

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

Identificación de emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de la radiorefractividad, mediante simulaciones del canal 40 tv uhf, Trujillo 2021

Línea de Investigación: ANTENAS Y PROPAGACIÓN

Autores:

Salazar Saldaña, José Wlen

Ulloa Santur, Yordi Wilson

Jurado Evaluador:

Presidente : Azabache Fernández, Filiberto Melchor

Secretario : González Cadenillas, Clayder Alejandro

Vocal : León Cerna, Alejandro Martín

Asesor:

Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>

Trujillo - Perú

2021

Fecha de sustentación: 2021/12/30

IDENTIFICACIÓN DE
EMPLAZAMIENTOS CON
FLUCTUACIÓN DE SEÑAL
DEPENDIENTE DE LA
RADIOREFRACTIVIDAD,
MEDIANTE SIMULACIONES
DEL CANAL 40 TV UHF,

TRUJILLO 2021

Fecha de entrega: 09-dic-2021 06:40p.m. (UTC *por* José Saldaña Yordi Ulloa-0500)

Identificador de la entrega: 1725987057

Nombre del archivo: Tesis_Salazar_-_Ulloa_09_12_2021_final.docx (12M)

Total de palabras: 11211


Ms. Ing. Eduardo Cerna Sánchez
Asesor

Total de caracteres: 61224

IDENTIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS CON FLUCTUACIÓN DE SEÑAL DEPENDIENTE DE LA RADIOREFRACTIVIDAD, MEDIANTE SIMULACIONES DEL CANAL 40 TV UHF, TRUJILLO 2021

INFORME DE ORIGINALIDAD

INDICE DE SIMILITUD **5%** INTERNET%
5 FUENTES DE **0%** PUBLICACIONES
1% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet **5%**

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado


Ms. Ing. Eduardo Cerna Sánchez
Asesor

Jurado de sustentación Oral



Ing. FILIBERTO AZABACHE FERNÁNDEZ
N° CIP 97916

Presidente



Ing. CLAYDER ALEJANDRO GONZÁLEZ
CADENILLAS
N° CIP 240498

Secretario



Ing. ALEJANDRO MARTÍN LEÓN
CERNA
N° CIP

Vocal

Entregado el:

Aprobado por:



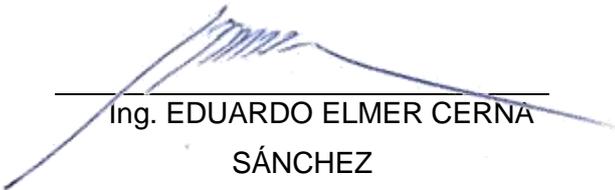
Br. José Wlen Salazar Saldaña

DNI: 70973288



Br. Yordi Wilson Ulloa Santur

DNI: 48147946



Ing. EDUARDO ELMER CERNA

SÁNCHEZ

N° CIP 80252

Asesor de Tesis

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO

Identificación de emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de la radiorefractividad, mediante simulaciones del canal 40 tv uhf, Trujillo 2021

Línea de Investigación: ANTENAS Y PROPAGACIÓN

Autores:

Salazar Saldaña, José Wlen

Ulloa Santur, Yordi Wilson

Jurado Evaluador:

Presidente : Azabache Fernández, Filiberto Melchor

Secretario : González Cadenillas, Clayder Alejandro

Vocal : León Cerna, Alejandro Martín

Asesor:

Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>

Trujillo - Perú

2021

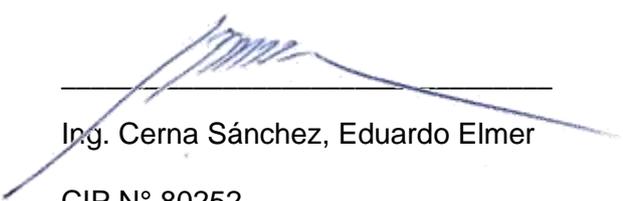
Fecha de sustentación: 2021/12/30

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Yo, Cerna Sánchez, Eduardo Elmer, docente del Programa de Estudio de Pregrado de Estudio de Ingeniería Electrónica de la Universidad Privada Antenor Orrego, asesor de la tesis titulada **“Identificación de emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de la radiorefractividad, mediante simulaciones del canal 40 tv uhf, Trujillo 2021.”**, de los autores Br. Salazar Saldaña, José Wlen y Br. Ulloa Santur, Yordi Wilson, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud del 5%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software Turnitin el día 9 de diciembre del 2021.
- He revisado con detalle dicho reporte de la tesis/ Trabajo de Suficiencia Profesional/proyecto de Investigación “Identificación de emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de la radiorefractividad, mediante simulaciones del canal 40 tv uhf, Trujillo 2021.” y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las normas establecidas por la Universidad.

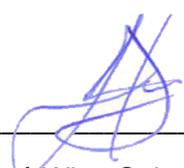
Trujillo, 9 de diciembre de 2021.



Ing. Cerna Sánchez, Eduardo Elmer

CIP N° 80252

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>



Br. José Wlen Salazar Saldaña

DNI: 70973288



Br. Yordi Wilson Ulloa Santur

DNI: 48147946

DEDICATORIA

A Dios, por Brindarme las oportunidades de atenuar mis debilidades, mostrar mis fortalezas y darme las fuerzas para seguir levantarme cada vez más fuerte. A mis padres que son grandes pilares, quienes dan todo y no esperan nada a cambio, más que mi propia felicidad. A mis 2 hermanas quienes son apoyo y ejemplo de que con esfuerzo y perseverancia se logran las metas que uno se propone. A mi pequeña Divanged, quien fue motivo para no rendirme y darle mas sentido a la vida. Dedicar un agradecimiento muy intenso a toda aquella persona que en una o varias oportunidades no dudaron en darme la mano en los momentos difíciles que me tocó afrontar. A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia y dedicación para el desarrollo de mi Tesis.

José Wlen.

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, por guiarme por el camino que ha trazado para mí. A mis padres por brindarme su apoyo, fortaleza incondicional y ánimos para salir adelante. Sobre todo, a mi esposa y mi hija por ayudarme a ser cada día mejor y apoyarme en todo este largo camino profesional. A mi asesor, el Ing. Eduardo Cerna, por brindarme de su experiencia y dedicación para el desarrollo de mi Tesis

A mis hermanos por su apoyo incondicional; muchos de mis logros, incluyendo este, se los debo a ustedes.

Yordi Wilson.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de tesis realizado en la Universidad Privada Antenor Orrego refleja el crecimiento como profesional egresado de la Escuela de Ingeniería Electrónica, el cual se espera pueda aportar como conocimiento para futuras investigaciones.

Nuestra gratitud al asesor de Tesis, Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez, por haber confiado en este trabajo, por su valiosa dirección en la culminación de esta tesis, y también por guiarnos como docente a lo largo de una exigente carrera universitaria.

También agradecer a las personas que, de alguna u otra manera, han sido claves en nuestra formación profesional, tales como los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación de enfoca a la identificación de emplazamientos con fluctuación de señal TV 40 UHF, en la ciudad de Trujillo mediante un análisis de la señal recibida en función de la refractividad superficial (N_s). Para ello se seleccionaron 100 emplazamientos representativos de puntos exteriores de recepción de televisión en la ciudad, estimándose para cada uno de estos puntos, el nivel de recepción de señal al variar la refractividad superficial en los rangos $250 \text{ Nunits} < N_s < 400 \text{ Nunits}$.

Conforme a los valores típicos de temperatura ambiental, presión atmosférica y humedad de la ciudad de Trujillo, se sincero un rango entre $300 \text{ Nunits} < N_s < 400 \text{ Nunits}$, bajo los cuales se logró identificar fluctuación de señal en 14 puntos de la ciudad. Los valores más altos de refractividad superficial se obtuvieron con los valores más altos de humedad y temperatura, y; bajo estas condiciones se identificaron cinco emplazamientos con aumento de la señal sobre su promedio, asimismo nueve emplazamientos con reducción de señal recibida sobre su promedio.

Palabras Claves: TV UHF, señal recibida, fluctuación, refractividad superficial

ABSTRACT

The present research work focuses on the identification of sites with fluctuation of the TV 40 UHF signal, in the city of Trujillo through an analysis of the received signal as a function of surface refractivity (N_s). To do this, 100 representative locations of external television reception points in the city were selected, estimating for each of these points, the signal reception level by varying the surface refractivity in the ranges 250 Nunits $<N_s <400$ Nunits.

In accordance with the typical values of environmental temperature, atmospheric pressure and humidity of the city of Trujillo, a range was established between 300 Nunits $<N_s <400$ Nunits, under which it was possible to identify signal fluctuation in 14 points of the city. The highest values of surface refractivity were obtained with the highest values of humidity and temperature, and; Under these conditions, five locations with an increase in the signal above its average were identified, as well as nine locations with a reduction in the received signal above its average..

Keywords: UHF TV, received signal, fluctuation, surface refractivity

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, ponemos a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“IDENTIFICACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS CON FLUCTUACIÓN DE SEÑAL DEPENDIENTE DE LA RADIOREFRACTIVIDAD, MEDIANTE SIMULACIONES DEL CANAL 40 TV UHF, TRUJILLO 2021”**.

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusándonos anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, diciembre del 2021

Br. José Wlen Salazar Saldaña
Br. Yordi Wilson Ulloa Santur

ÍNDICE

DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
PRESENTACIÓN.....	12
I. INTRODUCCIÓN.....	19
1.1. Problema de investigación	19
a. Descripción de la Realidad Problemática.....	19
b. Identificación del problema	20
c. Formulación del Problema	20
1.2. Objetivos	21
a. Objetivo general.....	21
b. Objetivos Específicos.....	21
1.3. Justificación del estudio.....	21
a. Justificación Académica	21
b. Justificación Técnica.....	21
1.4. Alcance y limitaciones.....	22
II. MARCO DE REFERENCIA.....	24
2.1. Antecedentes de la Investigación	24
2.2. Marco Teórico	26
.....	37
2.3. Marco Conceptual	38
2.4. Hipótesis	39
III. METODOLOGIA EMPLEADA.....	44
3.1 Tipo y nivel de investigación.....	44
3.2 Población y muestra.....	44
3.3 Diseño de investigación.....	45
3.4 Técnicas e instrumentos de investigación.....	46
3.5 Recopilación de Información	47
3.6 Procesamiento de la Información	62
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1. Puntos Identificados.....	75
4.2. Docimasia de hipótesis.....	77
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	79
CONCLUSIONES	81

RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83
ANEXOS	86
ANEXO I	87
ANEXO II	88
ANEXO III	89
ANEXO IV	90
ANEXO V	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Canales TV VHF y UHF previa a la transición digital	27
Figura 2. Canales TV VHF y UHF posterior a la transición digital	28
Figura 3. Multitrayecto en sistemas de televisión	30
Figura 4. Efecto ghosting en televisión analógica	31
Figura 5. Efecto multitrayecto en televisión digital	31
Figura 6. Efecto de dispersión en flujos de alta y baa velocidad	32
Figura 7. Fenómenos de refracción, difracción y dispersión en UHF	33
Figura 8. Curvatura de onda UHF con variación refractividad	34
Figura 9. Mapa del Distrito de Trujillo	48
Figura 10. Referencia para la ubicación de estaciones TV 38 y 39 UHF Trujillo	49
<i>Figura 11. Dos posibles patrones resultantes del arreglo simétrico de antenas TV UHF tipo panel</i>	50
Figura 12. Referencia para el patrón de radiación de la estación Trujillo TV 40 UHF	52
Figura 13. Referencia sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF	53
Figura 14. Patrón de Radiación E-Plane Panel UHF AT15-250	55
Figura 15. Patrón de Radiación H-Plane Panel UHF AT15-250	55
Figura 16. Referencia sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF	56
Figura 17. Patrón de radiación horizontal (azimutal – E Plane). Propuesta obtenida para el sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF	57
Figura 18. Patrón de radiación vertical (elevación – H Plane). Propuesta obtenida para el sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF	58
Figura 19. Equipo Transmisor CU 3400BT propuesto para TV UHF	59
Figura 20. Antena receptora propuesta para TV UHF	60
Figura 21. Patrón de radiación horizontal (azimuth – E Plane). Propuesta para el sistema receptor Trujillo TV 40 UHF	60
Figura 22. Patrón de radiación vertical (elevación – H Plane). Propuesta para el sistema receptor Trujillo TV 40 UHF	61
Figura 23. Configuración de parámetros de red broadcast TV 40 UHF	63
Figura 24. Configuración sistemas Tx y Rx red broadcast TV 40 UHF	63
Figura 25. Visualización de unidades red broadcast TV 40 UHF	66

Figura 26. Reporte señal recibida red broadcast TV 40 UHF, software RadioMobile	66
Figura 27. Catorce puntos identificados con fluctuación de señal canal TV 40 UHF	75
Figura 28. Mapa de calor en puntos con fluctuación de señal TV 40 UHF	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia límite y portadoras por canal UHF.	29
Tabla 2. Valores recomendados para coeficientes a, b, c y d: agua y hielo.....	37
Tabla 3. Operacionalización de la Variable Independiente	41
Tabla 4. Operacionalización de la Variable Dependiente	42
Tabla 5. Técnicas de recolección de datos	46
Tabla 6. Características Referenciales Antena Panel UHF AT15-250	54
Tabla 7. Valores Referenciales calidad de recepción.....	62
Tabla 8. Detalle de puntos de recepción	65
Tabla 9. Extracto de reporte de niveles de señal recibida versus Ns.....	67
Tabla 10. Identificación de 14 puntos con fluctuación de señal.....	69
Tabla 11. Valores Ns estimados para la ciudad de Trujillo.....	71
Tabla 12. Valores Ns estimados para la ciudad de Trujillo.....	72
Tabla 13. Márgenes favorables y desfavorables para variación Ns Trujillo.....	73

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

a. Descripción de la Realidad Problemática

El servicio de televisión en nuestro país ha ido evolucionando desde los años 50 y 60 hasta la actualidad basada en estándares norteamericanos. Desde la televisión analógica en blanco y negro al servicio de televisión a colores la evolución se ha dado bajo la norma NTSC. En la actualidad paralelamente a la televisión analógica se vienen desplegando los sistemas ISDB-T como estándar nacional de televisión digital terrestre (TDT).

A pesar de la evolución que mantiene el servicio de televisión, las señales emitidas, mantienen la naturaleza de ser ondas radioeléctricas, las cuales no dejan de ser finalmente ondas de radiofrecuencia que están expuestas a la afectación de los fenómenos diversos como son, atenuación, reflexión y también el cambio en su comportamiento por el fenómeno de refracción, el cual posee dependencia con las condiciones climáticas bajo las cuales se está propagando.

Conforme la recomendación ITU-R P.453-14, la refracción es el fenómeno principal que caracteriza la propagación de una onda espacial troposférica, tal como se puede dar en las señales de televisión. En ese sentido el parámetro denominado refractividad superficial de radio (N), puede ser estimado en base a los parámetros climáticos de Presión Atmosférica (P), Temperatura (T) y Humedad (%H).

Según Bocanegra C. (2015), la ciudad de Trujillo ha experimentado dos etapas marcadas a lo largo de la historia. El Dr. Carlos Bocanegra manifiesta que la temperatura de la ciudad de Trujillo entre las décadas de 1950 a 1980 oscilaba entre los rangos 15° C a 25°C, por ello la ciudad alcanzó la denominación de “Capital de la Eterna Primavera”. Sin embargo, a partir de la década de 1990, los valores de temperatura han alcanzado una variación entre 11°C a 30°C. Esto último por la conversión de zonas áridas en zonas de cultivo como parte del proyecto CHAVIMOCHIC.

Existen estudios académicos relacionados a la propagación estándar de señales de televisión en la ciudad de Trujillo, tales como Suclla, B. y Zavaleta P. (2019), así como Lozano, J. y Meléndez G. (2017) que han sido orientados a la evaluación de cobertura, potencia recibida, o mejoras en base a repetidores, sin embargo, no se tiene referencia de un análisis de refractividad orientado a las señales de TV UHF en la ciudad de Trujillo.

En este sentido los autores consideran que un estudio generado a partir de múltiples estimaciones de señal recibida, en función de múltiples condiciones de refractividad superficial, permitirá identificar la ocurrencia de fluctuaciones de señal, en distintos emplazamientos de la ciudad de Trujillo, sus posibles desvanecimientos y condiciones climáticas desfavorables.

b. Identificación del problema

Conforme al orden de ideas manifestado anteriormente, el presente proyecto busca realizar en base a una herramienta de simulación, un estudio de la potencia recibida proveniente desde una estación de TV UHF en diferentes emplazamientos receptores de la ciudad de Trujillo, identificando aquellos en los que sus fluctuaciones de señal guardan dependencia con la refractividad de radiofrecuencia, y; estimando las posibles desvanecimientos y condiciones climáticas que puedan estar asociadas.

c. Formulación del Problema

¿Cuáles son los emplazamientos de la ciudad de Trujillo donde se identifican fluctuaciones de señal en función de la refractividad superficial, al evaluarse mediante la simulación de una estación de televisión en canal UHF 40?

1.2. Objetivos

a. Objetivo general

- Identificar mediante el proceso de simulación de una estación de televisión en el canal 40 UHF, emplazamientos en el distrito de Trujillo con fluctuaciones de señal recibida dependientes de la refractividad superficial.

b. Objetivos Específicos

- Identificar emplazamientos exteriores representativos para la estimación de señal recibida de una estación de televisión en canal UHF 40 de la ciudad de Trujillo.
- Seleccionar características técnicas típicas de plantas transmisoras, y de sistemas receptores de usuarios televidentes para efectos de simulación.
- Identificar puntos con presencia de fluctuación de señal en diversos valores de radio refractividad.
- Identificar condiciones climáticas de la ciudad de Trujillo que puedan tener relación con la fluctuación de señal los emplazamientos identificados.

1.3. Justificación del estudio

a. Justificación Académica

La investigación se justifica académicamente porque permitió a los investigadores aplicar los conocimientos adquiridos en la formación de pre grado, en el análisis de una estación de TV UHF en Trujillo, con lo cual las técnicas empleadas y resultados obtenidos podrán ser compartidos y mejorados por nuevos investigadores UPAO en el área de radiopropagación y antenas.

b. Justificación Técnica

Dada la importancia de la televisión como medio de comunicación, el trabajo de investigación estuvo orientado a generar aportes sobre criterios de diseño en la ciudad de Trujillo, identificando zonas en las

cuales podría presentarse fluctuaciones y desvanecimientos de cobertura dependientes del clima (en base al criterio de refractividad superficial), esta identificación es importante puesto que siempre existirán condiciones de fluctuación de señal que no dependen del equipamiento transmisor o receptor, sino de las condiciones de propagación y clima, y en tal sentido la reducción de sus efectos puede ser anticipada en la fase de diseño.

1.4. Alcance y limitaciones

- El presente trabajo de investigación tuvo un alcance a nivel predictivo y se limitó al uso de simulaciones y estimaciones en base al algoritmo Longley Rice y las recomendaciones ITU-R P.453-14 en el canal TV UHF 40 para identificar emplazamientos outdoor (exteriores) en la ciudad de Trujillo con ocurrencia de fluctuaciones que guardaron dependencia de la refractividad superficial. No se cubrieron distritos aledaños.
- Se tomó como referencia datos genéricos o referenciales de equipos empleados para los transmisores de televisión, así como también datos referenciales de receptores de televisión que fueron considerados solamente en exteriores.
- Se buscó identificar los factores climáticos tales como Presión Atmosférica, Temperatura y Humedad, a través de estimaciones teóricas en base a la recomendación ITU-R P.453-14.
- Para las estimaciones se empleó cartografía digital de uso libre, las cuales no contemplan edificaciones urbanas. La herramienta de simulación complementa estos datos con información de uso libre de tipo land cover.
- Debido a las condiciones de simulación antes descritas, aún las fluctuaciones de señal más ligeras se consideraron como posibles desvanecimientos.

CAPÍTULO II

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes de la Investigación

- a. Del Rosario, C. (2019), en el trabajo de investigación “Identificación de factores climáticos asociados a la degradación de señal recibida, en un segmento de interconexión microondas hacia la ciudad de Iquitos, en base a la recomendación ITU-R P.453”, se propuso identificar las condiciones de presión atmosférica, temperatura y humedad que pudieran estar asociadas a la degradación de enlaces dorales de interconexión entre Yurimaguas e Iquitos, obteniendo como resultados que los valores de refractividad superficial entre los 330 Nunits a 400 Nunits, se asocian a condiciones de degradación de la ruta de interconexión, teniendo como referencia para la aparición de estos valores, el aumento de temperatura y humedad. Se considera como principal aporte, la metodología de análisis en base a la recomendación ITU-R, la cual también puede ser aplicada para los múltiples enlaces de recepción TV UHF a evaluar en el presente trabajo de investigación.

- b. Suclla, B. y Zavaleta P. (2019) en la tesis “Mejora del nivel de recepción de la señal de radio estación UPAO TV canal 39 en los distritos de Huanchaco, la Esperanza y Salaverry”, analizaron la posible mejora del nivel de recepción de señal TV UPAO canal 39 UHF en tres distritos colindantes a Trujillo, logrando identificar puntos o emplazamientos donde la señal recibida caería por debajo de los niveles de calidad esperados, para lo cual propusieron el uso de repetidores o gapfillers estimando la posible mejora de los niveles de recepción en las zonas de baja calidad de señal. Sus resultados mostraron un nivel de señal estimado sobre los 74 dBuV, con SNR sobre 30 dB con el empleo de la solución planteada. Dentro de los aportes de este trabajo se consideran los datos de pruebas de campo, y niveles de referencia considerados para la evaluación de la mejora de la señal de TV.

- c.** López, E. (2017), en la investigación denominada “Metodología para planificación de redes de televisión digital terrestre en Colombia.”, propuso una metodología para diseño de redes DTV (Digital TV) terrestre en zonas urbanas y rurales de este país. Dentro de los resultados se rescatan la propuesta de estandarización del proceso de planificación e implementación, dentro de lo cual se rescata la propuesta de uso de infraestructuras compartidas (cositting) de recepción de televisión. Asimismo, se considera como el aporte principal de esta investigación los criterios de diseño y la comparación de modelos de propagación aplicables a bandas de TV UHF, a fin de establecer modelamientos idóneos para la perdición de propagación de señales.

- d.** Syed, A. (2017) por medio de su investigación “Analysis of refractivity profiles and their effects on signal propagation”, se propuso como objetivo el análisis comparativo entre diferentes escenarios de propagación, donde los efectos de diferentes perfiles de refractividad se realizaron por medio de la propagación de dos frecuencias, la cuales son de 240 MHz y 2 GHz. El aporte de esta investigación es la notable metodología que emplearon para poder determinar los factores de refractividad y su perfil de variación, lo cual es el factor dominante clave para la propagación de ondas electromagnética.

- e.** Lozano, J. y Meléndez G. (2017) en la investigación titulada “Estudio de la cobertura de la señal de televisión digital terrestre ISDB-Tb de acuerdo a la canalización establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la ciudad de Trujillo y distritos aledaños”, analizaron la cobertura de la señal de televisión digital ISDB-T, aplicando herramientas de simulación por medio de las cuales estimaron que en ese momento las señales de canales de TV no cubrían toda la ciudad de Trujillo, quedando aún áreas sin posibilidad de señal en distritos aledaños aún con el uso de gapfillers. El aporte de esta investigación se considera que son los puntos y coordenadas utilizados, así como los datos de mediciones de señal de

televisión realizadas mediante pruebas de campo en la ciudad de Trujillo y alrededores, que sirvieron como referencia para el presente trabajo.

2.2. Marco Teórico

2.2.1 Radiodifusión televisión UHF

Raab, F. (2002) indica que el servicio de radiodifusión de televisión usa bandas de radiofrecuencia VHF (rangos 54 – 72, 76 – 88, 174 – 216 MHz) y UHF (rangos 470 – 860 MHz). Los transmisores producen salidas de potencia que van desde 100 watts hasta 50 kW, es así que los transmisores VHF y UHF de baja potencia están mayormente basados sobre amplificadores de potencia de estado sólido, en tanto que los transmisores de UHF de alta potencia están basados en tubos de vacío. Su área de cobertura es similar a la radiodifusión FM (aproximadamente 100 Km.)

El estándar analógico de televisión peruano está basado en el estándar norteamericano NTSC, en el cual la imagen es dividida en 525 líneas, las cuales son escaneadas de manera entrelazada a 30 Hz, resultando en una frecuencia de escaneo de 15 750 Hz. La señal de luminancia posee un ancho de banda de 4.2 MHz y es transmitida con la técnica VSB (Banda Lateral Vestigial) resultando en un ancho de banda total de 5.25 MHz y respuesta plana en frecuencia. A su vez el sonido es modulado en frecuencia y transmitido 4.5 MHz sobre la portadora de luminancia con una desviación de 25 KHz. La información de color es transmitida en una subportadora ubicada 3.58 MHz sobre la señal de luminancia.

2.2.2 Espectro de Frecuencia

Conforme el reporte ITU-R RA.2195 (2010), el espectro de RF, ha conservado el ancho de banda de 6 MHz, luego de la transición a televisión digital. En la figura 01 se puede apreciar las dos bandas de televisión comúnmente conocidas por la mayoría de los televidentes como VHF (canales 2 al 13) y UHF (canales 14 al 69), previas a la etapa de migración digital.

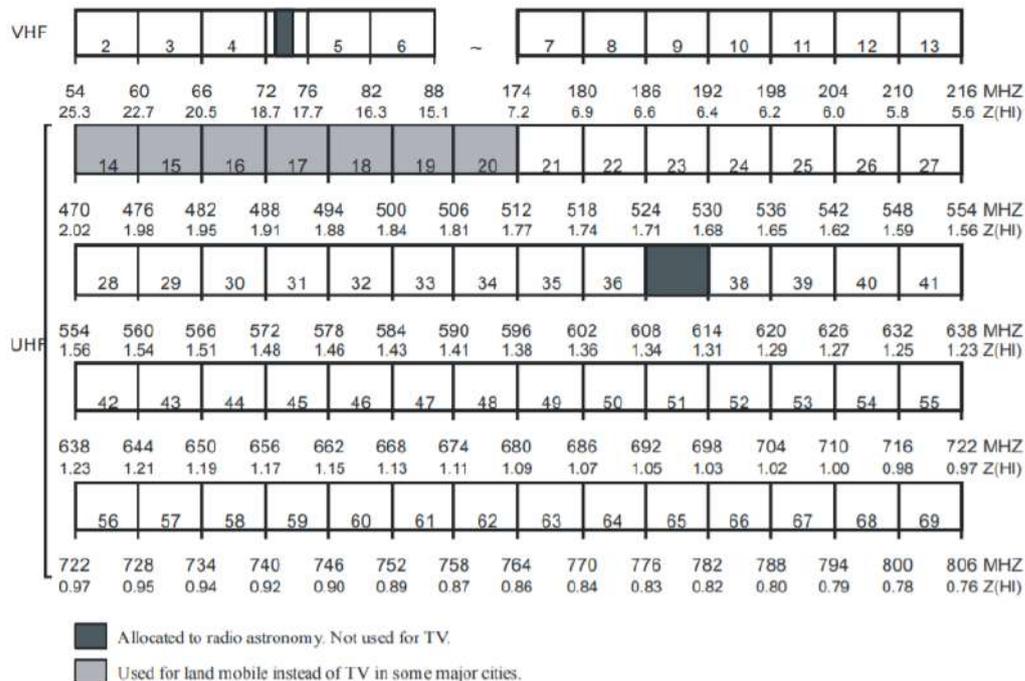


Figura 1. Canales TV VHF y UHF previa a la transición digital

Fuente: ITU-R RA.2195 (2010)

Cabe destacar que el esquema mostrado en la figura 01 corresponde a la asignación de frecuencias de Estados Unidos, en la cual se tienen reservados espacios de frecuencia tales como canales UHF 14 al 20 (servicios móviles terrestres) y canal 37 (radio astronomía).

En este mismo orden de ideas la figura 02 muestra las bandas VHF y UHF luego de la transición digital. Puede observarse como el principal cambio en banda de UHF es el recorte canales quedando limitada a los canales TV 14 al 51. Los canales 52 al 69 fueron designados a servicios de comunicaciones fijos y móviles.

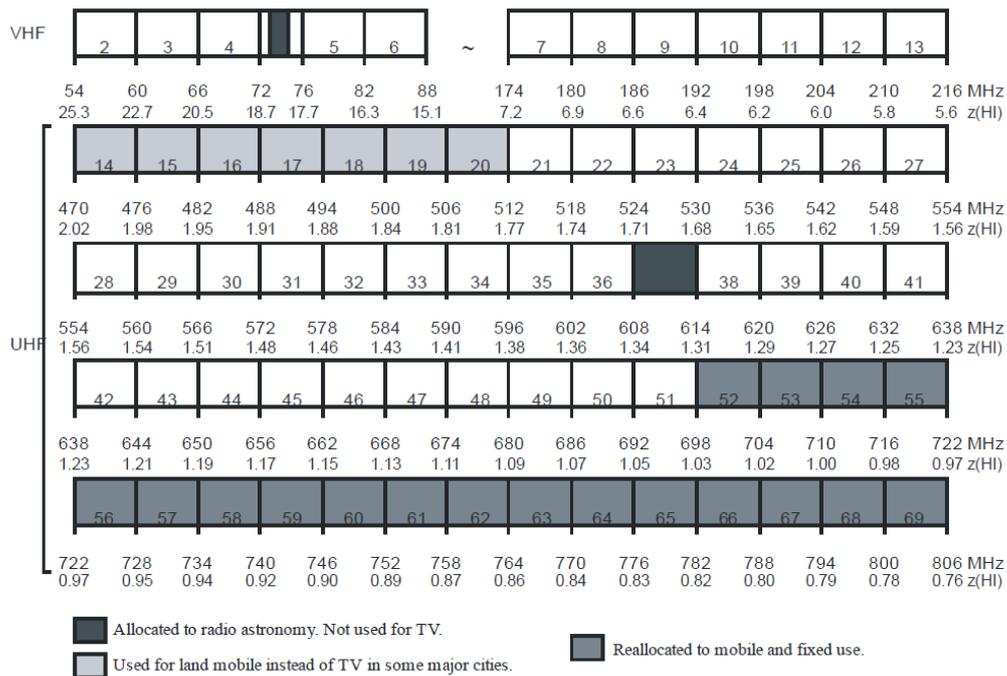


Figura 2. Canales TV VHF y UHF posterior a la transición digital

Fuente: ITU-R RA.2195 (2010)

Es así como parte de la transición digital 18 canales de TV UHF (108 MHz en total) en el espectro 698 – 806 MHz serán usados para las redes inalámbricas de última generación tales como LTE, en el enlace downlink o radiodifusión directa a dispositivos móviles, así como sistemas de comunicación para seguridad pública.

La Tabla 01 presenta un resumen de los límites inferior y superior, así como las frecuencias portadoras de los 69 canales considerados conforme la canalización original UHF.

Tabla 1. Frecuencia límite y portadoras por canal UHF.

UHF CHANELLIZATION							
6 MHz bandwidth							
CH	CH. LIMITS (MHz)		CENTRAL FREQ. (MHz)	CH	CH. LIMITS (MHz)		CENTRAL FREQ. (MHz)
14	470	476	473	49	680	686	683
15	476	482	479	50	686	692	689
16	482	488	485	51	692	698	695
17	488	494	491	52	698	704	701
18	494	500	497	53	704	710	707
19	500	506	503	54	710	716	713
20	506	512	509	55	716	722	719
21	512	518	515	56	722	728	725
22	518	524	521	57	728	734	731
23	524	530	527	58	734	740	737
24	530	536	533	59	740	746	743
25	536	542	539	60	746	752	749
26	542	548	545	61	752	758	755
27	548	554	551	62	758	764	761
28	554	560	557	63	764	770	767
29	560	566	563	64	770	776	773
30	566	572	569	65	776	782	779
31	572	578	575	66	782	788	785
32	578	584	581	67	788	794	791
33	584	590	587	68	794	800	797
34	590	596	593	69	800	806	803
35	596	602	599	70	806	812	809
36	602	608	605	71	812	818	815
37	608	614	611	72	818	824	821
38	614	620	617	73	824	830	827
39	620	626	623	74	830	836	833
40	626	632	629	75	836	842	839
41	632	638	635	76	842	848	845
42	638	644	641	77	848	854	851
43	644	650	647	78	854	860	857
44	650	656	653	79	860	866	863
45	656	662	659	80	866	872	869
46	662	668	665	81	872	878	875
47	668	674	671	82	878	884	881
48	674	680	677				

Fuente: ITU-R (2010)

2.2.1. Fenómeno multitrayecto en la fluctuación de señal VHF y UHF

El multitrayecto es uno de los fenómenos más considerables en la fluctuación y desvanecimiento de la señal VHF y UHF, el cual se genera debido a reflejos múltiples en el trayecto radioléctrico dependientes de la refractividad atmosférica y de la frecuencia de operación. Estos reflejos generan retardo y atenuación de las señales conforme avanzan en su recorrido, cuyo comportamiento se denomina canal multitrayecto.

El comportamiento de canales multitrayecto puede llegar a ser muy variante, presentándose varios caminos de radiopropagación en la trayectoria hacia el receptor, creándose variaciones de amplitud y fase en la señal recibida.

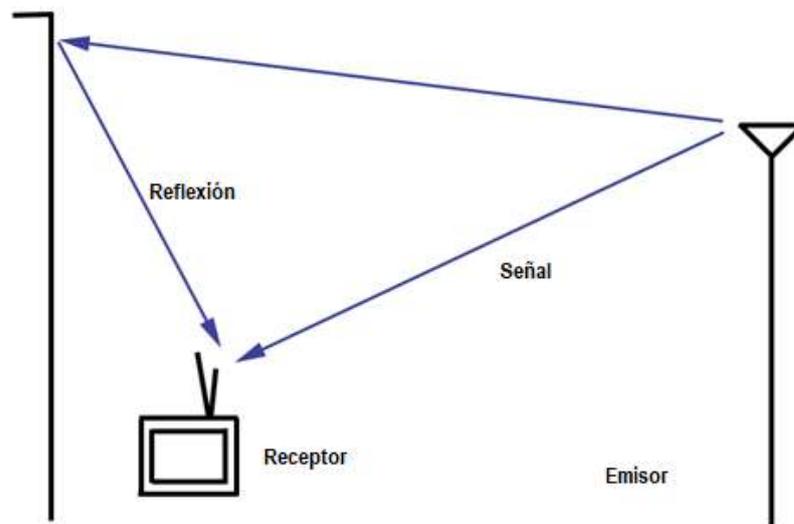


Figura 3. Multitrayecto en sistemas de televisión

En la Figura 03 se aprecian dos señales que viajan por trayectorias diferentes. La señal directa y reflejada arriban al receptor en tiempos distintos, lo cual genera una diferencia de fase que puede llegar a degradar severamente la señal directa. Si este escenario se proyectara a la televisión analógica tal como la señal NTSC, ésta se vería directamente afectada por el efecto multitrayecto evidenciando imágenes fantasmas o superpuestas en el receptor de usuario final. La Figura 02 ejemplifica este efecto.



Figura 4. Efecto ghosting en televisión analógica

En el caso de sistemas de televisión digital, tales como ATSC, DVB-T, o ISDB-T, el efecto de fenómeno multitrayecto causaría pérdida de información por interferencia inter simbólica (ISI). El efecto sobre la imagen recibida en el usuario final sería una imagen pixeleada, congelada o en pantalla negra, debido a la imposibilidad de concretar el proceso de demodulación. La Figura 05 muestra estos efectos.



Figura 5. Efecto multitrayecto en televisión digital

Fuente: MTC (2008)

Para el caso de sistemas de televisión digital es importante destacar que mientras mayor sea la velocidad de datos transmitida, los tiempos de bit (o tiempos de símbolos) son más cortos, de manera que se incrementa la influencia del efecto de multitrayecto (Interferencia Inter Simbólica). En este sentido los nuevos sistemas de televisión digital implementan la técnica de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencia (OFDM), equivalente a la transmisión paralela de múltiples flujos de baja velocidad, reduciendo con ello la influencia del efecto multitrayecto. La Figura 06 muestra el concepto anteriormente mencionado.

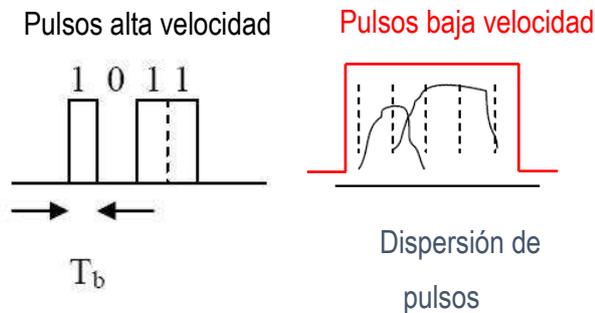


Figura 6. Efecto de dispersión en flujos de alta y baa velocidad

Fuente: Therithal info (2021)

2.2.2. Refractividad y Propagación en bandas de frecuencia UHF

Según Alam, I et. all (2016), los enlaces de radiocomunicación se ven afectados significativamente por condiciones de propagación atmosféricas, las cuales pueden llegar a ser muy variables.

Las ondas de radio UHF poseen un mecanismo de propagación denominado “onda espacial troposférica”, en la cual se puede modelar una trayectoria curvada entre los puntos de transmisión y recepción. Esta curvatura se justifica debido al fenómeno de refracción, es decir se tiene una variación del índice de refracción a diferentes alturas de la troposfera, lo cual hace posible el mecanismo de propagación con una curvatura ligeramente superior a la curvatura terrestre en condiciones de propagación normal. La Figura 07 muestra el concepto de propagación basada en el modelo de refracción, junto a otros fenómenos tales como

dispersión atmosférica (scattering) y difracción por obstáculos (diffraction).

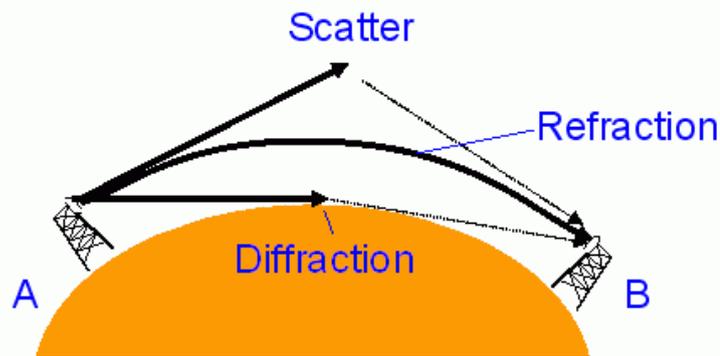


Figura 7. Fenómenos de refracción, difracción y dispersión en UHF

Fuente: Willis, M. (2007)

De esta forma se tiene inicialmente una dependencia entre la curvatura de la onda de radio y la variación del índice de refracción, de forma que la curvatura de la onda radioeléctrica podrá variar función del índice antes mencionado. Sin embargo, por tratarse de un fenómeno de ondas de radio antes que fenómenos de refracción óptica, la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sección Radiocomunicaciones (ITU-R) en su documentación UIT-R P.453, recomienda el modelamiento en base a un parámetro denominado co-índice de refracción o radio refractividad (N), el cual se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$N = (n - 1) \times 10^6 \quad \dots \text{Nunits} \quad (1)$$

En este sentido se destaca que tanto el índice, como la refractividad de radio guardan dependencia con las condiciones climática ambientales tales como Presión Atmosférica (P), Temperatura Ambiental (T) y Presión de Vapor de Agua (e), es así que se puede afirmar que la curvatura de la señal UHF guarda relación con las condiciones climáticas antes mencionadas pudiendo aumentar o disminuir su curvatura con la consecuente afectación al nivel de señal radioeléctrica recibido. La Figura 08 nos muestra las posibles variaciones de esta curvatura y sus denominaciones técnicas tales como refracción estándar, sub refracción, super refracción y ducting.

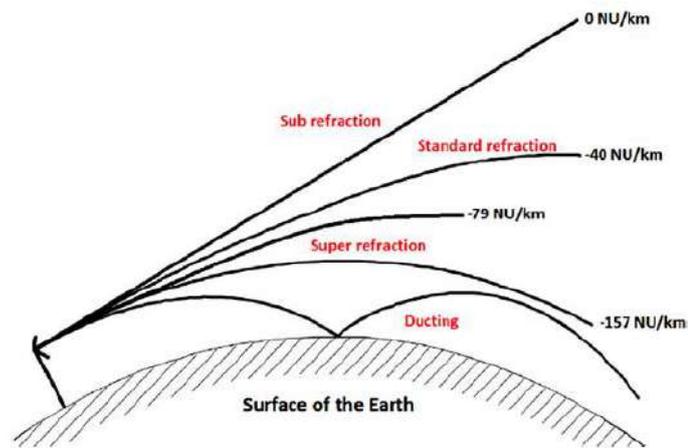


Figura 8. Curvatura de onda UHF con variación refractividad

Fuente: Alam, I, et all (2017)

Según Alam, I et. all (2017), los enlaces de radiocomunicación se ven afectados significativamente por condiciones de propagación atmosféricas, las cuales pueden llegar a ser muy variables. Los parámetros meteorológicos tales como Presión Atmosférica, Temperatura Ambiental y Presión de Vapor de Agua, son de suma ayuda para predecir la distribución de refractividad responsable de estas condiciones. Al evaluarse estas condiciones variables se proporciona una mejor predicción de la refractividad, lo cual posee un aporte potencial en el diseño de sistemas de comunicación tales como los de TV UHF para la mejora de su desempeño.

Las predicciones de refractividad son muy útiles en muchas aplicaciones de sistemas de comunicaciones inalámbricos permitiendo enfrentar posibles escenarios de propagación anómala o desviaciones imprevistas de trayectorias que afecten al desempeño del sistema de comunicaciones. En este sentido, los escenarios de propagación imprevista pueden llegar a ser tan contraproducentes al punto de hacer caer el enlace de comunicación entre un transmisor y receptor, por ello es recomendable dentro del proceso de ingeniería de radio propagación, tener en cuenta la desviación o desvanecimiento de la onda propagada debido a los cambios en la distribución de la refractividad.

2.2.3. Modelos atmosféricos de propagación VHF y UHF

Millma, G. señala que uno de los factores limitantes en los sistemas de VHF y UHF es la fuerte dependencia del medio (atmósfera), a través de la cual las ondas son propagadas. En ese sentido una de las regiones de mayor influencia sobre la propagación de ondas radioeléctricas es la tropósfera. Los efectos que acarrea el paso de las ondas a través de esta región incluyen refracción angular, retardo de tiempo, desplazamiento de frecuencia Doppler, rotación de polarización y atenuaciones correspondientes.

Cómo se mencionó anteriormente, la caracterización de los efectos de la tropósfera en la radio propagación se apoya en el conocimiento de la variación del índice de refractividad, sin embargo, dado que tal parámetro es dependiente de la localización geográfica, clima, hora del día y estación del año, a fin de reducir la abrumadora tarea de análisis de todas las condiciones y parámetros, se suelen emplear modelos de representación en condiciones promedio. En este orden de ideas el coíndice de refracción puede ser representado de la siguiente forma:

$$N = (a / T) (P + be/T) \quad (2)$$

Donde se identifica a “*P*” como la Presión atmosférica medida en milibares, “*e*” como la Presión del vapor de agua medida en milibares, y “*T*” como la temperatura absoluta medida en grados kelvin (°K).

Con valores recomendados de $a = 77.6^\circ\text{K}/\text{mbar}$ y $b = 4810^\circ\text{K}$, el primer término resultante (aP/T) aplica tanto a radiofrecuencia como a frecuencia óptica, en tanto que el segundo término (abe/T^2) es el término explícito entre vapor de agua y temperatura requerido para el modelamiento de la radio frecuencia. Cabe notar que la expresión para refractividad es independiente de la frecuencia en el rango de 10 hasta 10 000 MHz, y con un margen de error de 0.5% hasta el rango de 30 000 MHz sobre rangos normales de presión, temperatura y humedad.

La expresión analítica del índice de refracción para una atmósfera estándar completamente húmeda en todos sus niveles puede aproximarse por la expresión polinomial

$$N_w = 338 - 50.9Z + 4.39Z^2 - 0.245Z^3 + 0.0071Z^4 - 0.00006Z^5 \quad (3)$$

Donde

$$N_w = (n_w - 1) \times 10^6$$

2.2.4. Humedad relativa (H) y presión de vapor de agua (e)

Dado que, en los reportes climáticos accesibles en nuestro país, es mucho más frecuente encontrar información sobre la humedad relativa (H). Es conveniente emplear una ecuación que facilite la obtención del valor de presión de vapor de agua (e) en función de la humedad, y temperatura ambiental. Para ello se presenta en base a las recomendaciones ITU-R, la siguiente expresión:

$$e = \frac{H \cdot e_s}{100} \quad (4)$$

Donde se identifica a “e” como la Presión de vapor de agua (mbar), “H” como la Humedad Relativa (%), asimismo se identifica a “e_s” como la Presión de saturación de vapor de agua (mbar)

La recomendación ITU-R P.453 (2017), presenta una expresión para la estimación de la presión de saturación de vapor de agua. Como se puede apreciar en la ecuación presentada a continuación, ésta depende de la temperatura ambiental “t” expresada en grados centígrados (°C), coeficientes de cálculo a, b, c, d y coeficientes de fusión EF. De esta manera se presenta la siguiente expresión:

$$e_s = EF \cdot a \cdot \exp \left[\frac{\left(b - \frac{t}{d} \right) \cdot t}{t + c} \right] \quad (5)$$

Los valores de los coeficientes a, b, c y d pueden ser obtenidos conforme la Tabla 3.1, dependiendo si la presión de saturación “e_s” es estimada para una zona geográfica en donde la condición climática hace que el vapor de agua pase usualmente a estado líquido (agua), o en una zona en donde la condición climática haga que pase a estado sólido (hielo).

Tabla 2. Valores recomendados para coeficientes a, b, c y d: agua y hielo

<i>para agua</i>	<i>para hielo</i>
<i>a = 6,1121</i>	<i>a = 6,1115</i>
<i>b = 18,678</i>	<i>b = 23,036</i>
<i>c = 257,14</i>	<i>c = 279,82</i>
<i>d = 234,5</i>	<i>d = 333,7</i>
(valores válidos entre -40 °C y +50°C)	(valores válidos entre -80 °C y 0 °C)

Fuente: ITU-R P.453 (2017)

Del mismo modo, para el caso de los coeficientes EF, éstos dependen de la presión atmosférica y temperatura, y poseen diferentes expresiones si se trata de clima en donde el vapor de agua se hace líquido (agua - condición normal típica) o sólido (hielo - condición en zonas de particular baja temperatura). De esta forma se presentan las siguientes expresiones:

$$EF_{agua} = 1 + 10^{-4} \left[7,2 + P \cdot \left(0,0320 + 5,9 \cdot 10^{-6} \cdot t^2 \right) \right]$$

$$EF_{hielo} = 1 + 10^{-4} \left[2,2 + P \cdot (0,0383 + 6,4 \cdot 10^{-6} \cdot t^2) \right]$$

2.3. Marco Conceptual

Se definen conceptualmente los principales términos que serán utilizados en la investigación: variables, dimensiones, indicadores, unidad de análisis.

- **Fluctuación de señal**

Se refiere a la variabilidad del valor de la potencia RF en un enlace de recepción TV. Típicamente sus unidades de medida son dB.

- **Banda TV UHF**

Ultra High Frequency (UHF), corresponde a un rango de frecuencia del espectro radioeléctrico que cubre valores desde 300 MHz hasta 3 GHz. Dentro de ella se ubican los canales de televisión CH-14 al CH-51, que ocupan frecuencias desde 470 MHz hasta los 700 MHz, la cual es conocida como banda de TV UHF.

- **Radiorefractividad**

Parámetro que sólo considera la parte decimal del índice de refracción ampliada un millón de veces con el fin de cuantificar pequeñas diferencias en el cociente entre la velocidad de la luz y la velocidad de la onda RF. Se utiliza para analizar fenómenos de radiopropagación, Posee dependencia climática.

- **Presión atmosférica**

Presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la Tierra. Para fines de análisis de refractividad sus unidades pueden ser mbar o hPa.

- **Temperatura ambiental absoluta**

Es un valor de temperatura con un valor de -273,15 grados centígrados.

Esta medida es denominada cero absoluto y representa un valor en el cual las partículas pierden su energía. La unidad de medida en el grado Kelvin (°K).

- **Presión de vapor de agua**

Corresponde a un valor determinado de presión de vapor de agua en el cual se encuentra en equilibrio con el líquido, a una determinada temperatura, Para fines de análisis de refractividad sus unidades pueden ser mbar.

2.4. Hipótesis

2.4.1 General

La fluctuación de señal dependiente de la radiorefractividad, podrá identificarse en al menos 10% de emplazamientos en el distrito de Trujillo al evaluarse mediante la simulación de una estación de televisión en el canal 40 UHF.

2.4.2 Variables e Indicadores

a) Variable Independiente

- Radiorefractividad.

Definición Conceptual

También referida como refractividad superficial es un parámetro adaptado para las ondas de radiofrecuencia, el cual permite cuantificar los cambios en el orden de millonésimas respecto del índice de refracción en zonas cercanas a la superficie terrestre. Al mismo tiempo la refractividad guarda dependencia respecto de condiciones climáticas tales como presión, humedad y temperatura.

Indicadores.

- Valores de radiorefractividad concordantes con las condiciones climáticas de Trujillo.

- Presión Atmosférica concordante con las condiciones climáticas de Trujillo.
- Temperatura Ambiental concordante con las condiciones climáticas de Trujillo.
- Humedad relativa concordante con las condiciones climáticas de Trujillo.

b) Variable dependiente

- Fluctuación de señal canal 40 TV UHF en ciudad de Trujillo

Definición Conceptual

Se refiere a la variabilidad de señal TV canal 40 UHF evaluada en dependencia de la radiorefractividad mediante simulaciones en diferentes emplazamientos del distrito de Trujillo.

Indicadores.

- Valor medio de señal recibida por emplazamiento.
- Desviación estándar de señal recibida por emplazamiento.
- Emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de radiorefractividad superficial.
- Emplazamientos con fluctuación de señal desfavorable concordantes con las condiciones climáticas de Trujillo.

a. Operacionalización de las variables

Tabla 3. Operacionalización de la Variable Independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
Radiorefractividad	Las condiciones climáticas de Presión Atmosférica, Temperatura Ambiental y Presión de Vapor de Agua (o Humedad) sobre la superficie terrestre permiten la estimación de la radiorefractividad o refractividad superficial (ITU-R P.453-14)	Valores de refractividad concordantes con las condiciones climáticas de Trujillo	Estimación Analítica	N units
			Reportes de Simulación	
		Presión Atmosférica concordante con las condiciones climáticas de Trujillo.	Estimación Analítica	mbar
		Temperatura Ambiental concordante con las condiciones climáticas de Trujillo	Estimación Analítica	°K
		Humedad relativa concordante con las condiciones climáticas de Trujillo.	Estimación Analítica	%

Tabla 4. Operacionalización de la Variable Dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
Fluctuación de señal canal 40 TV UHF en ciudad de Trujillo	Al evaluarse los reportes de simulación de señal recibida del canal 40 TV UHF se observan en diferentes emplazamientos del distrito de Trujillo, fluctuaciones de señal, estas fluctuaciones o desvanecimientos pueden o no ser concordantes con las condiciones climáticas de la ciudad.	Valor medio de señal recibida por emplazamiento	Estimación analítica	dBm
		Desviación estándar de señal recibida por emplazamiento	Estimación analítica	dB
		Emplazamientos con fluctuación de señal dependiente de radiorefractividad superficial	Tablas de fluctuación	Número de emplazamientos
		Emplazamientos con fluctuación de señal desfavorable concordantes con las condiciones climáticas de Trujillo.	Tablas de fluctuación	Número de emplazamientos

CAPÍTULO III

III. METODOLOGIA EMPLEADA

3.1 Tipo y nivel de investigación

El nivel de investigación propuesto en el presente proyecto es de tipo descriptivo predictivo. Se va a indagar respecto del comportamiento de la señal recibida en el canal 40 de TV UHF en el distrito de Trujillo en función de la radiorefractividad, a fin de poder identificar los emplazamientos en donde ocurran fluctuaciones o desvanecimientos concordantes con los factores climáticos de esta ciudad.

3.2 Población y muestra

a. Población y muestra

La población está dada por todos los puntos de recepción de señal de TV canal 40 UHF en el distrito de Trujillo.

Por tratarse de una condición no determinística, las limitaciones vendrán dadas por la herramienta de simulación sobre la cual se tomarán como referencia en la ciudad de Trujillo 100 puntos de recepción en base a los cuales se obtendrán los reportes de simulación.

Sobre cada uno de los puntos de recepción, se evaluaron 16 variaciones de refractividad superficial, es decir 16 reportes de simulación. Con ello se tendrán un total de 1600 reportes de simulación lo cual constituyó la muestra empleada.

De esta forma, debido a la cantidad de simulaciones a procesar y reportes a interpretar, se justificó la participación de 02 investigadores.

b. Unidad de análisis

Comportamiento del nivel de señal canal TV 40 UHF en función de la radiorefractividad en emplazamientos de recepción del distrito de Trujillo, obtenidos mediante simulación.

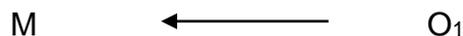
3.3 Diseño de investigación

El diseño de la investigación propuesta en este proyecto fue de tipo documental. Se recolectaron datos mediante reportes de simulación de señal recibida en emplazamientos ubicados en el distrito de Trujillo desde una estación UHF canal 40 y con ello se identificaron fluctuaciones y desvanecimientos bajo diferentes condiciones de refractividad y condiciones climáticas.

3.3.1. Procedimiento

- Selección de emplazamientos de recepción de señal canal TV 40 UHF, a simular en el distrito de Trujillo.
- Identificación de parámetros típicos de estación transmisora y sistema receptor.
- Reproducción de un escenario de propagación de señal de televisión canal 40 UHF en la ciudad de Trujillo mediante herramienta de simulación.
- Obtención de reportes de simulación del comportamiento de la señal en los diferentes emplazamientos con diferentes valores de refractividad superficial.
- Selección de emplazamientos que reportan fluctuación de señal al variar la refractividad.
- Selección de emplazamientos que reportan fluctuación desfavorable de señal en valores de refractividad concordantes con las condiciones climáticas de Trujillo.

3.3.2. Esquema Gráfico del Diseño de Investigación



Donde:

M: Muestra de 1600 reportes de simulación del comportamiento de la señal TV canal 40 UHF obtenidos en 100 emplazamientos receptores exteriores del distrito de Trujillo con diferentes valores de refractividad superficial.

O₁: Reportes de simulación en emplazamientos que reflejen variaciones de señal TV canal 40 UHF dependiente de la radiorefractividad, concordantes con las condiciones climáticas de la ciudad de Trujillo.

3.4 Técnicas e instrumentos de investigación

3.4.1. Técnicas

Tabla 5. Técnicas de recolección de datos

Técnica	Forma de aplicación	Forma de obtención
Simulación	Estimación individual de nivel de señal recibido para cada emplazamiento receptor de TV UHF canal 40 Trujillo, en cada variación del valor refractividad.	Estimación analítica mediante herramienta software de simulación.
Análisis documental	Individual para el emplazamiento transmisor TV UHF canal 40 y cada emplazamiento receptor simulado en la ciudad de Trujillo.	Reportes de ubicación geográfica, altura de edificación, orientación de azimuth de cada emplazamiento receptor.

3.4.2. Instrumentos

Reportes de simulación del comportamiento de señal TV canal 40 UHF recibida en cada uno de los 100 emplazamientos pertenecientes al distrito de Trujillo, obtenidos para cada uno de los 16 valores de refractividad superficial a evaluar.

3.5 Recopilación de Información

3.5.1. Distrito de Trujillo

El distrito de Trujillo, se encuentra ubicado en las coordenadas 8°06'43"S y 79°01'43"O. Departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo, siendo uno de los distritos con mayor población a nivel nacional, después de Lima (INEI, 2021). Respecto de sus límites, por el norte limita con los distritos de La Esperanza, Florencia de Mora y El Porvenir, por el sur con los distritos de Víctor Larco y Moche. Del mismo modo por el Este limita con el distrito de Moche y por el Oeste con el Distrito de Víctor Larco o Buenos Aires. En la Figura N° 09 muestra los límites del Distrito de Trujillo.

3.5.2. Servicio de Radiodifusión por TV en Trujillo

La ciudad de Trujillo cuenta con 06 estaciones de radiodifusión televisiva en la banda de VHF, y 36 estaciones autorizadas en banda de UHF. Asimismo, conforme lo indicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013) las plantas de los canales UHF 38 y 39 deben de ubicarse a menos de 1 Km de distancia de las coordenadas:

LATITUD	08°	6'	33.0"	S
LONGITUD	078°	59'	21.0"	W

En este orden de ideas, la Figura 09 muestra la ubicación de esta coordenada, en la cual se puede distinguir como referencia el Fundo UPAO. Cabe destacar que 18 estaciones de radiodifusión UHF, cuentan con autorización para emisión de canal virtual ISDB-T. Asimismo en el Anexo I del presente trabajo se podrá encontrar el detalle del contorno correspondiente al distrito de Trujillo.

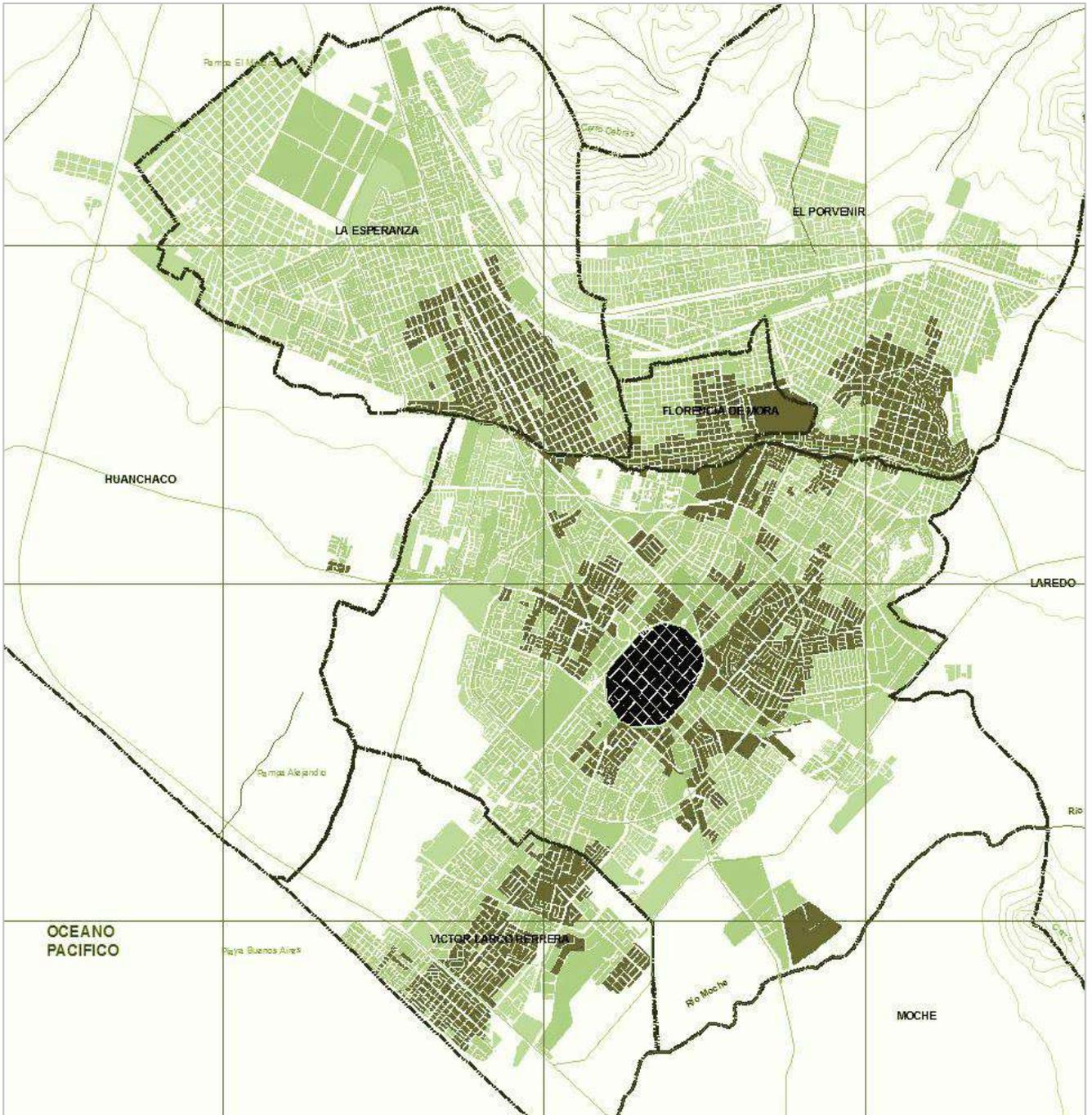


Figura 9. Mapa del Distrito de Trujillo

Fuente: Municipalidad Provincial de Trujillo (2006)

3.5.3. Emplazamiento de referencia para estación TV UHF

Conforme lo indicado en el párrafo anterior, la ciudad de Trujillo aún no considera canalización para canal 40 TV UHF, por lo cual, el estudio de propagación tomará como referencia la recomendación para ubicación del canal 38 y 39 dentro del rango de 1Km alrededor de un punto de referencia cercano al Fundo UPAD. La Figura 10 muestra de manera gráfica la referencia para ubicación de estas estaciones.



Figura 10. Referencia para la ubicación de estaciones TV 38 y 39 UHF Trujillo

Asimismo, se tomará como referencia un emplazamiento pre existente para canal TV 39 UHF, el cual se encuentra ubicado en las coordenadas $08^{\circ} 6' 23.9''$ Latitud Sur, y $78^{\circ} 59' 24.8''$ Longitud Oeste.

3.5.4. Referencia sobre sistema radiante estación TV UHF

Los sistemas radiantes empleados en radiodifusión de televisión UHF suelen estar conformados por antenas de tipo panel o arreglos de antenas adecuados para obtener una huella de cobertura adaptada para alumbrar zonas de interés específicas.

A partir de las antenas tipo array o panel se pueden configurar patrones de radiación para polarización horizontal o vertical que pueden ser montados en los lados correspondientes de la torre. De esta manera en la Figura 11 se muestra dos posibles patrones resultantes del arreglo simétrico de antenas para radiodifusión TV UHF, sobre los laterales de torre.

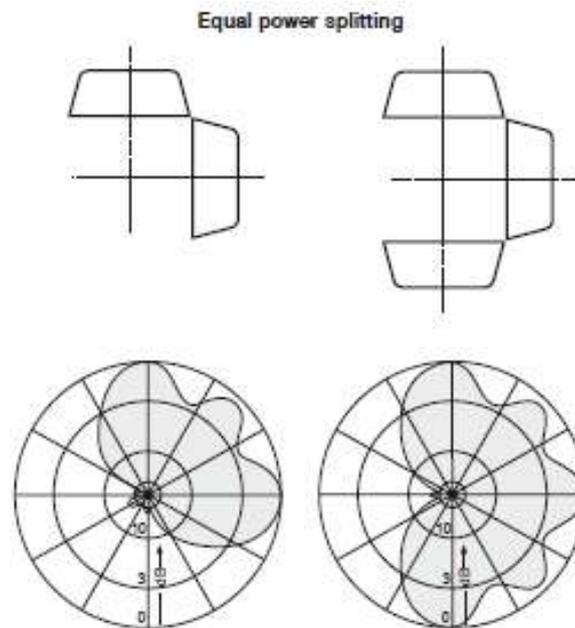


Figura 11. Dos posibles patrones resultantes del arreglo simétrico de antenas TV UHF tipo panel

Fuente: Kathrein Broadcast Antennas (2007)

Conforme la ubicación tomada como referencia (Fundo UPAO) para el emplazamiento del transmisor de TV UHF, se deberá asumir un patrón de radiación en el cual se conforme un lóbulo de radiación principal dirigido a la ciudad de Trujillo, asimismo se deberán asumir lóbulos de radiación secundarios para generar cobertura a las zonas nor este y sur oeste de la ciudad. En este orden de ideas la Figura 12 se muestra en líneas discontinuas en color rojo, la huella de radiación propuesta para la cobertura en la ciudad de Trujillo.

Se puede apreciar que la propuesta considera un lóbulo frontal dirigido hacia el centro de la ciudad con proyección hacia los distritos de la salida norte de la ciudad tales como La Esperanza, El Milagro y la zona norte de Huanchaco.

De la misma forma se proyectan lóbulos secundarios dirigidos hacia las zonas nor este (distritos de Florencia de Mora y El Porvenir), sur oeste (distritos de Víctor Larco y Moche), así como la zona sur de Huanchaco.

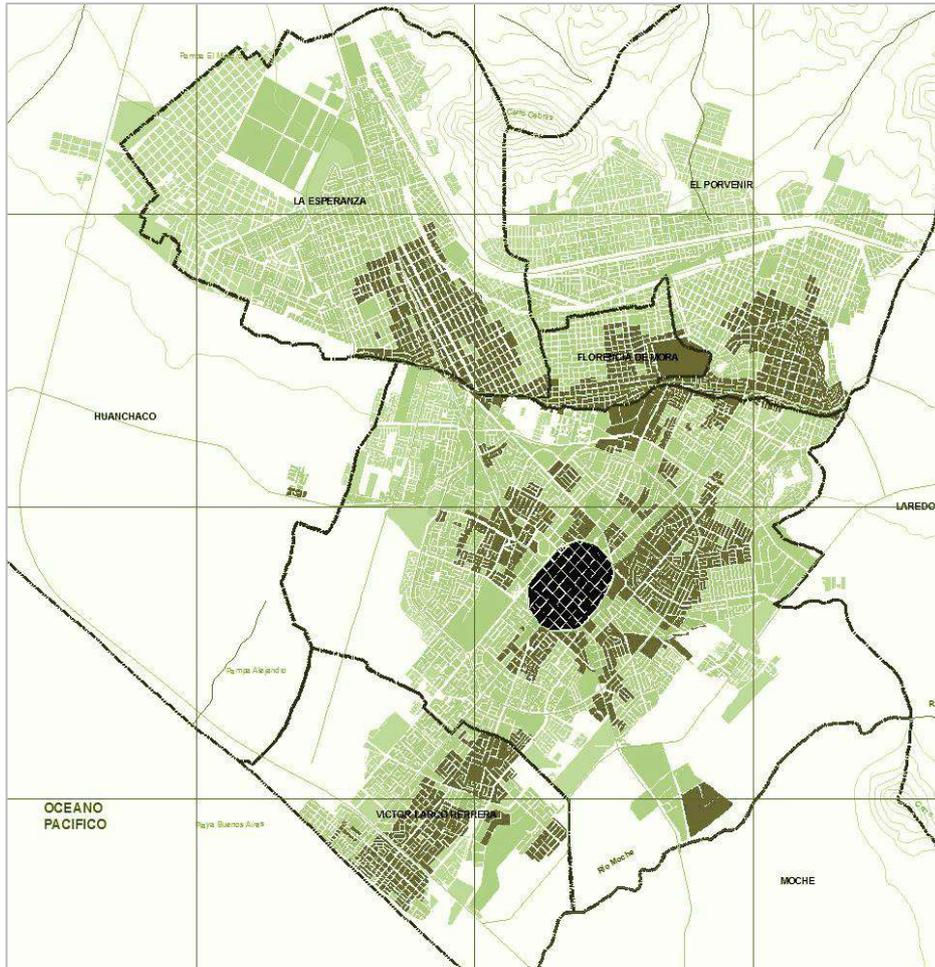


Figura 12. Referencia para el patrón de radiación de la estación Trujillo TV 40 UHF

Por otro lado, se puede apreciar, que la parte posterior del patrón de radiación está dirigido hacia la parte este y sur este circundante al distrito de Laredo. La huella de cobertura se concentra a las zonas pobladas, reduciendo su alcance en estos límites debido a que más allá de ellas se ubican áreas semi deshabitadas y con mayor concentración de montañas donde la señal de televisión se atenúa.

Por lo anteriormente expuesto, el presente trabajo tomará como referencia una configuración de 6 paneles UHF en alineación vertical para la conformación del lóbulo frontal, en tanto que los patrones secundarios se conformarán por dos arreglos de 03 paneles ubicados de forma ortogonal a los paneles frontales. Todo lo anterior se ha procurado representar en la Figura 13.

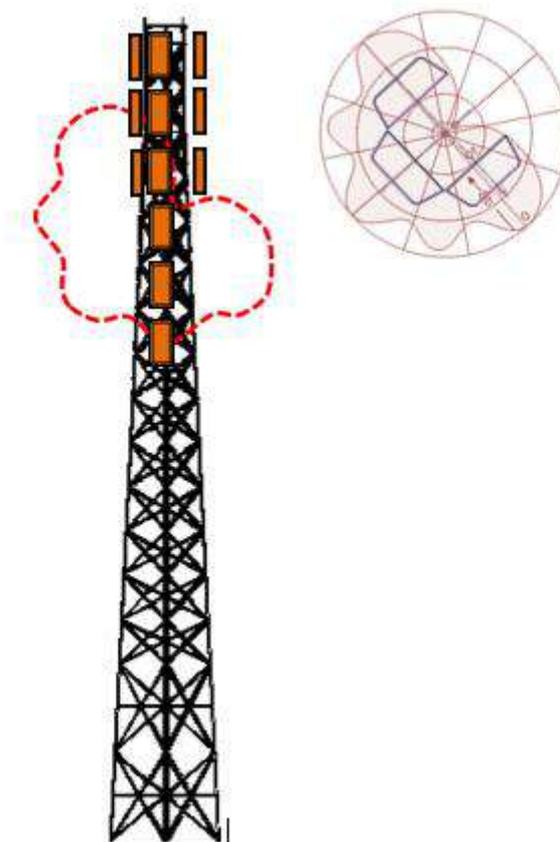


Figura 13. Referencia sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF

3.5.5. Referencia Antenas Paneles TV 40 UHF

Conforme la descripción realizada en el apartado anterior, se ha elegido como referencia los paneles Ryma UHF serie AT15-250. En la Tabla 6 se muestra un resumen de sus principales características técnicas, dentro de las cuales se resalta su ganancia de 11.35 dBd, el rango de frecuencia en banda UHF, y ángulos de apertura de 61° y 26° para los patrones de radiación azimutal (E Plane) y de elevación (H Plane) respectivamente.

Tabla 6. Características Referenciales Antena Panel UHF AT15-250

Frequency range	470-862 MHz			
Peak gain	11.35 dB (ref. $\lambda/2$ dipole)			
3 dB beam width	E-plane: 61°		H-plane: 26°	
Polarization	Horizontal			
Impedance	50 Ohm			
VSWR	$\leq 1.1:1$ typical ($\leq 1.13:1$ max)			
Maximum power handling peak sync	1.4 kW	3.5 kW	4.2 kW	6.5 kW
Maximum power handling RMS	1 kW	2.5 kW	3 kW	4.5 kW
Connector type	DIN 7/16	EIA 7/8"	DIN 13/30	EIA 1 5/8"

Fuente: RYMSA TRYO Group AT15-250 Datasheet (2019)

A su vez, las Figuras 14 y 15 presentan los diagramas de envolvente de patrón de radiación suministrados por la hoja técnica del fabricante. La Figura 14 presenta el RPE (Radiation Pattern Envelope) para el patrón azimutal (también denominado patrón horizontal, o E Plane), en el cual se puede evidenciar una apertura del haz aproximada de 61°. De igual manera la Figura 15 presenta el patrón de radiación envolvente para el patrón de elevación (también denominado tilt, patrón vertical o H Plane), en el cual se puede evidenciar una apertura del haz de radiación de aproximadamente 26°. Cabe destacar que la denominación de Patrón de Radiación Horizontal o Patrón de Radiación Vertical no debe ser confundido y/o asociados con la polarización horizontal y/o vertical de la antena.

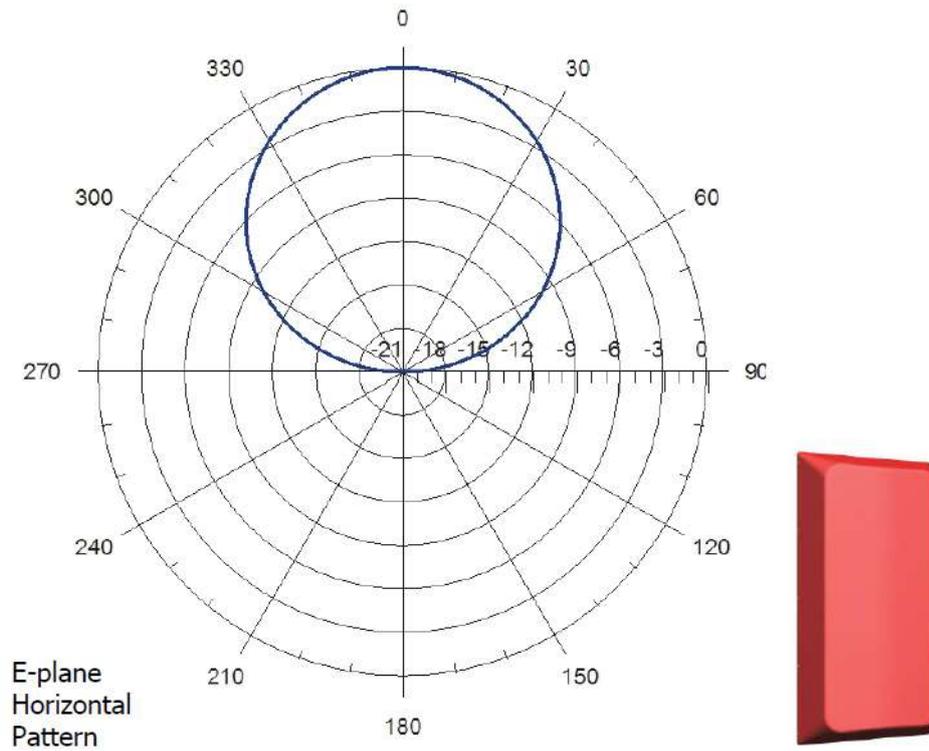


Figura 14. Patrón de Radiación E-Plane Panel UHF AT15-250

Fuente: RYMSA TRYO Group AT15-250 Datasheet (2019)

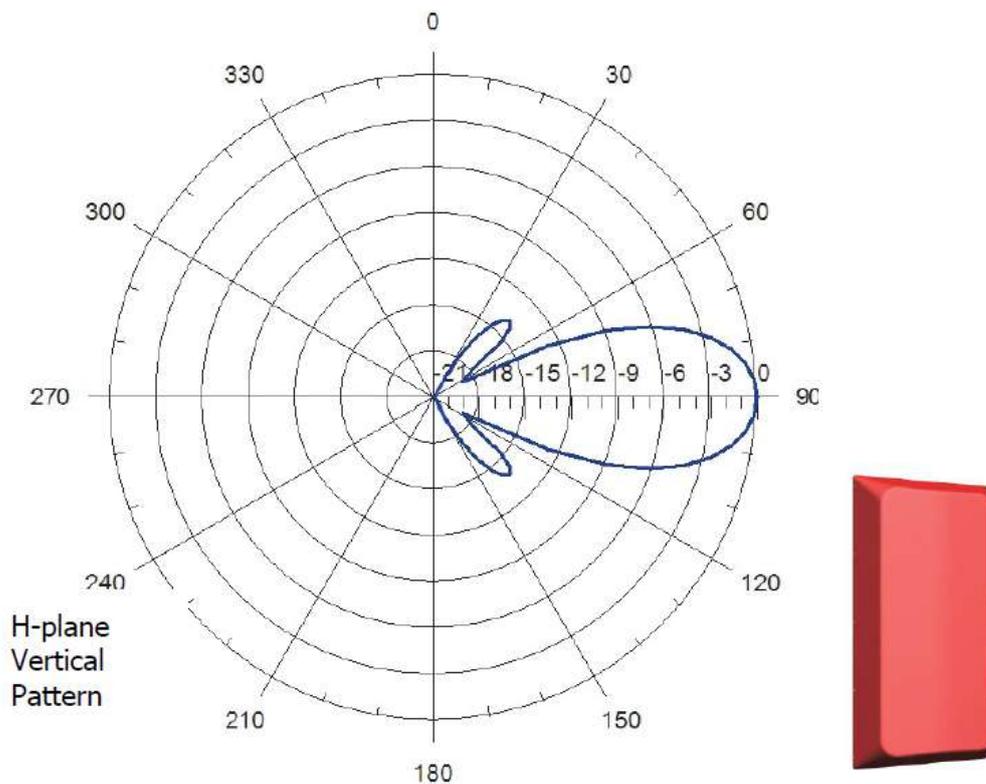


Figura 15. Patrón de Radiación H-Plane Panel UHF AT15-250

Fuente: RYMSA TRYO Group AT15-250 Datasheet (2019)

3.5.6. Referencia Patrón de Radiación TV 40 UHF

De manera similar al gráfico previamente mostrado en la Figura 13, se presenta ahora en la Figura 16 el esquema bajo el cual se ha evaluado el patrón de radiación resultante del arreglo de paneles UHF, mediante el empleo de la herramienta de simulación. En este sentido se ha evaluado la potencia recibida en un receptor genérico en cual varia su posición de manera equidistante tanto en el plano vertical (patrón elevación), como en el plano horizontal (patrón azimutal).

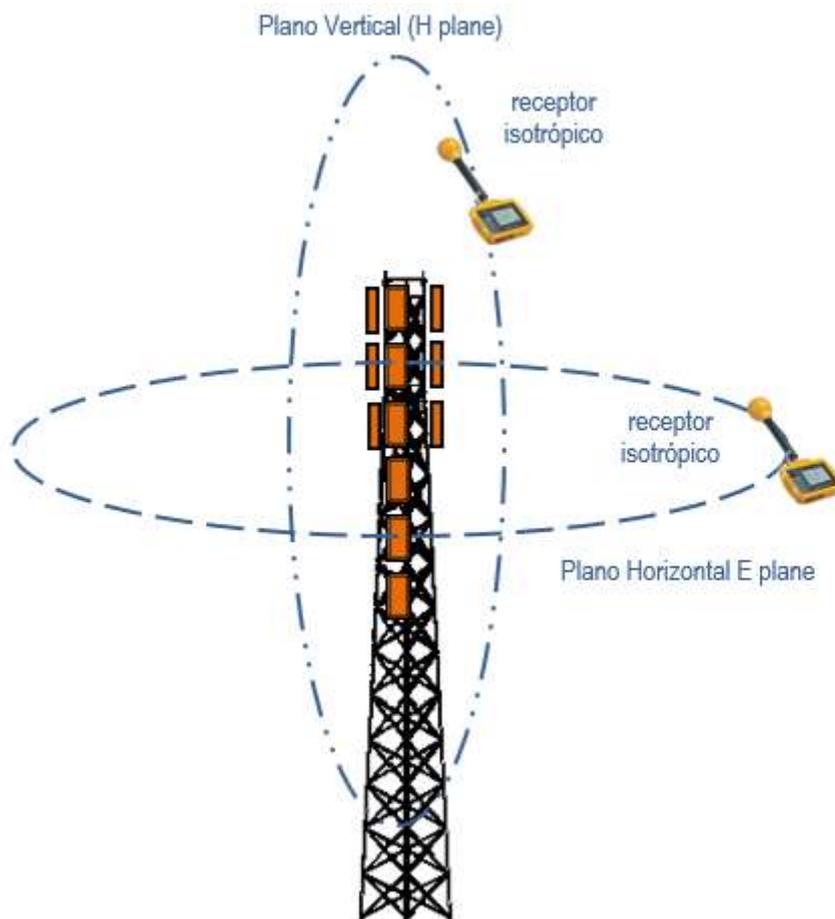


Figura 16. Referencia sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF

Conforme lo indicado en el apartado anterior, se presenta en las Figuras 17 y 18 las envolventes de patrones de radiación horizontal y vertical resultantes para el arreglo de antenas panel UHF TV 40

propuestos.

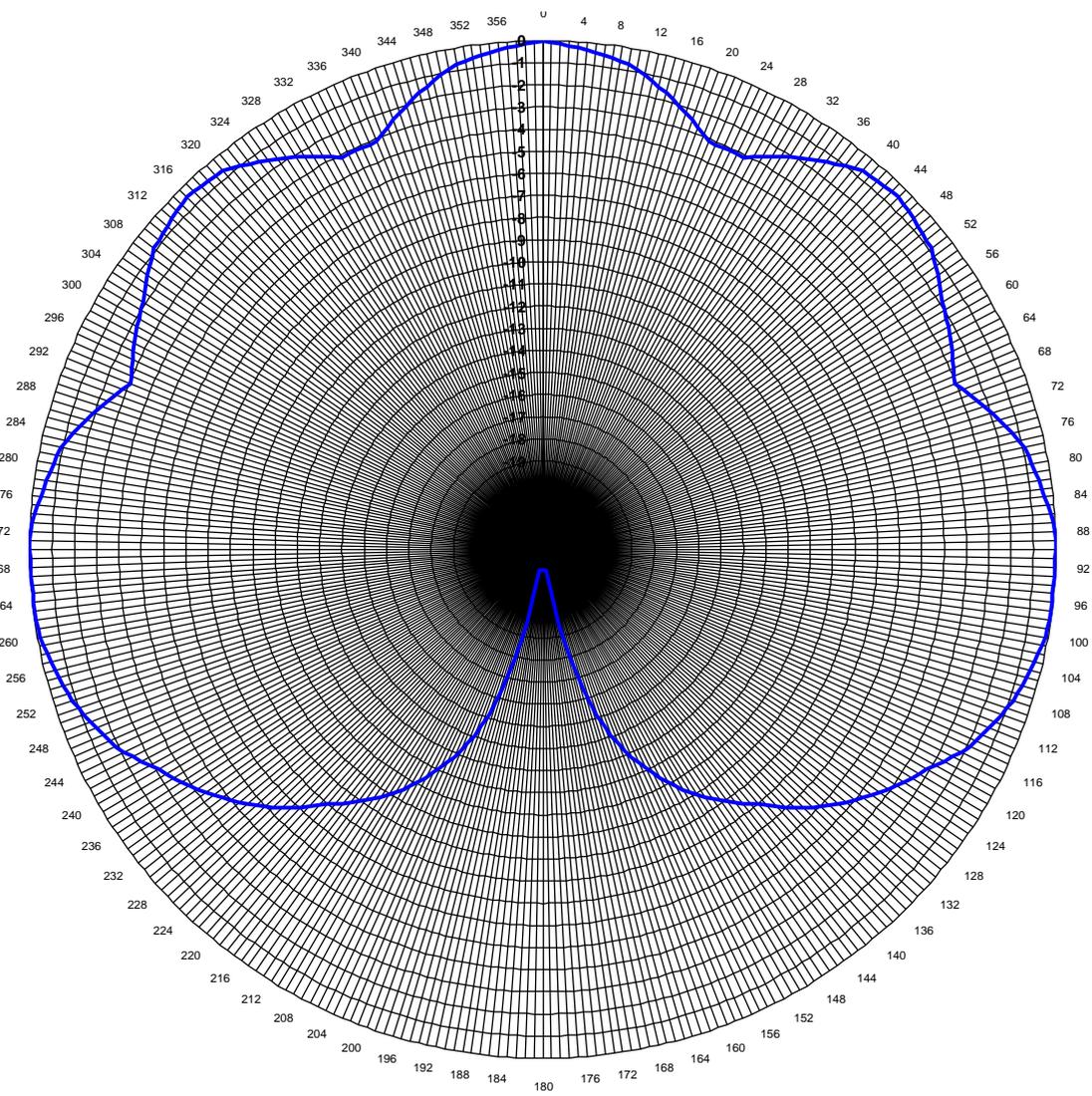


Figura 17. Patrón de radiación horizontal (azimutal – E Plane). Propuesta obtenida para el sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF

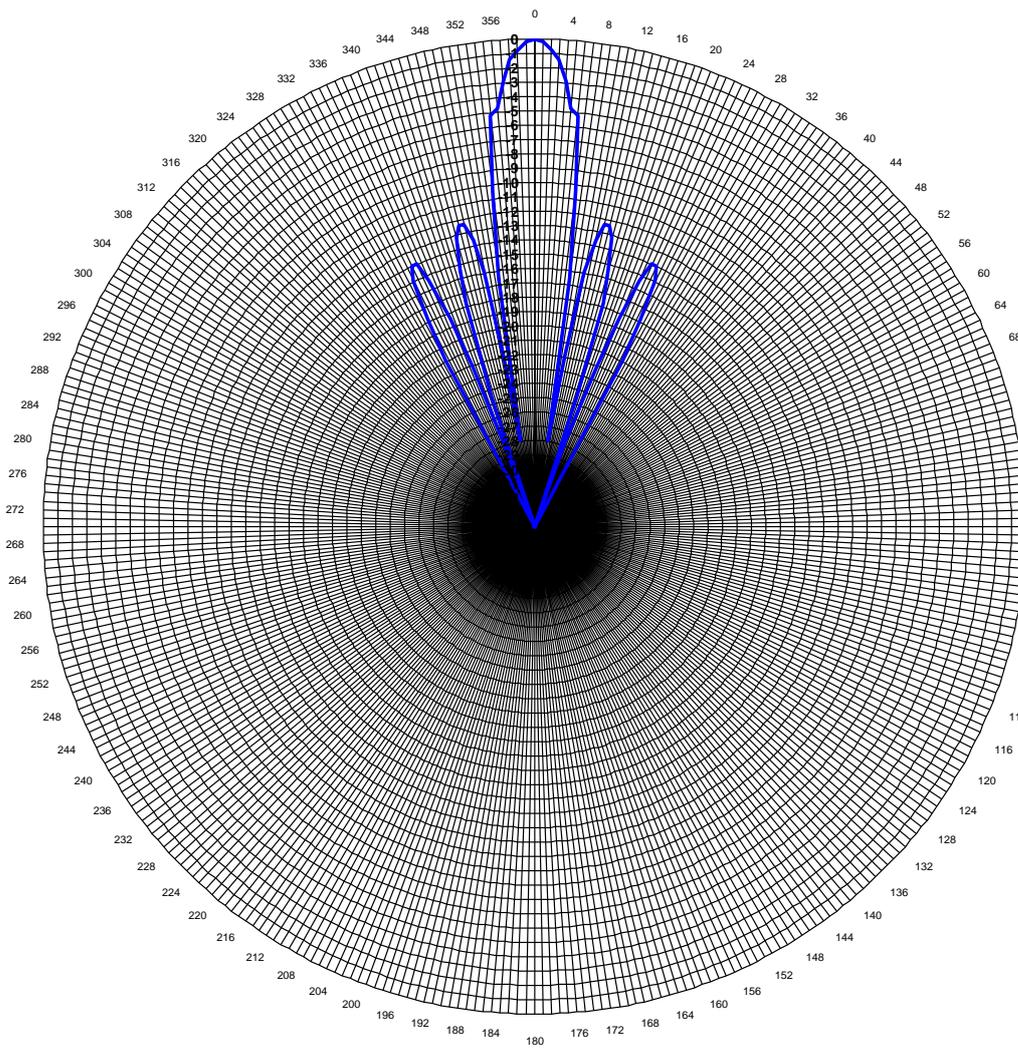


Figura 18. Patrón de radiación vertical (elevación – H Plane). Propuesta obtenida para el sistema radiante estación Trujillo TV 40 UHF

3.5.7. Referencia Equipo Transmisor TV UHF

Para el equipo transmisor TV UHF, se ha tomado como referencia, el equipamiento Thomsom Broadcast denominado Axcera Innovator CX, el cual es un transmisor de estado sólido que cuenta con una configuración modular, dentro de la cual se incluyen los módulos de alimentación eléctrica, modulador digital / analógico, amplificadores, boosters, transpondedores de frecuencia y conversores de subida. Sin embargo, dentro de los elementos de principal interés se encuentra el módulo transmisor CU3400BT, el cual posee una potencia de transmisión máxima de 3400 watts. La Figura 19 presenta

el equipo transmisor.



Figura 19. Equipo Transmisor CU 3400BT propuesto para TV UHF

3.5.8. Referencia Equipo Receptor TV UHF

Para el equipo receptor TV UHF, se ha tomado como referencia un receptor genérico basado en una antena omnidireccional para exteriores de uso común en la ciudad de Trujillo. La Figura 20 muestra el modelo de antena receptora, el cual en primera instancia contiene un dipolo para banda VHF terminado con directores para concentrar su patrón de radiación, y en segunda instancia para la recepción de UHF, incorpora un dipolo tipo loop de 7.5", el cual conforme Nist, K. (2003) posee patrones horizontales y verticales simétricos, los cuales se muestran modelados en la Figuras 21 y 22, y cuyos patrones de radiación originales pueden ser ubicados en los Anexos II y III.



Figura 20. Antena receptora propuesta para TV UHF

Cabe destacar que para el modelamiento del receptor en el presente trabajo de investigación sólo se ha considerado el loop 7.5" de UHF. Asimismo, se ha preferido este tipo de antena omnidireccional sobre una posible antena directiva, a fin de evitar que los lóbulos más cerrados de una antena receptora puedan generar desvanecimientos por desapuntamiento antes que por variación de refractividad.

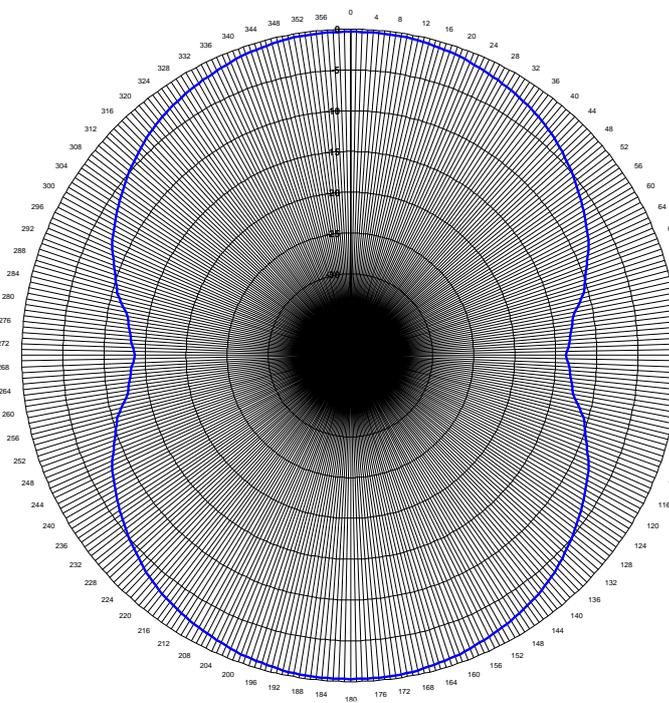


Figura 21. Patrón de radiación horizontal (azimuth – E Plane). Propuesta para el sistema receptor Trujillo TV 40 UHF

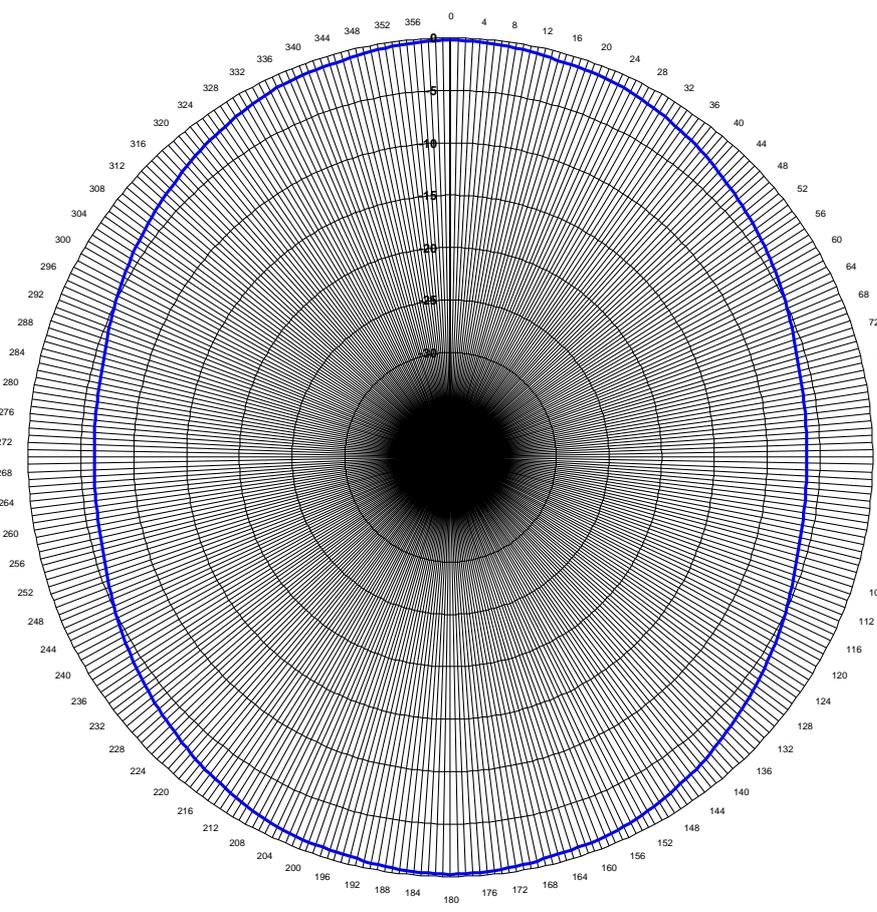


Figura 22. Patrón de radiación vertical (elevación – H Plane). Propuesta para el sistema receptor Trujillo TV 40 UHF

3.5.9. Referencia calidad de recepción

Respecto de los umbrales de calidad de la señal recibida se han tomado como referencia los recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), en la Tabla 07 se resumen las 03 áreas de cobertura conforme al nivel de señal recibido, tanto en dBu como en dBm.

Tabla 7. Valores Referenciales calidad de recepción

VALORES			DENOMINACIÓN
-34.75	to	-8.75 dBm	Cobertura Primaria
-48.75	to	-34.85 dBm	Cobertura Secundaria
-63.75	to	-48.85 dBm	Cobertura Terciaria

VALORES			DENOMINACIÓN
74	to	100 dBuV/m	Cobertura Primaria
60	to	73.9 dBuV/m	Cobertura Secundaria
45	to	59.9 dBuV/m	Cobertura Terciaria

Fuente: Ministerio Transportes y Comunicaciones (2014)

3.6 Procesamiento de la Información

3.6.1. Proceso de Simulación

Con la información recopilada y descrita en el apartado anterior se procedió a configurar los parámetros correspondientes en la herramienta de simulación. La Figura 23 presenta una captura de los parámetros ingresados para el modelamiento de la red de radiodifusión de TV UHF 40. Se resalta el empleo de modo broadcast en el algoritmo de Longley Rice, asimismo el parámetro de refractividad superficial (Surface refractivity) el cual será empleado en la evaluación de los desvanecimientos.

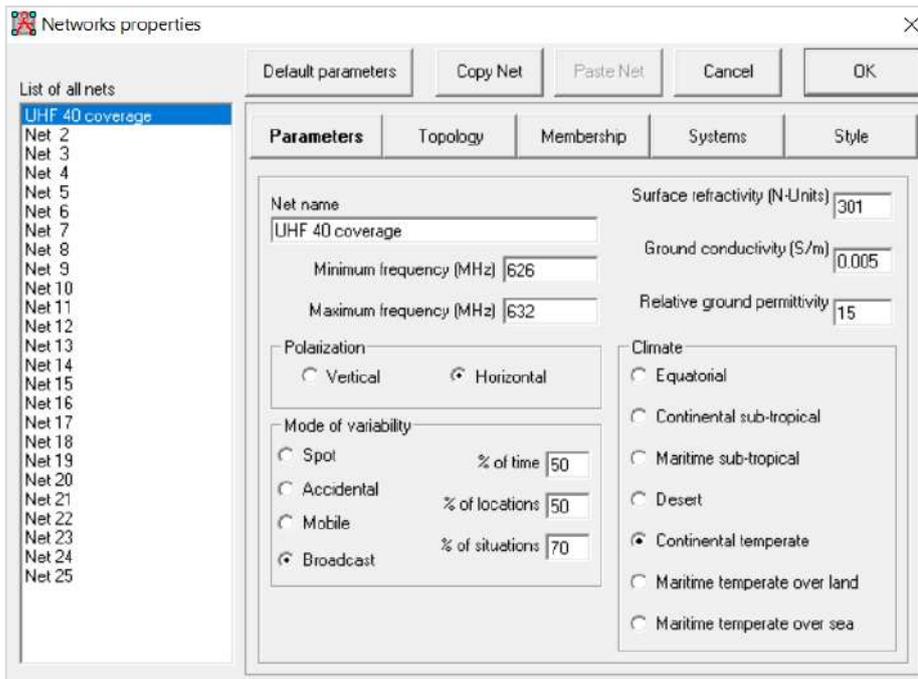


Figura 23. Configuración de parámetros de red broadcast TV 40 UHF

Del mismo modo en la Figura 24 se puede apreciar la configuración del sistema de Tx para la estación de radiodifusión TV UHF 40, así como la configuración del sistema receptor para los televidentes en la ciudad de Trujillo.

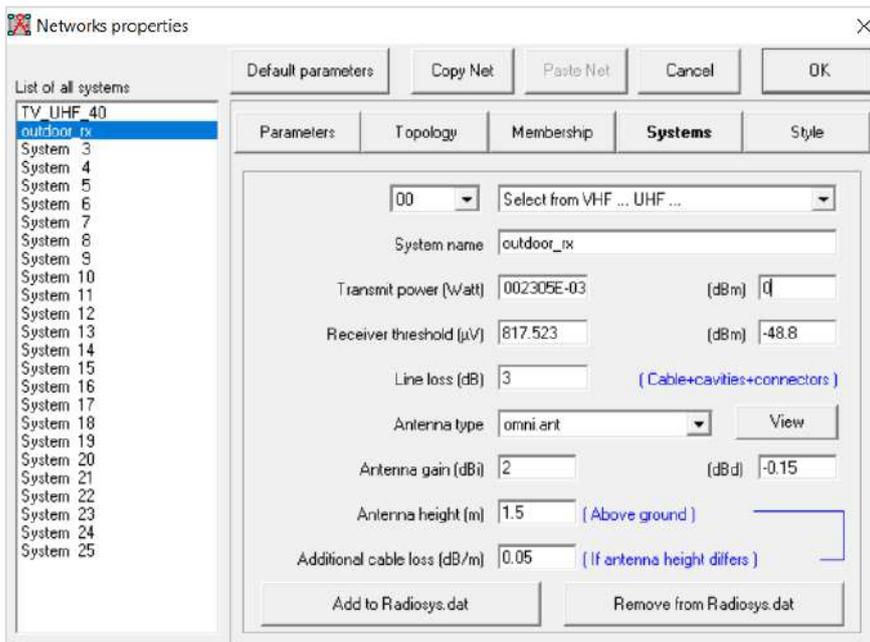


Figura 24. Configuración sistemas Tx y Rx red broadcast TV 40 UHF

Se resalta que la herramienta de simulación empleada, modela los sistemas de estación radiodifusora y estación receptora como transceivers, es decir se deben ingresar parámetros de transmisión y recepción en ambas estaciones. Sin embargo, sólo se evaluará el enlace de radiodifusión (downlink estación transmisora a televidente). Los posibles cálculos de uplink serán descartados puesto que la estación televisora no recibe señales UHF de los televidentes.

En este orden de ideas, se han ubicado 100 puntos receptores en la ciudad de Trujillo, cuyos detalles se presentan en la Tabla 08. Cabe destacar que por considerarse antenas receptoras UHF en exteriores, se han tomado en cuenta las alturas de las edificaciones sobre las cuales estarían ubicados, tomando como referencia una altura de mástil de 1.5 metros sobre la edificación. En la Figura 25 se muestran los 100 puntos receptores configurados para el proceso de simulación, asimismo en la Figura 26, el reporte de señal recibida presentado por el simulador. Los detalles adicionales sobre la orientación de las antenas receptoras (azimuth), se encuentran en el anexo IV.

Tabla 8. Detalle de puntos de recepción

PUNTOS DE RECEPCIÓN A EVALUAR EN LA CIUDAD DE TRUJILLO

Nº	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	Altura (m)	Nº	LATITUD (°)	LONGITUD (°)	Altura (m)
1	-8.108662	-79.030102	6.1	51	-8.129056	-79.037157	6.1
2	-8.107123	-79.024206	8.4	52	-8.117245	-79.023869	6.1
3	-8.113075	-79.023774	8.4	53	-8.111335	-79.015964	6.1
4	-8.117728	-79.028169	8.4	54	-8.120725	-79.027588	8.4
5	-8.114177	-79.034122	10.7	55	-8.116481	-79.022852	6.1
6	-8.10379	-79.036879	10.7	56	-8.116985	-79.026116	6.1
7	-8.110125	-79.042001	8.4	57	-8.12345	-79.036055	6.1
8	-8.117165	-79.038077	6.1	58	-8.119448	-79.035245	6.1
9	-8.124142	-79.029981	10.7	59	-8.116394	-79.034282	6.1
10	-8.120767	-79.018811	8.4	60	-8.118665	-79.028573	6.1
11	-8.098376	-79.026499	6.1	61	-8.107844	-79.023916	10.7
12	-8.099543	-79.012826	6.1	62	-8.104188	-79.032019	8.4
13	-8.108787	-79.012502	10.7	63	-8.103179	-79.034514	10.7
14	-8.119024	-79.007674	8.4	64	-8.115378	-79.022553	3.8
15	-8.094513	-79.039575	6.1	65	-8.119804	-79.025131	8.4
16	-8.101914	-79.044798	8.4	66	-8.110161	-79.004345	6.1
17	-8.091404	-79.047738	6.1	67	-8.118295	-79.039078	13
18	-8.129792	-79.021094	6.1	68	-8.093285	-79.012227	6.1
19	-8.090684	-79.001013	8.4	69	-8.123227	-79.040451	6.1
20	-8.108105	-79.006535	10.7	70	-8.1257	-79.025037	8.4
21	-8.11304	-79.028815	6.1	71	-8.093693	-79.025672	5.5
22	-8.115974	-79.02576	3.8	72	-8.122706	-79.020545	6.1
23	-8.109188	-79.021724	10.7	73	-8.100232	-79.040653	13
24	-8.10559	-79.026746	6.1	74	-8.093922	-79.048758	10.7
25	-8.110451	-79.033368	6.1	75	-8.110047	-79.044089	3.8
26	-8.095151	-79.010006	6.1	76	-8.116981	-79.036473	6.1
27	-8.109325	-79.00569	13	77	-8.112271	-79.040365	6.1
28	-8.119626	-79.014027	8.4	78	-8.107308	-79.013989	3.8
29	-8.124719	-79.023213	8.4	79	-8.093334	-79.037302	8.4
30	-8.126448	-79.035004	6.1	80	-8.129099	-79.020692	8.4
31	-8.114259	-79.046867	36	81	-8.122261	-79.041189	6.1
32	-8.101478	-79.045047	6.1	82	-8.116359	-79.0343	6.1
33	-8.091442	-79.035095	6.1	83	-8.121304	-79.029626	9.4
34	-8.09893	-79.032205	8.4	84	-8.118385	-79.021772	3.8
35	-8.099878	-79.019072	8.4	85	-8.11333	-79.019999	8.4
36	-8.105734	-79.01053	3.8	86	-8.105914	-79.016661	8.4
37	-8.09066	-79.019683	3.8	87	-8.101291	-79.019666	7.1
38	-8.111008	-79.016293	6.1	88	-8.09894	-79.024527	7.1
39	-8.115399	-79.036677	6.1	89	-8.100361	-79.03084	9.4
40	-8.107846	-79.043112	3.8	90	-8.096571	-79.036269	6.1
41	-8.113039	-79.034258	6.1	91	-8.100787	-79.03847	8.4
42	-8.113644	-79.034843	6.1	92	-8.105742	-79.041044	8.4
43	-8.11584	-79.036976	6.1	93	-8.111176	-79.044178	3.8
44	-8.117478	-79.030939	6.1	94	-8.115037	-79.036295	6.1
45	-8.118094	-79.038789	6.1	95	-8.113461	-79.026179	7
46	-8.121875	-79.04162	6.1	96	-8.095171	-79.044579	6.1
47	-8.123084	-79.045628	3.8	97	-8.126923	-79.029066	10.7
48	-8.120299	-79.031668	6.1	98	-8.126245	-79.019977	6.1
49	-8.122374	-79.033301	8.4	99	-8.116943	-79.015032	10.7
50	-8.119974	-79.026529	6.1	100	-8.108818	-79.011458	8.4



Figura 25. Visualización de unidades red broadcast TV 40 UHF

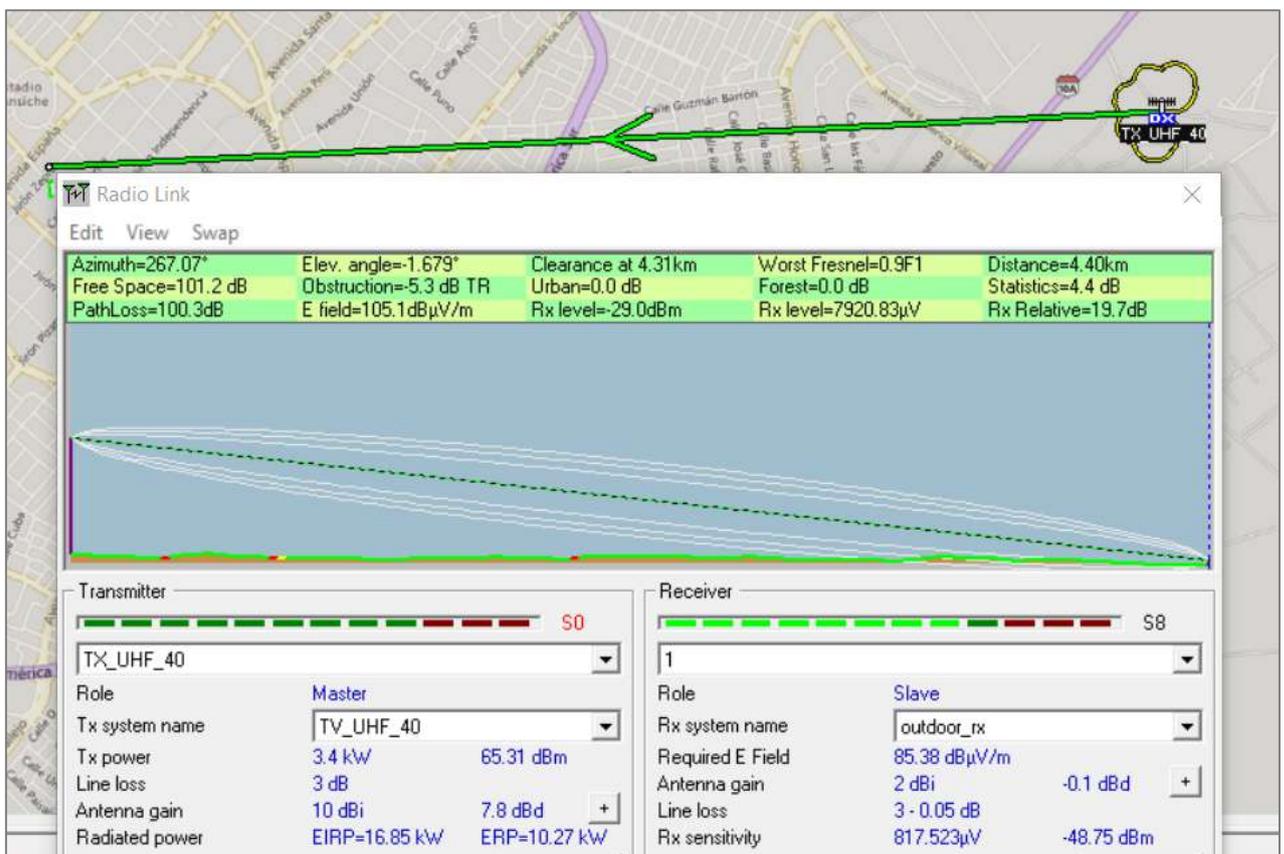


Figura 26. Reporte señal recibida red broadcast TV 40 UHF, software RadioMobile

Tal como se muestra en la Figura 26 el reporte de señal recibida se analiza en el sentido downlink. En base al reporte del comportamiento de la señal en cada uno de los puntos receptores, se buscará identificar los puntos y posibles zonas sensibles a desvanecimientos por refractividad dentro de la ciudad.

3.6.2. Reportes obtenidos

En la Tabla 09 se muestra un extracto de los reportes de simulación obtenidos para los 15 primeros puntos de recepción evaluados en la ciudad de Trujillo. La obtención de los niveles de recepción se ha realizado dentro de los límites de variación de refractividad superficial permitidos por la herramienta de simulación ($250 \leq N_s \leq 400$). De esta misma forma se obtuvieron los niveles de señal para los 100 puntos a evaluar. El detalle de los reportes de señal estimados en todos los emplazamientos, se presenta en el Anexo V.

Tabla 9. Extracto de reporte de niveles de señal recibida versus N_s

Niveles de señal recibido en puntos de evaluación (dBm)															
N_s (Nunits)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
250	-30.9	-47.5	-41.7	-31.8	-32	-30.7	-32.8	-30.9	-30.8	-30.7	-27.3	-31.5	-31.7	-25.4	-29.4
260	-30.9	-47.5	-44	-31.8	-32	-30.7	-32.8	-30.9	-30.8	-30.7	-27.3	-31.5	-31.7	-25.4	-29.4
270	-30.9	-47.5	-44	-31.8	-32	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.7	-27.3	-31.5	-31.7	-25.4	-29.4
280	-30.9	-47.5	-44	-34.1	-32	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.7	-27.3	-31.5	-31.7	-25.4	-29.4
290	-30.9	-47.5	-46.3	-34.1	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.7	-27.3	-31.5	-31.7	-25.4	-29.4
300	-30.9	-45.2	-46.3	-34.1	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.6	-27.3	-31.6	-31.7	-25.4	-29.4
310	-30.9	-45.2	-46.3	-34.1	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
320	-30.9	-45.2	-48.6	-34.1	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-33.1	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
330	-30.9	-42.9	-48.6	-34.1	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-35.4	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
340	-30.9	-42.9	-48.6	-36.4	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-35.4	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
350	-30.9	-42.9	-50.9	-36.4	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-35.4	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
360	-30.9	-42.9	-50.9	-36.4	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-35.4	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
370	-30.9	-40.6	-53.2	-36.4	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-35.4	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
380	-30.9	-40.6	-53.2	-38.7	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-37.7	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
390	-30.9	-38.3	-55.5	-38.7	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-37.7	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4
400	-30.9	-38.3	-55.5	-38.7	-32.1	-30.7	-32.8	-30.9	-37.7	-30.6	-27.3	-31.6	-31.8	-25.4	-29.4

3.6.3. Identificación de puntos con mayor fluctuación de señal

Conforme los reportes de señal recibida obtenidos al simular la variación de refractividad superficial, se ha evaluado la desviación de cada nivel de señal obtenido, respecto del valor promedio en cada uno de los 100 puntos de referencia dentro de la ciudad de Trujillo.

De esta manera en la Tabla 10 se presentan 14 puntos dentro de la ciudad, donde se han podido identificar fluctuaciones de señal mayores a 3dB respecto del valor promedio.

Tabla 10. Identificación de 14 puntos con fluctuación de señal

Ns (Nunits)	PUNTOS Y SEÑAL RECIBIDA (dBm)													
	2	3	4	9	31	35	61	65	68	70	73	74	80	89
250	-47.5	-41.7	-31.8	-30.8	-50.6	-35.9	-47.7	-39.3	-34.3	-36.6	-42.2	-36.8	-45.6	-40.6
260	-47.5	-44.0	-31.8	-30.8	-50.6	-35.9	-47.7	-39.3	-34.3	-36.6	-42.2	-36.8	-45.6	-40.6
270	-47.5	-44.0	-31.8	-33.1	-50.6	-38.2	-47.7	-39.3	-34.3	-36.6	-42.2	-36.8	-45.6	-40.6
280	-47.5	-44.0	-34.1	-33.1	-48.3	-38.2	-47.7	-39.3	-34.3	-38.9	-42.2	-39.1	-43.3	-42.9
290	-47.5	-46.3	-34.1	-33.1	-48.3	-38.2	-47.7	-39.3	-34.3	-38.9	-44.5	-39.1	-43.3	-42.9
300	-45.2	-46.3	-34.1	-33.1	-46.0	-38.2	-47.7	-37.0	-36.6	-38.9	-44.5	-39.1	-43.3	-45.2
310	-45.2	-46.3	-34.1	-33.1	-46.0	-38.2	-47.7	-37.0	-36.6	-41.2	-44.5	-41.4	-43.3	-47.5
320	-45.2	-48.6	-34.1	-33.1	-43.7	-38.2	-45.4	-37.0	-36.6	-41.2	-44.5	-41.4	-43.3	-47.5
330	-42.9	-48.6	-34.1	-35.4	-43.7	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-41.2	-46.8	-41.4	-41.0	-49.8
340	-42.9	-48.6	-36.4	-35.4	-41.4	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-43.5	-46.8	-43.7	-41.0	-52.1
350	-42.9	-50.9	-36.4	-35.4	-41.4	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-43.5	-46.8	-43.7	-41.0	-52.1
360	-42.9	-50.9	-36.4	-35.4	-39.1	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-45.8	-49.1	-43.7	-41.0	-54.4
370	-40.6	-53.2	-36.4	-35.4	-39.1	-42.8	-45.4	-37.0	-36.6	-45.8	-49.1	-46.0	-38.7	-56.7
380	-40.6	-53.2	-38.7	-37.7	-36.8	-42.8	-45.4	-34.7	-36.6	-48.1	-51.4	-46.0	-38.7	-59.0
390	-38.3	-55.5	-38.7	-37.7	-34.5	-42.8	-43.1	-34.7	-36.6	-48.1	-51.4	-48.3	-38.7	-61.3
400	-38.3	-55.5	-38.7	-37.7	-34.5	-42.8	-43.1	-34.7	-38.9	-50.4	-51.4	-48.3	-36.4	-63.6
MAX	-38.3	-41.7	-31.8	-30.8	-34.5	-35.9	-43.1	-34.7	-34.3	-36.6	-42.2	-36.8	-36.4	-40.6
MIN	-47.5	-55.5	-38.7	-37.7	-50.6	-42.8	-47.7	-39.3	-38.9	-50.4	-51.4	-48.3	-45.6	-63.6
DIF.	9.2	13.8	6.9	6.9	16.1	6.9	4.6	4.6	4.6	13.8	9.2	11.5	9.2	23.0
mean	-43.9	-48.6	-35.1	-34.4	-43.4	-39.6	-46.1	-37.3	-36.0	-42.2	-46.2	-42.0	-41.9	-49.8
desv	3.2	4.3	2.4	2.2	5.6	2.4	1.6	1.7	1.3	4.4	3.4	3.9	2.8	7.6

Como se puede apreciar en la Tabla 10, se presentan las variaciones de señal superiores al promedio en color verde (al menos 3dB por encima del promedio). Del mismo modo se presentan las variaciones por debajo del promedio en color amarillo (al menos 3dB por debajo del promedio). Se puede apreciar que el comportamiento entre los valores aproximados $320 \leq Ns \leq 350$ se mantiene con poca variación respecto del valor promedio en los puntos identificados.

3.6.4. Estimación de refractividad N_s en la ciudad de Trujillo

Como se ha descrito en la Tabla 10, los valores de refractividad superficial empleados para la evaluación de las fluctuaciones han sido tomados en cuenta, considerando el rango de simulación permitido por la herramienta RadioMobile, sin embargo, es necesario sincerar los valores de refractividad de posible ocurrencia en la ciudad de Trujillo, en base a las recomendaciones ITU-R P.453

En este orden de ideas, es posible adaptar las ecuaciones de cálculo de refractividad superficial en función de la Presión Atmosférica, Temperatura y Humedad en base a los valores típicos, máximos y mínimos de la ciudad de Trujillo.

Conforme reportes del Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI (2015), se han considerado valores promedio de Presión Atmosférica de 1013 mbar para la ciudad de Trujillo, con valores mínimos y máximos 1008 mbar y 1018 mbar respectivamente. Asimismo, conforme los reportes de SENMAHI (2021), se han considerado valores de 10 °C y 30 °C para las temperaturas mínimas y máximas correspondientes. De la misma forma los valores de humedad relativa se han considerado entre 60% al 99% como valores mínimos y máximos respectivamente.

De esta forma en la Tabla 11 se presentan los valores de refractividad superficial obtenidos para las diversas variaciones climáticas de Trujillo.

Tabla 11. Valores Ns estimados para la ciudad de Trujillo

N°	P(mbar)	t (°C)	H(%)	Ns	N°	P(mbar)	t (°C)	H(%)	Ns
1	1008	10	60	311	39	1018	20	80	351
2	1013	10	60	312	40	1008	20	90	359
3	1018	10	60	314	41	1013	20	90	360
4	1008	10	70	317	42	1018	20	90	362
5	1013	10	70	318	43	1008	20	99	368
6	1018	10	70	319	44	1013	20	99	369
7	1008	10	80	322	45	1018	20	99	371
8	1013	10	80	324	46	1008	25	60	343
9	1018	10	80	325	47	1013	25	60	344
10	1008	10	90	328	48	1018	25	60	345
11	1013	10	90	330	49	1008	25	70	356
12	1018	10	90	331	50	1013	25	70	357
13	1008	10	99	333	51	1018	25	70	359
14	1013	10	99	335	52	1008	25	80	370
15	1018	10	99	336	53	1013	25	80	371
16	1008	15	60	318	54	1018	25	80	372
17	1013	15	60	319	55	1008	25	90	383
18	1018	15	60	321	56	1013	25	90	384
19	1008	15	70	326	57	1018	25	90	385
20	1013	15	70	327	58	1008	25	99	395
21	1018	15	70	328	59	1013	25	99	396
22	1008	15	80	333	60	1018	25	99	398
23	1013	15	80	335	61	1008	30	60	362
24	1018	15	80	336	62	1013	30	60	363
25	1008	15	90	341	63	1018	30	60	365
26	1013	15	90	342	64	1008	30	70	380
27	1018	15	90	344	65	1013	30	70	381
28	1008	15	99	348	66	1018	30	70	382
29	1013	15	99	349	67	1008	30	80	397
30	1018	15	99	351	68	1013	30	80	398
31	1008	20	60	328	69	1018	30	80	399
32	1013	20	60	330	70	1008	30	90	414
33	1018	20	60	331	71	1013	30	90	415
34	1008	20	70	338	72	1018	30	90	417
35	1013	20	70	340	73	1008	30	99	430
36	1018	20	70	341	74	1013	30	99	431
37	1008	20	80	349	75	1018	30	99	432
38	1013	20	80	350					

RANGO EVALUADO	N°	%
N ≤ 300	0	0.00%
301 ≤ N ≤ 320	8	10.67%
321 ≤ N ≤ 340	21	28.00%
341 ≤ N ≤ 360	17	22.67%
361 ≤ N ≤ 380	12	16.00%
381 ≤ N ≤ 400	11	14.67%
N ≥ 401	6	8.00%

TOTAL 75

Se resalta asimismo de la información presentada en la Tabla 11, que los valores de refractividad superficial con mayor aparición se encuentran en el rango de $321 \leq N_s \leq 360$, con un porcentaje acumulado de 50.67%, en tanto los valores de $361 < N_s < 400$ ocupan un porcentaje de aparición de 30.67%. En menor proporción los valores $301 \leq N_s \leq 320$ con un porcentaje de aparición de 10.67%, y los valores de $N_s \geq 401$ (fuera del rango del simulador) con un porcentaje de 8%.

De esta forma se presentan en la Tabla 12 los valores de señal recibida, bajo los rangos de variación de refractividad superficial sincerados para la ciudad de Trujillo.

Tabla 12. Valores N_s estimados para la ciudad de Trujillo

PUNTOS Y SEÑAL RECIBIDA CONDICIONES N_s Trujillo (dBm)														
N_s (Nunits)	2	3	4	9	31	35	61	65	68	70	73	74	80	89
300	-45.2	-46.3	-34.1	-33.1	-46.0	-38.2	-47.7	-37.0	-36.6	-38.9	-44.5	-39.1	-43.3	-45.2
310	-45.2	-46.3	-34.1	-33.1	-46.0	-38.2	-47.7	-37.0	-36.6	-41.2	-44.5	-41.4	-43.3	-47.5
320	-45.2	-48.6	-34.1	-33.1	-43.7	-38.2	-45.4	-37.0	-36.6	-41.2	-44.5	-41.4	-43.3	-47.5
330	-42.9	-48.6	-34.1	-35.4	-43.7	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-41.2	-46.8	-41.4	-41.0	-49.8
340	-42.9	-48.6	-36.4	-35.4	-41.4	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-43.5	-46.8	-43.7	-41.0	-52.1
350	-42.9	-50.9	-36.4	-35.4	-41.4	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-43.5	-46.8	-43.7	-41.0	-52.1
360	-42.9	-50.9	-36.4	-35.4	-39.1	-40.5	-45.4	-37.0	-36.6	-45.8	-49.1	-43.7	-41.0	-54.4
370	-40.6	-53.2	-36.4	-35.4	-39.1	-42.8	-45.4	-37.0	-36.6	-45.8	-49.1	-46.0	-38.7	-56.7
380	-40.6	-53.2	-38.7	-37.7	-36.8	-42.8	-45.4	-34.7	-36.6	-48.1	-51.4	-46.0	-38.7	-59.0
390	-38.3	-55.5	-38.7	-37.7	-34.5	-42.8	-43.1	-34.7	-36.6	-48.1	-51.4	-48.3	-38.7	-61.3
400	-38.3	-55.5	-38.7	-37.7	-34.5	-42.8	-43.1	-34.7	-38.9	-50.4	-51.4	-48.3	-36.4	-63.6
MAX	-38.3	-41.7	-31.8	-30.8	-34.5	-35.9	-43.1	-34.7	-34.3	-36.6	-42.2	-36.8	-36.4	-40.6
MIN	-47.5	-55.5	-38.7	-37.7	-50.6	-42.8	-47.7	-39.3	-38.9	-50.4	-51.4	-48.3	-45.6	-63.6
DIF.	9.2	13.8	6.9	6.9	16.1	6.9	4.6	4.6	4.6	13.8	9.2	11.5	9.2	23.0
mean	-43.9	-48.6	-35.1	-34.4	-43.4	-39.6	-46.1	-37.3	-36.0	-42.2	-46.2	-42.0	-41.9	-49.8
desv	3.2	4.3	2.4	2.2	5.6	2.4	1.6	1.7	1.3	4.4	3.4	3.9	2.8	7.6

Debido a que el interés académico del análisis no se centra en el valor absoluto de la señal recibida, sino sobre su fluctuación respecto del valor promedio, en la Tabla 13 se presentan los márgenes de señal obtenidos respecto del valor promedio. Los márgenes que se encuentran 3dB o más por debajo del valor promedio de señal han sido resaltados en color amarillo, en tanto que los márgenes que se encuentran 3dB a más por encima del valor promedio han sido resaltados en color verde.

Tabla 13. Márgenes favorables y desfavorables para variación Ns Trujillo

PUNTOS Y MÁRGENES FAVORABLES / DESFAVORABLES (dBm)														
Ns (Nunits)	2	3	4	9	31	35	61	65	68	70	73	74	80	89
300	-1	2	1	1	-3	1	-2	0	-1	3	2	3	-1	5
310	-1	2	1	1	-3	1	-2	0	-1	1	2	1	-1	2
320	-1	0	1	1	0	1	1	0	-1	1	2	1	-1	2
330	1	0	1	-1	0	-1	1	0	-1	1	-1	1	1	0
340	1	0	-1	-1	2	-1	1	0	-1	-1	-1	-2	1	-2
350	1	-2	-1	-1	2	-1	1	0	-1	-1	-1	-2	1	-2
360	1	-2	-1	-1	4	-1	1	0	-1	-4	-3	-2	1	-5
370	3	-5	-1	-1	4	-3	1	0	-1	-4	-3	-4	3	-7
380	3	-5	-4	-3	7	-3	1	3	-1	-6	-5	-4	3	-9
390	6	-7	-4	-3	9	-3	3	3	-1	-6	-5	-6	3	-12
400	6	-7	-4	-3	9	-3	3	3	-3	-8	-5	-6	5	-14

CAPÍTULO IV

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Puntos Identificados

Conforme el procesamiento realizado en el apartado anterior, se presenta en la Figura 27 el resumen de puntos identificados con fluctuación de señal recibida para el canal TV 40 UHF. Cabe resaltar que se han podido identificar fluctuaciones de comportamiento favorable (representado en color celeste), comportamiento desfavorable (representado en color naranja), y comportamiento estándar con fluctuaciones menores (representado en color verde).

Los catorce puntos identificados se han ordenado presentando en primer lugar los emplazamientos con el comportamiento más favorable, y en última instancia los que presentan el comportamiento más desfavorable. Asimismo, los valores de refractividad superficial en donde se presentan estos comportamientos, acompañados del porcentaje estimado de aparición.

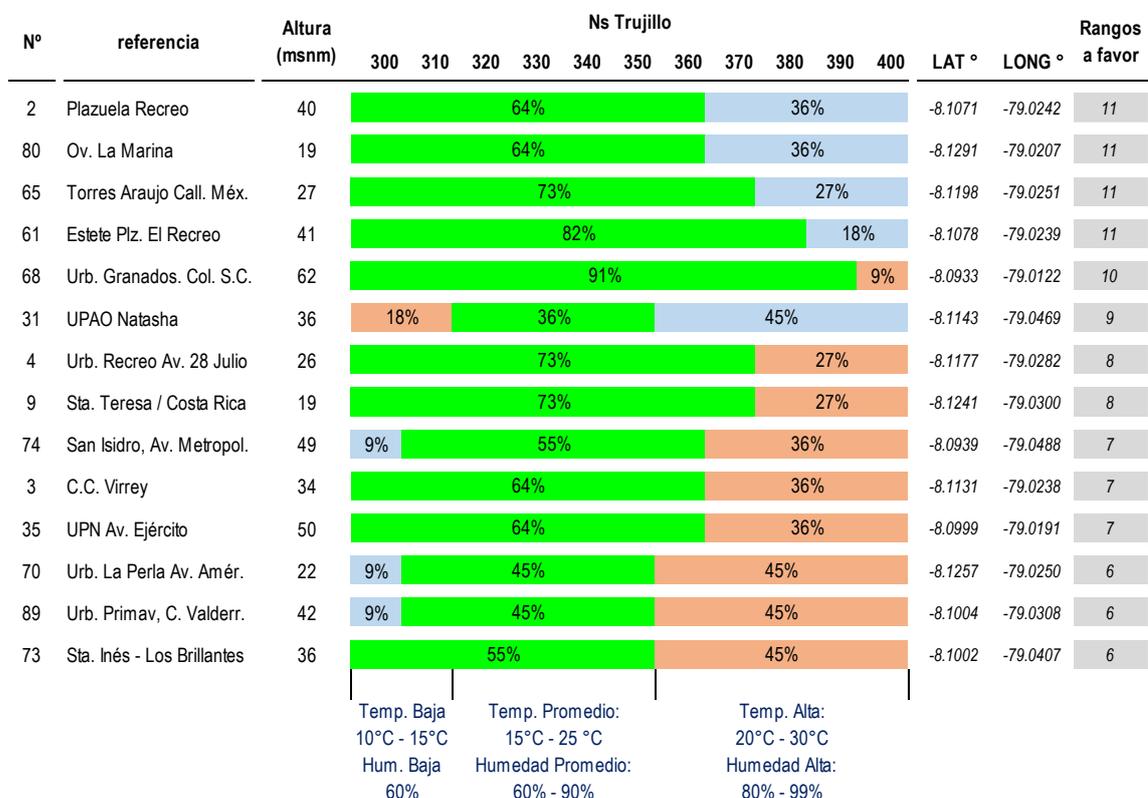


Figura 27. Catorce puntos identificados con fluctuación de señal canal TV 40

UHF

Puede destacarse en la presentación de resultados, que cinco de los catorce puntos presentan comportamiento favorable en valores de refractividad más altos, en tanto que nueve presentan degradación de señal al evaluarse en valores altos de refractividad superficial.

Los valores de refractividad más altos se obtienen con los valores de mayor temperatura y humedad, en tanto que los valores de refractividad más bajos se alcanzan con las temperaturas y humedad más baja de la ciudad. En este orden de ideas, en la Figura 28 se presenta un mapa de calor con los puntos mas favorables y desfavorables de señal identificados en la ciudad.

Cabe destacar que el color verde en el mapa de calor representa el comportamiento estándar de la señal de canal 40 TV UHF. En tanto que la tendencia el color rojo los puntos con comportamiento desfavorable, y la tendencia al color azul los puntos con mejor señal evaluados.



Figura 28. Mapa de calor en puntos con fluctuación de señal TV 40 UHF

4.2. Docimasia de hipótesis

Conforme los resultados presentados, de los 100 puntos evaluados por simulación 86 han presentado fluctuaciones menores, en tanto que 05 puntos han presentado fluctuaciones con tendencia al aumento de señal en valores altos de refractividad (mayor temperatura y humedad). Del mismo modo 09 puntos han presentado fluctuaciones con tendencia de degradación de señal en valores mayores de refractividad superficial.

Por todo lo indicado, los autores, consideran que se han identificado fluctuaciones en más del 10% de emplazamientos evaluados por simulación, cumpliéndose con ello la hipótesis propuesta.

CAPÍTULO V

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El presente estudio se propuso como objetivo la identificación de puntos asociados a la fluctuación de señal del canal TV 40 UHF en la ciudad de Trujillo, mediante proceso de simulación.

La identificación de emplazamientos exteriores de la ciudad de Trujillo para la estimación de señal recibida en canal UHF TV 40 se realizó considerando ubicaciones representativas de las principales zonas pobladas de la ciudad. En este sentido tuvieron como prioridad de selección, lugares de concentración comercial, viviendas típicas y edificios multifamiliares sobre los cuales se consideraba la ubicación de una antena exterior receptora UHF.

Respecto de la selección de las características técnicas para la planta transmisora, se tomó como base el posible equipamiento aplicable a la estación de la ciudad de Trujillo con canalización más cercana disponible, la cual corresponde a canal TV UHF 39. Su ubicación, orientación y sectorización, sirvieron como referencia para los efectos de simulación. Al mismo tiempo respecto de los receptores exteriores del cliente, se tomó como base una antena de banda ancha con loop UHF 7.5", la cual es de uso común en los hogares trujillanos, tomando referencia una altura de antena de 1.5m sobre los tejados de los emplazamientos seleccionados.

Para la identificación de fluctuación de señal, se tomó en cuenta las variaciones mayores a 3dB, al evaluarse para diversos valores de refractividad superficial. En este sentido, a pesar de que estas fluctuaciones no marcan diferencias entre cobertura primaria, secundaria o terciaria, son fluctuaciones que pueden llegar a ser significativas de acuerdo al algoritmo empleado y cartografía empleada en la herramienta de simulación.

Las fluctuaciones se han evaluado en un primer alcance, para todos los valores disponibles por la herramienta de simulación, sin embargo, luego de sincerar las condiciones climáticas de presión atmosférica, temperatura y humedad, de la ciudad de Trujillo en el cálculo de refractividad superficial, se pudo identificar que los valores de refractividad se dan en valores superiores a partir de 300 Nunits.

De los 100 puntos evaluados bajo las variaciones de refractividad aplicables a las simulaciones en la ciudad de Trujillo, se ha identificado 14 puntos con fluctuaciones de señal, sin embargo, dentro de las fluctuaciones referidas, se pudieron identificar que 05 de ellas favorecen la recepción de señal, en tanto que 09 de ellas desfavorecen principalmente la recepción de señal canal 40 TV UHF en condiciones de aumento de refractividad superficial. Esto guardaría relación con la degradación de señal en condiciones de mayor temperatura y humedad en la ciudad. En este sentido los resultados indicarían que existen 09 emplazamientos que poseen una distribución de terreno y geografía con un importante porcentaje de condiciones de refractividad con tendencia a generar degradación de la señal TV 40 UHF.

CONCLUSIONES

- Respecto de los emplazamientos identificados para estimación de señal canal TV 40 UHF en la ciudad de Trujillo, la búsqueda estuvo dirigida a ubicaciones representativas, dentro del perímetro del distrito de Trujillo, dentro de las cuales se han seleccionado emplazamientos asociados a locales comerciales, casas y condominios con posibilidad de ubicación de antena receptora en exteriores.
- Para efectos de simulación la selección de características de planta transmisora ha tomado como referencia la distribución del sistema radiante y potencia de la estación con la frecuencia más cercana a TV 40 UHF, la cual corresponde al canal TV UPAO, considerando un emplazamiento conforme a la normativa MTC. Asimismo, respecto del sistema de antena receptora se tomó como referencia un loop 7.5" UHF de amplio uso en emplazamientos receptores exteriores en la ciudad de Trujillo.
- Las fluctuaciones de señal TV 40 UHF se han podido identificar en 14 puntos en la ciudad de Trujillo mediante proceso de simulación al variar los valores de refractividad superficial dentro de un rango referencial 300 - 400 Nunits para la ciudad de Trujillo. Nueve de estas fluctuaciones muestran una degradación de la señal con el aumento de refractividad superficial, encontrándose en su mayoría en la zona norte y zona este de la ciudad.
- Conforme la estimación de valores de refractividad superficial de acuerdo a valores referenciales de presión atmosférica, temperatura ambiental, y humedad, se puede concluir que la mayor aparición de

fluctuaciones desfavorables se da en condiciones climáticas de aumento de temperatura y humedad en la ciudad de Trujillo.

RECOMENDACIONES

- Si bien es cierto las estimaciones realizadas muestran una mayor aparición de condiciones de fluctuación de señal TV 40 UHF desfavorable, en zonas norte y este de la ciudad de Trujillo, se considera que los resultados podrían ser enriquecidos con el aumento en la muestra de emplazamientos receptores. Ello podría dar inicio a un análisis más profundo, clasificando a los receptores por altura, tipo de edificación y concentración de población.
- Del mismo modo se considera que las estimaciones realizadas podrían ser mejoradas empleando una cartografía y cluttering con mejor resolución que la empleada por la herramienta de uso libre que se usó en el presente trabajo. En tal sentido se propone como ampliación de la presente investigación, la construcción manual de un clutter (land cover) para la ciudad de Trujillo que permita reproducir con mejor acercamiento el perfil de la ciudad y sus emplazamientos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Del Rosario, C. (2019) *Identificación de factores climáticos asociados a la degradación de señal recibida, en un segmento de interconexión microondas hacia la ciudad de Iquitos, en base a la recomendación ITU-R P.453* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Suclla, B. y Zavaleta P. (2019) *Mejora del nivel de recepción de la señal de radio estación UPAO TV canal 39 en los distritos de Huanchaco, la Esperanza y Salaverry* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

López, E. (2017) *Metodología para planificación de redes de televisión digital terrestre en Colombia* (tesis de posgrado). Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia.

Lozano, J. y Meléndez G. (2017) *Estudio de la cobertura de la señal de televisión digital terrestre ISDB-Tb de acuerdo a la canalización establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la ciudad de Trujillo y distritos aledaños* (tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.

Manning T. (2009) *Microwave Radio Transmission Design Guide* (2ª ed.). Canton Street Norwood Massachusetts, United States of America: Artech House.

Raab, et al. (2002) *HF, VHF, and UHF systems and technology*. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques 50(3):888 - 899,

IEEE, USA.

Syed, A. (2017) *Analysis of refractivity profiles and their effects on signal propagation*. Conferencia: XIV Conferencia conjunta internacional sobre comercio electrónico y telecomunicaciones, ICETE, España.

Alam, I et. all (2016) *The Effect of Refractivity on Propagation at UHF and VHF Frequencies*. International Journal of Antennas and Propagation, Volume 2016, Article ID 4138329, 8 pages, Hindawi Publishing Corporation, Londres, Inglaterra.

Millman, G. (1998) *Atmospheric Effects on VHF and UHF Propagation*. International Proceedings of the IRE | IEEE Xplore, Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE, USA.

Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (2010). *The transition to digital television and its impact on the unprotected use by the radio astronomy service of bands used for terrestrial television broadcasting*. RA.2195. Recuperado el 12/02/2021 de:
<https://www.itu.int/pub/R-REP-RA.2195/es>

Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (2017). *Recomendación UIT-R P.453-14 (08/2019) Índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos sobre la refractividad, Serie P, Propagación de las ondas radioeléctricas*. Recuperado el 12/02/2021 de:
<https://www.itu.int/rec/R-REC-P.453-14-201908-l/es>

Murillo J. J. (2005) *Radioprogación. Transparencias de la asignatura radiación y radiocomunicación*. ETSI. Universidad de Sevilla.

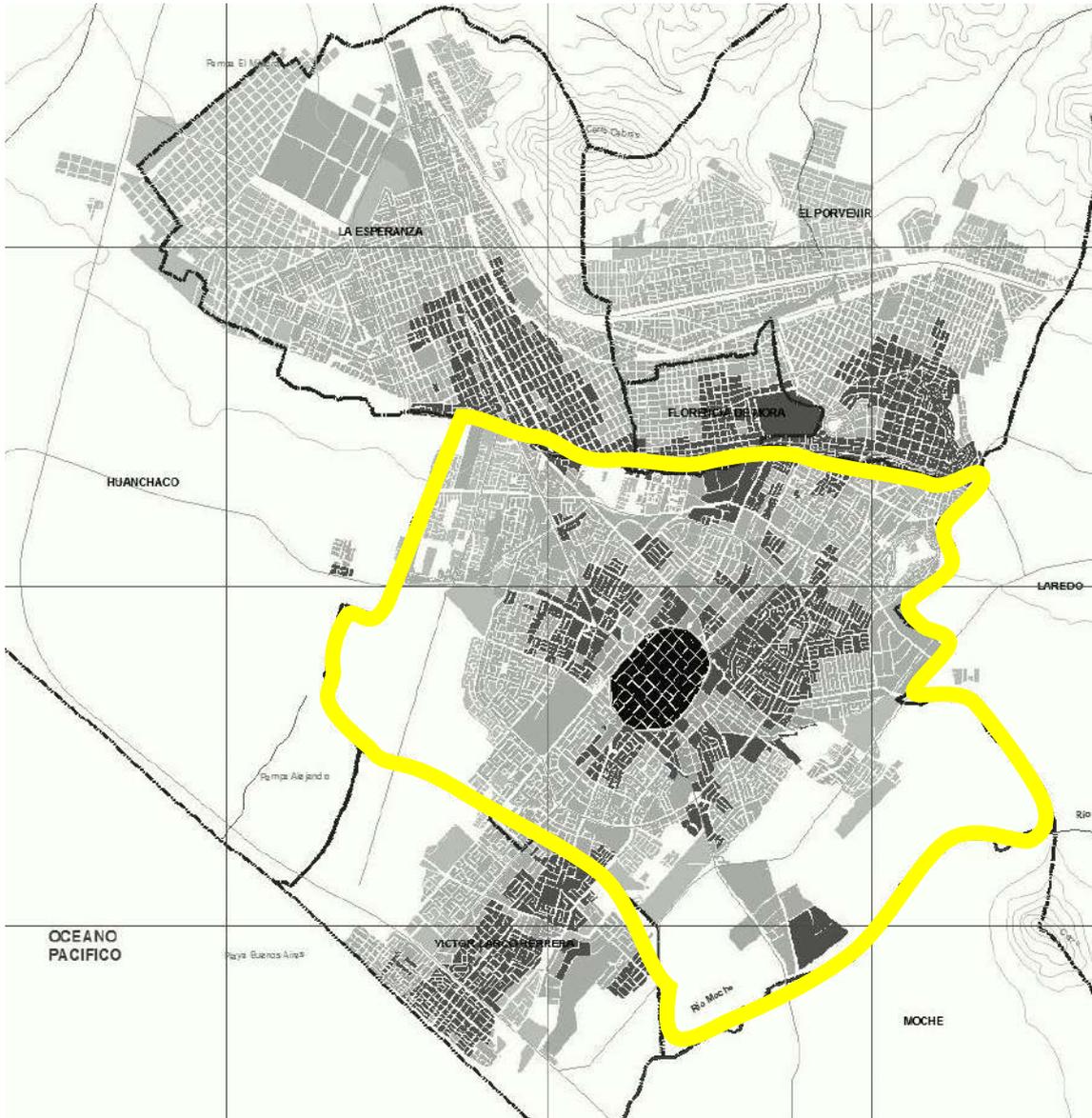
Recuperado el 01/02/2021 de:
<https://personal.us.es/murillo/docente/radio/documentos/tema7.pdf>

Universidad Nacional de Trujillo. (2019). Conversando sobre la inestabilidad del clima trujillano. Archivo de video recuperado de:
https://www.youtube.com/watch?v=OgTN-JO_-9Q

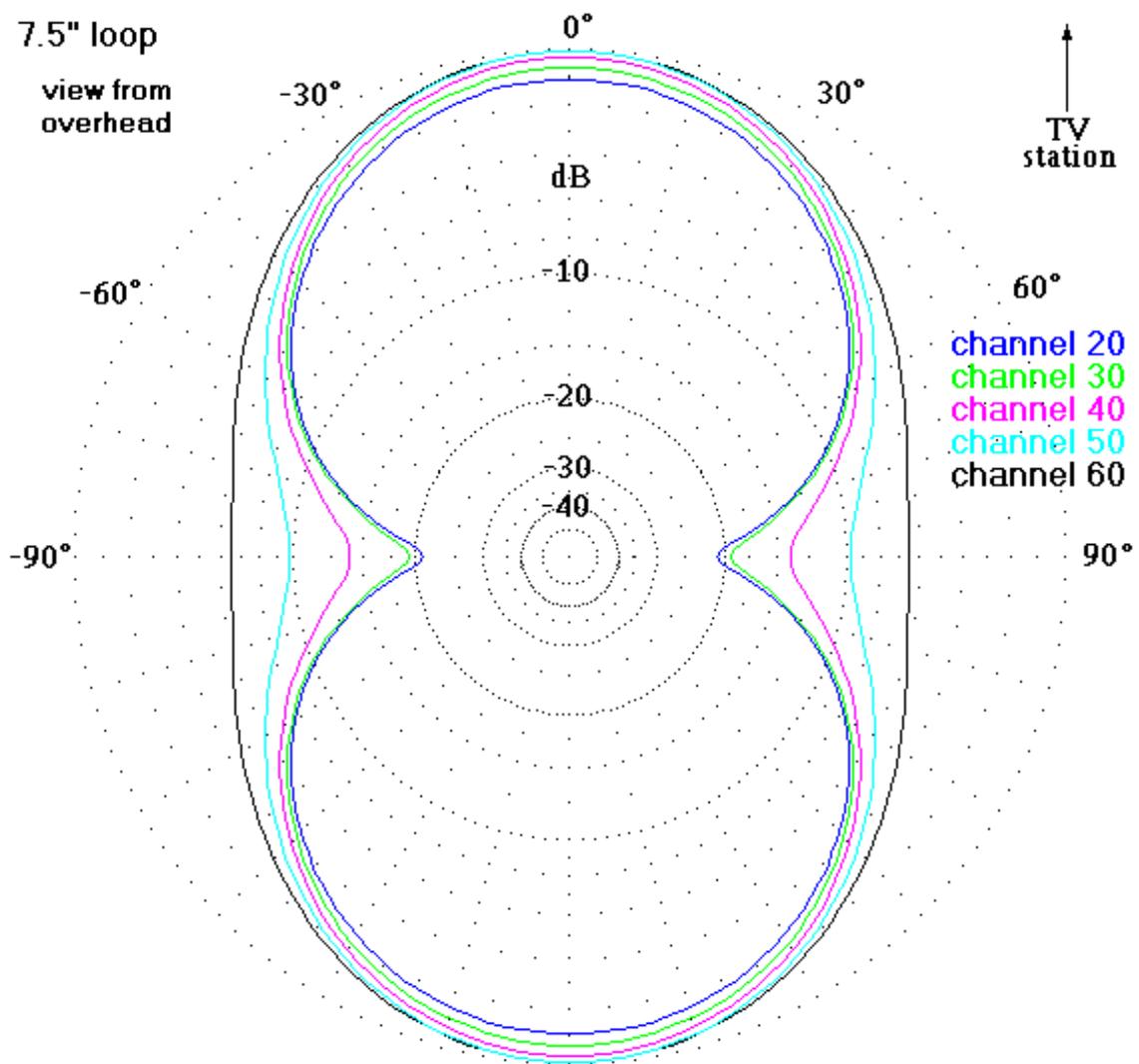
Ozono Televisión. (2015). 002 ¿Por qué cambió el clima en Trujillo? archivo de video recuperado de:
https://www.youtube.com/watch?v=YkEYW_CpHNE

ANEXOS

ANEXO I
CONTORNO REFERENCIAL DISTRITO DE TRUJILLO

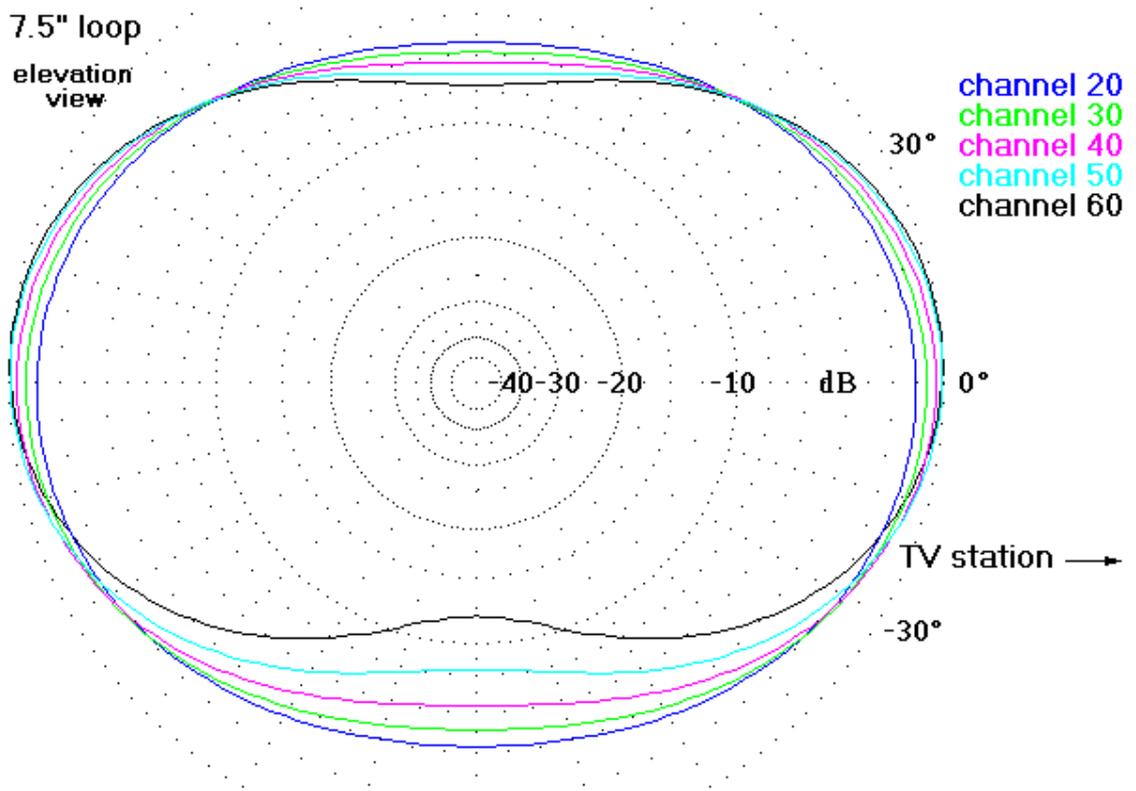


ANEXO II
REFERENCIA RPE HORIZONTAL LOOP 7.5" UHF, CANALES VARIOS



ANEXO III

REFERENCIA RPE VERTICAL LOOP 7.5" UHF, CANALES VARIOS



ANEXO IV
DETALLE DE EMPLAZAMIENTOS SELECCIONADOS

Nº	LAT	LONG	h (m)	Az. (°)	Nº	LAT	LONG	h (m)	Az. (°)
1	-8.1087	-79.0301	6.1	290	51	-8.1291	-79.0372	6.1	210
2	-8.1071	-79.0242	8.4	285	52	-8.1172	-79.0239	6.1	122
3	-8.1131	-79.0238	8.4	270	53	-8.1113	-79.0160	6.1	228
4	-8.1177	-79.0282	8.4	282	54	-8.1207	-79.0276	8.4	232
5	-8.1142	-79.0341	10.7	285	55	-8.1165	-79.0229	6.1	240
6	-8.1038	-79.0369	10.7	280	56	-8.1170	-79.0261	6.1	254
7	-8.1101	-79.0420	8.4	275	57	-8.1235	-79.0361	6.1	266
8	-8.1172	-79.0381	6.1	270	58	-8.1194	-79.0352	6.1	274
9	-8.1241	-79.0300	10.7	265	59	-8.1164	-79.0343	6.1	282
10	-8.1208	-79.0188	8.4	270	60	-8.1187	-79.0286	6.1	294
11	-8.0984	-79.0265	6.1	265	61	-8.1078	-79.0239	10.7	348
12	-8.0995	-79.0128	6.1	280	62	-8.1042	-79.0320	8.4	288
13	-8.1088	-79.0125	10.7	270	63	-8.1032	-79.0345	10.7	110
14	-8.1190	-79.0077	8.4	260	64	-8.1154	-79.0226	3.8	215
15	-8.0945	-79.0396	6.1	270	65	-8.1198	-79.0251	8.4	119
16	-8.1019	-79.0448	8.4	280	66	-8.1102	-79.0043	6.1	111
17	-8.0914	-79.0477	6.1	300	67	-8.1183	-79.0391	13	249
18	-8.1298	-79.0211	6.1	310	68	-8.0933	-79.0122	6.1	294
19	-8.0907	-79.0010	8.4	290	69	-8.1232	-79.0405	6.1	72
20	-8.1081	-79.0065	10.7	295	70	-8.1257	-79.0250	8.4	232
21	-8.1130	-79.0288	6.1	104	71	-8.0937	-79.0257	5.5	70
22	-8.1160	-79.0258	3.8	61	72	-8.1227	-79.0205	6.1	167
23	-8.1092	-79.0217	10.7	153	73	-8.1002	-79.0407	13	162
24	-8.1056	-79.0267	6.1	200	74	-8.0939	-79.0488	10.7	138
25	-8.1105	-79.0334	6.1	254	75	-8.1100	-79.0441	3.8	108
26	-8.0952	-79.0100	6.1	250	76	-8.1170	-79.0365	6.1	217
27	-8.1093	-79.0057	13	219	77	-8.1123	-79.0404	6.1	88
28	-8.1196	-79.0140	8.4	260	78	-8.1073	-79.0140	3.8	241
29	-8.1247	-79.0232	8.4	113	79	-8.0933	-79.0373	8.4	50
30	-8.1264	-79.0350	6.1	111	80	-8.1291	-79.0207	8.4	267
31	-8.1143	-79.0469	36	80	81	-8.1223	-79.0412	6.1	350
32	-8.1015	-79.0450	6.1	220	82	-8.1164	-79.0343	6.1	160
33	-8.0914	-79.0351	6.1	103	83	-8.1213	-79.0296	9.4	55
34	-8.0989	-79.0322	8.4	320	84	-8.1184	-79.0218	3.8	130
35	-8.0999	-79.0191	8.4	290	85	-8.1133	-79.0200	8.4	150
36	-8.1057	-79.0105	3.8	251	86	-8.1059	-79.0167	8.4	250
37	-8.0907	-79.0197	3.8	104	87	-8.1013	-79.0197	7.1	330
38	-8.1110	-79.0163	6.1	200	88	-8.0989	-79.0245	7.1	230
39	-8.1154	-79.0367	6.1	65	89	-8.1004	-79.0308	9.4	280
40	-8.1078	-79.0431	3.8	290	90	-8.0966	-79.0363	6.1	80
41	-8.1130	-79.0343	6.1	58	91	-8.1008	-79.0385	8.4	110
42	-8.1136	-79.0348	6.1	122	92	-8.1057	-79.0410	8.4	140
43	-8.1158	-79.0370	6.1	134	93	-8.1112	-79.0442	3.8	270
44	-8.1175	-79.0309	6.1	142	94	-8.1150	-79.0363	6.1	180
45	-8.1181	-79.0388	6.1	152	95	-8.1135	-79.0262	7	340
46	-8.1219	-79.0416	6.1	166	96	-8.0952	-79.0446	6.1	60
47	-8.1231	-79.0456	3.8	178	97	-8.1269	-79.0291	10.7	300
48	-8.1203	-79.0317	6.1	184	98	-8.1262	-79.0200	6.1	200
49	-8.1224	-79.0333	8.4	196	99	-8.1169	-79.0150	10.7	220
50	-8.1200	-79.0265	6.1	202	100	-8.1088	-79.0115	8.4	90

ANEXO V

ESTIMACIONES INICIALES HERRAMIENTA SIMULACIÓN

Nº	LAT	LONG	h (m)	Az. (°)	Nº	LAT	LONG	h (m)	Az. (°)
1	-8.1087	-79.0301	6.1	290	51	-8.1291	-79.0372	6.1	210
2	-8.1071	-79.0242	8.4	285	52	-8.1172	-79.0239	6.1	122
3	-8.1131	-79.0238	8.4	270	53	-8.1113	-79.0160	6.1	228
4	-8.1177	-79.0282	8.4	282	54	-8.1207	-79.0276	8.4	232
5	-8.1142	-79.0341	10.7	285	55	-8.1165	-79.0229	6.1	240
6	-8.1038	-79.0369	10.7	280	56	-8.1170	-79.0261	6.1	254
7	-8.1101	-79.0420	8.4	275	57	-8.1235	-79.0361	6.1	266
8	-8.1172	-79.0381	6.1	270	58	-8.1194	-79.0352	6.1	274
9	-8.1241	-79.0300	10.7	265	59	-8.1164	-79.0343	6.1	282
10	-8.1208	-79.0188	8.4	270	60	-8.1187	-79.0286	6.1	294
11	-8.0984	-79.0265	6.1	265	61	-8.1078	-79.0239	10.7	348
12	-8.0995	-79.0128	6.1	280	62	-8.1042	-79.0320	8.4	288
13	-8.1088	-79.0125	10.7	270	63	-8.1032	-79.0345	10.7	110
14	-8.1190	-79.0077	8.4	260	64	-8.1154	-79.0226	3.8	215
15	-8.0945	-79.0396	6.1	270	65	-8.1198	-79.0251	8.4	119
16	-8.1019	-79.0448	8.4	280	66	-8.1102	-79.0043	6.1	111
17	-8.0914	-79.0477	6.1	300	67	-8.1183	-79.0391	13	249
18	-8.1298	-79.0211	6.1	310	68	-8.0933	-79.0122	6.1	294
19	-8.0907	-79.0010	8.4	290	69	-8.1232	-79.0405	6.1	72
20	-8.1081	-79.0065	10.7	295	70	-8.1257	-79.0250	8.4	232
21	-8.1130	-79.0288	6.1	104	71	-8.0937	-79.0257	5.5	70
22	-8.1160	-79.0258	3.8	61	72	-8.1227	-79.0205	6.1	167
23	-8.1092	-79.0217	10.7	153	73	-8.1002	-79.0407	13	162
24	-8.1056	-79.0267	6.1	200	74	-8.0939	-79.0488	10.7	138
25	-8.1105	-79.0334	6.1	254	75	-8.1100	-79.0441	3.8	108
26	-8.0952	-79.0100	6.1	250	76	-8.1170	-79.0365	6.1	217
27	-8.1093	-79.0057	13	219	77	-8.1123	-79.0404	6.1	88
28	-8.1196	-79.0140	8.4	260	78	-8.1073	-79.0140	3.8	241
29	-8.1247	-79.0232	8.4	113	79	-8.0933	-79.0373	8.4	50
30	-8.1264	-79.0350	6.1	111	80	-8.1291	-79.0207	8.4	267
31	-8.1143	-79.0469	36	80	81	-8.1223	-79.0412	6.1	350
32	-8.1015	-79.0450	6.1	220	82	-8.1164	-79.0343	6.1	160
33	-8.0914	-79.0351	6.1	103	83	-8.1213	-79.0296	9.4	55
34	-8.0989	-79.0322	8.4	320	84	-8.1184	-79.0218	3.8	130
35	-8.0999	-79.0191	8.4	290	85	-8.1133	-79.0200	8.4	150
36	-8.1057	-79.0105	3.8	251	86	-8.1059	-79.0167	8.4	250
37	-8.0907	-79.0197	3.8	104	87	-8.1013	-79.0197	7.1	330
38	-8.1110	-79.0163	6.1	200	88	-8.0989	-79.0245	7.1	230
39	-8.1154	-79.0367	6.1	65	89	-8.1004	-79.0308	9.4	280
40	-8.1078	-79.0431	3.8	290	90	-8.0966	-79.0363	6.1	80
41	-8.1130	-79.0343	6.1	58	91	-8.1008	-79.0385	8.4	110
42	-8.1136	-79.0348	6.1	122	92	-8.1057	-79.0410	8.4	140
43	-8.1158	-79.0370	6.1	134	93	-8.1112	-79.0442	3.8	270
44	-8.1175	-79.0309	6.1	142	94	-8.1150	-79.0363	6.1	180
45	-8.1181	-79.0388	6.1	152	95	-8.1135	-79.0262	7	340
46	-8.1219	-79.0416	6.1	166	96	-8.0952	-79.0446	6.1	60
47	-8.1231	-79.0456	3.8	178	97	-8.1269	-79.0291	10.7	300
48	-8.1203	-79.0317	6.1	184	98	-8.1262	-79.0200	6.1	200
49	-8.1224	-79.0333	8.4	196	99	-8.1169	-79.0150	10.7	220
50	-8.1200	-79.0265	6.1	202	100	-8.1088	-79.0115	8.4	90