servicio de Televisión Digital Terrestre.



Identificar las principales funciones de la Agencia Nacional del Espectro y la dependencia de Gestión y Planeación Técnica del Espectro, determina que el objetivo primordial es establecer la viabilidad del uso correcto del espectro radioeléctrico (ERE), según los procesos de seguimiento emitidos por el MINTIC y los PRST.

Conocer cada una de las partes que componen un sistema de Televisión Digital Terrestre, permite realizar con mayor determinación un análisis de viabilidad, debido a que cuando se realizan otros tipos de investigaciones como el desarrollo o implementación de una estación de TDT, lo primordial es el estudio técnico, teniendo en cuenta cada uno de los parámetros mencionados.

Al realizar la elección de la antena, es importante tener en cuenta que esta debe cumplir con las características mínimas para ofrecer el servicio, para este caso, la antena transmisora debía ofrecer frecuencias entre los 470 - 862 MHz y permitiera así mismo el alcance para cubrir los municipios.

Teniendo en cuenta las configuraciones realizadas para las estaciones bases de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, se evidenció que el método de propagación, los parámetros de radiación y configuraciones técnicas como frecuencia, pérdidas, altura de transmisores y receptores entre otras permite reflejar con mayor eficiencia el comportamiento de la señal de TDT para los municipios cercanos a las estaciones.

En cuanto a el análisis de cobertura para las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero solo fueron viables los municipios que sean cubiertos con un porcentaje superior o igual al 80%, debido a que sin el valor es inferior la señal no será permanente y ocasionara inconvenientes en la transmisión de los contenidos. Ahora bien, respecto a los municipios cubiertos por las estaciones, se evidenció que solo 7 de ellos son cubiertos por estas estaciones, sin ocasionar solapamiento de la señal entre ellos.

Respecto a la comparación del análisis de cobertura, entre el simulador HTZ Communications y Xirio Online, se evidencio que los municipios de Pamplona y Mutiscua fueron cubiertos por las

estación base de Cerro Oriente y los municipios de San Cayetano, Villa del Rosario, Cúcuta, El Zulia y Los Patios fueron cubiertos por la estación base de Cerro Tasajero, teniendo en cuenta los mismos parámetros, sin embargo, en el simulador online las antenas y algunos parámetros fueron establecidas por defecto del estudio.

Cuando fue realizado el análisis de interferencias para las estaciones de TDT es importante tener en cuenta, el umbral de recepción dependiendo del canal digital nacional, regional, local y privado al que pertenecen y sus respectivos márgenes de protección, debido a que esto puede afectar a estaciones cargadas en el simulador que pertenezcan o no al mismo canal, evidenciando interferencias no deseadas.

Muchas de las herramientas utilizadas para simular las estaciones base de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, fueron desarrolladas por el equipo de Ingeniería, ya que los reportes de cobertura requieren de un documento Shape (cartografía que contiene el contorno de todos los municipios de Colombia) para determinar qué porcentaje es cubierto por la estación en los municipios, sin esto es imposible determinar cuáles pueden ser.

Como fue mencionado, unas de las actividades realizadas durante la práctica empresarial permitieron en gran parte desarrollar este análisis de cobertura e interferencia para las estaciones de Cerro Oriente y Cerro Tasajero, ya que las solicitudes emitidas por los proveedores eran muy similares en cuanto a las configuraciones de cobertura e interferencia.

ATDI ofrece licencias del software netamente académicas, que se adquieren a través de paquetes dependiendo de la necesidad del usuario, los paquetes educativos incluyen acceso a un servidor, y acceso simultaneo a los usuarios del software, estos pueden ser de 5, 10 o 20 usuarios. De acuerdo a lo anterior, los precios varían según el paquete elegido, pero aseguran un precio competitivo. Cuando se hizo referencia al acceso de un servidor, este puede ser por licencia de un servidor LAN o VPN, mediante una máquina virtual (VM) del usuario final o servidores basados en la nube.

Estas prácticas profesionales fueron una experiencia significativa para nuestra vida profesional, pues nos permite tener un espacio de crecimientos intelectual y personal donde se pueden poner en práctica la formación adquirida académicamente y así desarrollar mejores habilidades ingenieriles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Moreno, C., Martín, A., Sierra, J., & Gil, F. (2011, junio). Diseño y análisis de red de Televisión Digital Terrestre (TDT) para Medellín - Antioquia. Universidad Pontificia Bolivariana. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6492/Dise%C3%B1o%20y%20an%C3%A1lisis%20de%20red%20de%20Televisi%C3%B3n%20Digital%20Terrestre%20%28TDT%29%20para%20Medell%C3%ADn%20-%20Antioquia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comisión de Regulación de Comunicaciones. (2012, septiembre). *Definición de las especificaciones técnicas de la TDT en Colombia*. Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC. [https://www.crcom.gov.co/recursos\\_user/Documentos\\_CRC\\_2012/Actividades\\_Regulatorias/TDT/documentos\\_soporte\\_TDT\\_20120914.pdf](https://www.crcom.gov.co/recursos_user/Documentos_CRC_2012/Actividades_Regulatorias/TDT/documentos_soporte_TDT_20120914.pdf)
- Giménez, Jordi & Sánchez, Jaime & Gómez-Barquero, David & Cardona, Narcís. (2011). Modelos de propagación radio para redes de TDT móvil en la banda UHF. 9.
- Zambrano Shilquigua, C. P. (2020, febrero). *COEXISTENCIA DE ISDB-TB DE ECUADOR Y DVB-T2 DE COLOMBIA EN LA CIUDAD DE TULCÁN*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Oviedo Perdonó. Edición y análisis de cobertura de la señal de televisión digital terrestre en entornos urbanos. Universidad Francisco José de Caldas
- Navarro, A., Morales, M., & Abadía, I. (2013). TDT - Estado del arte. *Ingenium*, 7(16) 11-24
- Ministerio de asuntos económicos y transformación digital. (s. f.). *TDT*. Televisión Digital. <https://televisiondigital.mineco.gob.es/TelevisionDigital/formas-acceso/Paginas/tdt.aspx>

- TDT para todos. (2021). *COBERTURA. Listado completo de ciudades con señal TDT*. Recuperado 21 de septiembre de 2021, de <https://www.tdtparatodos.tv/sites/default/files/cobertura2021.pdf>
- DVB-T2. (s. f.). *Televisión Digital para todos*. Recuperado 18 de septiembre de 2021, de <https://www.tdtparatodos.tv/content/que-significa-dvb-t2>
- Ramírez, I. (2018, 29 mayo). *Qué es DVB-T2 o TDT2 y qué ventajas tiene sobre el TDT normal*. Xataka. <https://www.xataka.com/basics/que-dvb-t2-tdt2-que-ventajas-tiene-tdt-normal>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2009, octubre). *RECOMENDACIÓN UIT-R P.526-11 - Propagación por difracción*. [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.526-11-200910-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.526-11-200910-S!!PDF-S.pdf)
- MINTIC. (s. f.-a). *MINTIC Colombia - Acerca del MinTIC*. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Ministerio/Acerca-del-MinTIC/>
- MINTIC. (s. f.). *Radio y televisión - MINTIC - Vive Digital*. Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Recuperado 19 de septiembre de 2021, de <https://mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-article-19508.html>
- Agencia Nacional del Espectro. (s. f.). *Fundamentos de gestión del espectro radioeléctrico*. Recuperado 18 de septiembre de 2021, de [https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/polilineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_I.pdf](https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/polilineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_I.pdf)
- Agencia Nacional del Espectro. (s. f.-b). *Propósito superior ANE* [Ilustración]. Mandala. <https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/Mandala%20ANE.pdf>
- Congreso de Colombia. (2012, 10 enero). *Ley 1507 de 2012*. EVA. [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=45327](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=45327)

Departamento Administrativo de la Función Pública. (2010, 20 enero). *Decreto 93 del 2010*. Eva - Gestor Normativo. Recuperado 11 de octubre de 2021, de [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=67098](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=67098)

PROMAX. (2017, febrero). *Descripción de señales y parámetros digitales*. <https://www.promax.es/downloads/manuals/Spanish/descripcion-de-senales.pdf>

Borda White, D. C. (2020, 27 enero). Estudio técnico de modelos de propagación de cobertura en el servicio de televisión digital terrestre. Universitaria Agustiniiana - Repositorio Institucional. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1145/BordaWhite-DianaCarolina-1-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>