

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**“ANÁLISIS DE RAYO REFLEJADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE
ALTURAS DE ANTENAS ASOCIADAS A MENOR FLUCTUACIÓN DE
POTENCIA RECIBIDA EN RADIOENLACES DE ACCESO RURAL
DEL DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA - PERÚ, 2019”**

Área de Investigación: Antenas y Propagación

Autor(es):

Br. Díaz Mercado, Juan José
Br. Gutiérrez Ruiz, Andrea Carolina

Jurado Evaluador:

Presidente: Azabache Fernández, Filiberto Melchor

Secretario: León Cerna, Alejandro Martín

Vocal: Ramos Rojas, Ovidio Hildebrando

Asesor:

Cerna Sánchez, Eduardo Elmer
CÓDIGO ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5778-2259>

**TRUJILLO – PERÚ
2022**

Fecha de sustentación: 2022/04/20

ACREDITACIONES

ANÁLISIS DE RAYO REFLEJADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTURAS DE ANTENAS ASOCIADAS A MENOR FLUCTUACIÓN DE POTENCIA RECIBIDA EN RADIOENLACES DE ACCESO RURAL DEL DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA – PERÚ, 2019

Elaborado por:

Br. Juan José Díaz Mercado
Br. Andrea Carolina Gutiérrez Ruíz

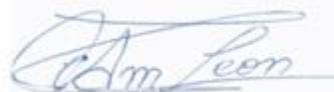
Aprobado por:



Ms. Ing. Filiberto M. Azabache Fernández
PRESIDENTE
CIP N°97916



Ms. Ing. Ovidio Hildebrando Ramos Rojas
SECRETARIO
CIP N°92622



Ms. Ing. Alejandro Marun Leon Cerna
VOCAL
CIP N°177967



Ms. Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez
ASESOR
CIP N°80252

DEDICATORIA

El presente trabajo investigación lo dedico a Dios por la bendición de darme la vida, a mis abuelitos y mi padre que me formaron con su ejemplo y su tenacidad que ahora me cuidan desde el cielo.

A mi mamá por siempre apoyarme en cada paso por su amor y su esfuerzo.

Andrea Carolina.

Dedico este logro a mis padres y a mis tíos, jamás hubiera podido sin ellos cerca, me dieron el soporte y apoyo cuando lo necesitaba.

Gracias a ellos no hubo momento alguno en que los obstáculos y las dificultades me alcanzaran y me impidan seguir adelante.

Juan José.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento a nuestro asesor de tesis, Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez, que desde un comienzo caminó con nosotros de la mano en la elaboración de trabajo y nos dio el soporte y apoyo necesario a pesar de todos los inconvenientes y limitaciones. También es necesario agradecer a nuestra alma mater y a todos los docentes, que encontramos en el camino y contribuyeron con nuestro conocimiento y experiencia, ya que fueron un elemento clave en nuestro éxito profesional

RESUMEN

El presente estudio realiza el análisis de la fluctuación de señal, en enlaces seleccionados con mayor longitud en la zona de acceso rural de la ciudad de Huancavelica- Perú, se utilizó una técnica de simulación de enlaces para poder analizar la fluctuación de señal al variar la altura de antena receptora para varias alturas de antenas transmisoras, cada resultado permitió generar curvas en donde se permitía observar las fluctuación de señal para todos los casos analizados, se eligieron los segmentos de curva de menor fluctuación para poder identificar las alturas de antenas recomendadas, para cada uno de los 11 enlaces, finalmente se compararon los valores de las varianzas entre los enlaces recomendados y algunos enlaces referentes, obteniendo resultados favorables en un 73%.

ABSTRACT

This study works on the signal fluctuations analysis in some specific RF links with the longest distance in Huancavelica rural area in Peru. A link simulation method was used to analyze the signal fluctuation when varying the receiver height considering different Transmitter heights. Every outcome provided specific curves in which it was easy to observe the fluctuation of each case. All this was done with the purpose of picking the curve segment with the least fluctuation and identify which heights are better for each one of the 11 RF links. Lastly, the variance was calculated according to the average signal for both, the real and recommended RF link, and compared one to the other, encountering positive outcomes in 73% of the cases.

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: **“ANÁLISIS DE RAYO REFLEJADO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTURAS DE ANTENAS ASOCIADAS A MENOR FLUCTUACIÓN DE POTENCIA RECIBIDA EN RADIOENLACES DE ACCESO RURAL DEL DEPARTAMENTO DE HUANCVELICA – PERÚ, 2019”**.

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, abril del 2022

Br. Juan José Díaz Mercado
Br. Andrea Carolina Gutiérrez Ruiz

Índice de contenido

ACREDITACIONES	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT.....	vi
PRESENTACIÓN	vii
I. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Problema de investigación.....	9
1.2. Objetivos.....	10
1.2.1. Objetivo general.....	10
1.2.2. Objetivos específicos	10
1.3. El problema.....	10
1.3.1. Realidad problemática	10
1.3.2. Delimitación del problema	11
1.3.3. Formulación del problema.....	12
1.4. Justificación del estudio.....	12
II. MARCO REFERENCIAL.....	13
2.1. Antecedentes del estudio	13
2.2. Marco teórico.....	15
2.3. Marco conceptual.....	23
2.4. Sistema de hipótesis.....	24
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	27
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	27
3.2. Población y muestra.....	27
3.3. Diseño de investigación.....	27
3.4. Procedimiento	27
3.5. Técnicas e instrumentos de investigación.....	28
3.6. Recopilación de información de los enlaces de Huancavelica	30

3.6.1. Descripción enlaces para análisis en la zona de Huancavelica.....	30
3.6.2. Referencia características técnica equipos de transmisión de radio	32
3.7. Procesamiento de la Información	32
3.7.1. Configuración de parámetros técnicos de simulación para el modelamiento de enlaces	32
3.8. Reportes de simulación obtenidos Caja – Cuticsa.....	35
3.8.1. Generación de curvas de variación de señal recibida versus altura de antena receptora “earth bulge”	37
3.8.2. Selección de altura con menor desviación.....	40
IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	63
4.1. Análisis e interpretación de los resultados	63
4.2. Docimasia de hipótesis.	64
4.3. Discusión de resultados.	65
V. CONCLUSIONES	67
VI. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	73
Anexo 1: Ficha técnica PTP 550.....	74
Anexo 2: Tablas de resultados de la simulación de los 11 enlaces.....	76
Anexo 3: Tablas de Curvas generadas de resultados 11 enlaces	87

Índice de figuras

Figura 1. Esquema de rayos correspondiente al modelo de propagación de tierra plana	17
Figura 2. Desvanecimiento Profundo	21
Figura 3. Procedimiento para el análisis de información.....	28
Figura 4. Emplazamientos de enlaces seleccionados.....	30
Figura 5. Configuración de parámetros	33
Figura 6. Configuración de sistema	34
Figura 7. Configuración de Membresía	35
Figura 8. Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa con altura de antena Tx 10-35 mts. .	38
Figura 9. Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa con altura de antena Tx 40-70 mts ..	39
Figura 10. Gráfico enlace recomendado Caja-Cuticsa	40
Figura 11. Gráfico enlace referencial Caja Cuticsa	41
Figura 12. Gráfico enlace recomendado Chilcapite – REP2-408.....	42
Figura 13. Gráfico enlace referencial Chilcapite – REP2-408	43
Figura 14. Gráfico enlace recomendado Chincho – Ccaccas	44
Figura 15. Gráfico enlace referencial Chincho – Ccaccas	45
Figura 16. Gráfico enlace recomendado Conayca – REP1-305	46
Figura 17. Gráfico enlace referencial Conayca – REP1-305.....	47
Figura 18. Gráfico enlace recomendado Congalla – Curimaray	48
Figura 19. Gráfico enlace referencial Congalla – Curimaray.....	49
Figura 20. Gráfico enlace recomendado Congalla – Lecclespampa.....	50
Figura 21. Gráfico enlace referencial Congalla – Lecclespampa	51
Figura 22. Gráfico enlace recomendado Huanca Huanca – Punchaypampa	52
Figura 23. Gráfico enlace referencial Huanca Huanca – Punchaypampa.....	53
Figura 24. Gráfico enlace recomendado Incapacchan-Huaraccopata.....	54
Figura 25. Gráfico enlace referencial Incapacchan-Huaraccopata	55
Figura 26. Gráfico enlace recomendado Mashuayllo-San Jose De Aymara	56
Figura 27. Gráfico enlace referencial Mashuayllo-San Jose De Aymara.....	57
Figura 28. Gráfico enlace recomendado REP1-304-Ayacchocha	58

Figura 29. Gráfico enlace referencial REP1-304-Ayacchocha.....	59
Figura 30. Gráfico enlace recomendado REP1 305 - REP2 404	60
Figura 31. Gráfico enlace referencial REP1 305 - REP2 404	61
Figura 32. Gráfico Promedio Desviación media Enlace Recomendado vs Referencial.....	63

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de los Desvanecimientos	21
Tabla 2. Operacionalización de categóricas	26
Tabla 3. Técnicas de recolección de datos.....	28
Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos	29
Tabla 5. Ubicación geográfica, altura y distancia de Enlaces seleccionados	31
Tabla 6. Características técnicas antena PTP 550.....	32
Tabla 7. Reporte de Simulación Caja- Cuticsa	36
Tabla 8. Enlace Recomendado Caja- Cuticsa	40
Tabla 9. Enlace Referencial Caja- Cuticsa	41
Tabla 10. Enlace Recomendado Chilcapite – REP2-408	42
Tabla 11. Enlace Referencial Chilcapite – REP2-408	43
Tabla 12. Enlace Recomendado Chincho – Ccaccas	44
Tabla 13. Enlace Referencial Chincho – Ccaccas	45
Tabla 14. Enlace Recomendado Conayca – REP1-305	46
Tabla 15. Enlace Referencial Conayca – REP1-305	47
Tabla 16. Enlace Recomendado Congalla – Curimaray	48
Tabla 17. Enlace Referencial Congalla – Curimaray	49
Tabla 18. Enlace Recomendado Congalla – Lecclespampa	50
Tabla 19. Enlace Referencial Congalla – Lecclespampa.....	51
Tabla 20. Enlace Recomendado Huanca Huanca – Punchaypampa.....	52
Tabla 21. Enlace Referencial Huanca Huanca – Punchaypampa	53
Tabla 22. Enlace Recomendado Incapacchan-Huaraccopata	54
Tabla 23. Enlace Referencial Incapacchan-Huaraccopata.....	55
Tabla 24. Enlace Recomendado Mashuayllo-San Jose De Aymara	56
Tabla 25. Enlace Referencial Mashuayllo-San Jose De Aymara	57
Tabla 26. Enlace Recomendado REP1-304-Ayaccocha.....	58
Tabla 27. Enlace Referencial REP1-304-Ayaccocha	59
Tabla 28. Enlace Recomendado REP1 305 - REP2 404.....	60

Tabla 29. Enlace Referencial REP1 305 - REP2 404	61
--	----

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación

Se han desplegado en el Perú proyectos para llevar acceso a Internet de banda ancha a las zonas rurales más alejadas de la región sierra del país. Los sistemas de comunicaciones empleados en estos proyectos, transportan su información a través de una red de fibra óptica dorsal que recorre la cordillera de los andes, llevando la interconexión hasta las capitales de distrito. A partir de este punto la geografía propia de la sierra dificulta el acceso hacia las localidades más alejadas, por lo cual la tecnología de interconexión basada en radioenlaces microondas en banda 5.8 GHz, suele ser la opción más empleada por los operadores.

Típicamente los diseños de radioenlaces se encuentran basados en asegurar línea de vista entre los puntos a interconectar, o un despejamiento de zona de Fresnel de 60% como mínimo en las peores condiciones de diseño. Sin embargo, mientras mayor sea el análisis para un radioenlace, esto supone mayor complejidad y tiempo en la planificación y elaboración del mismo, por lo cual muchas veces sólo se confía en el criterio de línea de vista, o en la experiencia del operario encargado de la instalación.

Un despejamiento amplio de la primera zona de Fresnel no garantiza necesariamente la protección total de los enlaces. Manning, T. (2009) indica que los efectos de rayos reflejados en el trayecto, pueden llegar a generar condiciones de vulnerabilidad de señal recibida, cuyo efecto de contrafase se asocia a la degradación de los enlaces implementados.

Huancavelica es un departamento del Perú con condiciones particulares de reflexión por sus zonas geográficas. En estas zonas existen emplazamientos para despliegue de radioenlaces en banda de 5.8 GHz cuyos vanos radioeléctricos transcurren sobre zonas accidentadas y planicies a más de 4500 msnm. Estas condiciones generan un importante escenario de análisis para los efectos del fenómeno de reflexión sobre la variación de señal recibida y la estimación de las alturas de antenas que generen menor variación de señal en radioenlaces dentro de esta zona geográfica.

Por lo antes expuesto el problema se centra específicamente en un estudio para la identificación de alturas de antenas que permitan reducir la fluctuación de potencia recibida en radioenlaces de acceso rural del departamento de Huancavelica.

Este contexto abre la posibilidad al presente proyecto, con el fin de realizar una investigación para analizar el diseño de radioenlaces en el Departamento de Huancavelica, en base a la observación de la desviación de señal generada con la variación de la altura de antena receptora.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Identificar mediante el análisis de rayo reflejado, valores de altura de antenas que favorezcan la reducción de fluctuación de señal en radioenlaces de acceso rural del Departamento de Huancavelica.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar radioenlaces de mayor longitud en el Departamento de Huancavelica, implementados para el acceso de banda ancha rural.
- Reproducir en un entorno de simulación el comportamiento de la señal recibida al variar las alturas de antenas del lado transmisor y receptor.
- Obtener curvas de respuesta de señal recibida versus altura de antena receptora para cada valor de antena transmisora.
- Seleccionar los valores de alturas de antenas que obtengan menor desviación en la potencia de señal recibida.
- Comparar los resultados obtenidos con valores de altura de antenas existentes en emplazamientos de radioenlaces del Departamento de Huancavelica.

1.3. El problema

1.3.1. Realidad problemática

Se han desplegado en el Perú proyectos para llevar acceso a Internet de banda ancha a las zonas rurales más alejadas de la región sierra del país. Los sistemas de comunicaciones

empleados en estos proyectos, transportan su información a través de una red de fibra óptica dorsal que recorre la cordillera de los andes, llevando la interconexión hasta las capitales de distrito. A partir de este punto la geografía propia de la sierra dificulta el acceso hacia las localidades más alejadas, por lo cual la tecnología de interconexión basada en radioenlaces microondas en banda 5.8 GHz, suele ser la opción más empleada por los operadores.

Típicamente los diseños de radioenlaces se encuentran basados en asegurar línea de vista entre los puntos a interconectar, o un despejamiento de zona de Fresnel de 60% como mínimo en las peores condiciones de diseño. Sin embargo, mientras mayor sea el análisis para un radioenlace, esto supone mayor complejidad y tiempo en la planificación y elaboración del mismo, por lo cual muchas veces sólo se confía en el criterio de línea de vista, o en la experiencia del operario encargado de la instalación.

Un despejamiento amplio de la primera zona de Fresnel no garantiza necesariamente la protección total de los enlaces. Manning, T. (2009) indica que los efectos de rayos reflejados en el trayecto, pueden llegar a generar condiciones de vulnerabilidad de señal recibida, cuyo efecto de contrafase se asocia a la degradación de los enlaces implementados.

Huancavelica es un departamento del Perú con condiciones particulares de reflexión por sus zonas geográficas. En estas zonas se ubicaron emplazamientos para despliegue de radioenlaces en banda de 5.8 GHz cuyos vanos radioeléctricos transcurrieron sobre zonas accidentadas y planicies a más de 4500 msnm. Estas condiciones generaron un importante escenario de análisis para los efectos del fenómeno de reflexión sobre la variación de señal recibida y la estimación de las alturas de antenas que generen menor variación de señal en radioenlaces dentro de esta zona geográfica.

1.3.2. Delimitación del problema

El problema se centró específicamente en la identificación de alturas de antenas que permitan reducir la fluctuación de potencia recibida en radioenlaces de acceso rural del departamento de Huancavelica.

Este contexto abrió la posibilidad al presente proyecto, de realizar una investigación para analizar el diseño de radioenlaces en el Departamento de Huancavelica, en base a la observación de la desviación de señal generada con la variación de la altura de antena receptora.

1.3.3. Formulación del problema

¿Cómo identificar alturas de antenas asociadas a menor fluctuación del nivel recibido de señal en radioenlaces de acceso rural en el Departamento de Huancavelica?

1.4. Justificación del estudio

El presente trabajo de investigación es justificado en términos académicos porque va dirigido a la aplicación de conocimientos adquiridos por los investigadores durante su formación de pregrado hacia un problema real.

El presente trabajo de investigación es justificado socialmente porque las técnicas de análisis empleadas podrán servir como apoyo a la mejora del diseño de enlaces, cuyos fines son mejorar el acceso a información en zonas rurales.

II. MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes del estudio

Fernández, C., Dávila, L., (2013) En la investigación titulada “Diseño de una red de transporte para la integración de la Región Madre de Dios a la red troncal de telecomunicaciones del Peru” tuvo como objetivo instalar una red de transporte para comunicar la Región Madre de Dios con la red troncal del país, para ello se hicieron muchos estudios sobre equipamiento, normativa, aspectos económicos de la población, condición ambiental de la zona. Los resultados mostraron que la implementación de un sistema microondas es el más favorable, pero deben tomarse consideraciones especiales sobre la confiabilidad del enlace y la línea de vista donde la altura de las antenas juega un papel importante debido al cambio climático de la zona. El resultado determinó que la altura de la antena debe tener como mínimo 3 metros menos que la altura de la torre. El principal aporte de esta investigación son los criterios de elección de altura de la antena, lo cual determina un papel trascendental en el diseño de redes microondas, observando que el diseño empírico no es el más eficiente, sino que deben tomarse consideraciones de acuerdo a las condiciones geográficas.

Rosendo, V. (2007) en la investigación titulada “Análisis de alternativa de optimización del sistema de comunicaciones Petroproducción enlace Distrito Quito -Distrito Amazónico”, presentó como objetivo una alternativa para optimizar recursos a través de una ruta alterna y redundante al sistema implementado actualmente. La investigación se enfocó en analizar el tipo y volumen de tráfico de datos y realizar el estudio para el diseño de un nuevo sistema microondas. Los datos obtenidos de esta investigación sirven como comparativa para evaluar la línea de vista del radioenlace y considerar la altura mínima sobre los obstáculos en la vía, para ello se utilizaron torres para el ajuste de las alturas a fin de mantener al mínimo el índice de refracción y el efecto de los cambios atmosféricos sin perder nivel de señal siendo los resultados de utilidad para el fin de esta investigación.

Hernández, G., López, J., (2012) en la investigación titulada “Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea de Vista” se propusieron obtener una metodología para colocar correctamente las antenas sobre la superficie terrestre y con un radioenlace de microondas con visibilidad directa a

partir de su perfil radioeléctrico asegurando el despeje de obstáculos en la primera zona de Fresnel. Los resultados definieron la importancia del cálculo de la altura de antenas para mejorar el nivel de señal en el radioenlace tomando el modelo tradicional de diseño de altura de antenas a fin de mantener la señal lo más estable posible a fin de que efectos como cambios climáticos, la geografía de la zona o la Refractividad no ejerzan un efecto trascendental en el nivel de señal de los radioenlaces de las zonas más accidentadas de México.

Concha, M. (2017) En la investigación titulada “Diseño e implementación de enlaces microondas y un nodo como solución a un problema de línea de vista para la planta agroindustrial de Jayanca, provincia de Chiclayo” se tuvo como objetivo mantener activo el servicio de internet dedicado a través de la ubicación más óptima de antenas debido al cambio en la infraestructura de la red física, y que supere el obstáculo de línea de vista. Los resultados mostraron que no había claridad en la línea de vista por lo que se colocó un repetidor realizando el análisis teórico para la evaluación de antenas. El principal aporte de esta investigación se determina con el análisis de altura de antenas con el fin de asegurar la línea de vista y mantener el correcto nivel de señal con el mínimo de variación.

Ojeda, J. (2008) En la investigación titulada “Proyecto de Interconexión entre el Nodo de Telefónica y el Cliente a través de un Radioenlace” se tuvo como objetivo dar solución a la escasez de redes de voz y datos a las empresas más alejadas mediante radioenlaces, y a la saturación de redes en la ciudad. Los resultados mostraron que una de las pérdidas más importantes en un enlace se produce por propagación en el espacio debido a un mal cálculo en la longitud del enlace y altura de antenas por lo que este valor es trascendental en la desviación, pérdida y nivel de la señal. El principal aporte de esta investigación se determina con el cálculo tradicional de altura de antenas con el fin de asegurar un buen nivel de señal, con pocas pérdidas y desvanecimiento.

Severino, O., Carbajal, J., (2015) En la investigación titulada “Estudio comparativo del desvanecimiento estimado en base al modelo de dos rayos con mediciones realizadas en la ciudad de Trujillo en la frecuencia de 900 Mhz al variar la altura de la antena receptora” se tuvo como objetivo la validación y comparación de los datos teóricos y experimentales del modelo de propagación basado en dos rayos para la banda de 900MHz. Los resultados

mostraron a través de una prueba T que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las curvas obtenidas teórica y experimentalmente. El principal aporte de esta investigación se encuentra en la importancia de la altura de antenas para determinar el nivel y decaimiento de la señal en valores mayores a 22dB.

2.2. Marco teórico

Diseño de altura de Antenas

Según López, J. (2013), en el diseño de Radioenlaces de microondas con visibilidad directa es vital y necesario hacer de forma correcta el cálculo de la altura de las antenas con respecto de la superficie terrestre. Adicionalmente debe tomarse en cuenta que el diseño de esta altura determina la longitud de las líneas de transmisión que conectan las antenas con los equipos transceptores. La longitud de estos equipos alimentadores va a determinar la pérdida de decibelios que disminuye la potencia de la señal RF según la información ofrecida por el fabricante.

Para asegurar que todo lo indicado previamente suceda, se calcula el perfil de radioenlace terrestre donde se incluye el análisis de la primera zona de Fresnel. En la práctica sabemos que debemos contar con despeje total, es decir libre de obstáculos en la primera zona de Fresnel. Para poder considerar la altura de antenas se deben tomar ciertos procedimientos, como por ejemplo para el caso de climas templados y tropicales sólo considerar el análisis de la primera zona de Fresnel a Partir del Factor de Radio Terrestre (K). Por efecto de difracción, el factor K puede alcanzar valores bajos, generando subrefractividad; asimismo debe considerarse los valores medios y efectivo como un dato esencial para la posición correcta de la antena para evitar así la pérdida por difracción.

De igual manera, se evalúan los fenómenos atmosféricos y sus efectos sobre las señales de RF con el análisis de los parámetros de refractividad. Ya que debe asegurarse la propagación curva de las ondas electromagnéticas en la atmósfera de la tierra.

Propagación de Señales Microondas

Según Freeman, R. (2006), Las ondas electromagnéticas correspondientes a las señales de RF se propagan bajo un medio dieléctrico con índice de refractividad cercano a la unidad, que comprende desde la superficie terrestre hasta aproximadamente los 16 o 18 km de altura, denominada tropósfera. El índice de refractividad se expresa por:

$$n = \sqrt{\epsilon\mu}$$

Donde ϵ es la permitividad relativa y μ es la permeabilidad relativa, donde para el aire se considera que varía alrededor de 1.0003, con variaciones que ocurren entre el 5to. y 6to. decimal.

Para mejor comprensión, se utiliza el índice de refractividad troposférico (N) en términos de un valor de n dado por:

$$N = (n - 1) \cdot 10^6$$

Producto de la refractividad troposférica se producen la formación de ductos permitiendo la propagación de las ondas electromagnéticas. Así mismo, debido a este índice las ondas se curvan en su trayecto; las cuales al mismo tiempo, experimentan absorción y dispersión, cuya intensidad depende de la frecuencia y de la altura respecto del nivel del mar.

En la tropósfera es donde se van a encontrar las consecuencias de los cambios climatológicos, como lluvia, nieve, vapor de agua, etc. Éstos ocasionan que las ondas de radio en la troposfera experimenten también refracción.

La absorción y la dispersión por consecuencia de lluvia y nieve son importantes para las señales con frecuencia superiores a 10GHz. El vapor de agua tiene un efecto trascendental sobre las señales con frecuencia mayor a 22 GHz. Estas señales luego de interactuar con variaciones meteorológicas pueden generar absorción y difusión de energía produciendo atenuación en la señal transmitida

Rayo Reflejado (Modelo de Propagación en tierra Plana)

Según Cid, A. (2011), el fenómeno de reflexión se presenta cuando un haz de luz encuentra con un obstáculo en su camino (una interfase entre medios diferentes). Parte de la luz incidente es reflejada (cambia de dirección).

Según Hernando, J. (2008). El Modelo de Propagación de tierra plana se usa en radioenlaces con distancias corta o terreno liso. Para frecuencias menores de 150 MhZ, alturas de antenas reducidas y polarización vertical, hay que considerar adicional a los rayos directos y reflejados, el efecto que puede causar la onda superficie; siendo esta

última dominante para frecuencias inferiores a 10MHz, polarización vertical y terreno buen conductor.

El modelo determinado es según la figura siguiente

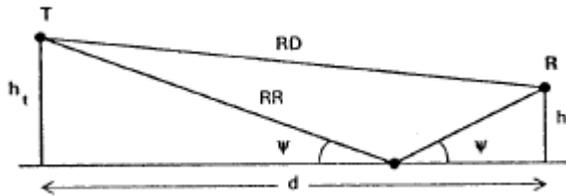


Figura 1. Esquema de rayos correspondiente al modelo de propagación de tierra plana

Fuente: Hernando, J. Transmisión por Radio (2008) p.117

Donde h_t y h_r son las alturas de las antenas transmisora y receptora; d es la distancia de antenas, y ψ es el ángulo de incidencia.

Análisis de Reflexión

Según Manning, T. (2009), el desvanecimiento por múltiples caminos es causado mayormente por reflexiones no especulares interfiriendo con el rayo directo principal. Debemos considerar que las condiciones de reflexión no son estables. La geometría de la reflexión es crítica. Cuando se analizan los caminos de los rayos reflejados se debe determinar donde se encuentra el punto de reflexión; por ejemplo el hecho que el punto de incidencia se encuentre sobre el agua no asegura que la reflexión ocurra. Adicionalmente cuando se realiza el análisis de la Reflexión se debe tomar en consideración que el punto de reflexión puede cambia con la variación del factor ambiental K ; sin embargo es posible minimizar los efectos de la reflexión con un cuidadoso y correcto posicionamiento de la altura de antenas.

Características del Suelo y Coeficiente de Reflexión:

Según Hernando, J. (2008). Uno de los factores que influyen mucho en la reflexión de una onda electromagnética es el terreno por los parámetros eléctricos del mismo como lo son la constante dieléctrica relativa " ϵ_r " y la conductividad " σ ". De la Recomendación

527 del CCIR se pudieron extraer muchos datos sobre tipos de terreno de sonde concluimos sobre algunos detalles; se define la permitividad compleja del suelo como:

$$\epsilon_0 = \epsilon_r - j60\sigma\lambda$$

A partir de este parámetro se determina la impedancia del suelo partiendo del tipo de polarización de la onda:

Polarización vertical:

$$z = \frac{[\epsilon_0 - \cos^2 \psi]^{1/2}}{\epsilon_0}$$

Polarización horizontal:

$$z = [\epsilon_0 - \cos^2 \psi]^{1/2}$$

El valor del coeficiente de Reflexión en función de la impedancia del suelo y del ángulo de incidencia es:

$$R = \frac{\sin \psi - z}{\sin \psi + z}$$

Por lo que de esto Resulta:

Polarización vertical:

$$R_V = \frac{\epsilon_0 \sin \psi - \sqrt{\epsilon_0 - \cos^2 \psi}}{\epsilon_0 \sin \psi + \sqrt{\epsilon_0 - \cos^2 \psi}}$$

Polarización horizontal:

$$R_H = \frac{\sin \psi - \sqrt{\epsilon_0 - \cos^2 \psi}}{\sin \psi + \sqrt{\epsilon_0 - \cos^2 \psi}}$$

Índice de Refracción

Según Manning, T. (2009). El índice de refracción es el ratio que existe entre la velocidad de una onda electromagnética que atraviesa el vacío, y su velocidad al desplazarse por un medio finito, y se expresa como sigue:

$$\eta = \frac{c_0}{c} \dots \dots \dots Ec. 1$$

Considerando que c_0 es la velocidad de la luz en el vacío y c es la velocidad de la onda microondas en el medio finito. Ya que el índice de refracción del aire es muy cercano a la unidad (1,0002926), entonces por ello la velocidad de la onda está muy cerca a la velocidad de la luz (99.97%). Por este motivo para el análisis práctico se considera que las ondas electromagnéticas viajan a la velocidad de la luz

Según Hernando, J. (2008). El índice de Refracción de la troposfera “ η ” relaciona varias variables como la presión atmosférica “ ρ ” (mbar), la presión de vapor de agua “ e ” (mbar) y la temperatura absoluta (°K). Debido a que η es muy cercano a la unidad, se considera en su lugar el coíndice de refracción N definido como:

$$N = (\eta - 1) \cdot 10^6$$

Ahora debido a que las características físicas en la atmósfera varían con distancia con respecto del suelo; por lo mismo el índice de refracción también variará. Aquí es donde se ingresa el concepto de “Atmósfera de referencia” en donde se presenta una relación exponencial entre “ η ” y la altura (h) con respecto del suelo según como sigue:

$$\eta(h) = 1 + 315 \cdot 10^6 \cdot \exp(-0.136h)$$

Donde h es la altura expresada en Km, por lo que el coíndice quedaría expresado según sigue:

$$N(h) = 315 \cdot \exp(-0.136h)$$

En la práctica para una altura de máximo 1Km, se aproxima a la atmósfera de referencia mediante la siguiente ley lineal:

$$N = N_s \cdot (1 - 0.136h) \quad 0 \leq h \leq 1$$

Donde N_s es el valor del coíndice en superficie.

Variación de Señal en Radioenlaces

Según Molina, C. (2012). La transmisión de señales consiste en una serie de patrones eléctricos u ópticos que se transmiten de un dispositivo a otro, en donde las señales que

llegan al receptor deben tener el mayor parecido a las señales transmitidas, considerando que en el camino algo puede ocurrirle a estas haciendo que reduzcan su fuerza y/o modifiquen su forma; y por ende resultar en una señal incompresible. La degradación de una Señal puede deberse a muchos factores como detalles físicos, ruido interno o externo entre otros.

Uno de los mayores obstáculos que puede afrontar una señal es el esfuerzo que necesita para atravesar por el medio. A esto llamaremos resistencia que puede reducir la intensidad de la señal (a lo que se le llama atenuación). El ruido también es un factor importante que causa distorsión y degradación.

Desvanecimiento

Para William, C. (1995) La propagación de las señales radioeléctricas a través de un medio está sujeto a la variación de las características físicas de este medio; es por esto que cualquier pérdida por propagación es una variable aleatoria. El desvanecimiento es la variación que experimenta una señal en relación a su valor nominal a la entrada del receptor; la diferencia entre el nivel nominal y el recibido bajo el concepto de desvanecimientos se llama profundidad y se expresa en dB. Podemos tener muchos tipos de desvanecimientos o fading, y estos pueden clasificarse en base a diferentes criterios como son la causa o naturaleza que lo origina, o los efectos que producen en la señal transmitida. Un desvanecimiento podría ser definido como una desviación temporal de la energía de la onda electromagnética hacia un punto distinto al deseado, en realidad son justamente estas desviaciones las que producen variaciones en la potencia de la señal recibida y son mayormente causadas por cambios en las condiciones atmosféricas. La Predicción de un desvanecimiento es complicado, debido a ello es que en la práctica se usan los desvanecimientos en una base estadística, es decir, que la naturaleza vaga del fenómeno se expresa mediante una función de distribución, donde las abscisas son la atenuación en dB, en relación al espacio libre y las ordenadas la fracción del tiempo en la que la atenuación observada supera un valor dado.

En la Figura, Puede diferenciar con mayor claridad las variaciones de la señal antes descritas, estas variaciones son producidas con base en al valor nominal de potencia P_0 (dBm).

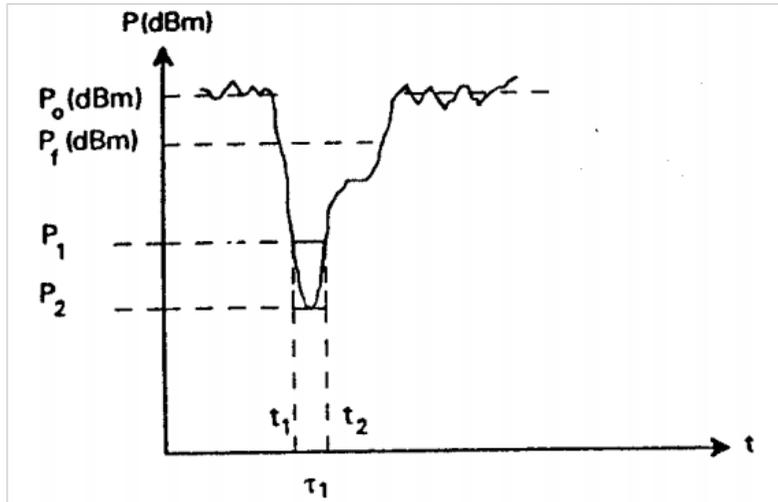


Figura 2. Desvanecimiento Profundo

Fuente: Hernando, J. Transmisión por Radio (2008) p.200

Muy rara vez, ocurre un desvanecimiento intenso, para estos casos el valor medio de la potencia es P_f (dBm), el cual, como se muestra en la figura 3.4, es inferior a P_0 , esta disminución del valor medio de la potencia, es conocida como depresión o depresión de Pearson.

Clasificación de los desvanecimientos

Hernando, J. (2008) Considera que deben cumplirse algunas condiciones para poder clasificar los desvanecimientos, llegando así a conformar la tabla 3.1

Tabla 1. Clasificación de los Desvanecimientos

Características	Tipos de Desvanecimientos	
Profundidad	Profundo	Muy Profundo
Duración	Lento	Rápido
Espectro de Frecuencias	Plano	Selectivo
Causa o Mecanismo de Producción	Factor K	Multitrayecto
Distribución Probabilística	Gaussiano	Rayleigh, Rice
Dependencia Temporal	Continuado	Puntual

Fuente: Hernando, J. Transmisión por Radio (2008) p.201

El autor define muchas clases de desvanecimientos agrupándolos en 2 columnas, encontrando en cada una cierta coherencia; es decir, un desvanecimiento muy profundo suele ser selectivo, es causado por interferencia Multitrayecto y se analiza mediante distribución de Rayleigh. Asimismo, podemos identificar desvanecimientos planos cuando la caída de nivel afecta en la misma medida a todo el espectro de una portadora modulada. Por otro lado, los desvanecimientos selectivos producen distorsión en el espectro de la señal modulada, al afecta en distinta medida a una frecuencia y a otras.

Desvanecimientos Profundos

Según Hernando, J. (2008) los desvanecimientos profundos son ocasionados por la variación del índice de refracción Troposférica llamado factor K, son lentos y de larga duración, y pueden alcanzar hasta 6 dB de profundidad, estos desvanecimientos podrían ser evitados con un adecuado análisis de altura de antenas.

Desvanecimientos Muy Profundos

Para Hernando, J (2008) este tipo de desvanecimientos son multitrayecto y selectivos en frecuencia, que pueden ejercer una importante atenuación y distorsión; por ello tienen una influencia marcada sobre la calidad de los sistemas de RF. Este tipo de desvanecimientos se dan por la existencia de dos o más trayectos de propagación además del principal y es debido a al efecto de reflexión ya sea en el suelo o en capas atmosféricas. Estos desvanecimientos son de corta duración y por esto mismo tienen incidencia en solo una parte de la banda de frecuencia, son modelados con Rayleigh o Rice y llegan hasta valores mayores a 20 dB.

2.3. Marco conceptual

Definición de términos básicos

a. Diseño de altura de Antenas

Determinación de longitud de líneas de transmisión las cuales conectan la antena con equipo transceptor.

b. Propagación de Señales Microondas

Es la transmisión de las ondas electromagnéticas en el rango de las microondas las cuales se propagan a través de un medio dieléctrico comprendido de la superficie terrestre hasta la tropósfera.

c. Rayo Reflejado

Es el fenómeno de reflexión cuando el haz de luz encuentra un obstáculo en su camino.

d. Reflexión

La reflexión se da cuando el rayo reflejado encuentra un obstáculo en su camino, considerando que la variación del factor ambiental K puede afectar y cambiarlo.

e. Índice de Refracción

Es el ratio entre la velocidad de una onda electromagnética la cual atraviesa el vacío, y su velocidad al desplazarse por un medio finito.

f. Variación de Señal en Radioenlaces

Es la degradación de la señal la cual puede haber sido influenciada por factores físicos, ruido y otros.

g. Desvanecimiento

Se considera a la variación que experimenta una señal en relación a su valor nominal a la entrada del receptor; la diferencia entre el nivel nominal y el recibido bajo el concepto de desvanecimientos se llama profundidad y se expresa en dB.

2.4. Sistema de hipótesis

2.4.1. Hipótesis

Un análisis de rayo reflejado permitirá identificar valores de alturas de antenas asociados a menor fluctuación de potencia recibida en radioenlaces de acceso rural del Departamento de Huancavelica.

2.4.2. Categóricas:

Categórica 01:

Análisis de rayo reflejado.

Definición Conceptual:

El análisis de rayo reflejado consiste en la generación y observación de curvas de potencia recibida en función de la altura de antenas receptora, para cada posible valor de altura de antena transmisora. Se identifican los segmentos de curvas que generan mayor y menor fluctuación de señal.

Indicadores:

- Alturas de antenas transmisoras analizadas
- Curvas de potencia recibida en función de la altura de antena receptora
- Segmentos de curvas con mayor ocurrencia de desvanecimientos de señal.

Categórica 02:

Alturas de antenas asociadas a menor fluctuación de señal recibida en radioenlaces de acceso rural en el Departamento de Huancavelica.

Definición Conceptual:

Las alturas de antenas asociadas a menor fluctuación de señal recibida son aquellas seleccionadas a partir de un segmento de la curva potencia versus altura, con mayor valor medio y menor varianza.

Indicadores:

- Segmentos de menor fluctuación seleccionados
- Alturas de antenas elegidas
- Valor medio de señal recibida
- Varianza de señal recibida en el segmento

Operacionalización de las categóricas

Tabla 2. Operacionalización de categóricas

CATEGORICA	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD DE MEDIDA
01: Análisis de Rayo reflejado	Para cada valor de altura de antena transmisora, se genera y observan curvas de potencia recibida en función de la altura de antenas receptora. Se identifican por observación los segmentos de curvas que generan menor fluctuación de señal.	Alturas de antenas transmisoras analizadas	Guía de observación	Nº análisis
		Curvas de potencia recibida versus altura receptora observadas	Guía de observación	Nº observaciones
		Segmentos de curvas observados	Guía de observación	Nº de segmentos
		Segmentos seleccionados	Guía de observación	Nº de segmentos
02: Alturas de antena asociadas a menor fluctuación de señal recibida en enlaces de acceso rural del Departamento de Huancavelica	Los valores de alturas de antenas asociados a menor fluctuación de señal recibida son seleccionados a partir de la observación de un segmento de la curva potencia versus altura, al evaluar el mayor valor medio y menor varianza de la señal.	Alturas de antenas	Guía de observación	m.
		Valor medio de señal recibida	Guía de observación	dBm.
		Varianza de señal recibida en el segmento	Guía de observación	%

Nota: Operacionalización de categóricas en estudio

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El presente estudio es de tipo investigación documental y el nivel de investigación utilizado es de tipo descriptiva. Se caracterizó el comportamiento de la señal recibida en función de la variación de la altura de antenas, en radioenlaces microondas de acceso rural implementados en el departamento de Huancavelica.

3.2. Población y muestra

La población a tomada en cuenta en el presente trabajo estuvo referida a las observaciones de señal posibles de simular en enlaces de acceso rural del Departamento de Huancavelica.

Al tratarse de una condición no determinística, no se tiene un número definido de enlaces que constituyan la población. Se realizó una selección de 11 enlaces de mayor longitud del trayecto radioeléctrico implementados en zonas rurales del departamento de Huancavelica, sobre las cuales se realizaron un total de 2114 estimaciones entre variaciones de altura receptora y altura de antena transmisora, lo cual constituyó la muestra a emplear, justificando la participación de 02 investigadores.

3.3. Diseño de investigación

El diseño de investigación utilizado en la investigación es de tipo documental. Se recolectó datos a partir de la simulación del comportamiento de la señal en condiciones de altura de antena variantes, en enlaces de acceso rural microondas implementados en el departamento de Huancavelica

3.4. Procedimiento

A continuación, se presenta los procedimientos realizados para la obtención de los resultados:

Recolección de información de los radioenlaces implementados en las zonas rurales de Huancavelica.

Selección de los 11 enlaces de mayor longitud en la zona de Huancavelica.

Simulación de los enlaces con la condición de variación de altura de antena receptora.

Elaboración de curvas de tendencia para identificación de segmentos con menor variación de señal.

Selección de alturas transmisoras y receptoras asociadas a la menor variación de señal recibida.

Comparación de los valores de alturas y variación de señal seleccionados con valores implementados.

Figura 3. Procedimiento para el análisis de información

3.5. Técnicas e instrumentos de investigación

Tabla 3. Técnicas de recolección de datos

Técnica	Forma de aplicación	Forma de obtención
Simulación	Estimación individual de nivel de señal recibido para enlace resultante de cada variación de antena transmisora y sus correspondientes variaciones de antena receptora.	Estimación mediante herramienta de software.
Análisis documental	Individual para cada enlace analizado.	Reportes de ubicación geográfica de emplazamientos, altura de torres, características vano radioeléctrico.

Tabla 4. Instrumentos de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento
Segmentos seleccionados	Guía de observación	Ficha de registro
Alturas de antenas	Guía de observación	Ficha de registro
Valor medio de señal recibida	Guía de observación	Ficha de registro
Varianza de señal recibida en el segmento	Guía de observación	Ficha de registro

Guía de Observación: La guía de observación es una técnica que se utiliza para la recolección de información usando los sentidos y así realizar un registro estructurado de datos, para definir el comportamiento de la categórica 02.

Ficha de registro: La ficha registro nos permite la recolección de la información de forma ordenada y estructurada para realizar la medición de los indicadores de la investigación, asimismo se realizó el registro de información para los siguientes parámetros Segmentos seleccionados, alturas de antenas, valor medio de la señal recibida y varianza de señal recibida en el segmento.

Simulación: Para realizar las mediciones de los indicadores del presente estudio se usó el software RadioMobile v11.6.0 el cual permite obtener los valores necesarios de la señal y el procesamiento para poder identificar los desvanecimientos y evaluar las fluctuaciones de señal para la identificación de las alturas de antenas óptimas.

3.6. Recopilación de información de los enlaces de Huancavelica

En la figura 4 se muestra un mapa con los principales emplazamientos de enlaces de acceso rural en Huancavelica, los cuales son utilizados típicamente seleccionados para enlazar pueblos cercanos.

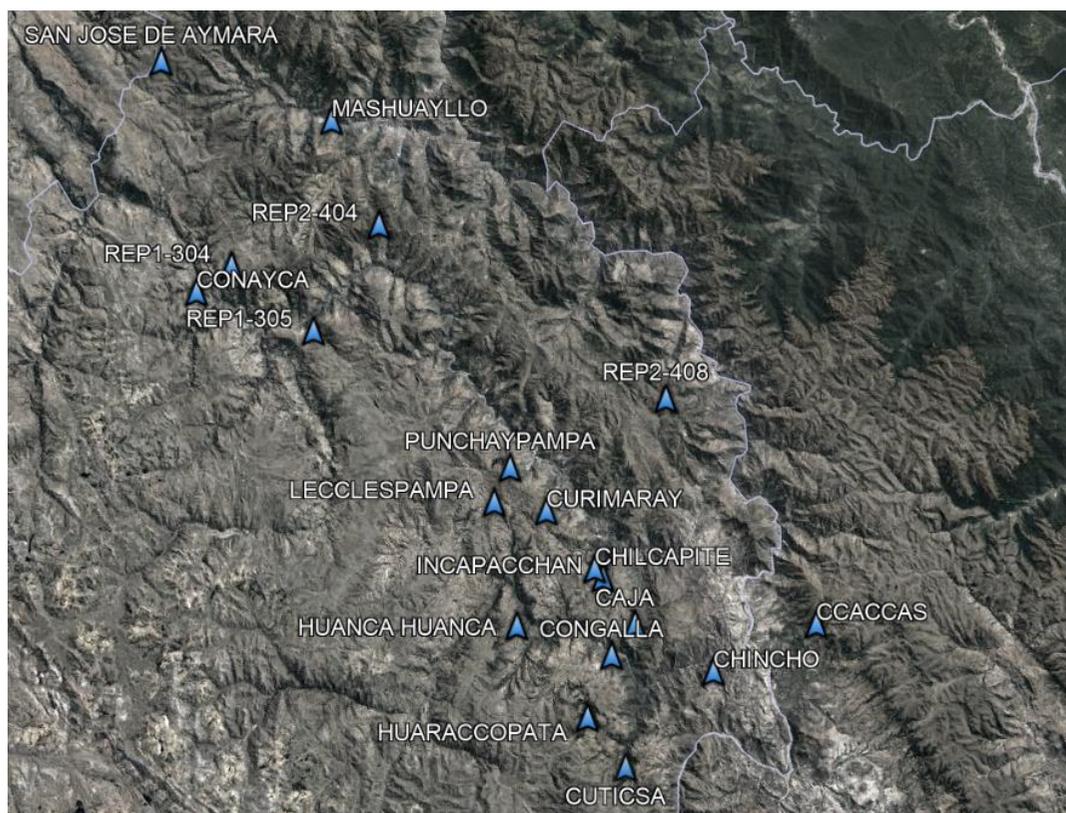


Figura 4. Emplazamientos de enlaces seleccionados

3.6.1. Descripción enlaces para análisis en la zona de Huancavelica

De los criterios de selección mencionados en el apartado anterior, se presenta la tabla N° 5 en la cual se dan los detalles de cada enlace con la ubicación geográfica del emplazamiento transmisor-receptor, la altura de antena y distancia referencial correspondiente de acuerdo a los emplazamientos existentes.

Tabla 5. Ubicación geográfica, altura y distancia de Enlaces seleccionados

N°	Emplazamiento A	Longitud (°)	Latitud (°)	Altura (Mts)	Emplazamiento B	Longitud (°)	Latitud (°)	Altura (Mts)	Distancia (Kms)
1	CAJA	-12.918	-74.466	17	CUTICSA	-13.090	-74.476	14	19.13
2	CHILCAPITE	-12.852	-74.516	41	REP2-408	-12.647	-74.428	27	24.66
3	CHINCHO	-12.974	-74.368	14	CCACCAS	-12.917	-74.241	17	25.34
4	CONAYCA	-12.521	-75.009	39	REP1-305	-12.567	-74.864	37	16.58
5	CONGALLA	-12.956	-74.494	21	CURIMARAY	-12.783	-74.576	41	21.17
6	CONGALLA	-12.956	-74.494	17	LECCLESPAMPA	-12.772	-74.640	23	25.81
7	HUANCA HUANCA	-12.920	-74.612	41	PUNCHAYPAMPA	-12.731	-74.621	14	21.14
8	INCAPACCHAN	-12.862	-74.505	15	HUARACCOPATA	-13.030	-74.524	17	18.79
9	MASHUAYLLO	-12.315	-74.842	59	SAN JOSE DE AYMARA	-12.244	-75.054	59	24.31
10	REP1-304	-12.490	-74.966	29	AYACCOCHA	-12.641	-74.922	29	17.47
11	REP1-305	-12.567	-74.864	39	REP2-404	-12.440	-74.783	25	16.68

3.6.2. Referencia características técnica equipos de transmisión de radio

En la tabla N° 6 se presenta una selección de características técnicas respecto del equipo transceptor y la antena empleada, la información completa se encuentra en el datasheet Anexo 1.

Tabla 6. Características técnicas antena PTP 550

Antena PTP 550	Unidades para Exteriores	
	Capacidad	725 Mbps
	Alcance	Hasta 200 Km
	Ancho de banda de canal	20/40/80 MHz
	Potencia máxima de transmisión	26 dBm
	Modulación	BSK to 256 QAM
	Número de radios	MIMO 2x2
	Esquema dúplex	TDD
	Tamaño máximo de trama	1700 bytes
	Latencia	3 ms
	ODU integrado (ancho x alto x profundidad en cm)	30 x 30 x 10; 2,2 kg
	Alimentación y consumo de energía	AC; 56V, 30W

3.7. Procesamiento de la Información

3.7.1. Configuración de parámetros técnicos de simulación para el modelamiento de enlaces

- En la figura N° 5 se presenta la configuración básica de las propiedades de redes para uno de los enlaces a simular en este caso para el enlace Caja- Cuticsa, se

ha considerado frecuencias dentro del rango de 5.8 Ghz, el modo de variabilidad tipo Spot y las configuraciones por defecto en un clima típico para las zonas de sierra, con la elección del clima continental sub-tropical.

The screenshot shows a software window with a list of nets on the left and a configuration panel on the right. The list of nets includes 'Caja - Cuticsa' (selected) and 'Red 2' through 'Red 25'. The configuration panel has tabs for 'Parameters', 'Topology', 'Membership', 'Systems', and 'Style'. The 'Parameters' tab is active, showing fields for 'Net name' (Caja - Cuticsa), 'Minimum frequency (MHz)' (5815), 'Maximum frequency (MHz)' (5835), 'Surface refractivity (N-Units)' (301), 'Ground conductivity (S/m)' (0.005), and 'Relative ground permittivity' (15). There are also radio buttons for 'Polarization' (Vertical, Horizontal) and 'Mode of variability' (Spot, Accidental, Mobile, Broadcast). The 'Climate' section has radio buttons for 'Equatorial', 'Continental sub-tropical' (selected), 'Maritime sub-tropical', 'Desert', 'Continental temperate', 'Maritime temperate over land', and 'Maritime temperate over sea'.

Figura 5.Configuración de parámetros

- A continuación en la figura N°6 se presenta la configuración de los sistemas, en la cual se trasladó las características técnicas de los equipos hacia la configuración del simulador donde se ingresaron parámetros tales como potencia de transmisión, umbrales de recepción, pérdidas internas, tipo de antena que se utilizó y pérdida por cable si las hubiera.

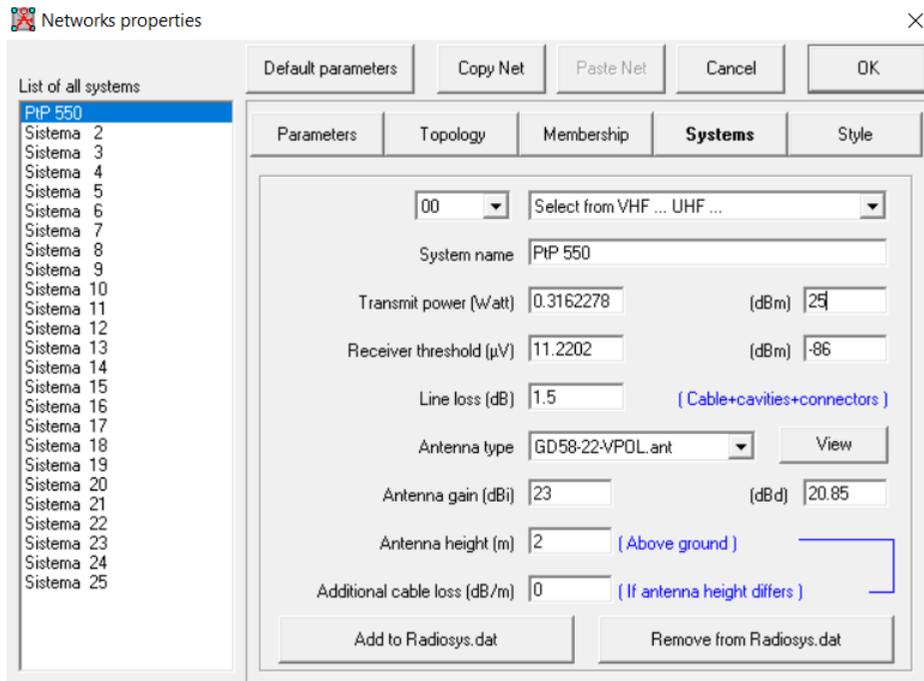


Figura 6. Configuración de sistema

- Finalmente se muestra en la en la figura N°7 la configuración de membresía de las diferentes estaciones, donde se le asigna el equipo que va a emplear cada estación, la altura de antena correspondiente y el apuntamiento que tiene con el punto con el cual se va a comunicarse. En la figura N°7 se muestra la configuración del enlace Caja- Cuticsa, de la misma forma se ha configurado para los demás enlaces.

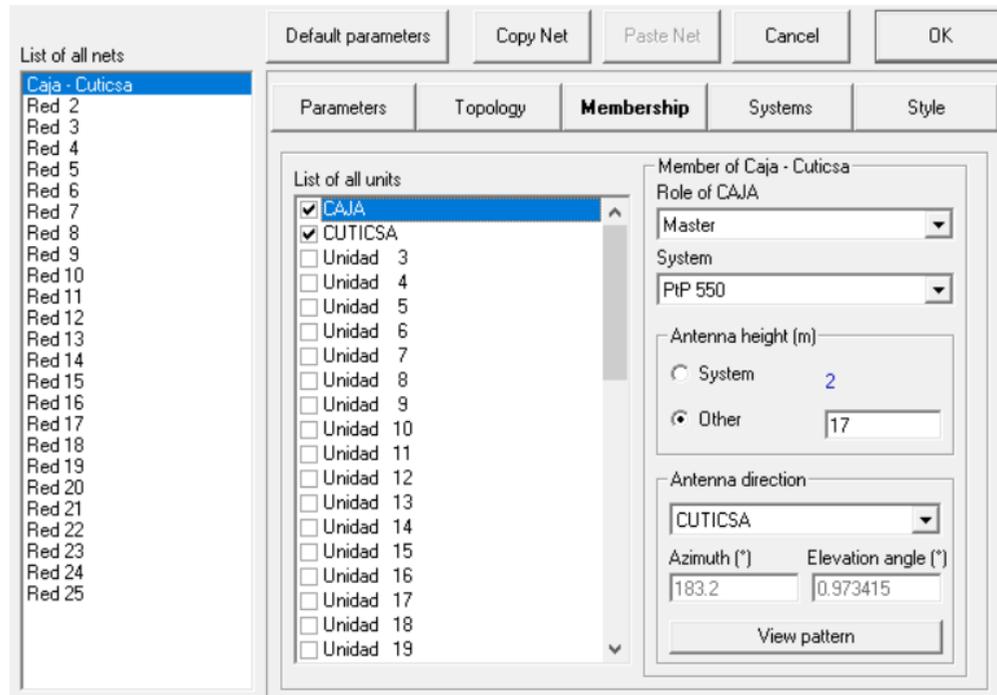


Figura 7. Configuración de Membresía

3.8. Reportes de simulación obtenidos Caja – Cuticsa

En la tabla N°7 se presenta el reporte de simulación obtenido, al variar la altura de antena transmisora de la estación Caja entre 10-70 metros, y a su vez la variación para cada una de estas alturas transmisoras, con la altura receptora en la estación Cuticsa que ha variado entre 10-20 mts,

Para cada altura de antena transmisora se ha obtenido los valores de señal recibida a su vez para cada valor de antena transmisora y de todos los valores de antena receptora se ha obtenido el valor promedio y la desviación respecto del valor promedio para cada variación de altura, de esta misma forma se ha procedido a realizar el mismo análisis para los enlaces de Caja – Cuticsa, Chilcapite – REP2-408, Chincho – Ccaccas, Conayca – REP1-305, Congalla – Curimaray, Congalla – Lecclespampa, Huanca Huanca – Punchaypampa, Incapacchan – Huaraccopata, Mashuayllo - San Jose De Aymara (Aymara), REP1-304 – Ayaccocha, REP1-305 - REP2-404;

En el Anexo 2 se encuentra el detalle completo de los reportes de simulación con los 10 enlaces restantes.

Tabla 7. Reporte de Simulación Caja- Cuticsa

Hant Tx: Caja	10m	15m	17m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Cuticsa	Rx Level (dBm)													
10	-71.30	-71.60	-71.80	-72.00	-72.40	-72.80	-73.20	-73.60	-74.00	-74.30	-74.70	-75.10	-75.40	-75.70
11	-72.70	-73.00	-73.00	-73.20	-73.40	-73.50	-73.60	-73.70	-73.80	-73.90	-74.80	-74.00	-74.10	-74.20
12	-71.30	-71.40	-71.50	-71.60	-71.80	-72.60	-72.30	-72.60	-72.90	-73.30	-73.70	-74.10	-74.60	-75.10
13	-72.10	-72.50	-72.70	-71.80	-73.40	-73.80	-74.10	-74.30	-74.40	-74.50	-74.60	-74.60	-74.60	-74.60
14	-71.70	-71.70	-71.80	-71.80	-71.90	-72.10	-72.40	-72.70	-73.00	-73.50	-73.90	-74.40	-75.00	-75.50
15	-72.50	-72.90	-73.10	-73.30	-73.70	-73.90	-73.90	-74.00	-73.90	-73.90	-73.90	-73.90	-74.00	-74.20
16	-71.20	-71.50	-71.60	-71.80	-72.50	-72.70	-73.20	-73.80	-74.30	-74.80	-75.20	-75.40	-75.50	-75.50
17	-72.60	-72.60	-72.50	-73.30	-72.40	-72.40	-72.50	-72.80	-73.10	-73.50	-74.00	-74.60	-75.20	-75.80
18	-72.80	-73.20	-73.40	-73.60	-73.70	-73.60	-73.50	-73.40	-73.40	-73.40	-73.60	-73.90	-74.30	-74.80
19	-71.80	-71.90	-72.60	-73.00	-73.60	-74.10	-74.30	-74.40	-74.30	-74.10	-74.00	-74.00	-74.10	-74.40
20	-73.10	-71.80	-72.00	-72.40	-73.00	-73.70	-74.30	-74.70	-74.80	-74.70	-74.50	-74.40	-75.80	-74.40
Promedio	-72.10	-72.19	-72.36	-72.53	-72.89	-73.20	-73.39	-73.64	-73.81	-73.99	-74.26	-74.40	-74.78	-74.93
desv. media	0.58	0.59	0.57	0.68	0.63	0.62	0.61	0.56	0.52	0.44	0.45	0.38	0.54	0.54

3.8.1. Generación de curvas de variación de señal recibida versus altura de antena receptora “earth bulge”

Presentamos que en las figuras 8 y 9 las curvas en las cuales se pueden apreciar diferentes niveles de segmentos con diferentes niveles de fluctuación, en los segmentos de menor fluctuación se dan una selección preferente para establecer valores de altura de antena que puedan estar menos expuesto a fluctuación. Finalmente de acuerdo a la teoría una variación de altura es también equivalente a una fluctuación climática, hay una cierta equivalencia por el radio de curvatura terrestre (earth bulge) la cual se incrementa o decremента de acuerdo al clima, esto equivale a un incremento o decremento de altura de antena, por eso donde hay menor fluctuación de señal es tiene la preferencia de ser ubicada ahí la antena.

En el Anexo 3 se encuentra el detalle completo de los reportes de simulación con los 10 enlaces restantes.

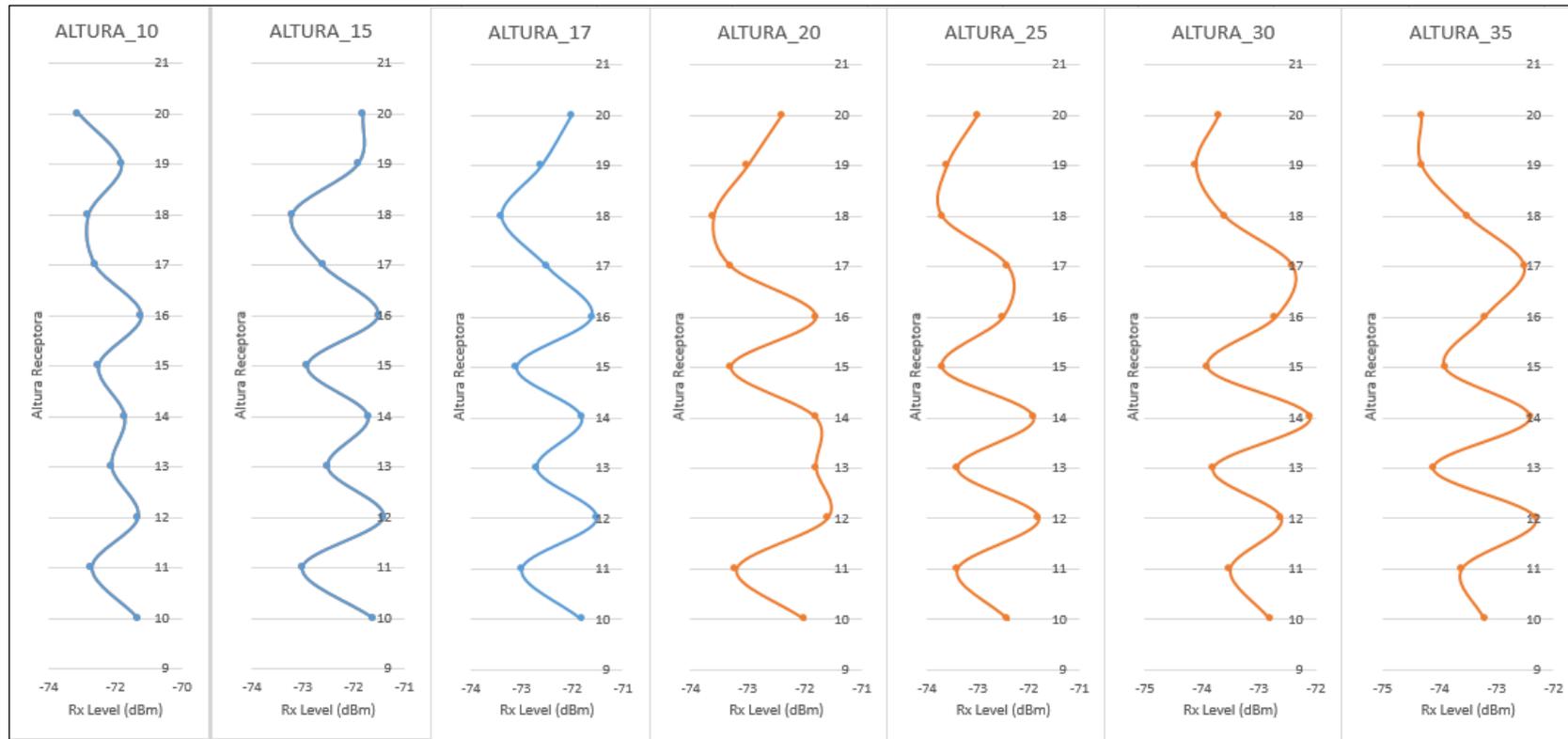


Figura 8. Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa con altura de antena Tx 10-35 mts.

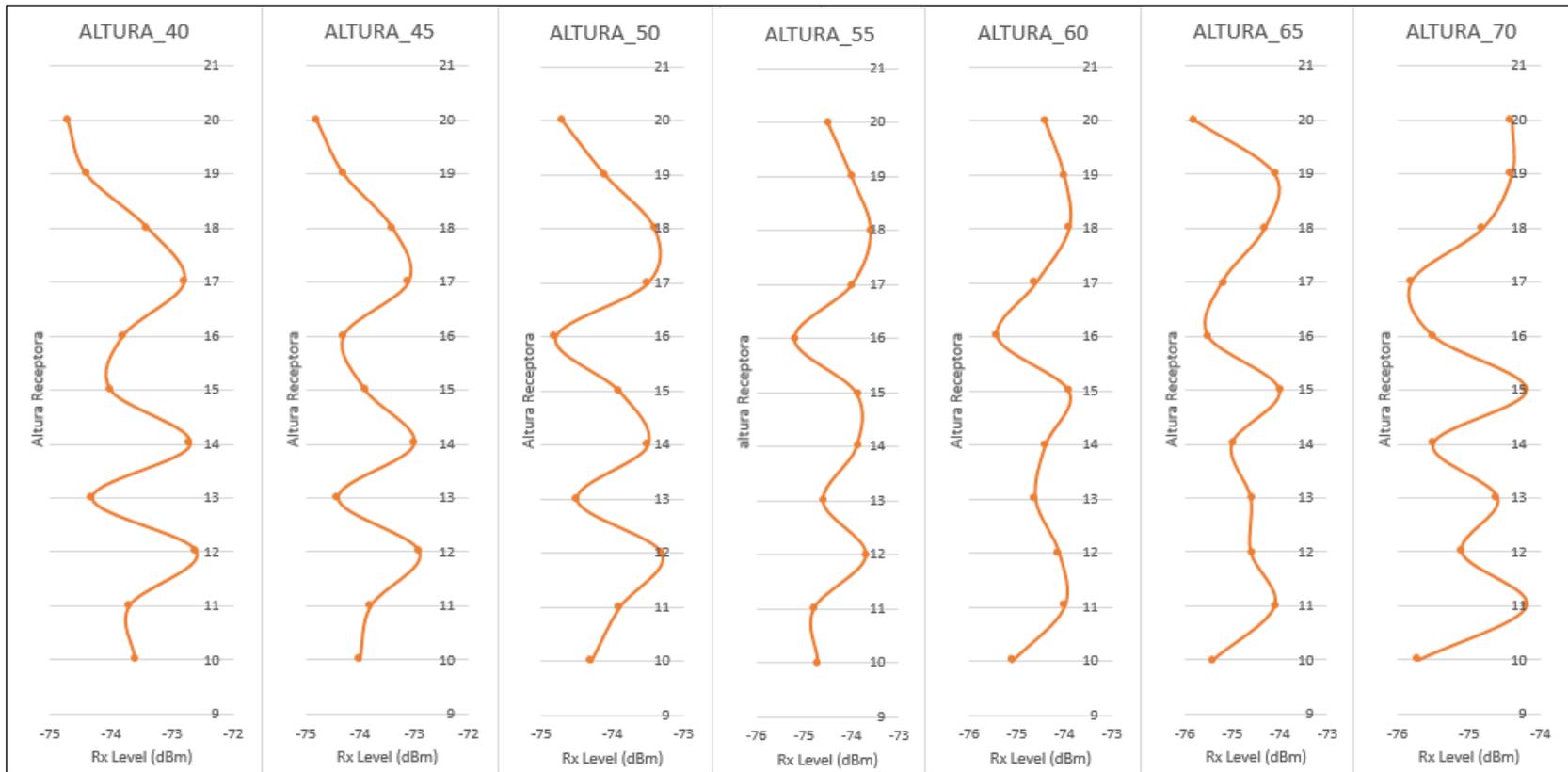


Figura 9. Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa con altura de antena Tx 40-70 mts

3.8.2. Selección de altura con menor desviación

Al haberse analizado las curvas de fluctuación para los 11 enlaces se seleccionará los de menor fluctuación en la media de la desviación media.

a) Enlace Caja – Cuticsa

Para el enlace recomendado Caja-Cuticsa en la tabla 8 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 60m y la antena receptora 15m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-20m en el cual el promedio de la desviación media es 0.38, en la figura 10 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 8. Enlace Recomendado Caja- Cuticsa

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Caja (m)	60	Desviación Media
Hant Rx Cuticsa (m)	Rx Level (dBm)	
10	-75.10	0.70
11	-74.00	0.40
12	-74.10	0.30
13	-74.60	0.20
14	-74.40	0.00
15	-73.90	0.50
16	-75.40	1.00
17	-74.60	0.20
18	-73.90	0.50
19	-74.00	0.40
20	-74.40	0.00
PROMEDIO	-74.40	0.38

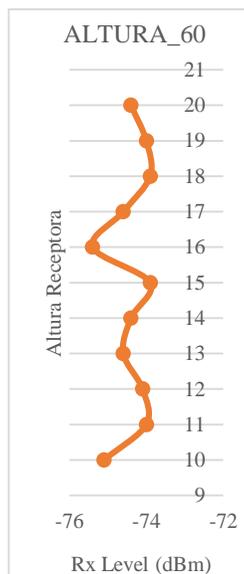


Figura 10. Gráfico enlace recomendado Caja-Cuticsa

Para el enlace referencial Caja-Cuticsa en la tabla 9 la altura de la antena transmisora fue de 17m y la antena receptora de 14m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-20m en el cual el promedio de la desviación media es 0.57, en la figura 11 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 9. Enlace Referencial Caja- Cuticsa

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Caja (m)	17	Desviación
Hant Rx Cuticsa (m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-71.80	0.56
11	-73.00	0.64
12	-71.50	0.86
13	-72.70	0.34
14	-71.80	0.56
15	-73.10	0.74
16	-71.60	0.76
17	-72.50	0.14
18	-73.40	1.04
19	-72.60	0.24
20	-72.00	0.36
Promedio	-72.36	0.57

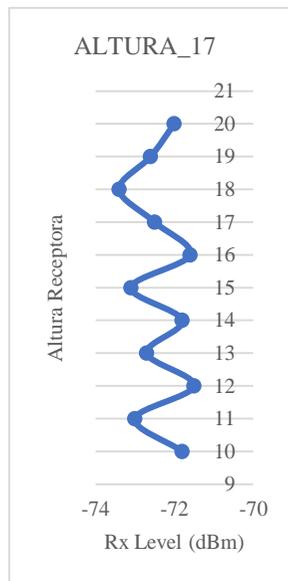


Figura 11. Gráfico enlace referencial Caja Cuticsa

En el enlace Caja-Cuticsa se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.38 y del enlace referencial 0.57 por lo que el promedio de la desviación ha disminuido

b) Enlace Chilcapite – REP2-408

Para el enlace recomendado Chilcapite – REP2-408 en la tabla 10 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 20m y la antena receptora de 26m cuya fluctuación se ha evaluado entre 19-33m en el cual el promedio de la desviación media es 0.05, en la figura 12 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 10. Enlace Recomendado Chilcapite – REP2-408

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Chilcapite (m)	20	Desviacion
Hant Rx REP2 408 (m)	Rx Level (dBm)	Media
19	-53.60	0.10
20	-53.60	0.10
21	-53.60	0.10
22	-53.60	0.10
23	-53.70	0.00
24	-53.70	0.00
25	-53.70	0.00
26	-53.70	0.00
27	-53.70	0.00
28	-53.70	0.00
29	-53.70	0.00
30	-53.80	0.10
31	-53.80	0.10
32	-53.80	0.10
33	-53.80	0.10
Promedio	-53.70	0.05

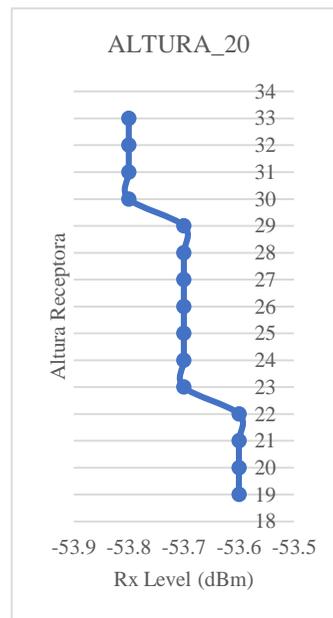


Figura 12. Gráfico enlace recomendado Chilcapite – REP2-408

Para el enlace referencial Chilcapite – REP2-408 en la tabla 11 la altura de la antena transmisora fue de 41m y la antena receptora de 27m cuya fluctuación se ha evaluado entre 19-33m en el cual el promedio de la desviación media es 0.05, en la figura 13 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 11. Enlace Referencial Chilcapite – REP2-408

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Chilcapite (m)	41	Desviación
Hant Rx REP2 408 (m)	Rx Level (dBm)	Media
19	-55.50	0.35
20	-54.90	0.25
21	-54.30	0.85
22	-54.80	0.35
23	-55.50	0.35
24	-55.60	0.45
25	-54.40	0.75
26	-55.40	0.25
27	-56.00	0.85
28	-55.30	0.15
29	-54.40	0.75
30	-55.40	0.25
31	-55.60	0.45
32	-54.60	0.55
33	-55.60	0.45
Promedio	-55.15	0.47

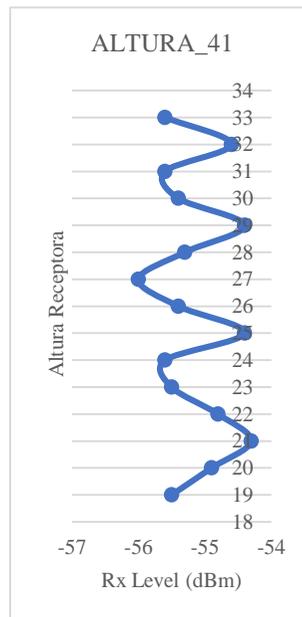


Figura 13. Gráfico enlace referencial Chilcapite – REP2-408

En el enlace Chilcapite – REP2-408 se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.05 y del enlace referencial 0.47 por lo que el promedio de la desviación ha disminuido

c) Enlace Chincho – Ccaccas

Para el enlace recomendado Chíncho – Ccaccas en la tabla 12 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 10m y la antena receptora de 17m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-23m en el cual el promedio de la desviación media es 0.16, en la figura 14 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 12. Enlace Recomendado Chíncho – Ccaccas

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Chíncho (m)	10	Desviación
Hant Rx Ccaccas (m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-47.90	0.26
11	-47.90	0.26
12	-48.00	0.16
13	-48.00	0.16
14	-48.00	0.16
15	-48.10	0.06
16	-48.10	0.06
17	-48.20	0.04
18	-48.20	0.04
19	-48.30	0.14
20	-48.30	0.14
21	-48.40	0.24
22	-48.40	0.24
23	-48.50	0.34
Promedio	-48.16	0.16

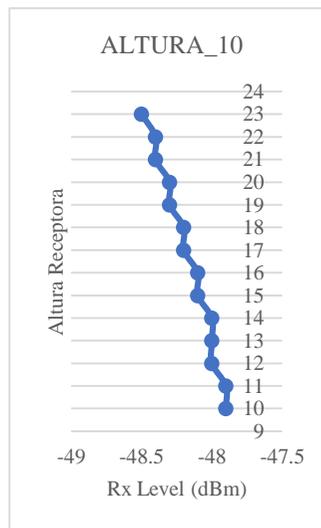


Figura 14. Gráfico enlace recomendado Chíncho – Ccaccas

Para el enlace referencial Chincho – Ccaccas en la tabla 13 la altura de la antena transmisora fue de 14m y la antena receptora de 17m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-23m en el cual el promedio de la desviación media es 0.41, en la figura 15 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 13. Enlace Referencial Chincho – Ccaccas

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Chincho (m)	14	Desviacion
Hant Rx Ccaccas (m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-48.80	0.79
11	-48.90	0.69
12	-49.10	0.49
13	-49.20	0.39
14	-49.30	0.29
15	-49.40	0.19
16	-49.60	0.01
17	-49.70	0.11
18	-49.80	0.21
19	-49.90	0.31
20	-50.00	0.41
21	-50.10	0.51
22	-50.20	0.61
23	-50.30	0.71
Promedio	-49.59	0.41

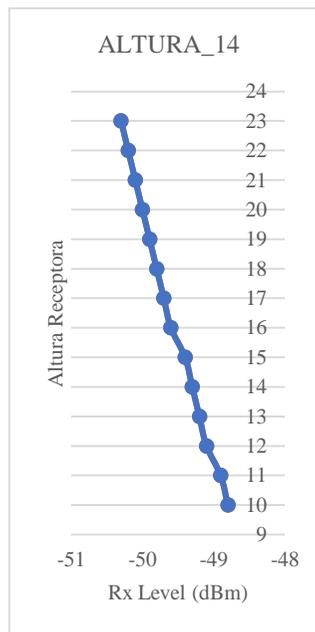


Figura 15. Gráfico enlace referencial Chincho – Ccaccas

En el enlace Chincho – Ccaccas se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.16 y del enlace referencial 0.41 por lo que el promedio de la desviación ha disminuido

d) Enlace Conayca – REP1-305

Para el enlace recomendado Conayca – REP1-305 en la tabla 14 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 15m y la antena receptora de 36m cuya fluctuación se ha evaluado entre 29-43m en el cual el promedio de la desviación media es 0.14, en la figura 16 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 14. Enlace Recomendado Conayca – REP1-305

ENLACE RECOMENDADO		
Hant-Conayca (m)	15	Desviacion
Hant REP1 305 (m)	Rx Level (dBm)	Media
29	-52.00	0.24
30	-52.00	0.24
31	-52.10	0.14
32	-52.10	0.14
33	-52.10	0.14
34	-52.20	0.04
35	-52.20	0.04
36	-52.20	0.04
37	-52.30	0.06
38	-52.30	0.06
39	-52.30	0.06
40	-52.40	0.16
41	-52.40	0.16
42	-52.50	0.26
43	-52.50	0.26
Promedio	-52.24	0.14

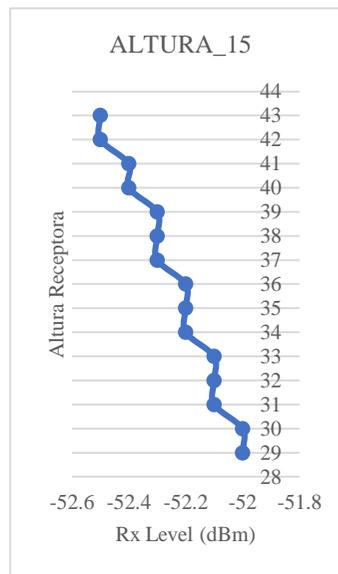


Figura 16. Gráfico enlace recomendado Conayca – REP1-305

Para el enlace referencial Conayca – REP1-305 en la tabla 15 la altura de la antena transmisora fue de 39m y la antena receptora de 37m cuya fluctuación se ha evaluado entre 29-43m en el cual el promedio de la desviación media es 0.21, en la figura 17 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 15. Enlace Referencial Conayca – REP1-305

ENLACE REFERENCIAL		
Hant-Conayca (m)	39	Desviación
Hant REP1 305 (m)	Rx Level (dBm)	Media
29	-54.20	0.52
30	-54.00	0.32
31	-53.90	0.22
32	-53.80	0.12
33	-53.70	0.02
34	-53.60	0.08
35	-53.50	0.18
36	-53.40	0.28
37	-53.40	0.28
38	-53.40	0.28
39	-53.50	0.18
40	-53.50	0.18
41	-53.60	0.08
42	-53.80	0.12
43	-53.90	0.22
Promedio	-53.68	0.21

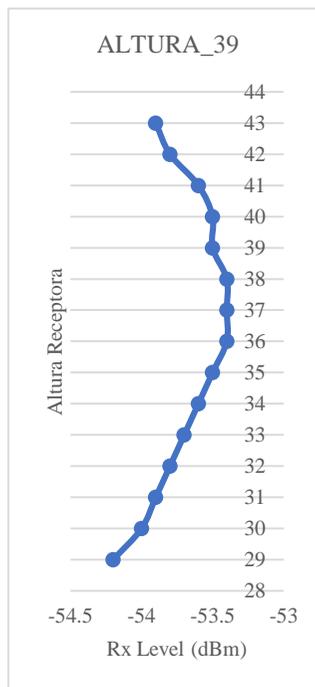


Figura 17. Gráfico enlace referencial Conayca – REP1-305

En el enlace Chincho – Ccaccas se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.14 y del enlace referencial 0.21 por lo que el promedio de la desviación ha disminuido.

e) Enlace Congalla – Curimaray

Para el enlace recomendado Congalla – Curimaray la tabla 16 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 15m y la antena receptora de 40m cuya fluctuación se ha evaluado entre 33-47m en el cual el promedio de la desviación media es 0.15, en la figura 18 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 16. Enlace Recomendado Congalla – Curimaray

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Congalla (m)	15	Desviación
Hant Rx Curimaray (m)	Rx Level (dBm)	Media
33	-52.10	0.30
34	-52.20	0.20
35	-52.20	0.20
36	-52.20	0.20
37	-52.30	0.10
38	-52.30	0.10
39	-52.40	0.00
40	-52.40	0.00
41	-52.40	0.00
42	-52.50	0.10
43	-52.50	0.10
44	-52.60	0.20
45	-52.60	0.20
46	-52.60	0.20
47	-52.70	0.30
Promedio	-52.40	0.15

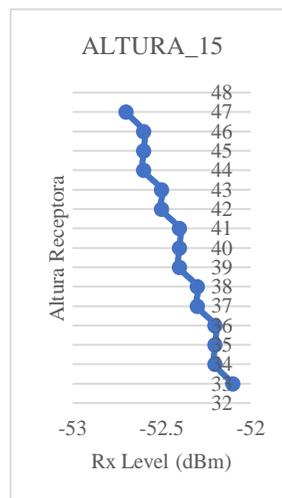


Figura 18. Gráfico enlace recomendado Congalla – Curimaray

Para el enlace referencial Congalla – Curimaray en la tabla 17 la altura de la antena transmisora fue de 21m y la antena receptora de 41m cuya fluctuación se ha evaluado entre 33-47m en el cual el promedio de la desviación media es 0.12, en la figura 19 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 17. Enlace Referencial Congalla – Curimaray

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Congalla (m)	21	Desviacion
Hant Rx Curimaray (m)	Rx Level (dBm)	Media
33	-54.00	0.28
34	-54.00	0.28
35	-54.10	0.18
36	-54.20	0.08
37	-54.20	0.08
38	-54.30	0.02
39	-54.30	0.02
40	-54.30	0.02
41	-54.40	0.12
42	-54.40	0.12
43	-54.40	0.12
44	-54.40	0.12
45	-54.40	0.12
46	-54.40	0.12
47	-54.40	0.12
Promedio	-54.28	0.12

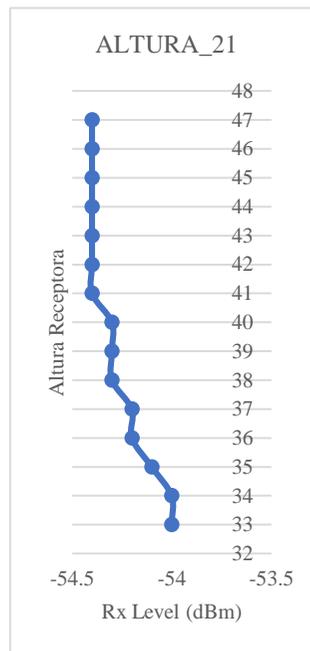


Figura 19. Gráfico enlace referencial Congalla – Curimaray

En el enlace Congalla – Curimaray se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.15 y del enlace referencial 0.12 por lo que el promedio de la desviación aumentó.

f) Enlace Congalla – Lecclespampa

Para el enlace recomendado Congalla – Lecclespampa la tabla 18 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 10m y la antena receptora de 22m cuya fluctuación se ha evaluado entre 15-29m en el cual el promedio de la desviación media es 0.58, en la figura 20 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 18. Enlace Recomendado Congalla – Lecclespampa

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Congalla (m)	10	Desviacion
Hant Rx Lecclespampa (m)	Rx Level (dBm)	Media
15	-53.30	0.74
16	-53.80	0.24
17	-54.30	0.26
18	-54.60	0.56
19	-54.50	0.46
20	-54.00	0.04
21	-53.60	0.44
22	-53.20	0.84
23	-53.10	0.94
24	-53.30	0.74
25	-53.70	0.34
26	-54.40	0.36
27	-54.90	0.86
28	-55.10	1.06
29	-54.80	0.76
Promedio	-54.04	0.58

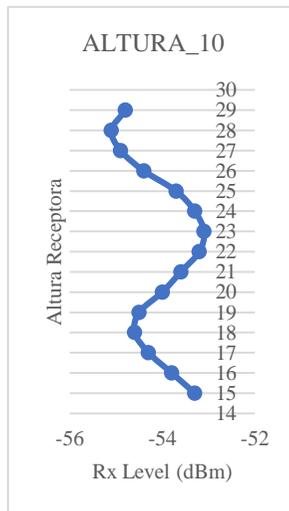


Figura 20. Gráfico enlace recomendado Congalla – Lecclespampa

Para el enlace referencial Congalla – Lecclespampa en la tabla 19 la altura de la antena transmisora fue de 17m y la antena receptora de 23m cuya fluctuación se ha evaluado entre 15-29m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.50, en la figura 21 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 19. Enlace Referencial Congalla – Lecclespampa

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Congalla (m)	17	Desviación
Hant Rx Lecclespampa (m)	Rx Level (dBm)	Media
15	-54.40	0.31
16	-53.90	0.19
17	-53.50	0.59
18	-53.20	0.89
19	-53.30	0.79
20	-53.60	0.49
21	-54.10	0.01
22	-54.80	0.71
23	-55.20	1.11
24	-55.10	1.01
25	-54.70	0.61
26	-54.10	0.01
27	-53.80	0.29
28	-53.70	0.39
29	-54.00	0.09
Promedio	-54.09	0.50

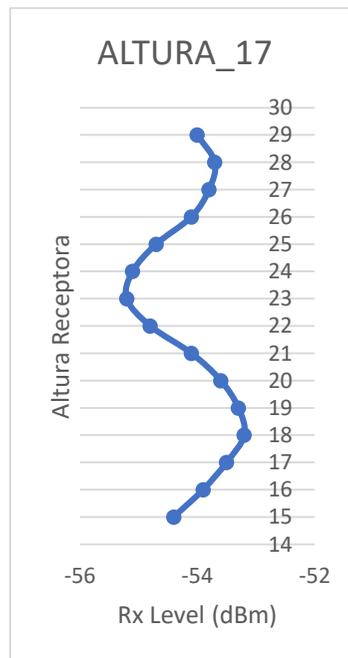


Figura 21. Gráfico enlace referencial Congalla – Lecclespampa

En el enlace Congalla – Lecclespampa se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.58 y del enlace referencial 0.50 por lo que el promedio de la desviación aumentó.

g) Enlace Huanca Huanca – Punchaypampa

Para el enlace recomendado Huanca Huanca – Punchaypampa la tabla 20 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 15m y la antena receptora de 15m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-20m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.05, en la figura 22 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 20. Enlace Recomendado Huanca Huanca – Punchaypampa

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Huanca Huanca (m)	15	Desviación
Hant Rx Punchaypampa (m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-65.00	0.05
11	-65.00	0.05
12	-65.00	0.05
13	-65.00	0.05
14	-65.00	0.05
15	-65.10	0.05
16	-65.10	0.05
17	-65.10	0.05
18	-65.10	0.05
19	-65.10	0.05
20	-65.10	0.05
Promedio	-65.05	0.05

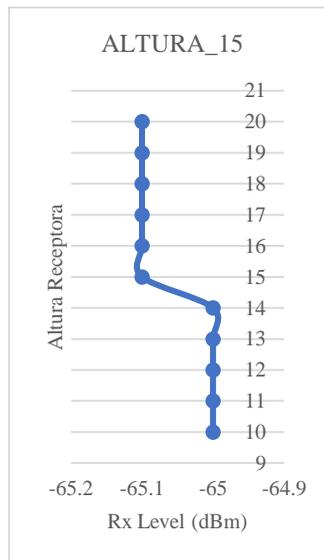


Figura 22. Gráfico enlace recomendado Huanca Huanca – Punchaypampa

Para el enlace referencial Huanca Huanca – Punchaypampa en la tabla 21 la altura de la antena transmisora fue de 41m y la antena receptora de 14m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-20m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.37, en la figura 23 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 21. Enlace Referencial Huanca Huanca – Punchaypampa

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Huanca Huanca (m)	41	Desviación
Hant Rx Punchaypampa (m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-66.80	0.85
11	-65.80	0.15
12	-65.40	0.55
13	-65.50	0.45
14	-65.50	0.45
15	-65.70	0.25
16	-65.80	0.15
17	-66.00	0.05
18	-66.10	0.15
19	-66.30	0.35
20	-66.60	0.65
Promedio	-65.95	0.37

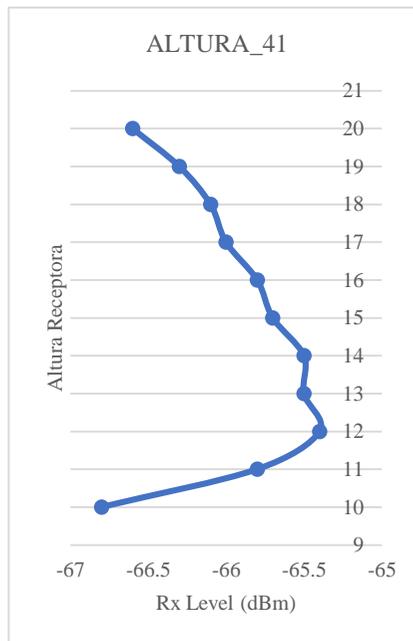


Figura 23. Gráfico enlace referencial Huanca Huanca – Punchaypampa

En el enlace Huanca Huanca – Punchaypampa se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.05 y del enlace referencial 0.37 por lo que el promedio de la desviación disminuyó.

h) Enlace Incapacchan-Huaraccopata

Para el enlace recomendado Incapacchan-Huaraccopata la tabla 22 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 10m y la antena receptora de 17m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-23m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.14, en la figura 24 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 22. Enlace Recomendado Incapacchan-Huaraccopata

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Incapacchan(m)	10	Desviación
Hant Rx Huaraccopata(m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-55.70	0.31
11	-55.60	0.21
12	-55.60	0.21
13	-55.50	0.11
14	-55.40	0.01
15	-55.30	0.09
16	-55.30	0.09
17	-55.20	0.19
18	-55.20	0.19
19	-55.20	0.19
20	-55.20	0.19
21	-55.30	0.09
22	-55.40	0.01
23	-55.50	0.11
Promedio	-55.39	0.14

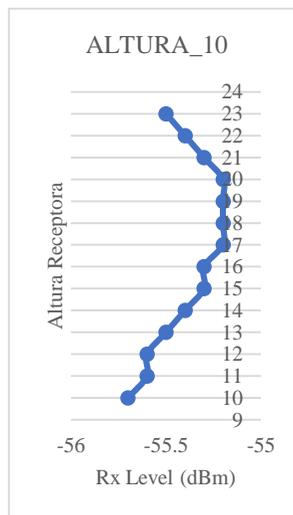


Figura 24. Gráfico enlace recomendado Incapacchan-Huaraccopata

Para el enlace referencial Incapacchan-Huaraccopata en la tabla 23 la altura de la antena transmisora fue de 15m y la antena receptora de 17m cuya fluctuación se ha evaluado entre 10-23m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.34, en la figura 25 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 23. Enlace Referencial Incapacchan-Huaraccopata

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Incapacchan(m)	15	Desviación
Hant Rx Huaraccopata(m)	Rx Level (dBm)	Media
10	-55.40	0.15
11	-55.30	0.25
12	-55.30	0.25
13	-55.20	0.35
14	-55.20	0.35
15	-55.20	0.35
16	-55.30	0.25
17	-55.30	0.25
18	-55.40	0.15
19	-55.60	0.05
20	-55.80	0.25
21	-56.00	0.45
22	-56.20	0.65
23	-56.50	0.95
Promedio	-55.55	0.34

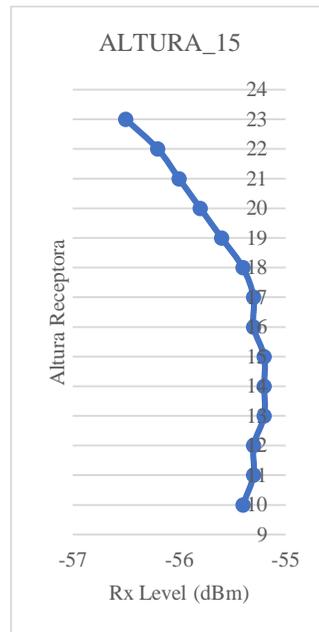


Figura 25. Gráfico enlace referencial Incapacchan-Huaraccopata

En el enlace Incapacchan-Huaraccopata se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.14 y del enlace referencial 0.34 por lo que el promedio de la desviación disminuyó.

i) Enlace Mashuayllo-San Jose De Aymara

Para el enlace recomendado Mashuayllo-San Jose De Aymara la tabla 24 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 35m y la antena receptora de 59m cuya fluctuación se ha evaluado entre 52-65m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.07, en la figura 26 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 24. Enlace Recomendado Mashuayllo-San Jose De Aymara

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx Mashuayllo (m)	35	Desviacion
Hant Rx San Jose De Aymara (m)	Rx Level (dBm)	Media
52	-67.70	0.07
53	-67.70	0.07
54	-67.70	0.07
55	-67.70	0.07
56	-67.70	0.07
57	-67.70	0.07
58	-67.70	0.07
59	-67.80	0.03
60	-67.80	0.03
61	-67.80	0.03
62	-67.80	0.03
63	-67.90	0.13
64	-67.90	0.13
65	-67.90	0.13
Promedio	-67.77	0.07

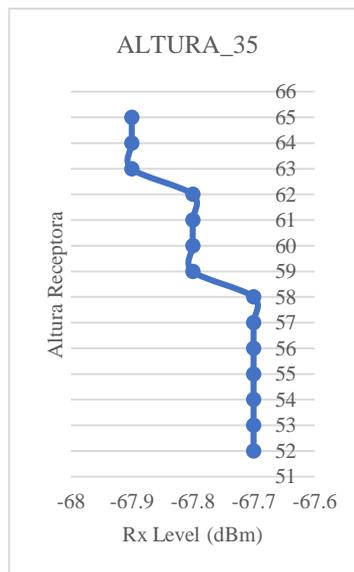


Figura 26. Gráfico enlace recomendado Mashuayllo-San Jose De Aymara

Para el enlace referencial Mashuayllo-San Jose De Aymara en la tabla 25 la altura de la antena transmisora fue de 59m y la antena receptora de 59m cuya fluctuación se ha evaluado entre 52-65m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.36, en la figura 27 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 25. Enlace Referencial Mashuayllo-San Jose De Aymara

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx Mashuayllo (m)	59	Desviación
Hant Rx San Jose De Aymara (m)	Rx Level (dBm)	Media
52	-70.20	0.54
53	-70.20	0.54
54	-70.10	0.44
55	-70.10	0.44
56	-70.00	0.34
57	-69.80	0.14
58	-69.70	0.04
59	-69.60	0.06
60	-69.40	0.26
61	-69.30	0.36
62	-69.20	0.46
63	-69.20	0.46
64	-69.20	0.46
65	-69.20	0.46
Promedio	-69.66	0.36

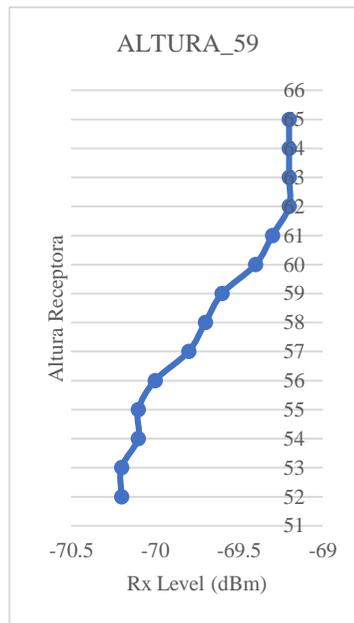


Figura 27. Gráfico enlace referencial Mashuayllo-San Jose De Aymara

En el enlace Mashuayllo-San Jose De Aymara se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.07 y del enlace referencial 0.36 por lo que el promedio de la desviación disminuyó.

j) Enlace REP1-304-Ayaccocha

Para el enlace recomendado REP1-304-Ayaccocha la tabla 26 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 35m y la antena receptora de 29m cuya fluctuación se ha evaluado entre 22-35m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.62, en la figura 28 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 26. Enlace Recomendado REP1-304-Ayaccocha

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx-REP1 304 (m)	10	Desviacion Media
Hant Rx Ayaccocha (m)	Rx Level (dBm)	
22	-64.00	0.72
23	-63.80	0.92
24	-63.80	0.92
25	-64.10	0.62
26	-64.50	0.22
27	-64.80	0.08
28	-65.60	0.88
29	-65.80	1.08
30	-65.80	1.08
31	-65.60	0.88
32	-65.10	0.38
33	-64.60	0.12
34	-64.30	0.42
35	-64.30	0.42
Promedio	-64.72	0.62

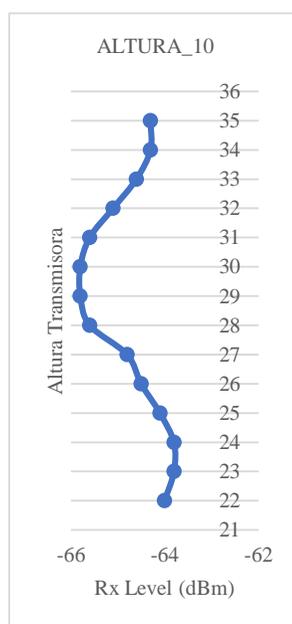


Figura 28. Gráfico enlace recomendado REP1-304-Ayaccocha

Para el enlace referencial REP1-304-Ayacchocha en la tabla 27 la altura de la antena transmisora fue de 29m y la antena receptora de 29m cuya fluctuación se ha evaluado entre 22-35m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.36, en la figura 29 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 27. Enlace Referencial REP1-304-Ayacchocha

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx-REP1 304 (m)	29	Desviacion
Hant Rx Ayacchocha (m)	Rx Level (dBm)	Media
22	-66.10	0.43
23	-65.60	0.07
24	-65.10	0.57
25	-64.80	0.87
26	-64.80	0.87
27	-65.40	0.27
28	-66.00	0.33
29	-66.60	0.93
30	-66.70	1.03
31	-66.30	0.63
32	-65.60	0.07
33	-65.20	0.47
34	-65.30	0.37
35	-65.90	0.23
Promedio	-65.67	0.51

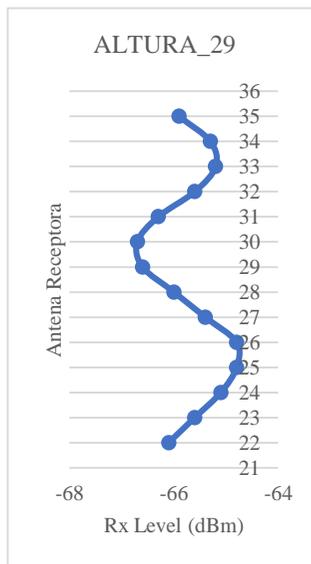


Figura 29. Gráfico enlace referencial REP1-304-Ayacchocha

En el enlace REP1-304-Ayacchocha se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.62 y del enlace referencial 0.51 por lo que el promedio de la desviación aumentó.

k) Enlace REP1 305-REP2 404

Para el enlace recomendado REP1 305 - REP2 404 la tabla 28 la altura seleccionada de la antena transmisora fue de 20 m y la antena receptora de 24 m cuya fluctuación se ha evaluado entre 18-30m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.00, en la figura 30 podemos ver la gráfica del segmento del enlace recomendado.

Tabla 28. Enlace Recomendado REP1 305 - REP2 404

ENLACE RECOMENDADO		
Hant Tx REP1 305 (m)	20	Desviación
Hant Rx REP2 404 (m)	Rx Level (dBm)	Media
18	-53.30	0.00
19	-53.30	0.00
20	-53.30	0.00
21	-53.30	0.00
22	-53.30	0.00
23	-53.30	0.00
24	-53.30	0.00
25	-53.30	0.00
26	-53.30	0.00
27	-53.30	0.00
28	-53.30	0.00
29	-53.30	0.00
30	-53.30	0.00
Promedio	-53.30	0.00

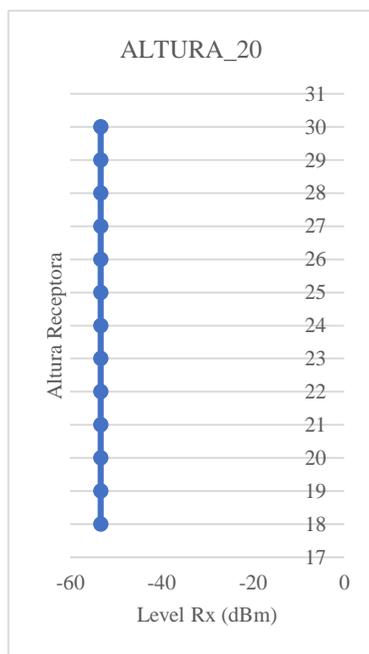


Figura 30. Gráfico enlace recomendado REP1 305 - REP2 404

Para el enlace referencial REP1 305 - REP2 404 en la tabla 29 la altura de la antena transmisora fue de 39m y la antena receptora de 25m cuya fluctuación se ha evaluado entre 18-30m en el cual el promedio de la desviación media es de 0.63, en la figura 31 podemos ver la gráfica del segmento del enlace referencial.

Tabla 29. Enlace Referencial REP1 305 - REP2 404

ENLACE REFERENCIAL		
Hant Tx REP1 305 (m)	39	Desviación
Hant Rx REP2 404 (m)	Rx Level (dBm)	Media
18	-53.1	0.63
19	-52.7	1.03
20	-53.5	0.23
21	-54.5	0.77
22	-53.9	0.17
23	-52.9	0.83
24	-53.2	0.53
25	-54.4	0.67
26	-54.5	0.77
27	-53.4	0.33
28	-53.2	0.53
29	-54.2	0.47
30	-55	1.27
Promedio	-53.73	0.63

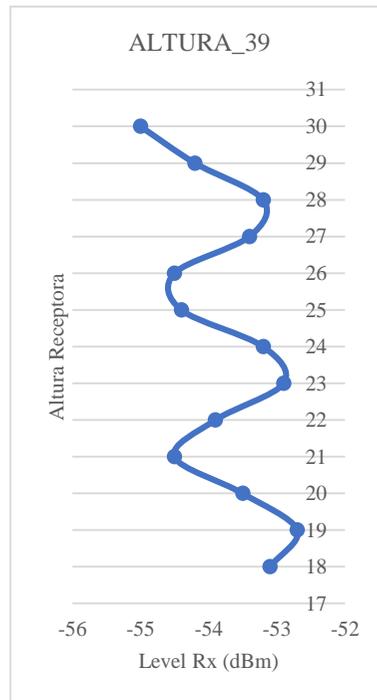


Figura 31. Gráfico enlace referencial REP1 305 - REP2 404

En el enlace REP1 305 - REP2 404 se analiza que el promedio de la desviación media del enlace recomendado fue de 0.00 y del enlace referencial 0.63 por lo que el promedio de la desviación disminuyó.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de los resultados

En la figura 32 se detalla la comparativa entre el promedio de desviación media del enlace recomendado vs el enlace referencial, en el cual de los 11 enlaces, 8 dieron una variación favorable, con una mejora en la selección de alturas de antena, es decir que la técnica de rayo reflejado ha funcionado, permitiendo identificar antenas que tienen menor fluctuación en un 73%

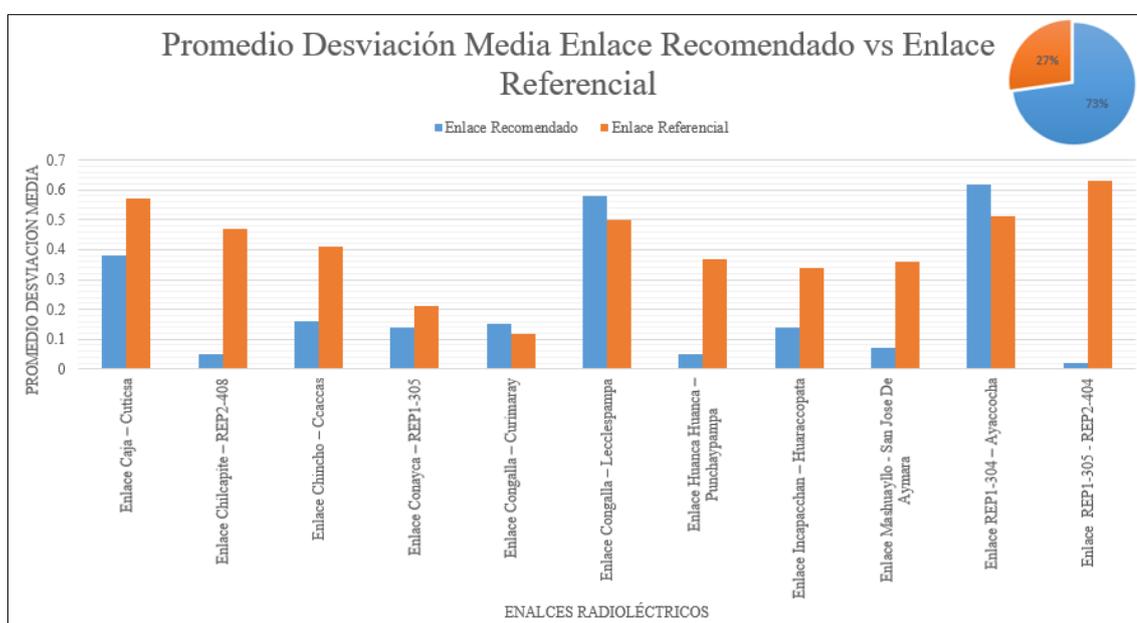


Figura 32. Gráfico Promedio Desviación media Enlace Recomendado vs Referencial

4.2. Docimasia de hipótesis.

En base a los resultados presentados, mediante la técnica por análisis de rayo reflejado, la cual se evidencia en los cuadros y gráficas analizados en los anexos 2 y 3, se ha obtenido una recomendación de modificación de alturas de antena que permiten reducir la fluctuación de señal y esto se ha dado en 8 de los 11 radioenlaces analizados, esta técnica ha logrado identificar una mejorara en un 73%, con alturas de antenas recomendadas que tienen menor variabilidad de señal que en las alturas de antenas referentes.

4.3. Discusión de resultados.

El presente estudio planteó como objetivo la identificación mediante el análisis de rayo reflejado, valores de altura de antenas favorables en la reducción de fluctuación de señal en radioenlaces de acceso rural del Departamento de Huancavelica.

Inicialmente se identificaron 11 radioenlaces de mayor longitud, los cuales contaban con distancias de entre 16.58 y 25.81 kms, que enlazaban a los centros poblados del departamento de Huancavelica, por eso la preferencia en la selección de los radioenlaces, para ser optimizados y tener menor fluctuación, teniendo en cuenta que al tener menor fluctuación hace que sean menos vulnerable a situaciones climáticas, a las que habitualmente se encuentran expuestos.

Para la simulación del comportamiento de la señal recibida, se utilizó el software RadioMobile v11.6.0, asimismo se utilizó los parámetros referenciales del equipo Cambium PTP 550, los parámetros de potencia, ganancia de antena, pérdidas internas, los cuales podrían variar en la simulación y eso no afectaría a los resultados obtenidos porque si se le pone mayor potencia o menor nivel de umbral, finalmente las fluctuaciones se van a mantener, por lo que coincidimos con Hernández, G., López, J., (2012) el cual plantea la importancia del cálculo de la altura de antena para mejorar el nivel de señal en el radioenlace, configurando parámetros geográficos y climáticos presentes.

Las curvas de respuestas obtenidas tienen diferentes niveles de fluctuación, por lo que se tuvo que identificar, los segmentos de menor fluctuación para poder seleccionar las alturas de antenas que podrían ser recomendables, se ha tratado inclusive de seleccionar antenas que no sean tan complicadas de poder implementar, coincidiendo con Fernández, C., Dávila, L., (2013), el cual indica que la altura de la antena debe ser como mínimo 3 mts menos que la altura de la torre, de la misma forma los criterios de elección de altura de antena, utilizando el diseño de redes microondas es mejor que el diseño empírico, de la misma forma coincidimos con Rosendo, V. (2007), en la necesidad de un estudio para el diseño de un sistema microondas utilizando torres para el ajuste de las alturas para mantener índice de refracción y el efecto de los cambios atmosféricos sin pérdida de en el nivel de señal

Al comparar los resultados obtenidos con valores de altura de antena referenciales en emplazamientos del Departamento de Huancavelica, diferimos de Concha, M. (2017), debido a que ellos utilizaron el criterio de línea de vista y nosotros utilizamos el análisis de la técnica del rayo reflejado, en la cual obtuvimos un 73% de valores favorables, con menor fluctuación de señal en el enlace recomendado que en el referencial, con esto reafirmamos lo mencionado por Ojeda, J. (2008) el cual plantea la importancia del cálculo tradicional de altura de antena para asegurar el nivel de señal, de la misma forma coincidiendo también con Severino, O., Carbajal, J., (2015) los cuales plantean a través de una comparación de datos teóricos y experimentales del modelo de propagación basado en dos rayos la importancia de la altura de antena para determinar el nivel y decaimiento de la señal en valores mayores a 22dB.

V. CONCLUSIONES

Se identificaron los principales radioenlaces de se identificaron 11 radioenlaces de mayor longitud, los cuales contaban con distancias de entre 16.58 y 25.81 kms, que enlazaban a los principales centros poblados del departamento de Huancavelica, utilizando la banda de 5.8Ghz.

Las principales consideraciones en reproducir el entorno de simulación son la adecuada selección de los parámetros de potencia de transmisión, niveles de recepción, niveles de umbral de recepción, ganancia y altura de antenas y pérdidas internas, los cuales pueden tener diferentes valores puesto que la fluctuación va a ser la misma, a pesar de tener valores de menor o mayor potencia.

Las curvas de señal obtenidas permiten graficar la fluctuación de potencia al variar la altura de antena receptora lo cual permite identificar los segmentos en los cuales presentan menor fluctuación, siendo aquellos segmentos donde se presenten una menor fluctuación los que permiten identificar las alturas de antenas que son recomendables para la selección de alturas en las torres.

Al seleccionar las 22 antenas, 11 pares de altura de antenas, se ha obtenido un mayor desempeño en cuanto a reducir la variabilidad de señal en 8 de los 11 enlaces recomendados, en los 3 enlaces restantes se obtuvieron diferencias no muy distantes.

Al comparar los resultados de las alturas de antena recomendadas con respecto a la altura de antena referencial se a las obtenidos que tiene un 73% de efectividad en la técnica para poder identificar alturas de menor fluctuación de señal.

VI. RECOMENDACIONES.

El presente estudio utilizó el software RadioMobile v11.6.0 en el cual se usó como parámetro de valor climático típico $N_s=301$, el valor de refractividad superficial, la investigación podría ser ampliada utilizando variaciones de refractividad variando en un rango permitido por el software en este caso entre $N_s= 250$ a 400 , eso permitiría tener un mejor alcance, si es que esta variación permite un mayor análisis y comprobar la efectividad de esta técnica.

El presente estudio se realizó en la ciudad de Huancavelica, por lo que se recomienda ampliar esta técnica a otras regiones del Perú, como la costa, sierra o selva para evaluar si la geografía también influye sobre la posible identificación de fluctuaciones, y la mejora de posibles alturas de antena.

El presente estudio utilizó una cartografía SRTM, usada en zonas de sierra, con una resolución de 30 mts, entonces esta resolución a veces en algunos accidentes geográficos menores, no permiten su análisis por la resolución misma, por lo que se recomienda una mejor cartografía de mayor resolución por ejemplo de 1 a 3 mts, siendo ideal para poder evaluar la efectividad de esta técnica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Manning, T. (2009). *Microwave Radio Transmission Design Guide*, Artech House, Norwood.
- RAMOS F. (2005). *Cálculo de la atenuación por lluvia*. Disponible en: [http://www.cálculo de la atenuación por lluvia en un radio enlace \[Con Acceso el 20/01/2019\]](http://www.cálculo de la atenuación por lluvia en un radio enlace [Con Acceso el 20/01/2019].).
- BARBOZA Z. (1996). *Antenas y Propagacion*. Editorial: Universidad de los Andes. Mérida – Venezuela.
- Anguera, J., & P. A. (2008). *Teoría de Antenas*. España: La Salle.
- Benites, J. (07 de 12 de 2012). *Microondas*. Obtenido de Calameo: <http://en.calameo.com/read/0019071545d747bd14889>
- Buettrich, S. (2007). *Calculo de Radioenlace*. Obtenido de Itrain Online: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/06_es_calculo-de-radioenlace_guia_v02.pdf
- BUTLER, J. (2013). *Redes Inalámbricas en los Paises en Desarrollo* (4ta ed.). Merida, Venezuela: Creative Commons Attribution - ShareAlike 3.0.
- Coimbra, E. (05 de 03 de 2010). *Radioenlace*. Obtenido de Coimbraweb un sitio dedicado a las telecomunicaciones: http://coimbraweb.com/documentos/radio/4.11_radioenlace.pdf
- Die, R. H. (18 de 03 de 2010). *Radioenlaces*. Obtenido de OpenCourseWare Universidad Politecnica de Madrid: <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/presentaciones/Radiocomunicacion-07.pdf>

- Huancavelica Perú. (2017). *Clima de Huancavelica*. Obtenido de <http://www.huancavelica.org/clima>
- Luna, A. P. (2014). *Instalación de Telecomunicaciones*. Madrid: Parainfo SA.
- M. F., & A. V. (2015). *Antenas Introduccion y Parametros*. Obtenido de UPV Universitat Politecnica de Valencia: http://www.upv.es/antenas/Documentos_PDF/Notas_clase/Tema_1.PDF
- MANNING, T. (2009). *Microwave Radio Transmission Design Guide* (Segunda ed.). USA: Artech House.
- RÁBANOS, J. M. (1993). *Transmision por Radio*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Aceres S.A.
- TOMASI, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electronicas* (4ta ed.). Naucalpan de Juárez, Mexico: Pearson Educación.
- TRICALCAR. (2007). *Guia Radio Fisica*. Obtenido de ITRAIN ONLINE: http://www.itrainonline.org/itrainonline/mmtk/wireless_es/files/03_es_radio-fisica_guia_v02.pdf
- Tropeano, F. (2003). Mediciones sobre redes de comunicaciones de datos. *AHCIET*, 15. Recuperado el 2017 de 06 de 06, de https://www.calidad.com.mx/docs/art_39_8.pdf
- Vargas, N. E. (2014). *Radioenlace*. Obtenido de Academia Edu: <https://www.academia.edu/15816526/Radioenlace>
- Vega, C. P., López, A. C., & de la Maza, J. S. (2007). *Sistemas de Telecomunicación* (1ra ed.). Santander: Universidad de Cantabria.

Román, E. G., Castillo, P. R., Sotomayor M. G., Gonzales, L. V., & Zenteno, E. (2014). *Aplicaciones y Teoría de Ingeniería de Microondas* (1ra ed.). LATIn.

Hernando, J. M., (2008) *Transmision por radio*. Madrid, Editorial Centro de estudios Ramon Areces S.A

Tauro del Pino, A., (2001) *Enciclopedia ilustrada del Perú*, Perú, Editorial PEISA.

William, C. Y. Lee *Wireless & Cellular Telecommunication*, 3th Edicion, Mc Graw-Hill, 1995.

Roger L. Freeman, (2001). *Radio system design for Telecommunications*(3ra ed.), Wiley-Blackwell

Roger L. Freeman, (2005). *Fundamentals of Telecommunications*(2ra ed.), Wiley-Blackwell

Louis E. Frenzel (2003). *Sistemas Electronicos de Comunicaiones* (1er ed), Mexico, Alfaomega Grupo Editor S.A

Cardama A., Jofre L., Ruis J., Blanch S., Fernando M., (2002). *Antenas*(2da ed.),Barcelona, El Tinter SAL.

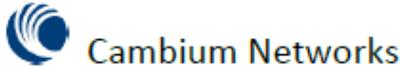
Leija G., López J., Iyurri L., (2013). *Metodología para el cálculo adecuado de las alturas de antenas en un radioenlace de microondas en Línea de Vista* (1era ed.), Mexico DF, Instituto Politécnico Nacional.

Carlos E. Molina (2012). Telecomunicaciones I, Bogota.

http://www.redtauros.com/Clases/Telecomunicaciones_I/07_Factores_Afectan_TX.pdf

ANEXOS

Anexo 1: Ficha técnica PTP 550



PTP 550: 1.4 Gbit CAPACITY

Cambium Network is excited to introduce our latest Point to Point Gigabit throughput solution based on 802.11 ac Wave 2 operating in 5 GHz wireless space, addressing the gigabit capacity needs for high speed backhaul solutions in mid range and long range applications. The PTP 550 solution draws its attributes from Cambium Networks' Point to Point products such as PTP 650/670 and PTP 450i

METAL HOUSING

Each PTP 550 radio is enclosed in a rugged IP66/67 rated metal enclosure, which protects the radio from extreme conditions and solar radiation

ANTENNA ALIGNMENT

The "e-alignment" GUI provides the installer with an accurate and reliable way of installing PTP 550

CHANNEL BONDING

Each channel can have independent channel bandwidth that provides for flexibility in channel selection, band selection and address throughput requirements. Using two 80 MHz channel the PTP 550 achieves 1.4 Gbps.

Dynamic Channel Selection (DCS)

With Dynamic Channel Selection, PTP 550 systems constantly optimize the channel of operation to maximize link reliability and performance. Responding to the radio interference environment, PTP 550 will search for the clearest spectrum and move to it seamlessly. The customer benefits from best available throughput with limited spectrum in the most challenging environments

OTHER KEY FEATURES

- 5.17 to 5.9 GHz
- Up to 1.4 Gbps
- Built in Live Spectrum analyzer
- IPv6/IPv4 dual-stack management support
- AES 128 Encryption
- LINKPlanner Support
- cnMaestro Support
- ARQ Support



PTP 550 CONNECTORIZED



PTP 550 INTEGRATED

RADIO TECHNOLOGY	
MODEL	PTP 550 Connectorized PTP 550 Integrated
RF BANDS	Wide-band operation 5.1 to 5.9 GHz (Allowable frequencies and bands are dictated by individual country regulations) 5170 - 5320 MHz 5520 - 5980 MHz
NUMBER OF RADIO's	Two (2) independent radios 2x2:2 (each 2 streams), 4 streams total (4X4 MIMO)
CHANNEL SIZES	Dual independent channels, each channel configurable as 10, 20, 40 & 80 MHz
SPECTRAL EFFICIENCY	8.5 bps/Hz maximum
CHANNEL SELECTION	Fixed frequency or Dynamic Channel Selection (DCS)
MAXIMUM TRANSMIT POWER	Up to 26 dBm
SYSTEM GAIN	Up to 173 dB with Integrated Antenna
MODULATION	MCS 0 to MCS 9 (256 QAM 5/6)
DUPLEX SCHEME	Time Division Duplex (TDD) Multiple transmit/receive duty cycles
ANTENNA	Integrated Flat panel: 23 dBi Connectorized: Single or Dual-polarity antennas using 2xN-type connectors
RANGE	Up to 122 miles (200 km)
UL/DL Ratio supported	50:50 , 70:30 and 75:25
SECURITY	FIPS 197 compliant 128-bit AES Encryption Factory mode recovery
ETHERNET BRIDGING	
LATENCY	3 ms one direction
PACKET CLASSIFICATION	Layer 2 and Layer 3 IEEE 802.1p, Ethernet priority, VLAN
QUALITY OF SERVICE	3 Level of QoS
MAX PACKET SIZE	1700 Bytes
TDD Sync	Supports CMM5 and cnPulse
FLEXIBLE I/O	1 Gigabit Port: Data + PoE power input 1 SFP port (single-mode fiber, multi-mode fiber, and copper Gigabit Ethernet options available)
MANAGEMENT	
NETWORK MANAGEMENT	In-Band management and Out-Band Management
SYSTEM MANAGEMENT	IPv6/IPv4 dual-stack management support SNMPv2 and SNMPv3, https, WPA-PSK2 Online spectrum analyzer (no impact on payload traffic) cnMaestro supported
INSTALLATION	Built-in e-alignment using GUI on radio to assist in installation

Anexo 2: Tablas de resultados de la simulación de los 11 enlaces

Tabla 1. Reporte de Simulación Caja- Cuticsa Caja Cuticsa

Hant Tx Caja	10m	15m	17m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Cuticsa	Rx Level (dBm)													
10	-71.30	-71.60	-71.80	-72.00	-72.40	-72.80	-73.20	-73.60	-74.00	-74.30	-74.70	-75.10	-75.40	-75.70
11	-72.70	-73.00	-73.00	-73.20	-73.40	-73.50	-73.60	-73.70	-73.80	-73.90	-74.80	-74.00	-74.10	-74.20
12	-71.30	-71.40	-71.50	-71.60	-71.80	-72.60	-72.30	-72.60	-72.90	-73.30	-73.70	-74.10	-74.60	-75.10
13	-72.10	-72.50	-72.70	-71.80	-73.40	-73.80	-74.10	-74.30	-74.40	-74.50	-74.60	-74.60	-74.60	-74.60
14	-71.70	-71.70	-71.80	-71.80	-71.90	-72.10	-72.40	-72.70	-73.00	-73.50	-73.90	-74.40	-75.00	-75.50
15	-72.50	-72.90	-73.10	-73.30	-73.70	-73.90	-73.90	-74.00	-73.90	-73.90	-73.90	-73.90	-74.00	-74.20
16	-71.20	-71.50	-71.60	-71.80	-72.50	-72.70	-73.20	-73.80	-74.30	-74.80	-75.20	-75.40	-75.50	-75.50
17	-72.60	-72.60	-72.50	-73.30	-72.40	-72.40	-72.50	-72.80	-73.10	-73.50	-74.00	-74.60	-75.20	-75.80
18	-72.80	-73.20	-73.40	-73.60	-73.70	-73.60	-73.50	-73.40	-73.40	-73.40	-73.60	-73.90	-74.30	-74.80
19	-71.80	-71.90	-72.60	-73.00	-73.60	-74.10	-74.30	-74.40	-74.30	-74.10	-74.00	-74.00	-74.10	-74.40
20	-73.10	-71.80	-72.00	-72.40	-73.00	-73.70	-74.30	-74.70	-74.80	-74.70	-74.50	-74.40	-75.80	-74.40
Promedio	-72.10	-72.19	-72.36	-72.53	-72.89	-73.20	-73.39	-73.64	-73.81	-73.99	-74.26	-74.40	-74.78	-74.93
desv. media	0.58	0.59	0.57	0.68	0.63	0.62	0.61	0.56	0.52	0.44	0.45	0.38	0.54	0.54

Tabla 2. Reporte de Simulación Chilcapite –REP2 408

Hant Tx Chilcapite	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	41m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: REP2 408	Rx Level (dBm)													
19	-62.10	-52.60	-53.60	-54.60	-54.70	-53.70	-55.40	-55.50	-55.00	-54.50	-56.30	-55.50	-55.40	-57.10
20	-61.90	-52.70	-53.60	-54.60	-54.70	-54.80	-55.60	-54.90	-54.20	-55.00	-56.30	-55.00	-56.10	-56.70
21	-61.80	-52.80	-53.60	-54.60	-54.70	-55.40	-54.60	-54.30	-54.40	-56.00	-54.80	-56.20	-56.90	-55.50
22	-61.50	-52.80	-53.60	-54.60	-54.60	-54.90	-54.00	-54.80	-55.80	-55.40	-54.90	-56.70	-55.60	-56.10
23	-61.20	-52.90	-53.70	-54.50	-54.60	-53.90	-55.10	-55.50	-55.60	-54.90	-56.60	-55.90	-55.50	-57.30
24	-61.10	-52.90	-53.70	-54.50	-54.60	-54.40	-55.20	-55.60	-54.40	-55.60	-56.20	-55.50	-56.90	-56.20
25	-60.80	-53.00	-53.70	-54.50	-54.50	-55.60	-54.20	-54.40	-54.90	-56.40	-55.00	-56.20	-56.60	-56.30
26	-60.00	-53.00	-53.70	-54.50	-54.50	-54.20	-54.90	-55.40	-56.00	-54.80	-55.50	-56.10	-55.70	-57.50
27	-60.40	-53.10	-53.70	-54.50	-54.50	-54.30	-55.70	-56.00	-55.40	-54.90	-56.50	-55.30	-57.10	-57.10
28	-60.40	-53.20	-53.70	-54.50	-54.40	-55.00	-55.00	-55.30	-54.60	-56.60	-55.70	-55.70	-57.20	-55.80
29	-60.40	-53.30	-53.70	-54.50	-54.40	-55.80	-54.50	-54.40	-56.30	-55.30	-55.20	-56.90	-55.60	-57.50
30	-60.40	-53.30	-53.80	-54.40	-54.40	-54.60	-55.70	-55.40	-56.30	-54.90	-56.90	-56.20	-56.00	-56.90
31	-60.40	-53.30	-53.80	-54.40	-54.30	-54.40	-56.20	-55.60	-55.00	-55.80	-56.50	-55.50	-57.40	-56.20
32	-60.40	-53.40	-53.80	-54.40	-54.30	-56.00	-55.20	-54.60	-55.10	-56.70	-55.30	-56.90	-55.90	-56.40
33	-60.40	-53.50	-53.80	-54.40	-54.30	-54.80	-55.10	-55.60	-56.40	-55.10	-56.90	-56.10	-56.50	-57.40
Promedio	-60.88	-53.05	-53.70	-54.50	-54.50	-54.79	-55.09	-55.15	-55.29	-55.46	-55.91	-55.98	-56.29	-56.67
desv. media	0.58	0.23	0.05	0.05	0.12	0.53	0.45	0.47	0.63	0.58	0.66	0.46	0.61	0.56

Tabla 3. Reporte de Simulación Chincho – Ccaccas

Hant Tx Chincho	10m	14m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Ccaccas	Rx Level (dBm)													
10	-47.90	-48.80	-48.10	-48.50	-50.30	-48.90	-49.20	-49.30	-50.70	-50.10	-51.80	-51.70	-51.10	-50.80
11	-47.90	-48.90	-48.10	-48.50	-50.30	-48.90	-49.30	-49.40	-50.40	-50.40	-51.70	-50.40	-50.90	-52.00
12	-48.00	-49.10	-48.20	-48.50	-50.30	-48.90	-49.50	-49.50	-50.20	-50.70	-51.90	-51.80	-51.10	-50.90
13	-48.00	-49.20	-48.30	-48.50	-50.20	-49.00	-49.70	-49.70	-50.00	-51.10	-51.90	-51.20	-51.50	-51.00
14	-48.00	-49.30	-48.30	-48.50	-50.10	-49.10	-50.00	-50.00	-49.90	-51.40	-51.80	-52.00	-50.80	-51.30
15	-48.10	-49.40	-48.40	-48.60	-50.10	-49.20	-50.30	-50.30	-49.80	-51.70	-51.50	-51.70	-51.50	-52.30
16	-48.10	-49.60	-48.50	-48.60	-50.00	-49.30	-50.50	-50.60	-49.90	-51.80	-51.20	-51.40	-52.60	-52.80
17	-48.20	-49.70	-48.60	-48.70	-49.90	-49.50	-50.80	-50.90	-50.00	-51.80	-50.90	-51.10	-52.50	-51.20
18	-48.20	-49.80	-48.70	-48.70	-49.80	-49.70	-51.00	-51.10	-50.10	-51.70	-50.70	-50.90	-52.10	-52.80
19	-48.30	-49.90	-48.80	-48.80	-49.70	-49.90	-51.20	-51.40	-50.40	-51.50	-50.60	-50.80	-52.00	-52.40
20	-48.30	-50.00	-48.90	-48.90	-49.60	-50.10	-51.30	-51.50	-50.70	-51.20	-50.60	-50.80	-51.40	-52.80
21	-48.40	-50.10	-49.00	-49.10	-49.50	-50.40	-51.30	-51.60	-51.00	-51.00	-50.70	-51.00	-51.20	-53.10
22	-48.40	-50.20	-49.10	-49.20	-49.40	-50.60	-51.30	-51.60	-51.30	-50.70	-50.90	-51.30	-51.20	-53.10
23	-48.50	-50.30	-49.30	-49.30	-49.40	-50.80	-51.20	-51.50	-51.60	-50.60	-51.20	-51.70	-51.30	-52.80
Promedio	-48.16	-49.59	-48.59	-48.74	-49.90	-49.59	-50.47	-50.60	-50.43	-51.12	-51.24	-51.27	-51.51	-52.09
desv. media	0.16	0.41	0.32	0.23	0.29	0.56	0.69	0.77	0.45	0.46	0.45	0.39	0.45	0.77

Tabla 4. Reporte de Simulación Conayca – REP1 305

Hant Tx Conayca	10m	15m	20m	25m	30m	35m	39m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: REP1 305	Rx Level (dBm)													
29	-66.70	-52.00	-52.10	-52.70	-52.80	-52.80	-54.20	-54.20	-54.10	-54.60	-53.80	-54.40	-54.80	-54.70
30	-66.40	-52.00	-52.20	-52.80	-53.00	-52.80	-54.00	-54.00	-54.30	-54.50	-53.80	-54.70	-55.20	-55.00
31	-66.10	-52.10	-52.30	-53.00	-53.10	-52.80	-53.90	-53.90	-54.60	-54.20	-54.00	-55.00	-55.40	-55.40
32	-65.70	-52.10	-52.40	-53.10	-53.30	-52.90	-53.80	-53.80	-54.80	-54.10	-54.20	-55.40	-55.90	-55.60
33	-65.40	-52.10	-52.50	-53.20	-53.40	-53.10	-53.70	-53.70	-55.00	-53.90	-54.50	-55.70	-56.20	-56.20
34	-65.00	-52.20	-52.60	-53.40	-53.60	-53.20	-53.60	-53.60	-55.20	-53.90	-54.80	-56.00	-56.20	-56.50
35	-64.60	-52.20	-52.70	-53.50	-53.70	-53.40	-53.50	-53.50	-55.30	-53.80	-55.00	-56.10	-56.20	-56.50
36	-64.20	-52.20	-52.80	-53.60	-53.90	-53.60	-53.40	-53.50	-55.30	-53.80	-55.50	-56.00	-56.00	-56.40
37	-64.00	-52.30	-52.80	-53.80	-54.10	-53.70	-53.40	-53.40	-55.30	-54.00	-55.70	-55.90	-55.70	-56.20
38	-63.50	-52.30	-53.00	-53.90	-54.30	-54.00	-53.40	-53.50	-55.20	-54.10	-55.90	-55.60	-55.40	-55.90
39	-62.80	-52.30	-53.10	-54.10	-54.50	-54.20	-53.50	-53.50	-55.10	-54.20	-56.00	-55.40	-55.20	-55.70
40	-62.40	-52.40	-53.10	-54.30	-54.60	-54.30	-53.50	-53.60	-54.90	-54.60	-56.00	-55.10	-55.00	-55.30
41	-61.70	-52.40	-53.30	-54.40	-54.70	-54.50	-53.60	-53.70	-54.70	-54.80	-55.90	-54.90	-54.90	-55.20
42	-59.80	-52.50	-53.40	-54.50	-54.90	-54.80	-53.80	-53.90	-54.60	-55.10	-55.70	-54.80	-54.90	-55.20
43	-59.80	-52.50	-53.50	-54.60	-54.90	-55.00	-53.90	-54.10	-54.40	-55.40	-55.40	-54.70	-55.10	-55.30
Promedio	-63.87	-52.24	-52.79	-53.66	-53.92	-53.67	-53.68	-53.73	-54.85	-54.33	-55.08	-55.31	-55.47	-55.67
desv. media	1.77	0.14	0.36	0.53	0.61	0.64	0.21	0.21	0.33	0.40	0.73	0.48	0.45	0.49

Tabla 5. Reporte de Simulación Congalla - Curimaray

Hant Tx Congalla	10m	15m	20m	21m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Curimaray	Rx Level (dBm)													
33	-65.40	-52.10	-53.50	-54.00	-53.30	-53.50	-53.10	-53.60	-54.40	-54.70	-97.80	-54.70	-55.20	-55.00
34	-65.00	-52.20	-52.60	-54.00	-53.40	-53.60	-53.20	-53.60	-54.70	-54.50	-97.70	-55.10	-55.60	-55.40
35	-64.60	-52.20	-52.70	-54.10	-53.60	-53.80	-53.40	-53.50	-54.90	-54.30	-97.70	-55.40	-56.00	-55.80
36	-64.20	-52.20	-52.80	-54.20	-53.70	-54.00	-53.60	-53.50	-55.10	-54.20	-97.70	-55.80	-56.30	-56.20
37	-64.00	-52.30	-52.90	-54.20	-53.90	-54.20	-53.80	-53.40	-55.30	-54.10	-97.60	-56.00	-56.40	-56.50
38	-63.50	-52.30	-53.00	-54.30	-54.00	-54.30	-54.00	-53.50	-55.40	-54.00	-97.60	-56.20	-56.40	-56.70
39	-62.80	-52.40	-53.10	-54.30	-54.10	-54.50	-54.20	-53.50	-55.50	-54.00	-97.60	-56.20	-56.20	-56.70
40	-62.10	-52.40	-53.10	-54.30	-54.30	-54.60	-54.40	-53.60	-55.50	-54.10	-97.50	-56.10	-56.00	-56.50
41	-61.20	-52.40	-53.30	-54.40	-54.40	-54.70	-54.60	-53.70	-55.40	-54.20	-97.50	-55.90	-55.70	-56.20
42	-59.80	-52.50	-53.40	-54.40	-54.50	-54.90	-54.80	-53.90	-55.30	-54.40	-97.50	-55.60	-55.40	-55.80
43	-59.80	-52.50	-53.50	-54.40	-54.60	-54.90	-55.00	-54.10	-55.10	-54.60	-97.40	-55.40	-55.20	-55.60
44	-59.70	-52.60	-53.60	-54.40	-54.70	-55.00	-55.10	-54.30	-55.00	-54.90	-97.40	-55.20	-55.10	-55.40
45	-59.70	-52.60	-53.70	-54.40	-54.80	-55.00	-55.20	-54.50	-54.80	-55.20	-97.40	-55.00	-55.10	-55.30
46	-59.70	-52.60	-53.80	-54.40	-54.80	-55.10	-55.30	-54.60	-54.60	-55.50	-97.30	-54.90	-55.20	-55.40
47	-59.70	-52.70	-54.00	-54.40	-54.90	-55.10	-55.40	-55.00	-54.50	-55.80	-97.30	-54.90	-55.40	-55.60
Promedio	-62.08	-52.40	-53.27	-54.28	-54.20	-54.48	-54.34	-53.89	-55.03	-54.57	-97.53	-55.49	-55.68	-55.87
desv. media	1.99	0.15	0.36	0.12	0.45	0.46	0.68	0.41	0.31	0.44	0.13	0.45	0.43	0.47

Tabla 6. Reporte de Simulación Congalla – Lecclespampa

Hant Tx Congalla	10m	15m	17m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Lecclespampa	Rx Level (dBm)													
15	-53.30	-54.70	-54.40	-53.60	-53.80	-55.40	-54.20	-54.80	-56.00	-54.70	-56.40	-55.70	-56.10	-57.00
16	-53.80	-54.50	-53.90	-53.30	-54.40	-55.20	-54.00	-55.50	-55.50	-54.90	-56.70	-55.30	-56.90	-56.30
17	-54.30	-54.00	-53.50	-53.30	-55.00	-54.70	-54.10	-56.00	-54.90	-55.50	-56.40	-55.40	-57.30	-55.80
18	-54.60	-53.60	-53.20	-53.40	-55.30	-54.20	-54.60	-56.00	-54.60	-56.20	-55.70	-55.60	-57.00	-55.90
19	-54.50	-53.20	-53.30	-54.10	-55.20	-53.90	-55.30	-55.50	-54.70	-56.60	-55.30	-56.60	-56.30	-56.60
20	-54.00	-53.20	-53.60	-54.80	-54.80	-54.00	-55.80	-54.90	-55.30	-56.40	-55.20	-57.00	-55.80	-57.40
21	-53.60	-53.40	-54.10	-55.20	-54.20	-54.40	-55.90	-54.50	-56.00	-55.80	-55.60	-57.00	-55.80	-57.60
22	-53.20	-53.90	-54.80	-55.20	-53.90	-55.00	-55.50	-54.60	-56.50	-55.20	-56.40	-56.30	-56.30	-57.30
23	-53.10	-54.60	-55.20	-54.80	-53.90	-55.70	-54.90	-55.10	-56.40	-55.10	-56.80	-55.80	-57.10	-56.60
24	-53.30	-55.10	-55.10	-54.20	-54.20	-55.90	-54.50	-55.80	-55.80	-55.40	-57.00	-55.70	-57.60	-56.20
25	-53.70	-55.10	-54.70	-53.80	-54.80	-55.50	-54.50	-56.40	-55.20	-56.20	-56.40	-56.10	-57.30	-56.40
26	-54.40	-54.80	-54.10	-53.70	-55.50	-54.90	-54.80	-56.40	-55.00	-56.80	-55.80	-56.90	-56.60	-57.10
27	-54.90	-54.20	-53.80	-54.00	-55.80	-54.50	-55.50	-55.90	-55.20	-57.00	-55.50	-57.30	-56.10	-57.50
28	-55.10	-53.80	-53.70	-54.60	-55.50	-54.30	-56.20	-55.20	-55.90	-56.40	-55.90	-57.40	-56.20	-58.00
29	-54.80	-53.60	-54.00	-55.30	-55.00	-54.70	-56.30	-54.90	-56.70	-55.80	-56.60	-56.70	-56.80	-57.30
Promedio	-54.04	-54.11	-54.09	-54.22	-54.75	-54.82	-55.07	-55.43	-55.58	-55.87	-56.11	-56.32	-56.61	-56.87
desv. media	0.58	0.56	0.50	0.61	0.55	0.51	0.66	0.54	0.57	0.60	0.51	0.62	0.49	0.57

Tabla 7. Reporte de Simulación Huanca Huanca – Punchaypampa

Hant Tx Huanca Huanca	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	41m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Punchaypampa	Rx Level (dBm)													
10	-69.00	-65.00	-64.40	-65.60	-66.50	-66.70	-66.90	-66.80	-66.20	-65.80	-66.30	-67.60	-68.20	-67.40
11	-68.90	-65.00	-64.50	-65.60	-66.50	-66.80	-66.30	-65.80	-65.60	-66.20	-67.50	-67.90	-67.10	-66.80
12	-68.80	-65.00	-64.60	-65.50	-66.60	-66.80	-66.20	-65.40	-66.00	-67.30	-67.70	-66.90	-66.60	-67.60
13	-68.80	-65.00	-64.60	-65.50	-66.60	-66.80	-66.10	-65.50	-67.20	-67.40	-66.60	-66.40	-67.40	-68.60
14	-68.70	-65.00	-64.70	-65.40	-66.60	-66.80	-66.00	-65.50	-67.10	-66.30	-66.20	-67.30	-68.40	-67.90
15	-68.60	-65.10	-64.80	-65.40	-66.60	-66.80	-65.90	-65.70	-66.10	-66.10	-67.20	-68.20	-67.60	-67.00
16	-68.60	-65.10	-64.90	-65.40	-66.50	-66.70	-65.80	-65.80	-65.90	-67.10	-68.00	-67.30	-66.80	-67.70
17	-68.50	-65.10	-65.00	-65.30	-66.50	-66.60	-65.80	-66.00	-66.90	-67.80	-67.00	-66.60	-67.60	-68.80
18	-68.40	-65.10	-65.10	-65.30	-66.50	-66.60	-65.80	-66.10	-67.20	-66.70	-66.40	-67.50	-68.60	-67.90
19	-68.40	-65.10	-65.30	-65.30	-66.40	-66.50	-65.70	-66.30	-67.40	-66.20	-67.40	-68.40	-67.60	-67.20
20	-68.30	-65.10	-65.40	-65.30	-66.30	-66.40	-65.80	-66.60	-67.60	-67.30	-68.20	-67.30	-67.00	-68.30
Promedio	-68.64	-65.05	-64.85	-65.42	-66.51	-66.68	-66.03	-65.95	-66.65	-66.75	-67.14	-67.40	-67.54	-67.75
desv. media	0.19	0.05	0.27	0.10	0.07	0.11	0.25	0.37	0.63	0.58	0.58	0.47	0.51	0.50

Tabla 8. Reporte de Simulación Incapacchan - Huaraccopata

Hant Tx Incapacchan	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Huaraccopata	Rx Level (dBm)												
10	-55.70	-55.40	-55.20	-55.70	-56.90	-57.70	-56.90	-56.50	-57.90	-58.30	-57.20	-58.70	-58.60
11	-55.60	-55.30	-55.30	-55.90	-57.20	-57.60	-56.70	-56.60	-58.30	-58.00	-57.30	-59.10	-58.20
12	-55.60	-55.30	-55.30	-56.10	-57.40	-57.50	-56.50	-56.90	-58.50	-57.70	-57.50	-59.30	-58.00
13	-55.50	-55.20	-55.40	-56.40	-57.60	-57.30	-56.40	-57.20	-58.60	-57.40	-57.90	-59.20	-57.90
14	-55.40	-55.20	-55.60	-56.70	-57.70	-57.00	-56.40	-57.60	-58.50	-57.30	-58.40	-58.90	-58.00
15	-55.30	-55.20	-55.70	-56.90	-57.70	-56.80	-56.50	-58.00	-58.30	-57.20	-58.80	-58.50	-58.30
16	-55.30	-55.30	-55.90	-57.20	-57.60	-56.60	-56.70	-58.30	-58.00	-57.30	-59.20	-58.20	-58.80
17	-55.20	-55.30	-56.20	-57.40	-57.40	-56.50	-57.00	-58.50	-57.60	-57.60	-59.30	-57.90	-59.30
18	-55.20	-55.40	-56.40	-57.60	-57.20	-56.40	-57.30	-58.60	-57.40	-58.00	-59.20	-57.90	-59.80
19	-55.20	-55.60	-56.70	-57.70	-57.00	-56.40	-57.70	-58.50	-57.20	-58.50	-58.80	-58.00	-59.90
20	-55.20	-55.80	-57.00	-57.70	-56.80	-56.50	-58.10	-58.20	-57.20	-58.90	-58.40	-58.40	-59.70
21	-55.30	-56.00	-57.20	-57.60	-56.60	-56.70	-58.40	-57.90	-57.40	-59.20	-58.10	-58.90	-59.30
22	-55.40	-56.20	-57.50	-57.40	-56.50	-57.00	-58.60	-57.60	-57.70	-59.30	-57.90	-59.40	-58.80
23	-55.50	-56.50	-57.60	-57.20	-56.40	-57.40	-58.60	-57.30	-58.10	-59.10	-57.90	-59.80	-58.50
Promedio	-55.39	-55.55	-56.21	-56.96	-57.14	-56.96	-57.27	-57.69	-57.91	-58.13	-58.28	-58.73	-58.79
desv. media	0.14	0.34	0.73	0.58	0.38	0.40	0.72	0.59	0.42	0.65	0.59	0.50	0.58

Tabla 9. Reporte de Simulación Mashuayllo – San Jose de Aymara

Hant Tx Mashuayllo	10m	15m	20m	25m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	59m	60m	65m	70m
Hant Rx: San Jose de Aymara	Rx Level (dBm)													
52	-99.00	-90.60	-73.90	-71.10	-68.70	-67.70	-67.60	-69.10	-69.00	-68.50	-70.20	-69.90	-69.20	-69.50
53	-98.60	-90.30	-73.70	-71.00	-68.60	-67.70	-67.60	-69.20	-68.90	-68.70	-70.20	-69.80	-69.50	-69.30
54	-98.40	-89.40	-73.60	-70.80	-68.50	-67.70	-67.70	-69.40	-68.90	-68.90	-70.10	-69.70	-69.70	-69.30
55	-97.70	-89.10	-73.40	-70.70	-68.40	-67.70	-67.80	-69.50	-68.80	-69.10	-70.10	-69.60	-69.90	-69.20
56	-97.40	-88.10	-73.30	-70.60	-68.30	-67.70	-67.90	-69.60	-68.70	-69.30	-70.00	-69.40	-70.20	-69.20
57	-96.90	-87.40	-73.20	-70.50	-68.40	-67.70	-68.00	-69.70	-68.70	-69.50	-69.80	-69.30	-70.50	-69.30
58	-96.50	-86.70	-73.10	-70.40	-68.40	-67.70	-68.10	-69.80	-68.60	-69.70	-69.70	-69.20	-70.70	-69.40
59	-96.00	-85.90	-72.90	-70.20	-68.40	-67.80	-68.30	-69.90	-68.60	-69.90	-69.60	-69.10	-70.80	-69.60
60	-95.60	-85.50	-72.70	-70.20	-68.40	-67.80	-68.40	-69.90	-68.50	-70.10	-69.40	-69.10	-70.90	-69.60
61	-95.10	-84.20	-72.60	-70.10	-68.40	-67.80	-68.50	-69.90	-68.50	-70.30	-69.30	-69.00	-71.00	-70.00
62	-94.60	-83.20	-72.50	-69.90	-68.40	-67.80	-68.70	-69.90	-68.50	-70.50	-69.20	-69.00	-70.90	-70.30
63	-94.10	-82.20	-72.30	-69.80	-68.40	-67.90	-68.80	-69.90	-68.60	-70.60	-69.20	-69.10	-70.80	-70.50
64	-93.60	-81.00	-72.20	-69.70	-68.40	-67.90	-69.00	-69.90	-68.60	-70.60	-69.20	-69.20	-70.70	-70.80
65	-93.10	-79.50	-72.10	-69.60	-68.30	-67.90	-69.10	-69.80	-68.70	-70.70	-69.20	-69.30	-70.50	-71.10
Promedio	-96.19	-85.94	-72.96	-70.33	-68.43	-67.77	-68.25	-69.68	-68.69	-69.74	-69.66	-69.34	-70.38	-69.79
desv. media	1.60	2.86	0.49	0.40	0.07	0.07	0.44	0.23	0.13	0.64	0.36	0.25	0.48	0.53

Tabla 10. Reporte de Simulación REP1 304 – Ayacocha

Hant Tx REP1 304	10m	15m	20m	25m	29m	30m	35m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: Ayacocha	Rx Level (dBm)													
22	-64.00	-64.00	-64.90	-66.10	-66.10	-65.90	-65.10	-65.50	-67.00	-66.90	-66.00	-67.00	-68.10	-66.90
23	-63.80	-64.20	-65.50	-66.20	-65.60	-65.40	-65.00	-66.10	-67.20	-66.30	-66.10	-67.70	-67.60	-66.80
24	-63.80	-64.70	-65.80	-65.80	-65.10	-65.00	-65.30	-66.80	-66.80	-65.90	-66.70	-68.00	-66.90	-67.20
25	-64.10	-65.30	-66.10	-65.30	-64.80	-64.80	-65.90	-67.10	-66.20	-65.90	-67.50	-67.50	-66.60	-68.10
26	-64.50	-65.80	-65.80	-64.90	-64.80	-65.10	-66.60	-66.80	-65.70	-66.50	-67.90	-66.80	-67.00	-68.60
27	-64.80	-65.90	-65.20	-64.70	-65.40	-65.70	-66.90	-66.10	-65.70	-67.30	-67.50	-66.50	-67.80	-68.30
28	-65.60	-65.70	-64.80	-64.90	-66.00	-66.40	-66.70	-65.60	-66.20	-67.70	-66.70	-66.70	-68.50	-67.40
29	-65.80	-65.20	-64.60	-65.40	-66.60	-66.80	-66.10	-65.60	-67.00	-67.40	-66.30	-67.60	-68.20	-67.10
30	-65.80	-64.70	-64.70	-66.10	-66.70	-66.60	-65.50	-66.00	-67.60	-66.70	-66.50	-68.30	-67.40	-67.40
31	-65.60	-64.40	-64.90	-66.60	-66.30	-66.00	-65.40	-66.80	-67.60	-66.20	-67.30	-68.10	-66.90	-68.40
32	-65.10	-64.50	-65.90	-66.50	-65.60	-65.40	-65.80	-67.40	-66.60	-66.30	-68.10	-67.30	-67.00	-68.90
33	-64.60	-65.00	-66.40	-66.00	-65.20	-65.30	-66.50	-67.30	-66.10	-67.00	-68.10	-66.80	-68.10	-68.40
34	-64.30	-65.70	-66.40	-65.40	-65.30	-65.60	-67.20	-66.60	-66.10	-67.90	-67.30	-67.00	-68.80	-67.50
35	-64.30	-66.20	-65.90	-65.10	-65.90	-66.30	-67.20	-66.00	-66.80	-68.00	-66.70	-67.80	-68.40	-67.40
Promedio	-64.72	-65.09	-65.49	-65.64	-65.67	-65.74	-66.09	-66.41	-66.61	-66.86	-67.05	-67.36	-67.66	-67.74
desv. media	0.62	0.59	0.55	0.54	0.51	0.51	0.66	0.56	0.53	0.60	0.62	0.49	0.61	0.61

Tabla 11. Reporte de Simulación REP1 305 – REP2 404

Hant Tx REP1 305	10m	15m	20m	25m	30m	35m	39m	40m	45m	50m	55m	60m	65m	70m
Hant Rx: REP2 404	Rx Level (dbm)													
18	-72.00	-52.80	-53.30	-53.20	-52.20	-53.90	-53.10	-54.40	-53.30	-54.20	-53.80	-55.40	-54.40	-54.20
19	-71.90	-52.90	-53.30	-53.40	-52.20	-54.00	-52.70	-53.80	-53.00	-54.90	-53.60	-54.70	-55.60	-55.00
20	-71.80	-52.90	-53.30	-53.50	-52.30	-54.20	-53.50	-52.90	-54.10	-54.00	-54.70	-53.80	-55.10	-56.00
21	-71.60	-52.90	-53.30	-53.60	-52.30	-54.30	-54.50	-53.10	-54.80	-53.30	-55.20	-54.40	-54.10	-55.00
22	-71.50	-52.90	-53.30	-53.70	-52.40	-54.40	-53.90	-54.30	-53.80	-54.10	-54.10	-55.60	-54.60	-54.40
23	-71.40	-53.00	-53.30	-53.80	-52.50	-54.40	-52.90	-54.50	-53.20	-55.20	-53.70	-54.90	-55.90	-55.40
24	-71.30	-53.00	-53.30	-53.90	-52.60	-54.40	-53.20	-53.40	-53.90	-54.40	-54.80	-54.00	-55.20	-56.20
25	-71.10	-53.00	-53.30	-54.00	-52.70	-54.40	-54.40	-53.10	-55.00	-53.50	-55.50	-54.60	-54.30	-55.00
26	-71.00	-53.00	-53.30	-54.10	-52.80	-54.30	-54.50	-54.00	-54.90	-54.10	-54.40	-55.80	-55.00	-54.60
27	-70.90	-53.10	-53.30	-54.10	-52.90	-54.20	-53.40	-54.90	-53.40	-55.30	-53.90	-55.10	-56.10	-55.90
28	-70.70	-53.10	-53.30	-54.20	-53.10	-54.10	-53.20	-54.00	-53.80	-54.80	-54.20	-54.20	-55.30	-56.20
29	-70.60	-53.10	-53.30	-54.20	-53.30	-54.00	-54.20	-53.20	-55.00	-53.80	-55.70	-54.80	-54.50	-55.00
30	-70.50	-53.10	-53.30	-54.20	-53.40	-53.90	-55.00	-53.80	-54.90	-54.10	-54.70	-56.00	-55.30	-55.00
Promedio	-71.25	-52.98	-53.30	-53.84	-52.67	-54.19	-53.73	-53.80	-54.08	-54.28	-54.48	-54.87	-55.03	-55.22
desv. media	0.42	0.08	0.00	0.28	0.34	0.16	0.63	0.51	0.64	0.49	0.57	0.55	0.51	0.55

Anexo 3: Tablas de Curvas generadas de resultados 11 enlaces

1. Enlace Caja Cuticsa

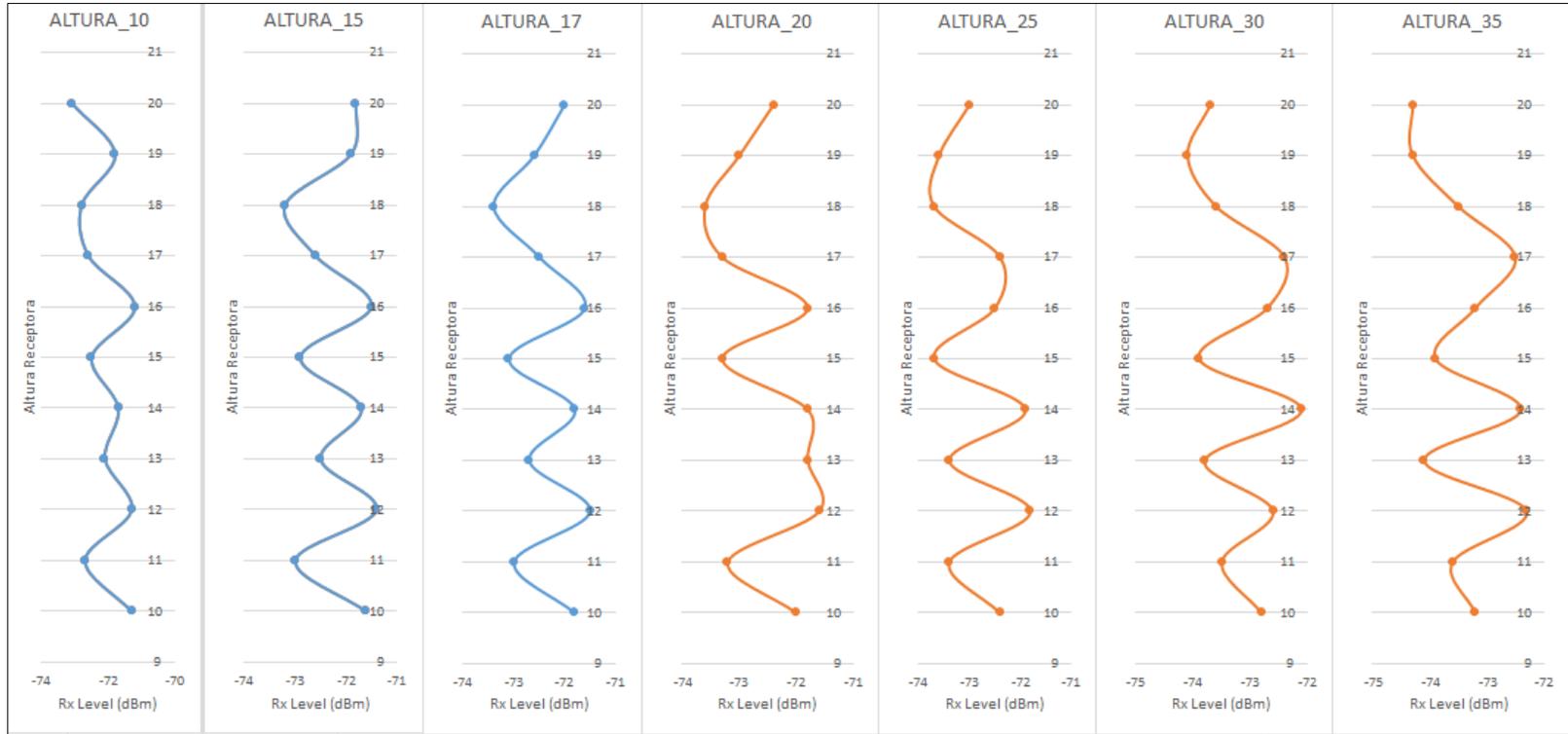


Figura 1. Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa Altura Tx 10-35 m

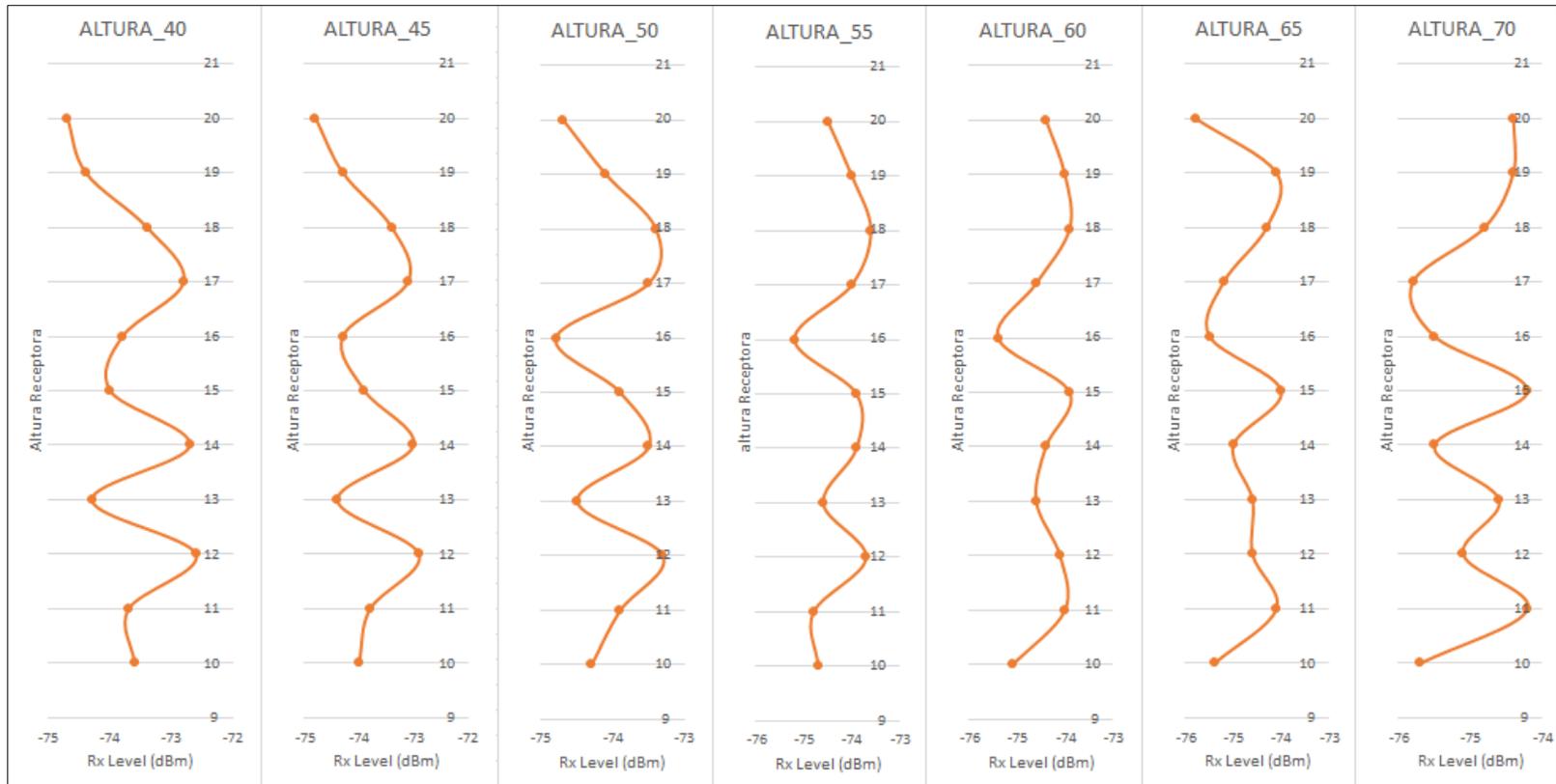


Figura 2 Curvas generadas del enlace Caja- Cuticsa Altura Tx 40-70 m

2. Enlace Chilcapite –REP2 408

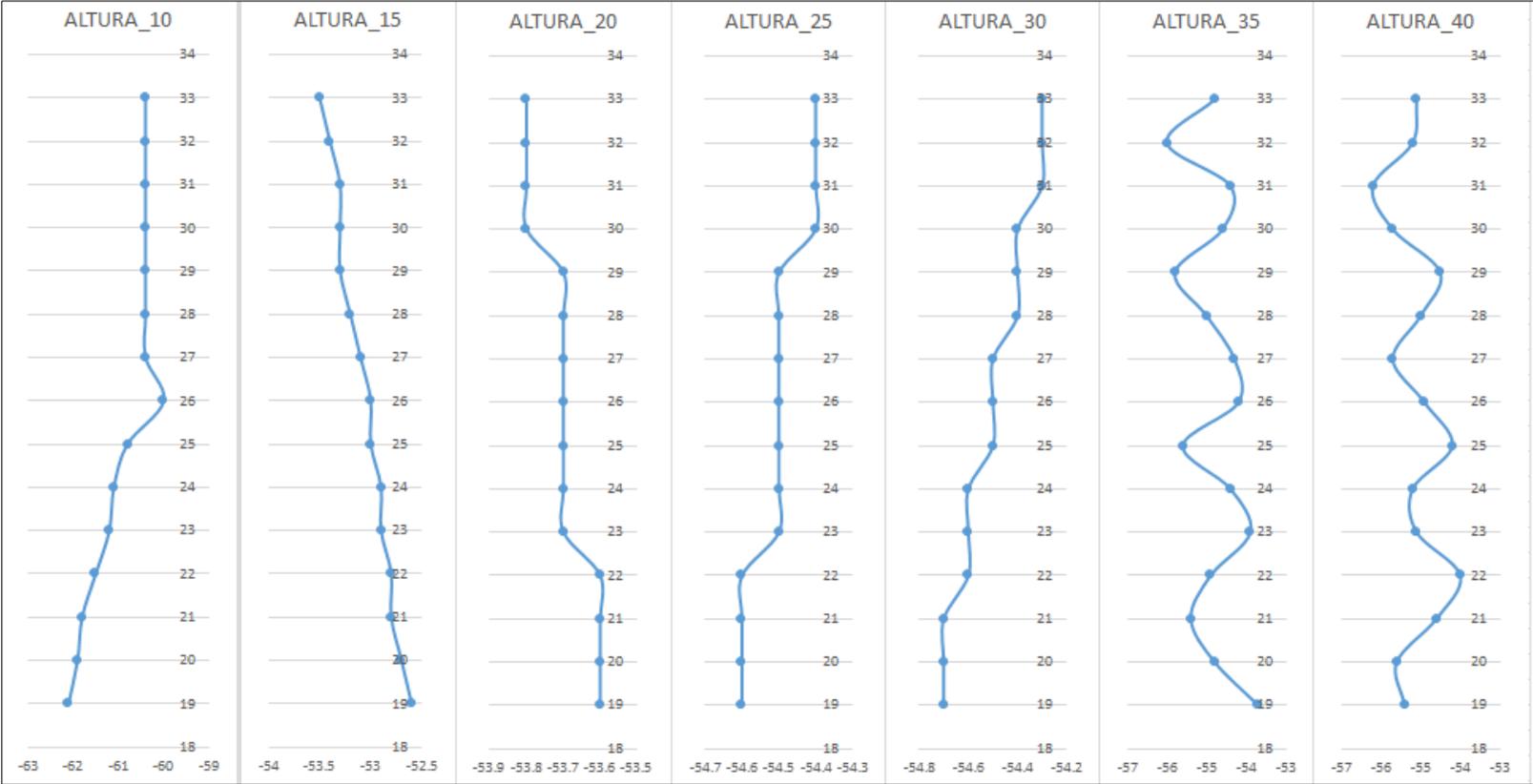


Figura 3 Curvas generadas del enlace Chilcapite –REP2 408 Altura Tx 10-40 m

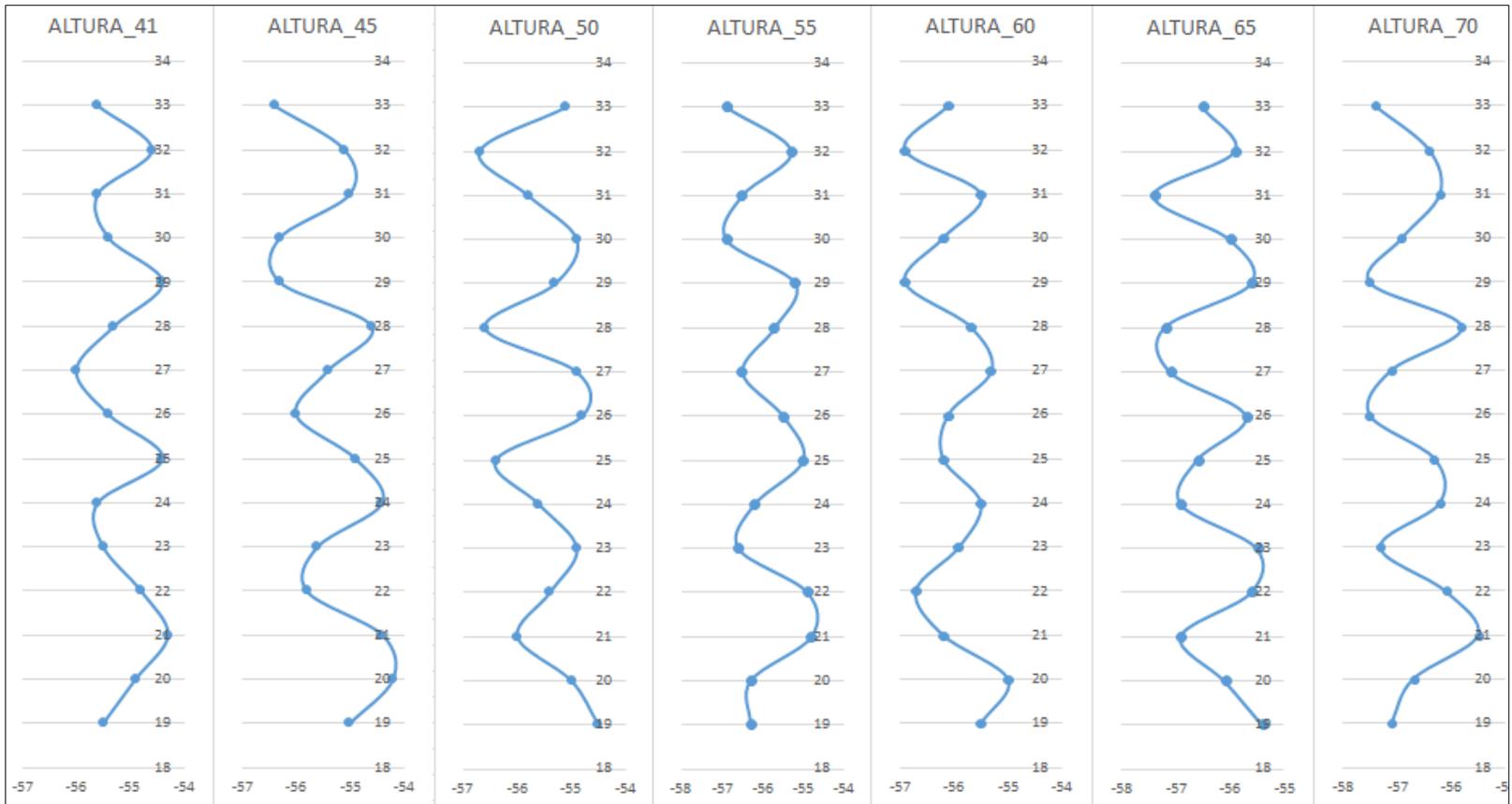


Figura 4. Curvas generadas del enlace Chilcapite –REP2 408 Altura Tx 41-70 m

3. Enlace Chincho – Ccaccas

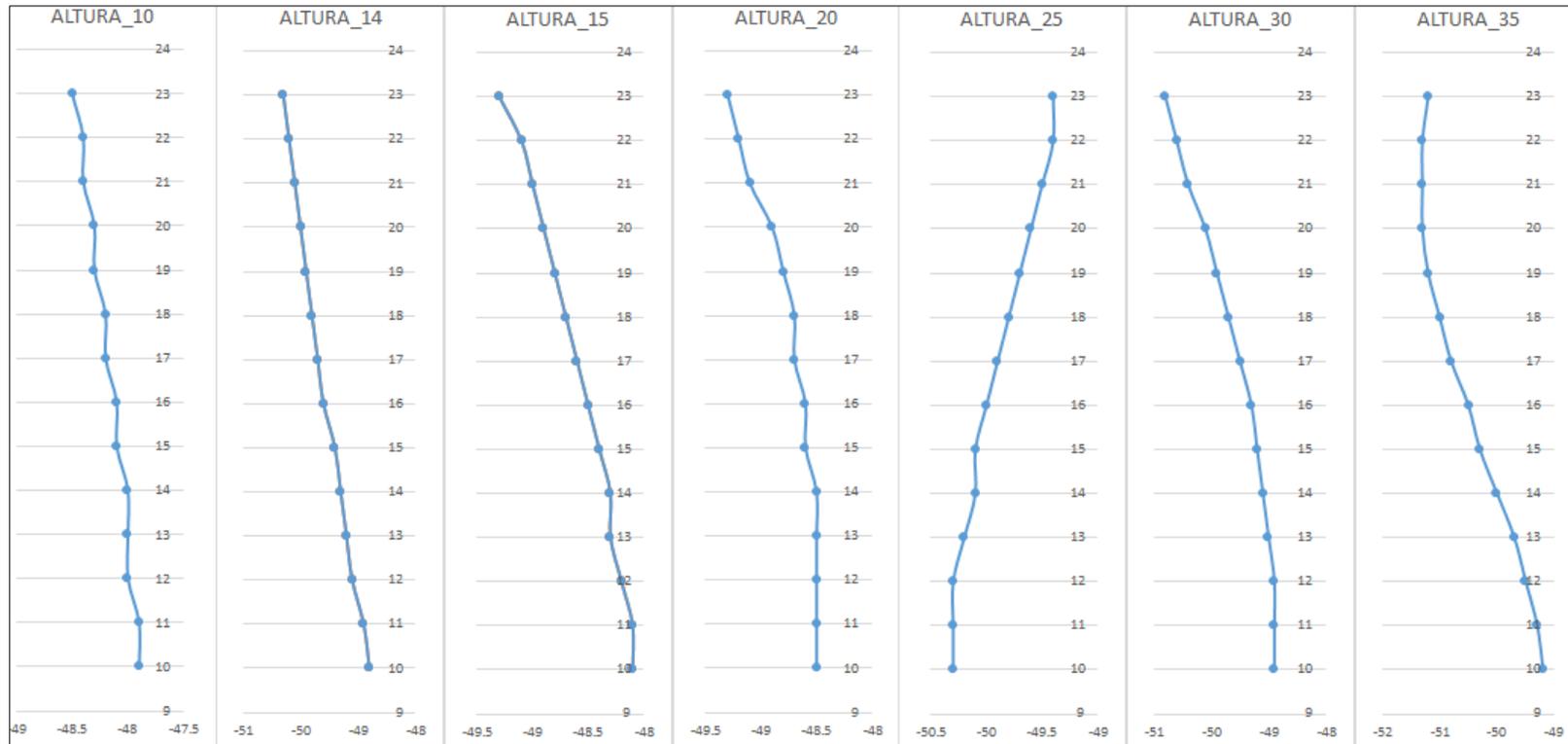


Figura 5. Curvas generadas del enlace Chincho – Ccaccas Altura Tx 10-35 m

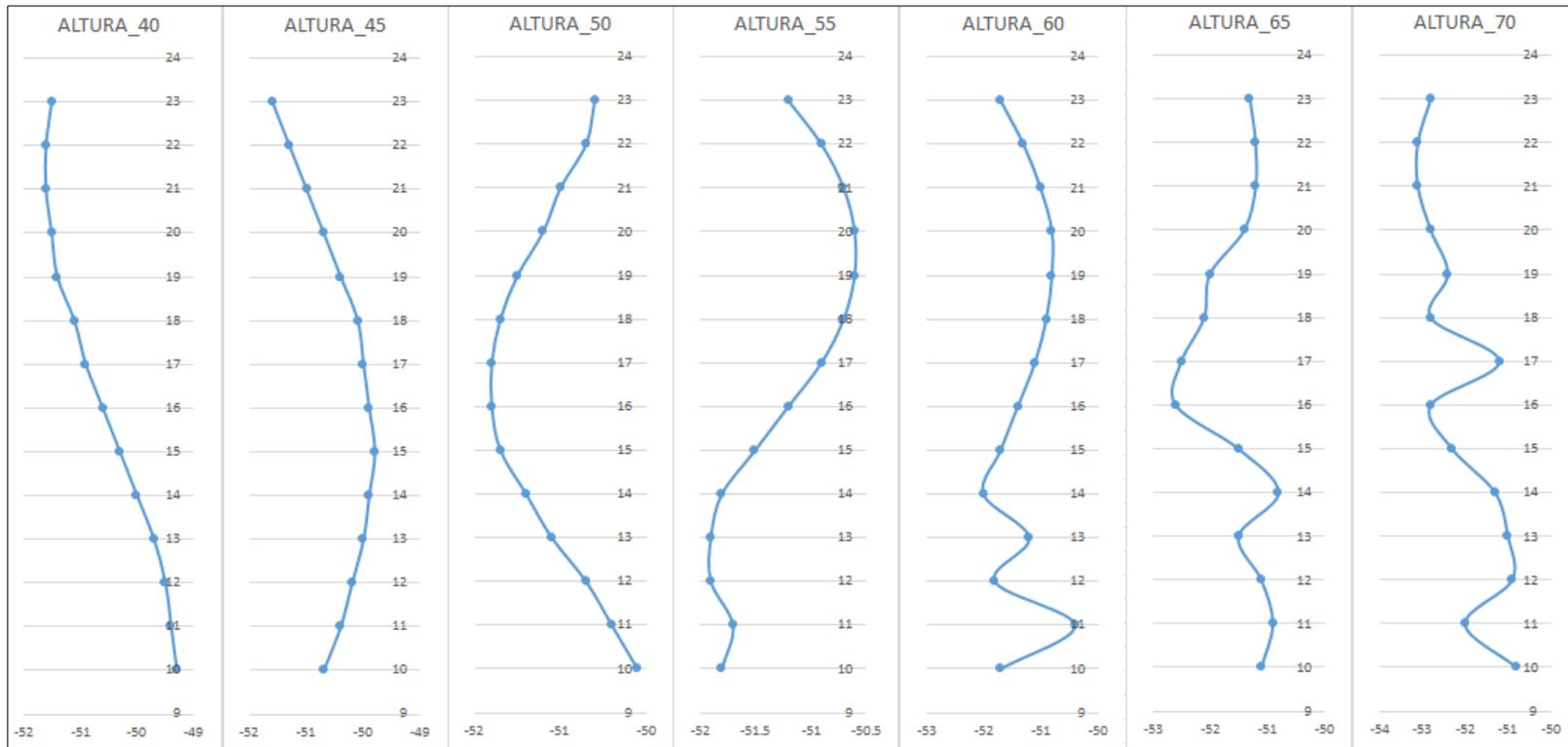


Figura 6. Curvas generadas del enlace Chincho – Ccaccas Altura Tx 40-70 m

4. Enlace Conayca – REP1 305

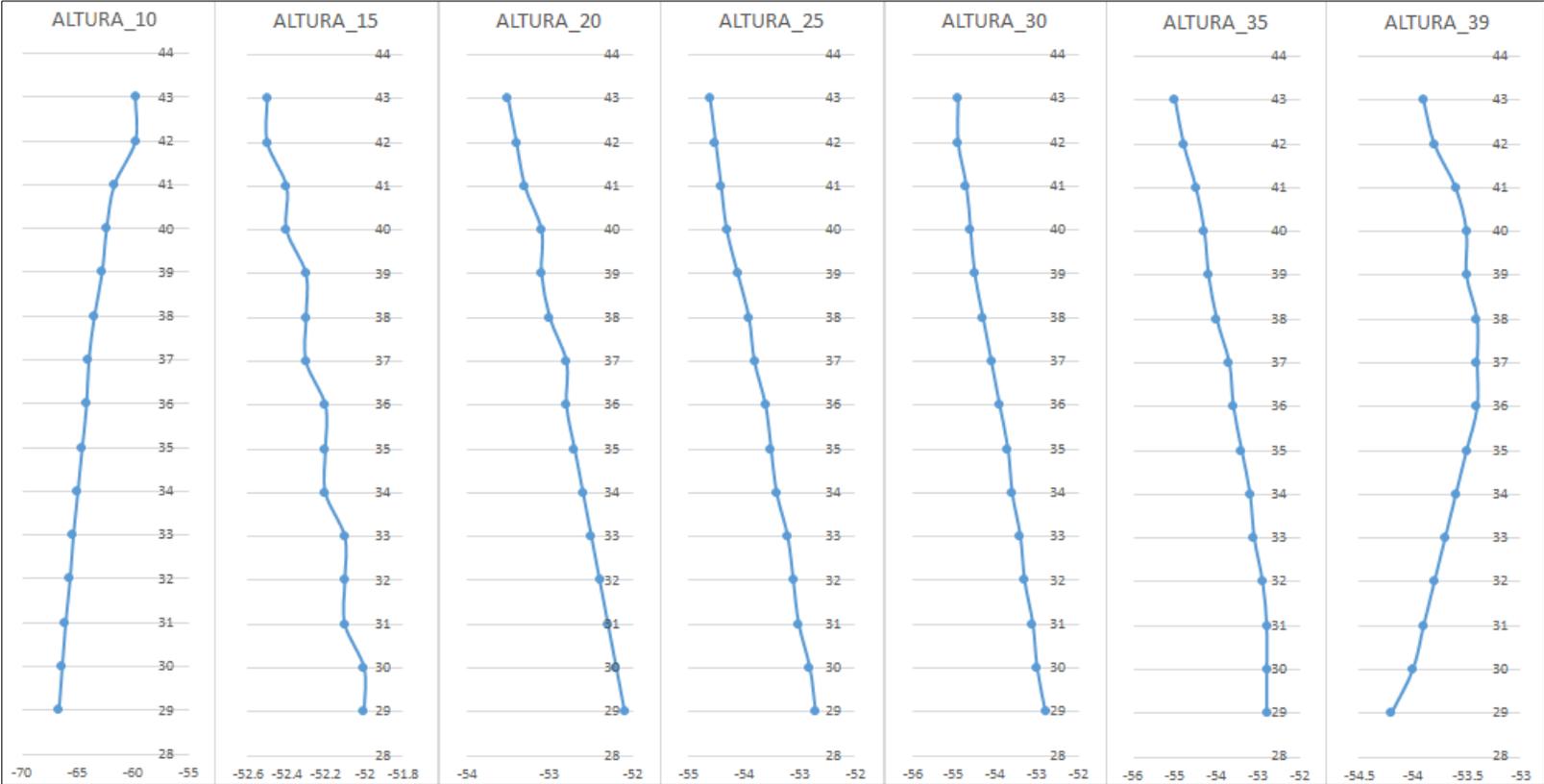


Figura 7. Curvas generadas del enlace Conayca – REP1 305 Altura Tx 10-39 m

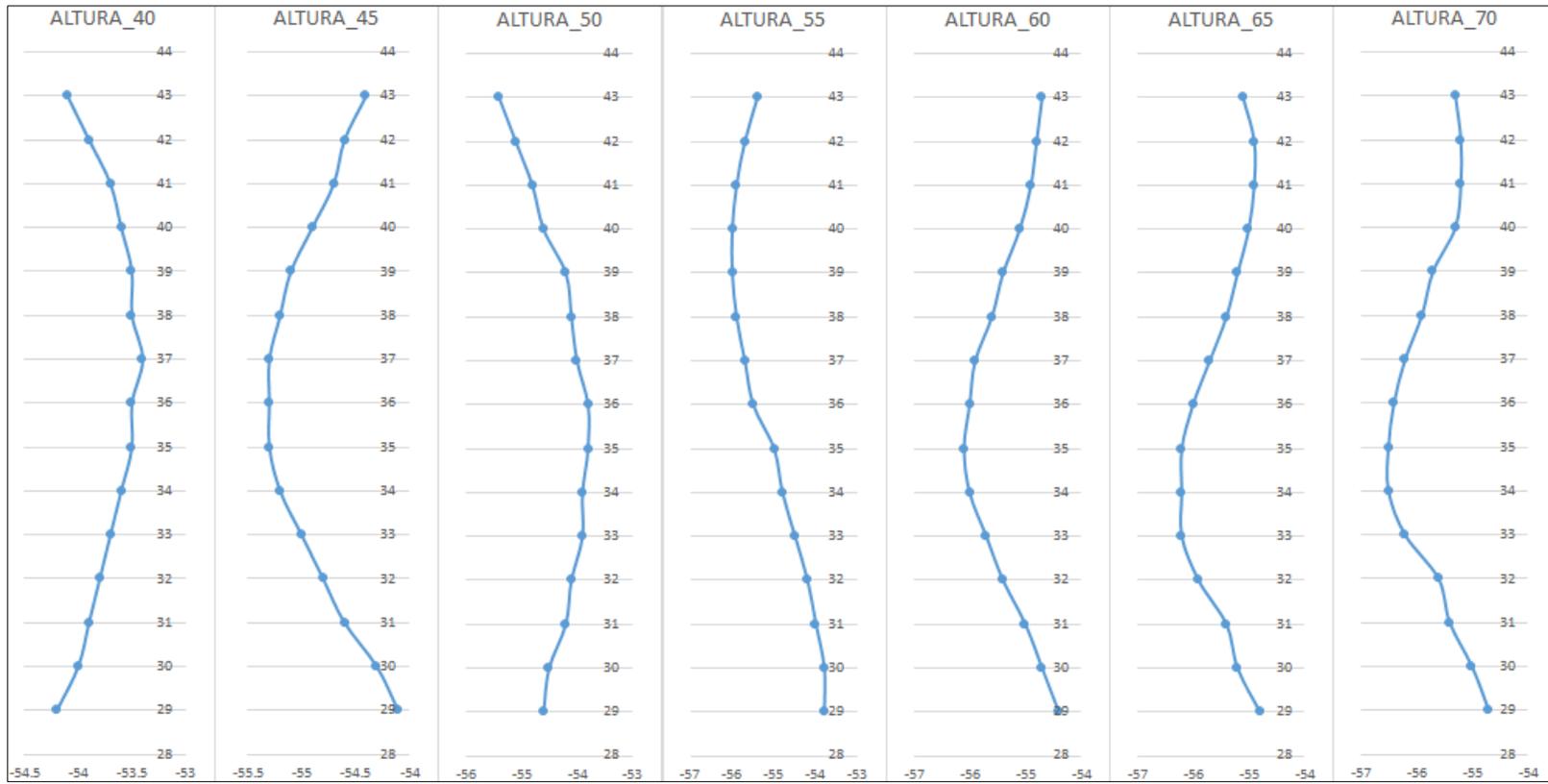


Figura 8. Curvas generadas del enlace Conayca – REP1 305 Altura Tx 40-70 m

5. Enlace Congalla - Curimaray

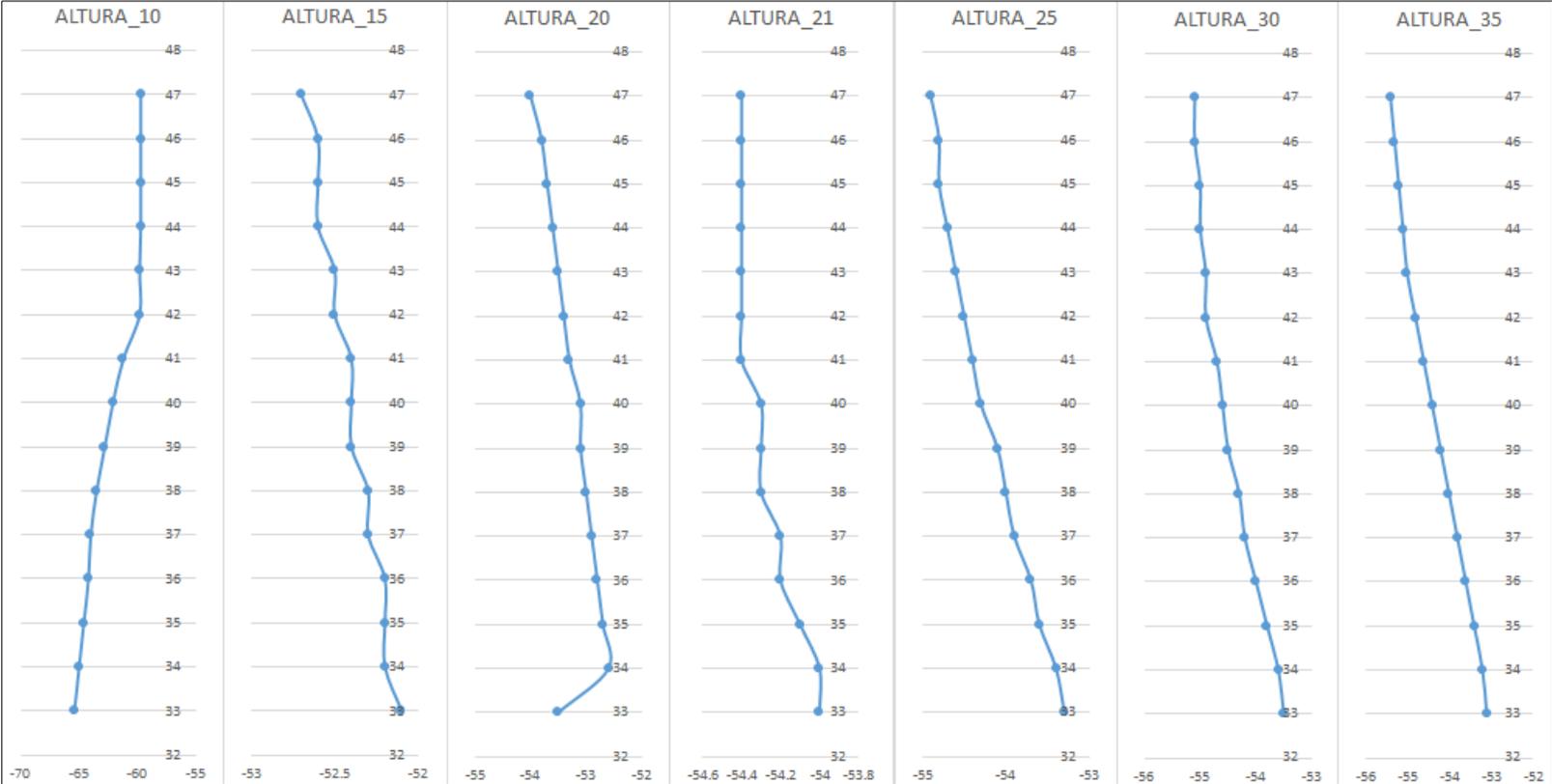


Figura 9. Curvas generadas del enlace Congalla - Curimaray Altura Tx 10-35 m

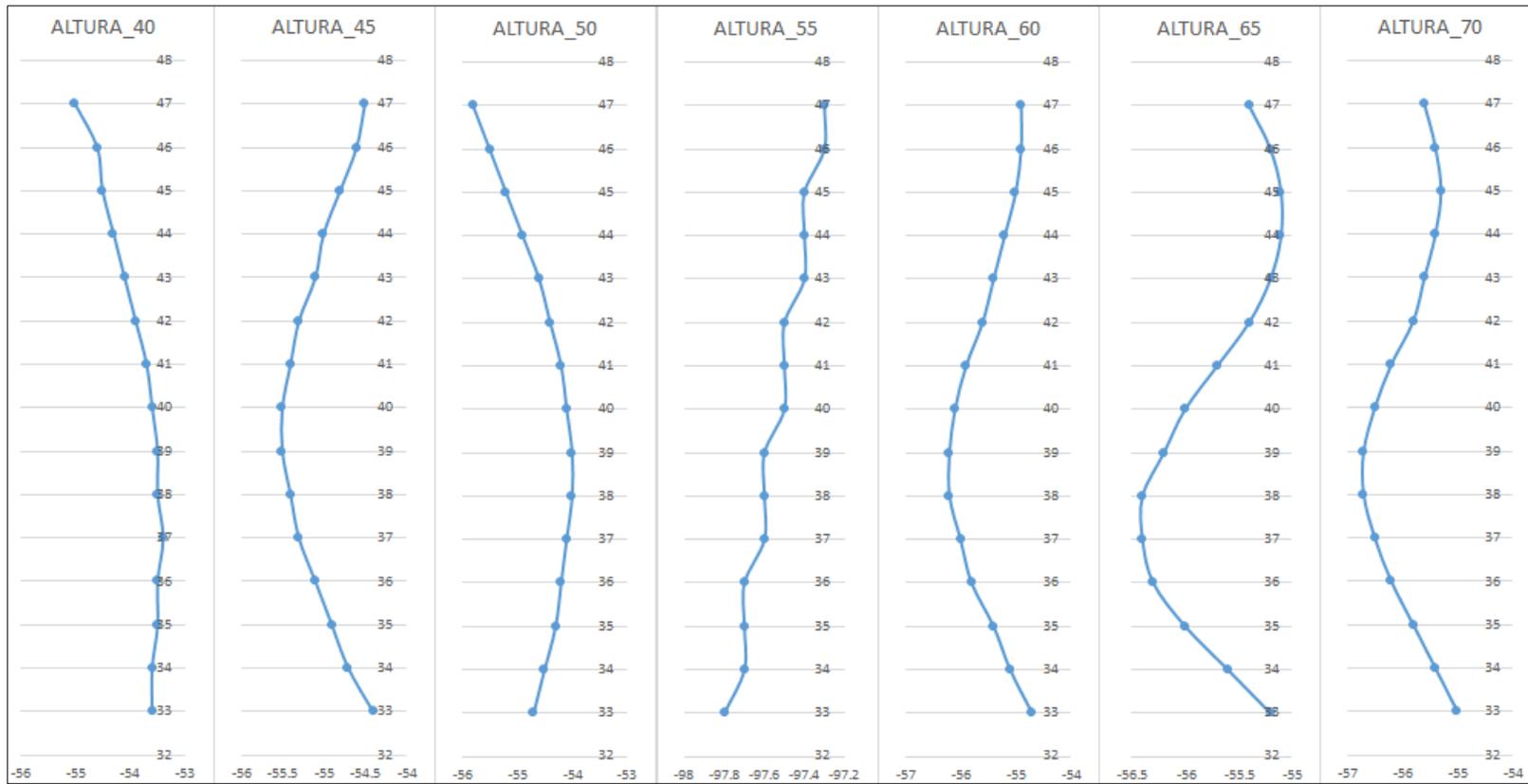


Figura 10. Curvas generadas del enlace Congalla - Curimaray Altura Tx 40-70 m

6. Enlace Congalla – Lecclespampa

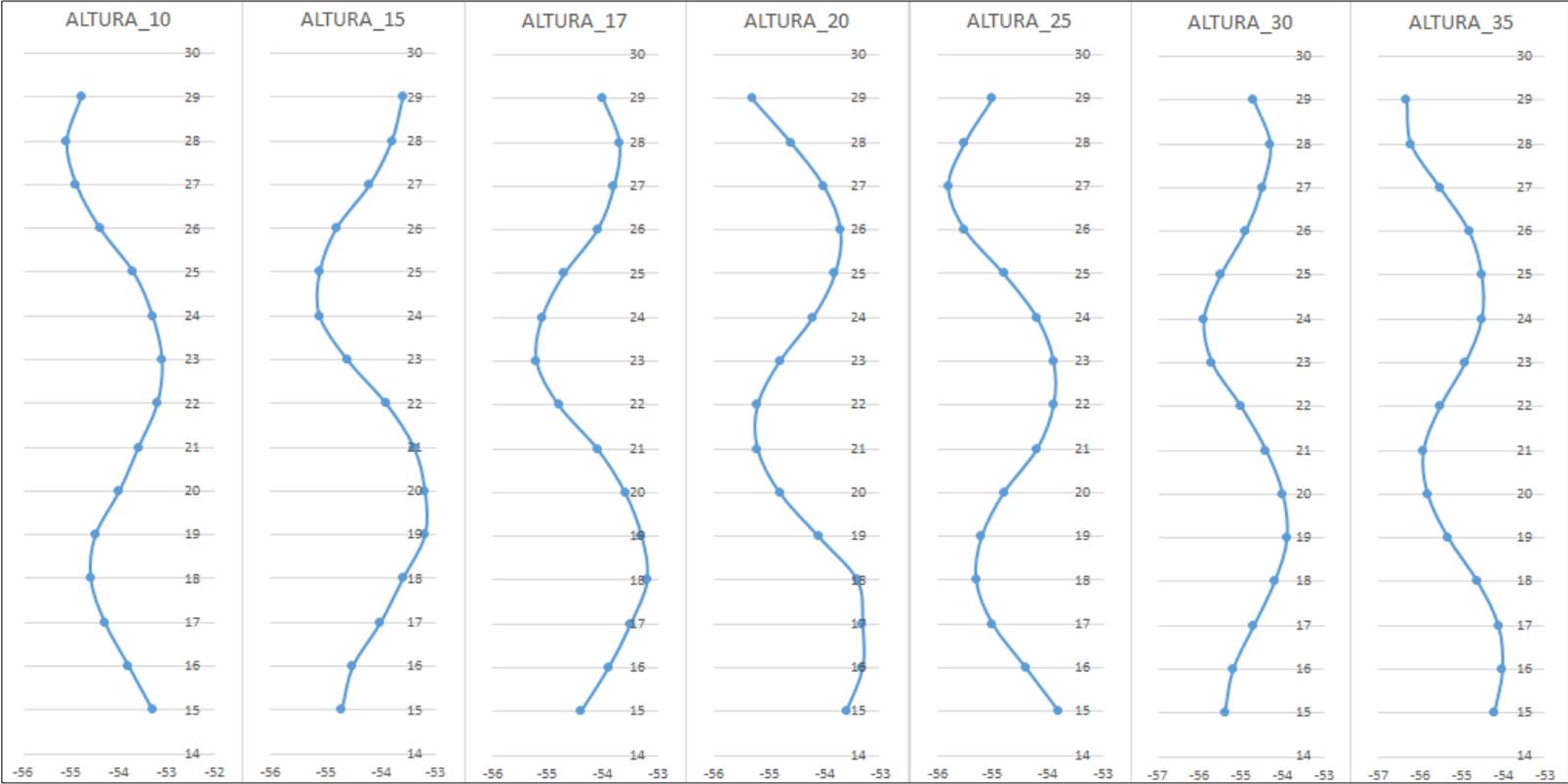


Figura 11. Curvas generadas del enlace Congalla – Lecclespampa Altura Tx 10-35 m

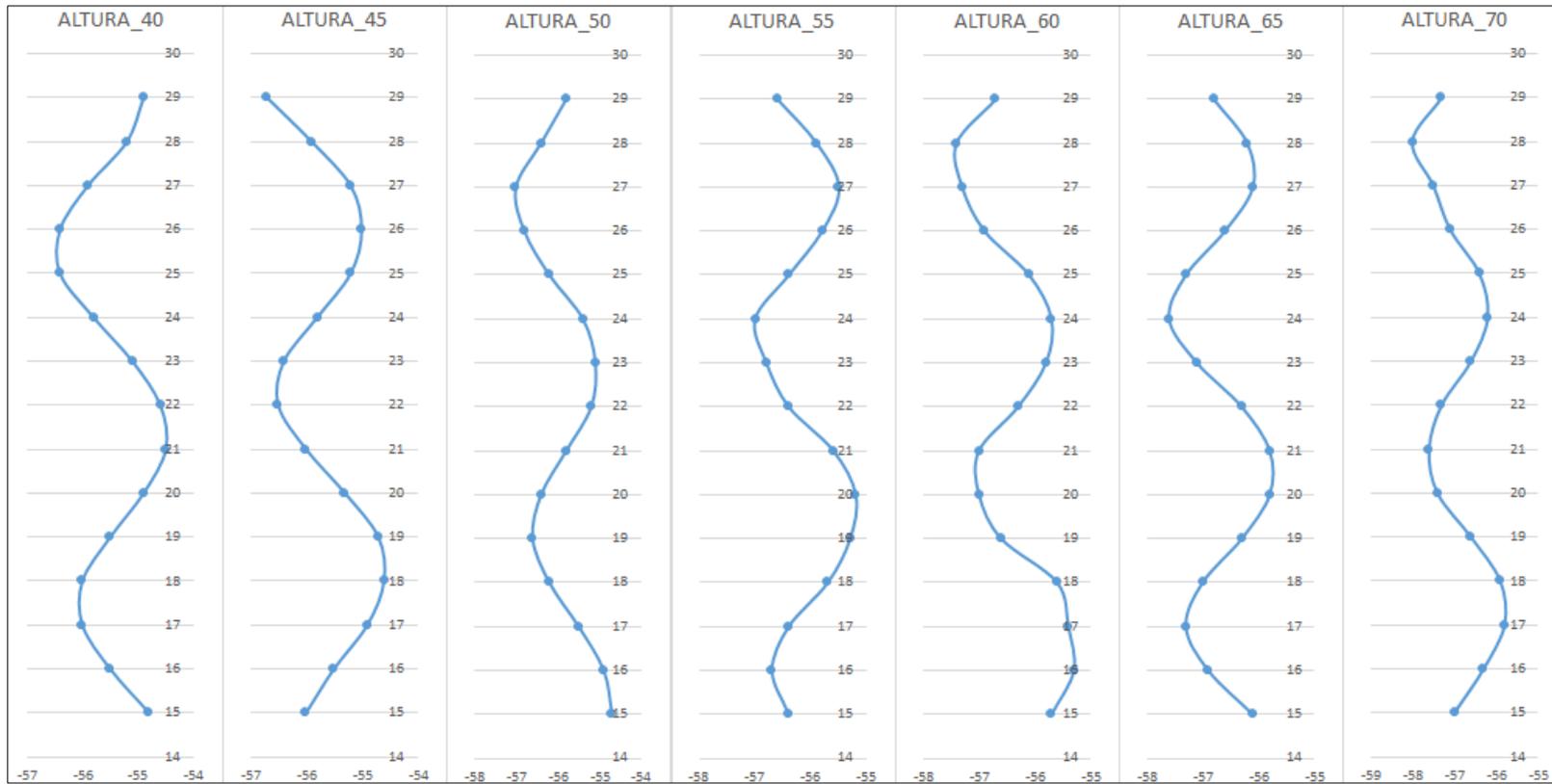


Figura 12. Curvas generadas del enlace Congalla – Lecclespampa Altura Tx 40-70 m

7. Enlace Huanca Huanca – Punchaypampa

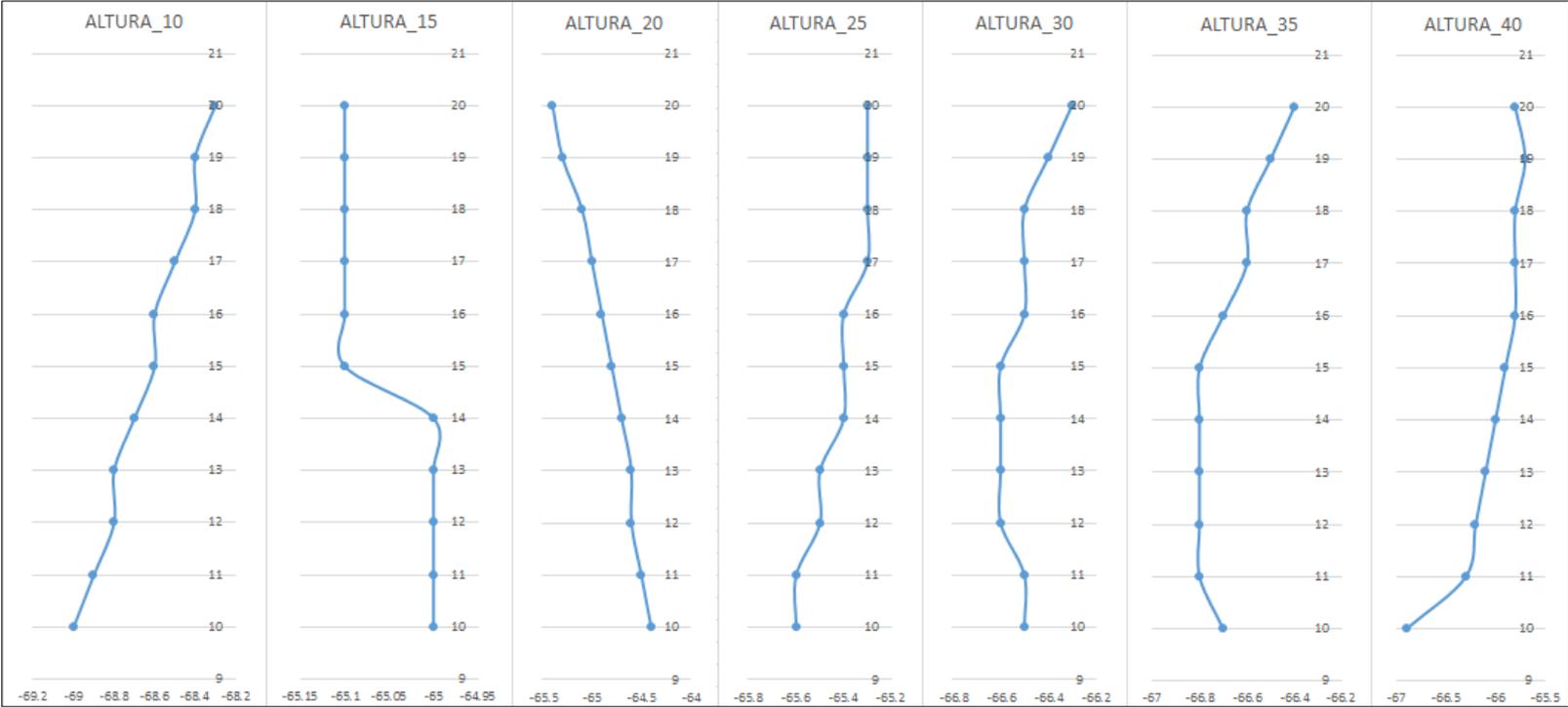


Figura 13. Curvas generadas del enlace Huanca Huanca – Punchaypampa Altura Tx 10-40 m

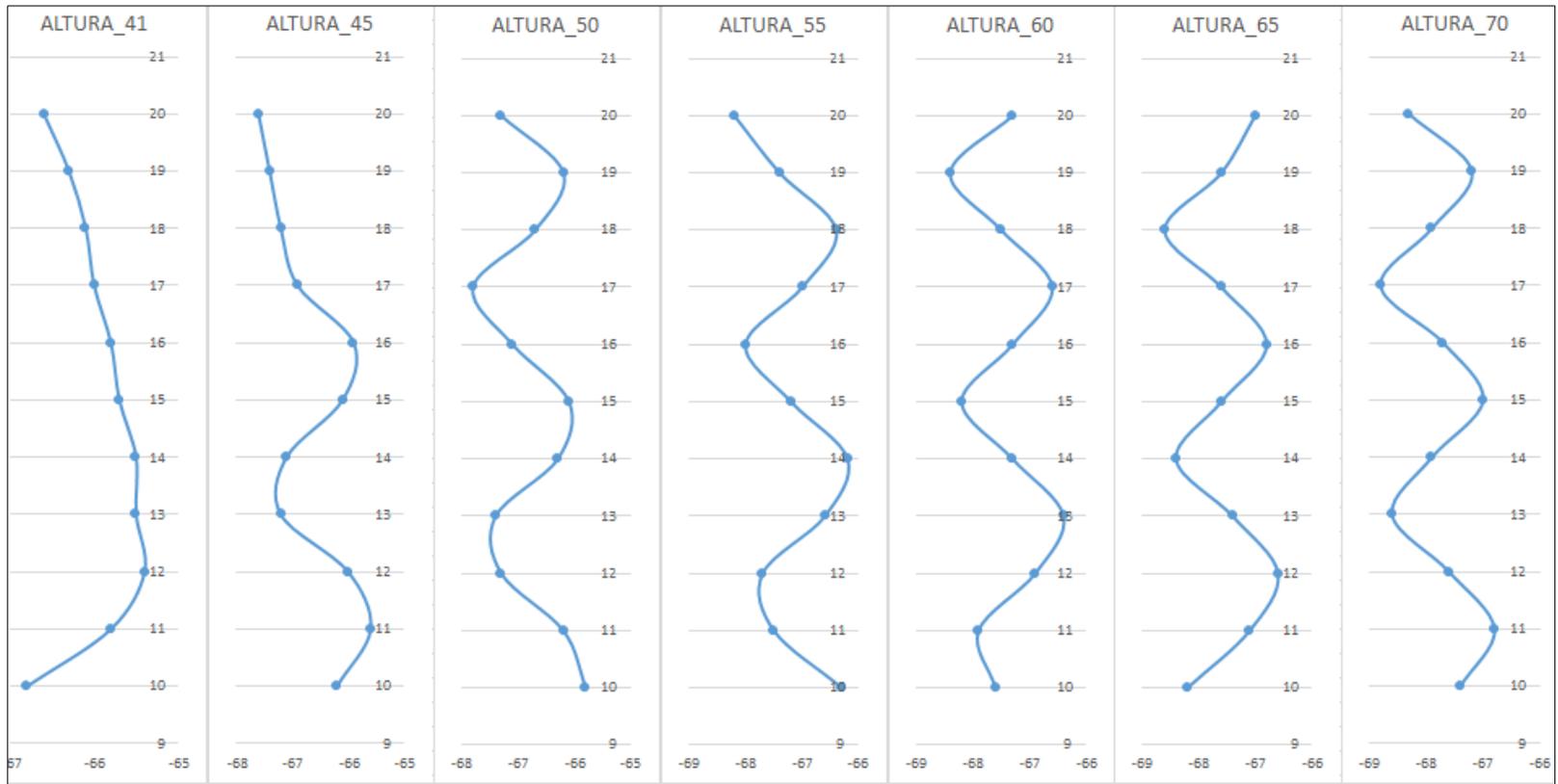


Figura 14. Curvas generadas del enlace Huanca Huanca – Punchaypampa Altura Tx 41-70 m

8. Enlace Incapacchan - Huaraccopata

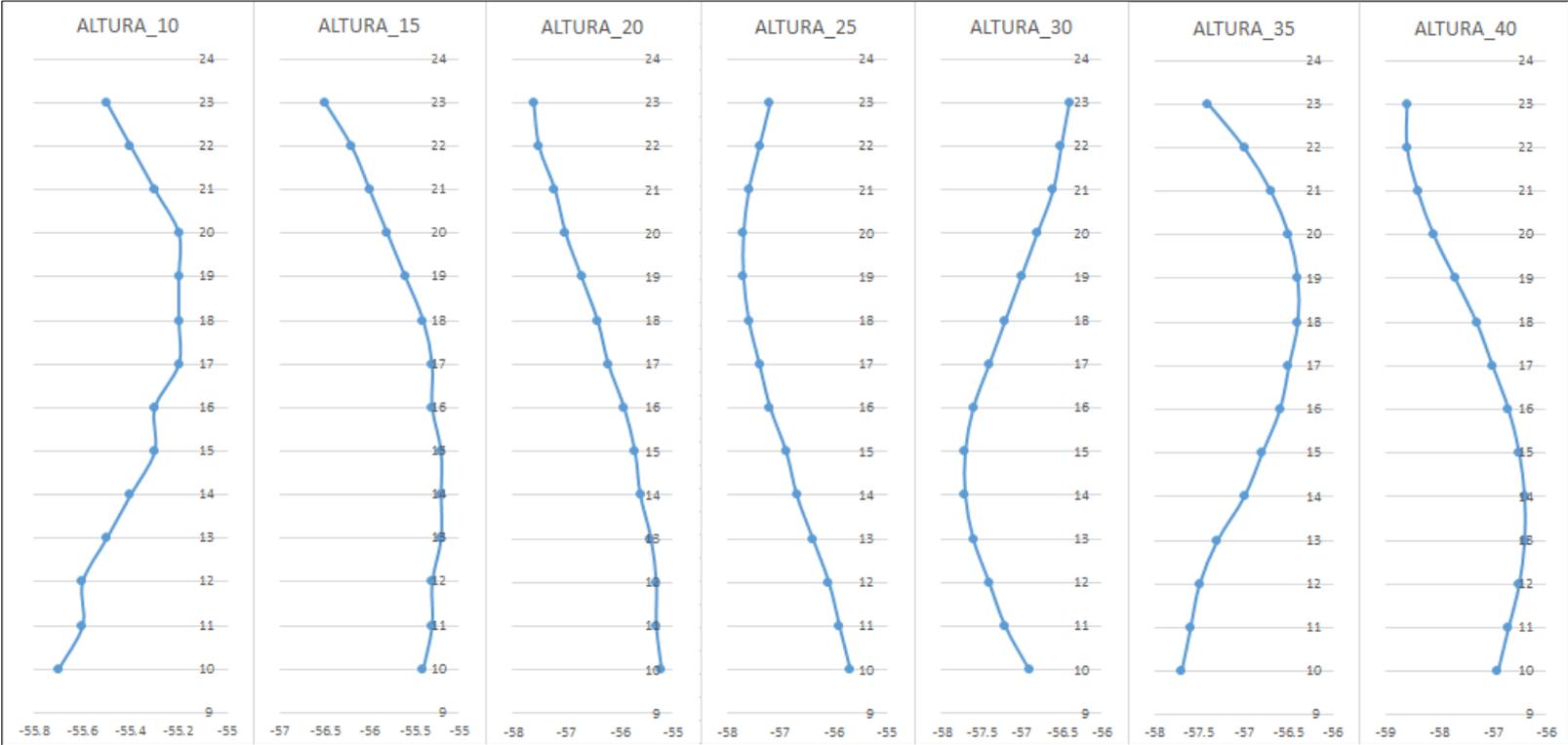


Figura 15. Curvas generadas del enlace Incapacchan - Huaraccopata Altura Tx 10-40 m

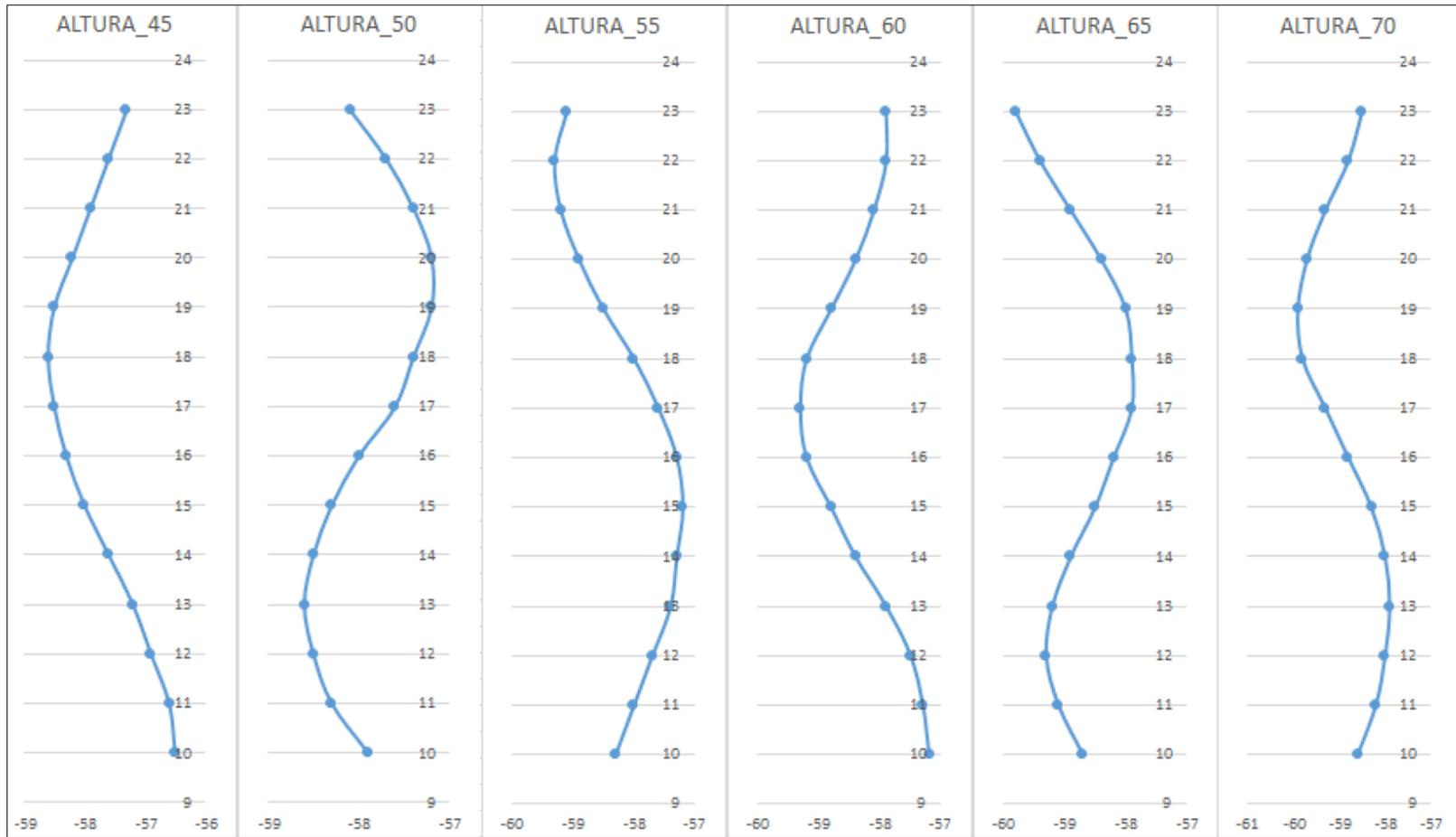


Figura 16. Curvas generadas del enlace Incapacchan - Huaraccopata Altura Tx 45-70 m

9. Enlace Mashuayllo – San Jose de Aymara

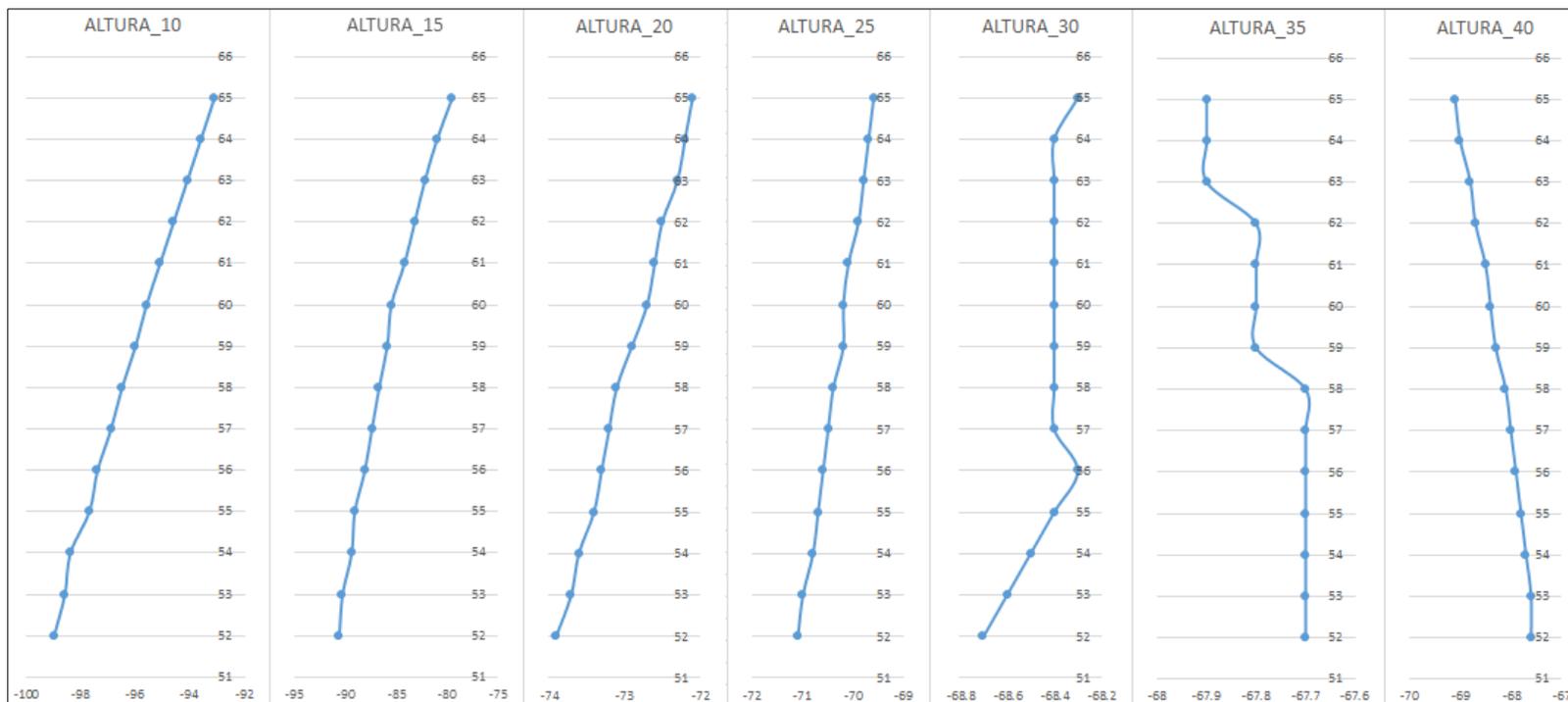


Figura 17. Curvas generadas del enlace Mashuayllo – San Jose de Aymara Altura Tx 10-40 m

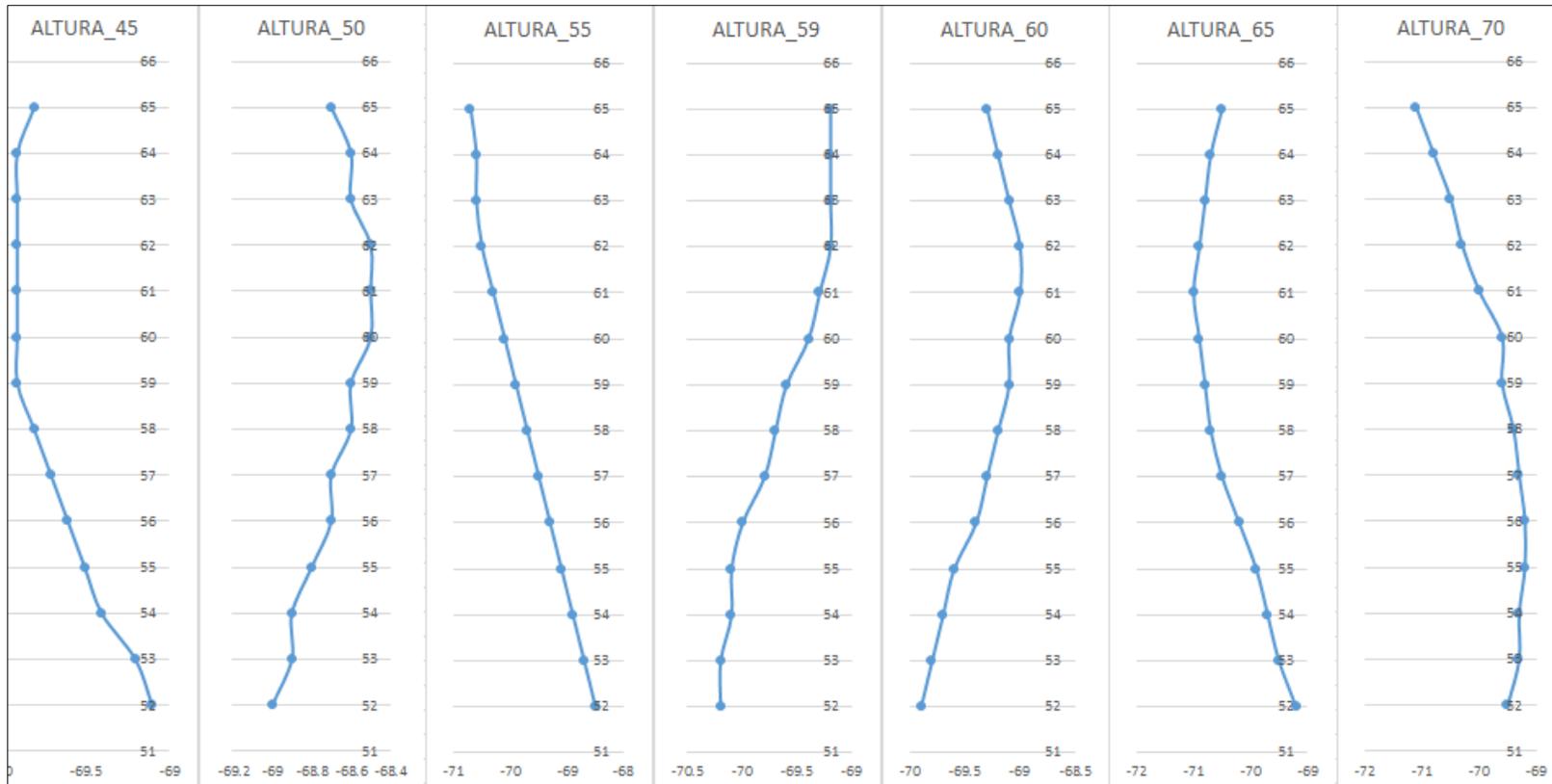


Figura 18. Curvas generadas del enlace Mashuayllo – San Jose de Aymara Altura Tx 45-70 m

10. Enlace REP1 304 – Ayaccocha

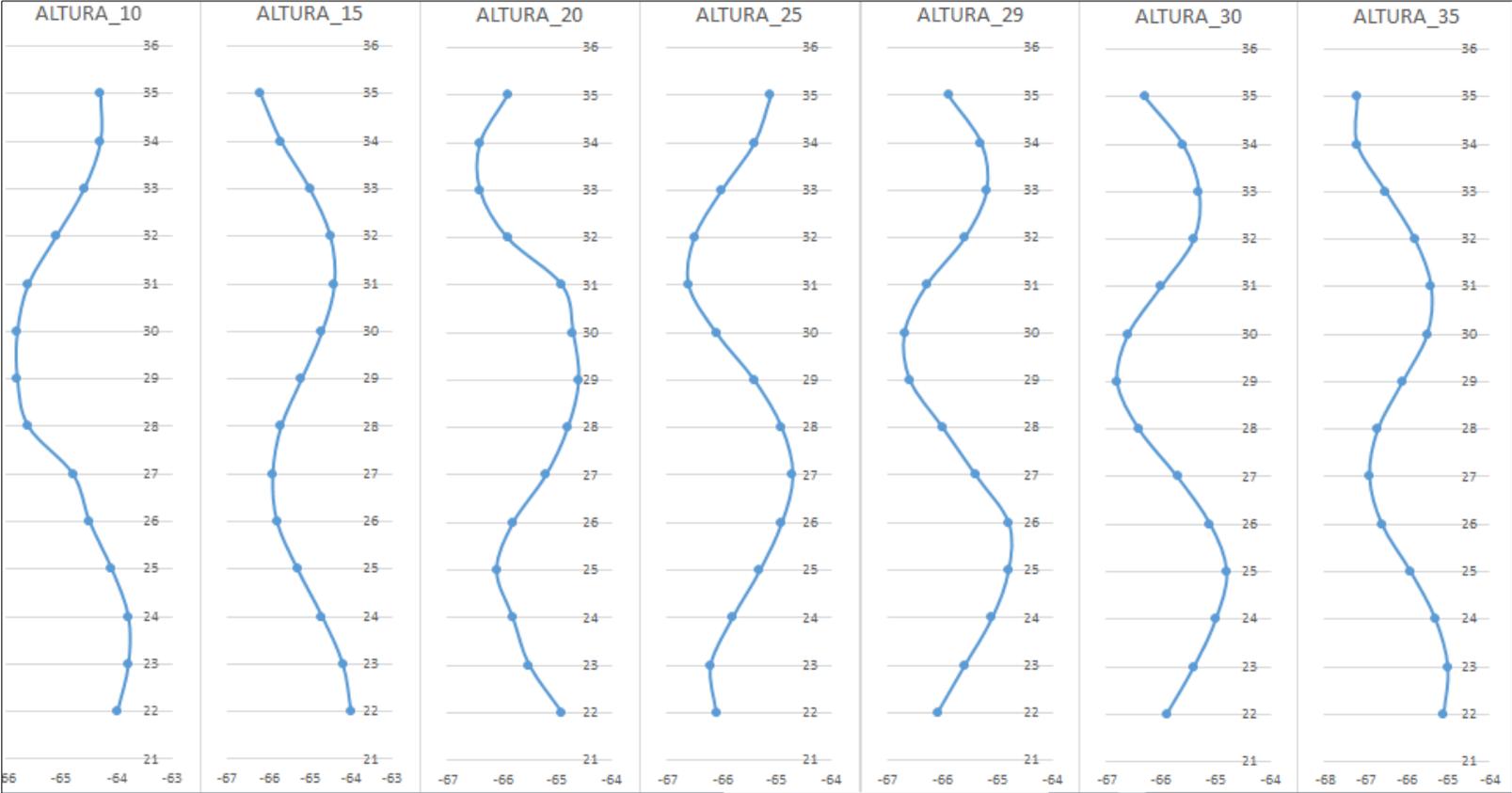


Figura 19. Curvas generadas del enlace REP1 304 – Ayaccocha Altura Tx 10-35 m

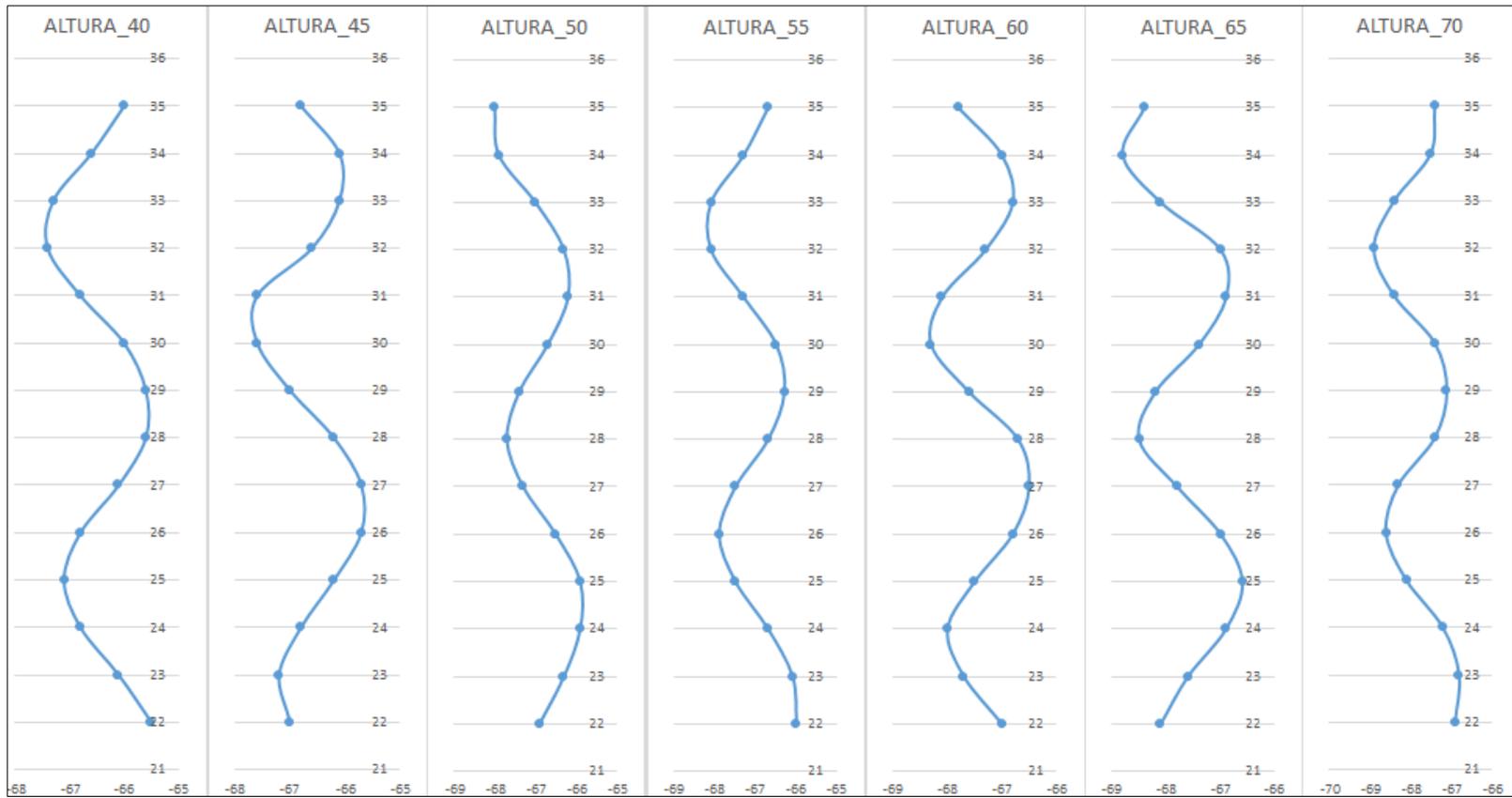


Figura 20. Curvas generadas del enlace REP1 304 – Ayacocha Altura Tx 40-70 m

11. Enlace REP1 305 – REP2 404

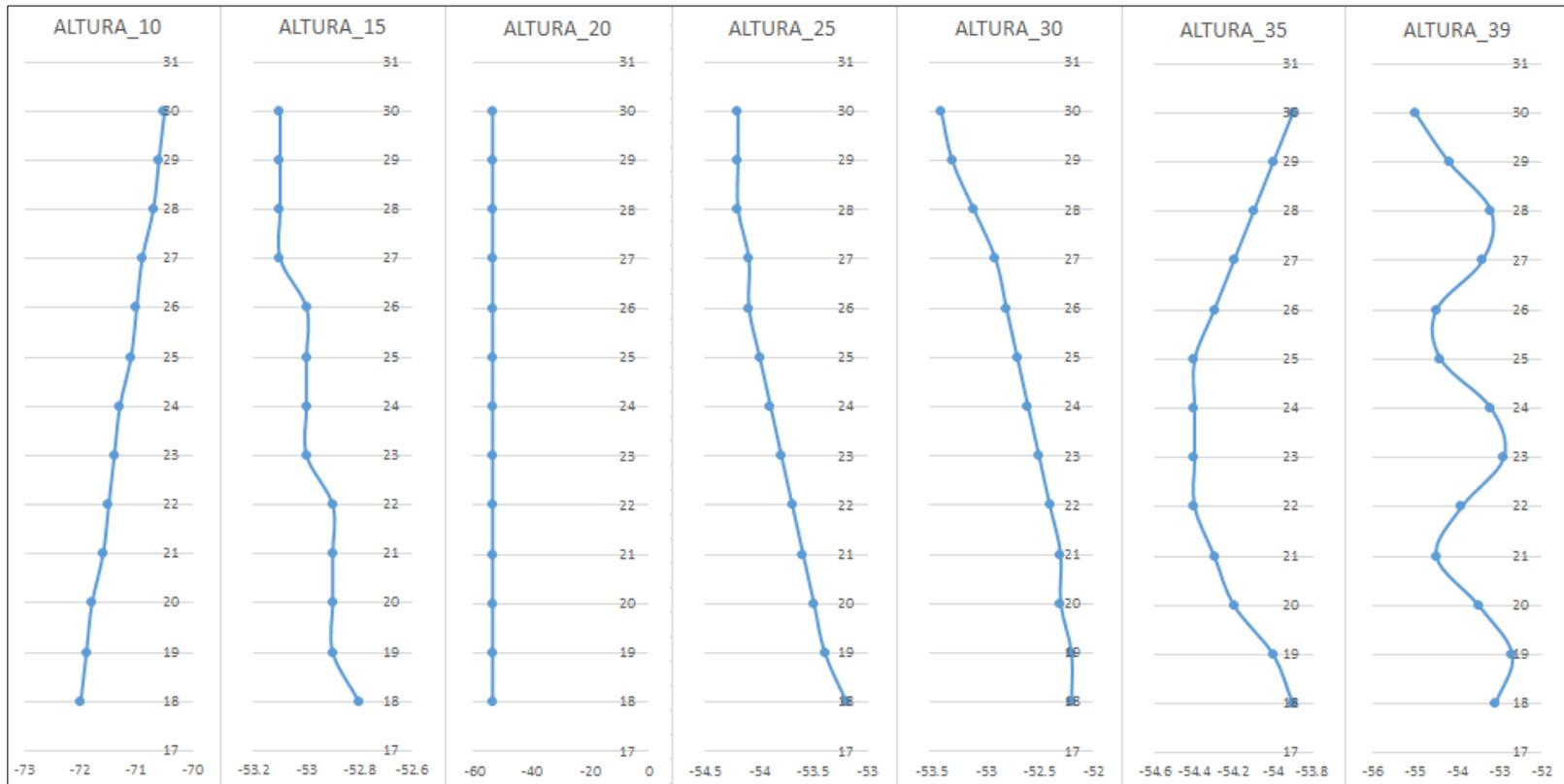


Figura 21. Curvas generadas del enlace REP1 305 – REP2 404 Altura Tx 10-39 m

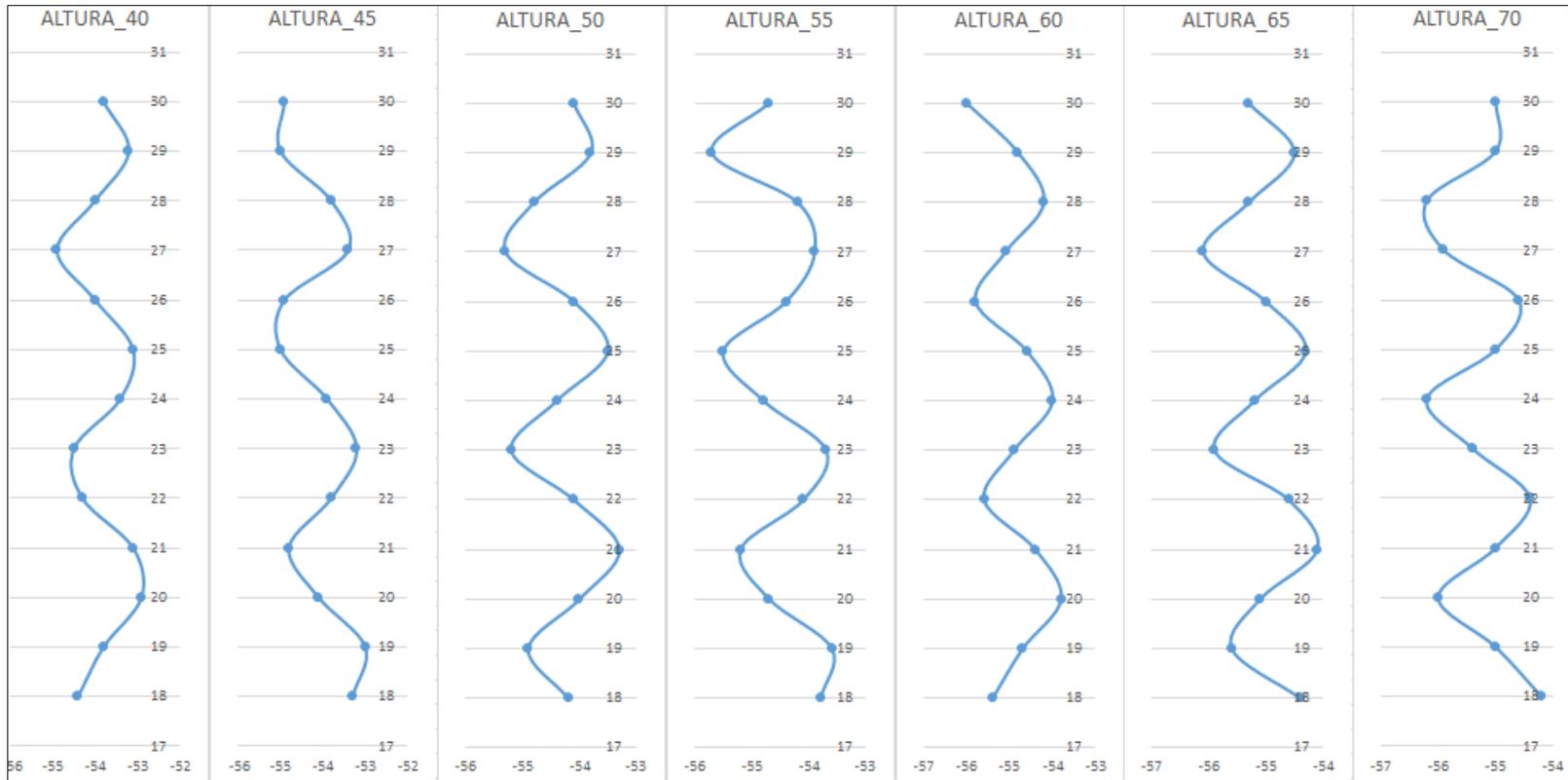


Figura 22. Curvas generadas del enlace REP1 305 – REP2 404 Altura Tx 40-70 m