

**INSTITUTO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO DEL EJÉRCITO
ESCUELA DE PRE Y POS GRADO
“GRAL DIV EDGARDO MERCADO JARRIN”**



TESIS:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICROONDAS Y SU
INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL
EJERCITO CALLAO – 2019”**

Para optar el título profesional de:
Ingeniero de Telecomunicaciones

Presentado por:
Bach. Cinthia Zoila Briceño Quispe

Asesor
Ing. Carlos Hernán Paredes Vargas

LIMA – 2019

DEDICATORIA: La presenta tesis, está dedicada a mi familia: a mi hija, esposo y padres; por su apoyo incondicional y por darme fortaleza para superar y afrontar cada obstáculo, por su cariño y comprensión día a día.

AGRADEDIMIENTO: A la Escuela de Comunicaciones del Ejercito y al Instituto Científico y Tecnológico del Ejercito, por ser parte de mi desarrollo profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1 Descripción de la realidad problemática	13
1.2 Formulación del problema	14
1.2.1 Problema principal	14
1.2.2 Problemas específicos	14
1.3 Objetivos	15
1.3.1 Objetivo principal	15
1.3.2 Objetivos específicos	15
1.4 Justificación e Importancia de la investigación	15
1.4.1 Justificación Teórica	15
1.4.2 Justificación práctica	15
1.4.3 Justificación Metodológica, etc.	16
1.4.4 Importancia de la Investigación	16
1.5 Delimitación de la investigación	16
1.5.1 Delimitación Espacial	16
1.5.2 Delimitación temporal	16
1.5.3 Delimitación Social	16
1.5.4 Delimitación conceptual	17
1.6 Limitaciones	17

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes	18
2.1.1 Antecedentes internacionales	18
2.1.2 Antecedentes Nacionales	20
2.2 Bases teóricas o teoría sustantiva	21
2.3 Definición de términos básicos	43
2.4 Formulación de las hipótesis	44
2.4.1 Hipótesis Global o principal	44
2.4.2 Hipótesis Específicas	44
2.5 Identificación y clasificación de las variables	44
2.6 Operacionalización de variables	45
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	46
3.1 Tipo, Diseño y Nivel de la investigación	46
3.2 Población y muestra	47
3.2.1 Población	47
3.2.2 Muestra	47
3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	49
3.4 Procesamiento de los datos	49
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	50
4.1 Presentación, análisis e interpretación de Resultados	50
4.2 Contrastación de hipótesis	63
4.3 Discusión de los resultados	70
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES	79
REFERENCIAS	80
ANEXOS	82
01. Matriz de consistencia	83
02. Instrumentos de recolección de datos	84

03. Declaración Jurada de Autenticidad y No Plagio	85
04. Autorización para Tesis en el Repositorio del ICTE	86
05. Validez y confiabilidad de los Instrumentos	88
06. Procesamiento de los datos en el SPSS	89

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. Para ello inicialmente se comprobó que existe línea de vista entre las estaciones de transmisión y recepción; asimismo se determinó las alturas de las torres las cuales son de 45 y 35m, y de las antenas 30 y 15m; la frecuencia a utilizar en el diseño es de 5.1 GHz; luego se realizó los cálculos del radioenlace por microondas para determinar la potencia de recepción y el margen de desvanecimiento, los cuales nos dieron los siguientes resultados, 15.80 dBm y 21.376 dB, respectivamente, con los resultados obtenidos, se puede garantizar el buen funcionamiento del sistema de comunicación; finalmente como parte del desarrollo de la implementación se determinó el costo de inversión el cual es de S/. 63,437.34. Una vez implementado el radio enlace por microondas, se hizo el análisis respectivo, obteniendo mediante la herramienta rendimiento del modelo (R^2), los siguientes resultados: la implementación del radioenlace por microondas influye en un 56.4% sobre la velocidad de carga de datos del sistema de comunicación; asimismo, se determinó que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 65.7% sobre la velocidad de descarga de datos del sistema de comunicación; finalmente, se determinó que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 95.7% sobre la latencia de datos del sistema de comunicación. Este análisis permitió determinar que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 71.2% sobre la transmisión de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú, Callao – 2019. Asimismo, los resultados se tornan en una linealidad directamente proporcional, es decir, si los valores de propagación del radioenlace por microondas se optimizan, mejores resultados se obtendrán en relación a la calidad de comunicación (Velocidad de carga de datos, Velocidad de descarga de datos y Latencia de datos).

ABSTRACT

The purpose of this test is to determine the extent to which the implementation of the microwave radio link influences the transmission of data in Callao Army Aviation - 2019. To this end, the control of the existence of the line of sight between the transmitting and receiving stations; such the heights of the towers which are son of 45 and 35m, and the antennas 30 and 15m were determined; the frequency to be used in the design is 5.1 GHz; Then the microwave radio link calculations were performed to determine the reception power and the fading margin, which gave us the following results, 15.80 dBm and 21.376 dB, respectively, with the results obtained, you can have the proper functioning of the communication system; Finally, as part of the implementation development, the investment cost was determined, which is S /. 63,437.34. Once the microwave radio link was implemented, the respective analysis was performed, obtaining the following results using the model performance tool (R2): the implementation of the microwave radio link influenced by 56.4% of the system's data loading speed Communication; specifically, it was determined that the implementation of the microwave radio link influences 65.7% on the data download speed of the communication system; Finally, it was determined that the implementation of the microwave radio link influences 95.7% of the data latency of the communication system. This analysis determined that the implementation of the microwave radio link influences 71.2% on the transmission of data from the communication system, in the Aviation of the Peruvian Army, Callao - 2019. Likewise, the results become a directly proportional linearity, it is that is, if the microwave radio link propagation values are optimized, better results will be obtained in relation to the communication quality (Data loading speed, Data download speed and Data latency).

LISTA DE TABLAS

Tabla 1:	Bandas de frecuencias a considerar	24
Tabla 2:	Capacidad de un radioenlace FDM/FM	27
Tabla 3:	Conformación de los grupos de canales en la banda base de un radioenlace analógico	28
Tabla 4:	Clasificación de los radios digitales	32
Tabla 5:	Operacionalización de las variables	46
Tabla 6:	Nivel de confianza	50
Tabla 7:	Coordenadas del radioenlace	53
Tabla 8:	Angulo de Azimuth y Elevación	54
Tabla 9:	Altura de torres y antenas	55
Tabla 10:	Ganancia de Antenas y perdida por acoplamiento	57
Tabla 11:	Constantes de desvanecimiento para diferentes terrenos	57
Tabla 12:	Pérdida en línea de transmisión y recepción	57
Tabla 13:	Metraje de la línea de transmisión RG-8U	61
Tabla 14:	Configuración del enlace	62
Tabla 15:	Direccionamiento IP	62
Tabla 16:	Equipamiento del radioenlace por microondas	63
Tabla 17:	Costo de inversión del radioenlace por microondas	64
Tabla 18:	Prueba de Normalidad	67
Tabla 19:	Relación de Spearman	68
Tabla 20:	Regresión lineal del radioenlace por microondas con la velocidad de carga de datos del sistema	72
Tabla 21:	Regresión lineal del radioenlace por microondas con la velocidad de descarga de datos del sistema	73
Tabla 22:	Regresión lineal del radioenlace por microondas con la latencia de datos del sistema	75
Tabla 23:	Latencia de las estaciones terminales (PCs)	75
Tabla 24:	Porcentaje de relación del radio enlace con la transmisión de datos	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Propagación en línea de vista	33
Figura 2: Difracción en un vano	34
Figura 3: Reflexión en un vano	34
Figura 4: Aumento de la visibilidad radioeléctrica	36
Figura 5: Radio de la zona de Fresnel de un Radioenlace	37
Figura 6: Distancia del enlace	53
Figura 7: Rumbo y distancia del radioenlace	54
Figura 8: Diagrama de la altura de torres y antenas del radioenlace	55
Figura 9: Línea de vista y zona Fresnel	56
Figura 10: Esquema del recorrido de la Línea de Transmisión	60
Figura 11: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la velocidad de carga de datos	72
Figura 12: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la velocidad de carga de datos	73
Figura 13: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la velocidad de descarga de datos	74
Figura 14: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la velocidad de descarga de datos	74
Figura 15: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la latencia de datos	74
Figura 16: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la latencia de datos	75
Figura 17: Latencia Vs velocidad de carga y descarga de datos	76

INTRODUCCIÓN

En la última década hemos presenciado una revolución en las comunicaciones, como lo son la telefonía celular (transmisión de voz), Internet (transmisión de datos), videoconferencia (transmisión de video), etc.; motivo por el cual se debe tener sistemas capaces de cumplir correctamente con altos requerimientos de operatividad, brindando solución a problemas de transmisión de la comunicación. (Sernaque, 2018)

Los sistemas de microondas terrestres han brindado solución a los problemas de transmisión de datos, sin importar cuales sean, aunque sus aplicaciones no estén restringidas a este campo solamente. Éste es un medio de transmisión que ya tiene muchas décadas de uso, por lo que, muchas compañías, aprovechan de su alta capacidad para la transmisión de tráfico de voz y datos. Los sistemas de microondas son un medio de comunicación muy efectivo para redes metropolitanas que interconectan bancos, mercados, tiendas departamentales, instituciones militares y radio bases celulares. (Rosero, 2007)

El radioenlace microondas es un enlace que permite establecer comunicación entre dos puntos fijos situados sobre la superficie terrestre a través de la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Este tipo de interconexión juega un papel muy importante en las telecomunicaciones y constituye una manera de comunicar dos puntos a diferentes distancias. Para el diseño de este radio enlace primeramente se abordan parámetros necesarios que disponen del perfil del terreno para determinar las ubicaciones (emplazamientos) y alturas de las antenas. (Tercero & Rivera, 2013)

Las estaciones de microondas consisten en un par de antenas con línea de vista conectadas a un radio transmisor que irradian radiofrecuencia (RF) en el orden de 1 GHz a 50 GHz. Las principales frecuencias utilizadas en microondas se encuentran alrededor de los 5-10 GHz, 18, 23 y 26 GHz, las cuales son capaces de

conectar dos localidades de hasta 24 Km. de distancia una de la otra. Los equipos de microondas que operan a frecuencias más bajas, entre 2 – 8 GHz, puede transmitir a distancias de entre 30 y 45 Km. (Rosero, 2007)

Cabe señalar que mi desenvolvimiento como teniente, me permitió evidenciar la necesidad de una infraestructura de comunicaciones, que permita aumentar la red de transferencia datos en la Aviación del Ejército; ya que, al ser una institución militar, debe poseer sistemas capaces de soportar una continua comunicación con otras sedes o instituciones del estado peruano.

En ese sentido, en la presente tesis se desarrollará la implementación de un radioenlace por microondas entre la Aviación del Ejército sede Callao y Chorrillos, con el objetivo determinar en qué medida influye con la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Descripción de la realidad problemática

La Aviación del Ejército del Perú, es la fuerza operativa de unidades aéreas del estado Peruano, y actualmente evidencia la necesidad de implementar una infraestructura de comunicaciones, que permita aumentar la red de transferencia datos; ya que al ser una institución militar, tiene una continua comunicación con otras sedes o instituciones del estado peruano, tal es el caso de la base ubicada en Chorrillos y Pichari, donde se encuentra la IV división del ejército comando especial VRAEM; lugar donde se realiza la mayor cantidad de vuelos y operaciones militares contra el terrorismo y el narcotráfico.

Es importante indicar que la Aviación del Ejército del Perú cuenta con un servicio de comunicación, pero este no cubre la alta demanda de los usuarios que se conectan a dicha red, motivo por el cual se evidencia interferencia de comunicación, así como baja capacidad de velocidad de carga y descarga de datos; y en múltiples episodios se ha generado caída de la red de comunicación.

Al contar con una transferencia de información deficiente, se crea una situación peligrosa, ya que, la institución militar no tiene la capacidad de ejercer una acción pertinente en el momento necesario; además esto refleja una inversión poco rentable para el estado peruano, del servicio de voz y datos, debido a que este no cubre a los requerimientos solicitados.

Esto determina claramente el problema y conlleva a implementar con urgencia un sistema de comunicaciones para la transferencia de datos; con la finalidad de obtener información confiable en tiempo real que permita brindar seguridad y poder difundir información a las unidades pertinentes, en el mínimo de tiempo.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema principal

¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao - 2019?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019?
- ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019?
- ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo principal

Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.
- Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.
- Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.

1.4 Justificación e Importancia de la investigación

1.4.1 Justificación Teórica

A nivel teórico, la investigación se centra en la conceptualización de sistemas de radioenlace por microondas, y las consideraciones de diseño del mismo, y por medio de un análisis respectivo se observará la influencia que ha tenido la implementación sobre la transmisión de datos en la Aviación del Ejército del Perú; asimismo la presente investigación será una referencia de información para investigaciones futuras.

1.4.2 Justificación práctica

A nivel práctico, la investigación se realiza porque existe la necesidad de optimizar el actual sistema de comunicaciones en la Aviación del Ejército del Perú, mediante la implementación del radioenlace por microondas el cual posee un mayor grado de

confiabilidad y un menor costo de inversión en comparación a otros medios de transmisión.

1.4.3 Justificación Metodológica

El grado de influencia de la implementación del radioenlace por microondas en la Aviación del Ejército del Perú, será demostrado mediante su significancia y validez de la información recolectada; por medio de estos resultados se obtendrá la confiabilidad para poder ser empleados en otras investigaciones e implementados en otras instituciones militares.

1.4.4 Importancia de la Investigación

La importancia de la investigación recae en la mejora de la transmisión de datos en la Aviación del Ejército; ya que se estaría garantizando una comunicación permanente, sin distorsión, cuya relevancia es mayor al implementarse en una institución del Estado.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación Espacial

La presente investigación se realizará en la Aviación del Ejército del Perú, Callao – Perú.

1.5.2 Delimitación temporal

Para la realización de la investigación se estima un tiempo máximo de mes y medio, a partir de la aprobación del proyecto de tesis.

1.5.3 Delimitación Social

La delimitación social comprende las 89 estaciones terminales, pertenecientes a los 27 departamentos de la Aviación del Ejército.

1.5.4 Delimitación conceptual

Para desarrollar de manera adecuada la investigación se tendrá en cuenta los siguientes conceptos: Enlace vía microondas, zona Fresnel, fenómenos asociados a la propagación de las microondas y consideraciones de diseño.

1.6 Limitaciones

La presente investigación tiene la siguiente limitación:

- Como toda institución militar, la información sobre su infraestructura es sumamente confidencial, por tal motivo, demoro el permiso solicitado, para poder realizar el análisis respectivo que determine la realidad problemática y que sustente el porqué de mi propuesta de solución.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Hernández, A. & Sarrazola, M. (2011). *Integración de tecnologías para transmisión de datos vía radio enlaces microondas terrestres para conexiones de redes WAN, caso Línea Comunicaciones S.A.S.* Universidad San Buenaventura Seccional Medellín de Colombia, Medellín, concluye que: La experiencia de este trabajo deja claro que las soluciones en cuanto a desarrollo e implementación de tecnologías para transmisión de datos vía radio enlaces microondas terrestres, pueden permitirnos economizar sin comprometer la calidad de una solución. Una de las principales ventajas en la utilización de estas tecnologías, es cómo podemos conectar diferentes entidades, cliente o usuarios para que entre ellos puedan realizar transferencias de Datos, conexiones de sistemas de Voz, Videoconferencia, entre otros. (Hernández & Sarrazola, 2011)

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que el autor señala la viabilidad desde el punto de vista tecnológico y económico de los sistemas de radioenlace por microondas, y su

confiabilidad en la transferencia de datos, conexiones de sistemas de Voz y Videoconferencia.

Patricia, S. & Guasca, E. (2015). Aprovechamiento y Aseguramiento de un Canal por Datos por Radioenlace para Clientes Corporativos. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, concluye que: Se resalta que la implementación de un canal de datos por radio enlace permite que la comunicación sea más eficiente y eficaz, además de poseer una mejor relación costo – beneficio en comparación a otros sistemas de propagación. (Patricia & Guasca, 2015)

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que la solución que propongo es la utilización de un radioenlace de microondas, el cual propaga señales con mayor facilidad en torno a obstáculos físicos por lo que se hace más fiable la comunicación, introduciendo tiempos mínimos de retardo lo cual es vital en las instituciones militares.

Flores, M. (2007). *Diseño de un radioenlace de microondas dedicado entre las Radio Bases de Acajete, Cuacnopala, Esperanza y una Central en Puebla*. Instituto Politécnico Nacional, México D.F., concluye que: El diseño propuesto para nuestro radioenlace, ha sido realizado de forma eficiente, considerando que se han calculado y localizado por medio de la visita a las zonas que constituyen la trayectoria del enlace de microondas dedicado; justificando las ubicaciones dentro de las cuales las poblaciones tanto las más importantes como otras aún más pequeñas entran dentro lo que será una infraestructura de telefonía celular. (Flores, 2007)

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que el autor señala que a partir de un correcto análisis de la trayectoria del enlace, se consigue un diseño eficiente; por lo cual se estaría garantizando una comunicación permanente, sin distorsión ni ruido en la Aviación del Ejército del Perú.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Sernaque, N. (2018). *Estudio y diseño de radioenlace inalámbrico para el ámbito de la junta de usuarios del sector hidráulico medio y bajo Piura*; 2016. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Piura, concluye que: La presente tesis se desarrolló bajo la línea de investigación para la mejora continua de la calidad de las comunicaciones. La investigación tuvo como objetivo realizar el análisis y diseño de radioenlace inalámbrico, que le llevo a conseguir la disminución del tiempo de envío e intercambio de información en promedio de 168.70m. El tipo de investigación cuantitativa, de diseño experimental (Sernaque, 2018).

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que, mediante la investigación se espera demostrar el impacto positivo que tiene la implementación del radioenlace por microondas sobre la transferencia de datos, en la Aviación del Ejército del Perú.

Díaz, R. (2015). *Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, concluye que: Como punto a favor, el sistema de microondas tiene un costo más reducido que los demás (fibra óptica, red celular y satelital). Se logra demostrar que es posible lograr un enlace que satisface el requerimiento de transmisión de por lo menos 1,5 Mbps para el Proyecto “Perú-Magneto” del Instituto de Radioastronomía, con trayectoria entre la Isla San Lorenzo y el

Campus de la Pontificia Universidad Católica, la banda que se utilizó es de 5.8 GHz. Lo que representa que el sistema presenta un promedio de relación con la transmisión de datos del 87.11%. (Díaz, 2015).

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que, tal como lo señala el autor al cual hago referencia, la transmisión de información mediante radioenlace por microondas es desde el punto de vista económico es totalmente viable en comparación con otros tipos de tecnologías; además con la disponibilidad y la tasa de transmisión obtenida, se genera un sólido respaldo en la obtención de información en tiempo real y de manera confiable.

Marcelo, R. (2015). *Diseño de una Red de Radioenlaces para la Selva Peruana*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, concluye que: En comparación con los sistemas cableados, la implementación de la red de microondas es económicamente más factible, además que su implementación podría ser prevista en el corto plazo (Marcelo, 2015).

Según lo citado, la tesis anterior permite dar sustento a la investigación ya que, la implementación de un radioenlace de microondas, resalta por su beneficio en relación al costo de instalación o montaje a comparación de otros medios de transmisión; esta inversión para el servicio de datos si resultaría viable para el estado peruano, porque se estaría otorgando la disponibilidad del sistema al 99.99%.

2.2 Bases teóricas o teoría sustantiva

2.2.1 Radioenlace de Microondas

Los radioenlaces de microondas permiten la transmisión económica, eficiente y simultánea de grandes volúmenes de

información sin importar su naturaleza (video, audio o datos), en condiciones que muchas veces son adversas para los medios cableados. El desarrollo de esta tecnología ha requerido la integración de varias sub disciplinas de la ingeniería eléctrica tales como teoría de comunicaciones, propagación, teoría de códigos, antenas, microondas y procesamiento digital de señales, entre otras. (Ares, 2015)

Esta particularidad ha hecho del diseño de radioenlaces un área con características únicas, cuya literatura ha aparecido en sincronía con los rápidos avances que se han producido en la ingeniería de telecomunicaciones. El diseño de un radioenlace requiere la elaboración y uso de modelos estadísticos para representar las condiciones ambientales que afectan la propagación de las microondas. Por lo tanto, estos modelos son altamente dependientes de la región geográfica en la que el enlace va a operar. (Ares, 2015)

2.2.1.1 Características de los enlaces de microondas

El propósito de un sistema de comunicaciones es la transmisión de información entre dos o más puntos. En el caso de las comunicaciones inalámbricas terrestres esto se logra modulando una onda electromagnética con la información que se desea transmitir, para posteriormente permitir que dicha onda se propague a través de la atmosfera hasta su destino. (Briceño, 2015)

Existen dos tipos básicos de sistemas de transmisión inalámbrica: los sistemas punto a punto, en los que se requiere la transmisión de información entre una estación de origen y una estación de destino; y los sistemas punto a multipunto como en el caso de la radiodifusión comercial. (Briceño, 2015)

Los sistemas de transmisión inalámbrica son una alternativa a ser considerada para la transmisión punto a punto de grandes volúmenes de información sobre grandes distancias: la capacidad del canal inalámbrico para transportar información dependerá de su ancho de banda, el cual a su vez es función de la frecuencia de operación del sistema. De forma general, a la radiación electromagnética con frecuencias por encima de 1 GHz se le denomina microondas; la mayoría de los sistemas inalámbricos de alta capacidad opera a frecuencias de microondas. (Briceño, 2015)

Las bandas de frecuencias en las que operan los sistemas que se consideran en este libro se muestran en la tabla 1; tales bandas tienen mecanismos de propagación bastante similares. Es bueno hacer notar que a pesar de que la porción inferior de las banda de UHF está por debajo de 1 GHz (y por lo tanto, bajo el criterio establecido anteriormente no se consideran microondas), los mecanismos de propagación que se describirán también pueden en principio ser aplicados a estas frecuencias. (Briceño, 2015)

Tabla 1
Bandas de frecuencias a considerar

BANDA DE FRECUENCIA	DENOMINACIÓN
300 MHz / 3 GHz	Frecuencias ultras altas (UHF)
3 GHz / 30 GHz	Frecuencia super altas (SFH)
30 GHz/ 300 GHz	Frecuencias extremadamente altas (EFH)

Fuente: (Briceño, 2015)

Los radioenlaces ocupan una posición de considerable importancia en el campo de las telecomunicaciones, y en

muchos sentidos son fuertes competidores de los sistemas de transmisión basados en cable o fibra óptica. El correcto diseño de un radioenlace produce un sistema de alta calidad, capaz de transmitir gran cantidad de información de manera económica y eficiente. (Ares, 2015)

La selección de la banda de frecuencias en la que opera un sistema de radiocomunicaciones depende de muchos factores. En el extremo superior de las bandas de microondas la directividad de las antenas aumenta, el enlace es más sensible a la presencia de obstáculos, y el ancho de banda disponible es mayor. Por otra parte, las pérdidas de propagación, los desvanecimientos y la figura de ruido de los receptores aumentan con la frecuencia; asimismo la potencia que un transmisor puede generar tiende a disminuir al aumentar la frecuencia, mientras que el costo del mismo tiende a elevarse. (Ares, 2015)

En la parte baja del espectro de UHF los ruidos atmosféricos y los producidos por el hombre son de mayor importancia; sin embargo estas frecuencias más bajas tienen ciertas ventajas: pueden cubrirse distancias más grandes con mayor tolerancia a las obstrucciones en el trayecto del enlace; adicionalmente los equipos son menos costosos. (Ares, 2015)

En el estado actual de la tecnología, las frecuencias de las señales o portadoras empleadas en los radioenlaces varían desde varios cientos de MHz hasta aproximadamente 60 GHz. (Ares, 2015)

El empleo de las bandas de microondas en los radioenlaces obedece a dos razones principales: (Ares, 2015)

- La transmisión por microondas garantiza un ancho de banda importante, lo cual es necesario si se requiere la transmisión de un gran volumen de información.
- A frecuencias de microondas es relativamente fácil construir antenas altamente directivas, las cuales permiten dirigir la radiación electromagnética emitida por ellas hacia una localización específica, a semejanza del haz de luz proyectado por una linterna. Por otra parte, la posibilidad de emplear antenas con alta directividad permite operar con bajas potencias.

El diseño e instalación de un radioenlace supone costos que, aunque menores que los asociados a otros sistemas de telecomunicaciones, son sin embargo importantes. Por lo tanto, a fines de justificar la inversión, es absolutamente necesario que la capacidad de información del sistema sea alta; en consecuencia, en un radioenlace es imperativo que el ancho de banda disponible sea considerable y que el porcentaje de tiempo durante el cual el sistema no esté disponible sea tan pequeño como sea posible. (Briceño, 2015)

La bondad de un radioenlace se evalúa en términos del cumplimiento de objetivos de calidad y disponibilidad. En un radioenlace analógico, los objetivos de calidad están definidos por el porcentaje de tiempo durante el cual se mantiene una determinada relación señal/ruido; en tanto que para un radioenlace digital los objetivos de calidad dependen del porcentaje de tiempo durante el cual la tasa de bits errados o

BER (Bit Error Rate) no supera un determinado valor. La disponibilidad, por otra parte, está relacionada con el porcentaje de tiempo durante el cual el radioenlace se mantiene operativo cumpliendo los objetivos de calidad. (Briceño, 2015)

2.2.1.2 Radioenlaces analógicos

Los radioenlaces analógicos permiten la transmisión de cientos o miles de canales de voz, empleando técnicas convencionales de modulación FM y multicanalización por división de frecuencia (FDM/FM, Frequency Division Multiplexión/Frequency Modulación). (Freeman, 2014)

El empleo de la modulación FM obedece a que las señales moduladas en amplitud son más sensibles a la distorsión producida por el comportamiento no lineal inherente a los amplificadores de microondas de banda ancha, en tanto que las señales moduladas en frecuencia son relativamente insensibles a este tipo de distorsión, pudiendo ser procesadas por amplificadores no lineales sin grandes inconvenientes. (Freeman, 2014)

Tabla 2
Capacidad de un radioenlace FDM/FM

NÚMERO DE CANALES TELEFÓNICOS	CAPACIDAD
12/24	Baja
60/120/300	Media
600 / 960 / 1200 / 2400 / 4800 / 9600	Alta

Fuente: (Freeman, 2014)

En un sistema convencional de transmisión analógica FDM/FM el espectro de la banda base está compuesto por un cierto número de canales telefónicos dispuestos uno al lado del otro; cada canal posee un ancho de banda de 4 kHz (3.1 kHz más 0.9 kHz de banda de guarda), siendo el espectro de cada canal el de una señal de banda lateral única con portadora suprimida (Single Side Band Suppressed Carrier, SSB/SC). La capacidad del sistema está especificada por el número de canales telefónicos que puede manejar de acuerdo a la tabla 2. (Freeman, 2014)

Tabla 3
Conformación de los grupos de canales en la banda base de un radioenlace analógico

DENOMINACIÓN	CONFORMACIÓN
Grupo primario	12 canales
Grupo secundario o super grupo	5 grupos primarios = 60 canales
Grupo terciario o grupo maestro	5 super grupos = 300 canales
Grupo cuaternario o super grupo maestro	3 grupos maestros = 900 canales

Fuente: (Briceño, 2015)

2.2.1.3 Radioenlaces digitales

Los sistemas de transmisión digital desarrollados en la actualidad hacen posible la transmisión simultánea de cientos o miles de canales digitales de voz, video y datos, los cuales son multicanalizados empleando técnicas de división de tiempo (TDM). Las principales ventajas de la transmisión digital con respecto a la transmisión analógica son: (Freeman, 2014)

- Mayor tolerancia al ruido. Por definición, el proceso de regeneración de la señal binaria que tiene lugar en cada estación repetidora produce una copia idéntica de la señal originalmente transmitida. Por lo tanto, no se produce una acumulación del ruido como la que se da en un sistema de transmisión analógico.
- El flujo de bits es completamente independiente de la naturaleza de la información transmitida (audio, video o datos), por lo que el procesamiento de la señal es más sencillo.
- La capacidad del enlace puede ser incrementada utilizando técnicas de compresión o multicanalización estadística, las cuales sólo pueden ser aplicadas cuando la información está en formato digital (considérese por ejemplo la compresión provista por los formatos ZIP, MPEG o MP3).

A. Jerarquías digitales

La Unión Internacional de Telecomunicaciones ha promovido la estandarización de interfaces que hacen posible la integración de los radioenlaces digitales dentro de la infraestructura de telecomunicaciones existente. (Briceño, 2015).

Dentro de un sistema de transmisión digital los canales digitales son combinados mediante multiplexores (abreviado MUX) para formar señales binarias con mayor velocidad, proceso que se realiza por etapas de acuerdo a jerarquías digitales estandarizadas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones. Dichas jerarquías consisten en secuencias ordenadas de velocidades de

información, cada una de las cuales constituye un orden jerárquico. (Briceño, 2015)

La unidad básica dentro de esta jerarquía es un canal de 64 kbps, el cual corresponde a un canal de voz digitalizada PCM (Pulse Code Modulation). Las velocidades de cada orden jerárquico son ligeramente superiores a las de la suma de las velocidades individuales de los canales tributarios debido al agregado de información adicional necesaria para mantener la sincronía de trama. (Briceño, 2015)

En el extremo receptor ocurre el proceso inverso, en el cual una corriente de bits de alta velocidad es descompuesta en señales binarias de menor velocidad; dicho proceso tiene lugar en los demultiplexores (abreviado DMUX). Es justamente la existencia de las jerarquías digitales lo que hace posible el desarrollo de interfaces normalizadas para la interconexión de los equipos de transmisión digital. (Briceño, 2015)

En un sistema de gran capacidad, la salida de cada etapa multiplexora puede formar el flujo tributario de la siguiente etapa de multiplexión; en sistemas de inferior capacidad, dicha salida puede pasar directamente al sistema de transmisión (en nuestro caso un radio digital). (Briceño, 2015)

La jerarquía digital anteriormente definida se denomina Jerarquía Digital Plesiocrona (PDH, Plesiochronous Digital Hierarchy) debido a que la señal de reloj usada en cada

nivel de multiplexión es independiente de la empleada en otros niveles. El término plesiocrono significa 'cuasi-síncrono': dos señales digitales en un sistema PDH presentan transiciones que ocurren 'casi al mismo tiempo'. (Briceño, 2015)

En PDH existen dificultades para la administración y mantenimiento centralizado de la red, asimismo es difícil identificar un tributario de orden inferior dentro de un nivel jerárquico mayor; como consecuencia insertar o retirar dicho tributario es costoso y complicado. Por estas razones, los equipos PDH están siendo progresivamente desplazados por equipos que utilizan la Jerarquía Digital Síncrona (SDH, Synchronous Digital Hierarchy). (Miyoshi & Sanches, 2016)

SDH puede considerarse como una evolución de las redes de comunicaciones a consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión. La principal diferencia entre PDH y SDH es que esta última jerarquía utiliza una misma señal de reloj para toda la red (Miyoshi & Sanches, 2016).

Un radioenlace puede ser clasificado en términos de su capacidad y de la jerarquía PDH/SDH que soporta. En los radios PDH la interfaz más común es la E1 (2 Mbps), siendo posible multiplexar varios tributarios E1 para producir canales PDH de orden superior. En el caso de los radios SDH, las interfaces más comunes son la STM-0, STM-1 y STM-3, empleándose multiplexores para obtener las velocidades necesarias a partir de canales E1, como por

ejemplo 21 canales E1 en STM-0 y 63 canales E1 en STM-1. (Miyoshi & Sanches, 2016)

En redes de comunicaciones pequeñas se encuentran radioenlaces con capacidades inferiores a 16E1; en redes medianas y grandes suelen utilizarse radios SDH para el backbone, radios PDH con capacidades de 16 a 32E1 para troncales secundarias, y radios de hasta 8E1 para enlaces de acceso. La tabla 4 clasifica los radios digitales en base a su capacidad de transmisión. (Miyoshi & Sanches, 2016)

Tabla 4
Clasificación de los radios digitales

CAPACIDAD	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	APLICACIÓN TÍPICA
Baja	Hasta 4E1	Enlace de acceso
Media	De 8E1 hasta 32E1	Entroncamiento secundario
Alta	140 / 155 Mbps (63E1 / 64E1)	Backbone / Entroncamiento

Fuente: (Miyoshi & Sanches, 2016)

2.2.1.4 Fenómenos asociados a la propagación de las microondas

Las señales de microondas utilizadas en un radioenlace se propagan a través de la parte baja de la atmosfera, en la vecindad de la superficie terrestre; por esta razón el ingeniero que diseña un radioenlace debe estar familiarizado con los fenómenos que influyen en la propagación de las mismas. La presencia de la superficie terrestre y de la atmósfera afecta a la propagación de las señales de microondas a través de los

mecanismos de difracción, reflexión, refracción, absorción y dispersión. (Briceño, 2015)

A. Difracción

Consideremos un vano típico en un radioenlace de microondas, en el que el perfil del terreno entre los extremos del vano puede ser muy diverso, pudiendo variar desde una llanura hasta terreno montañoso. Las antenas transmisoras y receptoras son altamente direccionales y están alineadas entre sí, por lo que la mayor parte de la radiación de microondas se encuentra concentrada en un estrecho haz denominado haz radioeléctrico. (Briceño, 2015).

El haz radioeléctrico está centrado sobre la línea de vista que une las antenas. Si se considera que la línea de vista entre las antenas está lo suficientemente alejada del perfil del terreno, tendríamos esencialmente un caso de propagación en el espacio libre, en el que se asume que la propagación no es afectada por la presencia de la superficie terrestre y de la atmósfera. Esta situación se presenta en la siguiente figura. (Briceño, 2015)

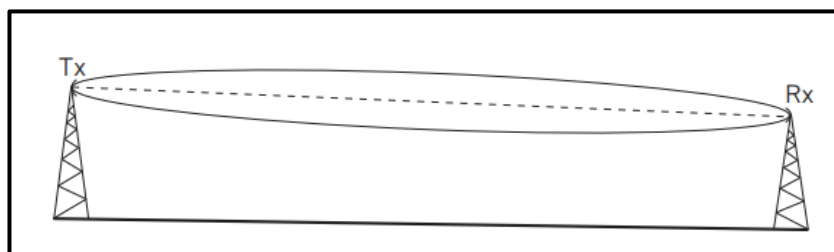


Figura 1: Propagación en línea de vista
Fuente: (Briceño, 2015)

Sin embargo, puede ocurrir que el perfil del terreno o cualquier otro tipo de obstáculo (vegetación, edificaciones,

etc.) intercepte una porción de la radiación emitida por la antena transmisora, dando lugar a una 'zona de penumbra radioeléctrica' a la que no llegan trayectorias directas desde la antena transmisora. (Briceño, 2015)

Como consecuencia de este hecho, hay una zona de penumbra donde se observa la recepción de señales, las cuales jamás podrían llegar a través de un haz que siguiese una trayectoria directa desde la antena transmisora hasta el punto de recepción. Pareciera entonces que las señales que inciden sobre el obstáculo tuviesen la habilidad de rodearlo, tal como se observa en la siguiente figura. En la mayoría de los casos, el efecto de la difracción es producir una atenuación en la intensidad de la señal recibida. (Briceño, 2015)

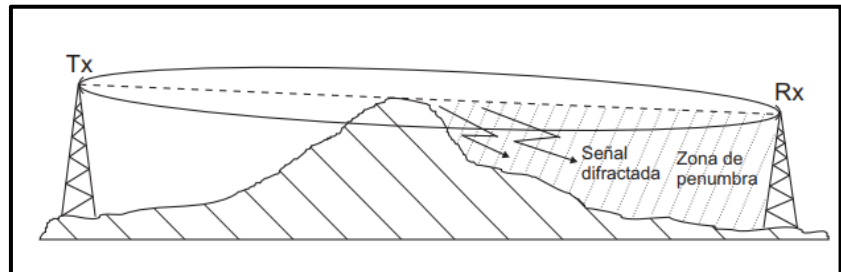


Figura 2: Difracción en un vano
Fuente: (Albornoz, 2007)

B. Reflexión

Si el perfil del terreno es llano, parte de la radiación interceptada puede ser reflejada en forma especular hacia la antena receptora, como se muestra en la siguiente figura. En estas condiciones se producirá interferencia entre la radiación que sigue la trayectoria directa entre las antenas y la que es reflejada por el terreno. (Briceño, 2015)

Dicha interferencia puede ser constructiva o destructiva dependiendo de la relación entre las fases de las ondas directa y reflejada; por lo general el resultado es desvanecimiento de la señal recibida. (Briceño, 2015)

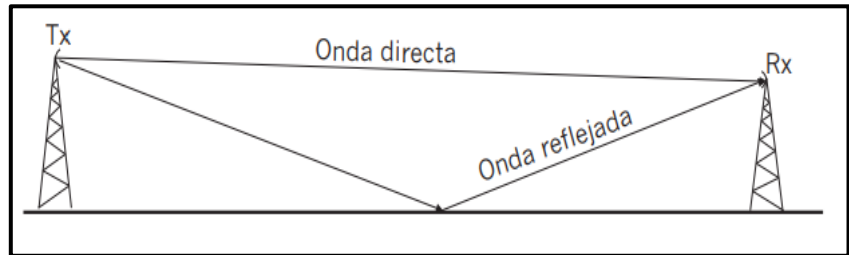


Figura 3: Reflexión en un vano
Fuente: (Briceño, 2015)

C. Refracción

Consideremos ahora el efecto que la presencia de la atmósfera tiene sobre la propagación de las microondas. Si la atmósfera fuese perfectamente homogénea, la propagación de las señales de microondas tendría lugar a lo largo de una línea recta (excepto en aquellas situaciones en las que se produce difracción). Pero la atmósfera terrestre sufre variaciones de presión, temperatura y humedad en el tiempo y en el espacio, por lo que rara vez puede considerarse como un medio homogéneo. (Henne, 2015)

En consecuencia, la trayectoria de las ondas radioeléctricas no será una línea recta, sino que estará curvada dependiendo de las condiciones particulares de la atmósfera para el momento. El fenómeno de la refracción hace que bajo condiciones normales la trayectoria de una señal de microondas sea cóncava hacia abajo, aumentando el alcance de las señales con respecto al que tendrían si la trayectoria seguida por ellas fuese una línea recta como se

muestra en la siguiente figura. En este caso, la refracción favorece la propagación del haz radioeléctrico ya que el alcance de las señales aumenta más allá del horizonte visual. (Henne, 2015)

Ocasionalmente, la refracción atmosférica causará que la trayectoria del haz sea cóncava hacia arriba, por lo que el alcance de las señales de microondas se verá reducido. Cuando esta última situación se produce, las señales que alcanzan la antena receptora siguen una trayectoria que yace por debajo de la línea de vista que une ambas antenas. Si el haz es interceptado por el perfil del terreno, por lo general se producirá una importante atenuación de la señal recibida. El ingeniero debe considerar la posibilidad de que ocurran estas situaciones al diseñar el radioenlace. (Henne, 2015)

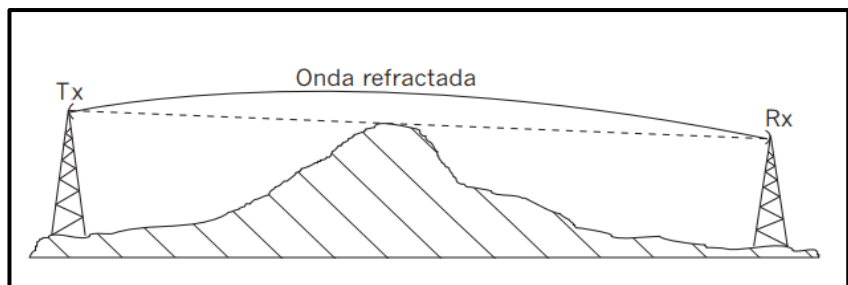


Figura 4: Aumento de la visibilidad radioeléctrica
Fuente: (Henne, 2015)

D. Absorción y Dispersión

La atmósfera de la tierra contiene dos gases que absorben parte de la energía de las señales de microondas: el oxígeno y el vapor de agua. La pérdida de potencia de la señal debida a este fenómeno es una función de la frecuencia y de las concentraciones de dichos gases en la atmósfera, y se debe a los momentos magnéticos y

eléctricos propios de las moléculas del oxígeno y del agua.
(Freeman, 2014)

Cuando el vapor de agua se encuentra condensado en forma de niebla o lluvia, este produce pérdidas dependiendo de la relación entre la longitud de onda de la señal y del tamaño promedio de las gotas de agua. Si el tamaño de estas últimas es muy pequeño, las pérdidas serán predominantemente debidas a la absorción.
(Freeman, 2014)

Si por el contrario el tamaño de las gotas es comparable a la longitud de onda de la señal, la energía que incide sobre las gotas será dispersada en direcciones aleatorias. El resultado neto es una disminución de la potencia de la señal recibida, el cual es dependiente de la frecuencia, de la polarización y de la intensidad de la lluvia o niebla.
(Freeman, 2014)

2.2.2 Radio de la primera Zona de Fresnel

La zona de Fresnel se define como el volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° . (Ramos, 2016)

Así, la fase mínima se produce para el rayo que une en línea recta al emisor y el receptor. Tomando su valor de fase como cero, la primera Zona de Fresnel abarca hasta que la fase llegue a 180° , adoptando la forma de un elipsoide de revolución (Ramos, 2016).

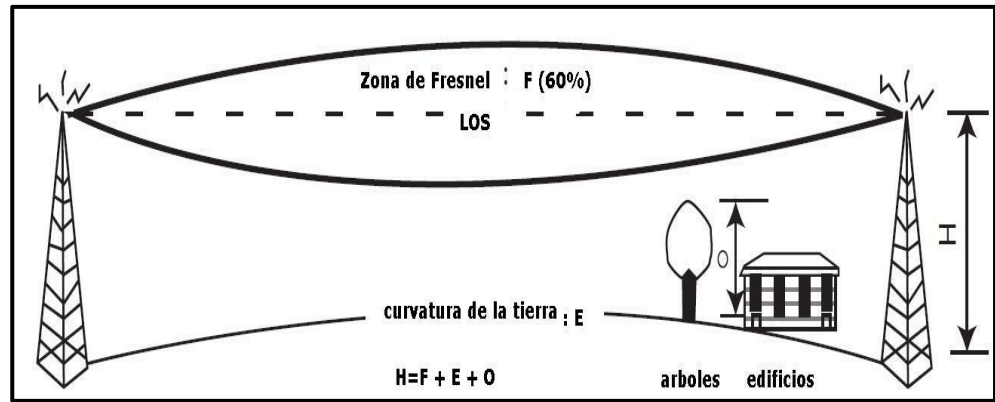


Figura 5: Radio de la zona de Fresnel de un Radioenlace

Fuente: (Ramos, 2016)

La segunda zona abarca hasta un desfase de 360° , y es un segundo elipsoide que contiene al primero. Del mismo modo se obtienen las zonas superiores. La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. (Ramos, 2016)

La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del factor K (curvatura de la tierra) considerando que para un $K=4/3$ la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con $K=2/3$ se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel. (Ramos, 2016)

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora. (Ramos, 2016)

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Dónde:

- r_n = radio de la n -ésima zona de Fresnel en metros.
- d_1 = distancia desde el transmisor al objeto en metros.
- d_2 = distancia desde el objeto al receptor en metros.
- λ = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel (r_1 de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo al objeto situado en el punto central. (Hernando, Riera, & Mendo, 2013)

$$r_1 = 8.657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

Dónde:

- r_1 = radio en metros (m).
- D = distancia en kilómetros (km) ($d_1 = d_2$, $D = d_1 + d_2$).
- f = frecuencia de la transmisión en Gigahercios

2.2.3 Consideraciones de diseño

2.2.3.1 Perdidas del espacio Libre

Para los radioenlaces de microondas punto a punto se debe de tomar en cuenta la Tropósfera, que está ubicada debajo de los 20 Km de altura y es una porción de la baja atmósfera no ionizada. Para propósitos de diseño del trayecto de la propagación de ondas es necesario definir un nivel de referencia donde se considere que la propagación de ondas no es afectada por la Tierra. (Henne, 2015)

Las pérdidas de señal entre dos antenas que no son afectadas por la Tierra se denominan “Perdidas por espacio libre (del inglés Free space loss o FSL)” y en estas pérdidas

de señal no se incluyen las que son provocadas por lluvia, absorción atmosférica, etc. (Henne, 2015)

El cálculo de pérdidas por espacio libre está relacionado con la distancia de espacio libre que usarán las ondas como medio de propagación y con la frecuencia con la que se propagan, la expresión de la pérdida por espacio libre es: (Henne, 2015)

$$FSL = 92.44 + 20 \log \log f_{\text{GHZ}} + 20 \log \log d_{\text{Km}}$$

Donde:

FSL: Pérdidas por espacio libre dB.

f_{GHZ} : Frecuencia de propagación de las Ondas (GHz).

d_{Km} : Distancia de separación entre las estaciones adyacentes (Km).

2.2.3.2 Altura de Antena:

Para encontrar el valor de la altura de las antenas es necesario haber calculado el radio de la primera zona de Fresnel y se requiere proponer la altura de la antena en el primer sitio. La siguiente expresión nos permite determinar la altura h_2 . (Henne, 2015)

$$h_2 \geq \frac{d}{d_1} (h_o + h_s) - \frac{d_2}{d_1} (h_1) + \frac{dd_2}{2ka} = [\text{metros}]$$

Donde:

h_o = Radio de la primera zona de Fresnel.

d_1 = Distancia del trayecto al extremo cercano (Km)

d_2 = Distancia del trayecto al extremo lejano (Km)

h_s = Altura del Obstaculo

K_a : equivale a $(4/3)$ ($6.37 \times 10^6 \text{m}$)

2.2.3.3 Potencia de Recepción

La potencia que llega al receptor es el resultado de la suma de la potencia de transmisión, la ganancia de las antenas, las pérdidas por espacio libre y elementos como guías de onda, filtros, circuladores, etc. La potencia de recepción se puede calcular mediante la siguiente expresión: (Freeman, 2014)

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - FSL + G_{RX} - L_{RX}$$

Donde:

P_{RX} : Potencia de recepción (dBm).

P_{TX} : Potencia de transmisión (dBm).

L_{TX} : Pérdidas de la línea de transmisión en el transmisor (dB).

G_{TX} : Ganancia de la antena de transmisión (dBi)

G_{RX} : Ganancia de la antena de recepción (dBi)

FSL: Pérdida en espacio Libre (dB)

L_{RX} : Pérdidas de la línea de transmisión en el receptor (dB).

2.2.3.4 Margen de desvanecimiento

Se define como una pérdida adicional que se debe tomar en cuenta en las ya consideradas pérdidas de transmisión, en el margen de desvanecimiento se están considerando las pérdidas intermitentes en la intensidad de la señal provocadas por perturbaciones meteorológicas, como la lluvia, nieve, trayectos múltiples de transmisión y por la superficie irregular de la Tierra que afectan la propagación de las ondas electromagnéticas. (Freeman, 2014)

El margen de desvanecimiento se incluye en la ecuación de ganancia del sistema para considerar características no ideales y no tan predecibles en la propagación de ondas de radio. Además el margen de desvanecimiento nos permite

tener en cuenta los objetivos de confiabilidad del sistema:
(Freeman, 2014)

$$F_m = 30 \log d + 10 \log \log (6 * A * B * f) - 10 \log \log (1 - R) - 70$$

Donde:

F_m : Margen de desvanecimiento (dB).

$1-R= 0.00001$ (objetivo de confiabilidad del enlace)

$d=$ Distancia de transmisor al objetivo (Km)

$f=$ Frecuencia (GHz)

$A=$ Factor de rugosidad

- 4= Terreno plano o con agua
- 1= Terreno promedio
- 0.25= Terreno con rugosidad

$B=$ Factor climático

- 0.5= Zona caliente y húmeda
- 0.25= Zona intermedia
- 0.125= Zona montañosa o muy seca

2.2.3.5 Coordenadas Geográficas

Las Coordenadas Geográficas expresan todas las posiciones sobre la tierra usando dos de las tres coordenadas del sistema de coordenadas esféricas, la cual está alineada con el eje de rotación de la Tierra. Estas dos coordenadas usadas son medidas desde el centro de la Tierra y son: latitud y longitud, las cuales explicamos a continuación: (Briceño, 2015)

- Latitud: Es el ángulo que se forma entre la línea ecuatorial y cualquier punto sobre la Tierra, la cual se mide en grados sexagesimales, por lo que la línea ecuatorial viene a ser la latitud 0° . Las líneas de latitud se llaman “Paralelos” debido a que son círculos paralelos a la línea ecuatorial. La latitud puede tomar valores desde 0° hasta 90° y pueden estar al norte (N) o sur (S) de la Tierra. (Briceño, 2015)
- Longitud: Es el ángulo que se forma entre el meridiano de Greenwich y cualquier punto de la Tierra, la cual se mide en grados sexagesimales, por lo que el meridiano de Greenwich viene a ser la longitud 0° . Las líneas de longitud se llaman “Meridianos” y van desde el Polo Norte hasta el Polo Sur. La longitud puede tomar valores desde 0° hasta 180° y pueden estar al este (E) u oeste (O) de la Tierra. (Briceño, 2015)

Las coordenadas geográficas son muy importantes al diseñar un radioenlace de microondas punto a punto para poder ubicar con exactitud las estaciones donde se piensa instalar los equipos de radio y poder realizar con mayor precisión (gracias a la ayuda del software) los trazados de perfiles. (Briceño, 2015)

A. Angulo de Azimuth

El ángulo de azimut de una antena es el ángulo formado por la dirección a la que apunta una antena u orienta la propagación de las ondas que emite, en sentido horario usando como referencia al norte geográfico. (Briceño, 2015)

B. Angulo de elevación

El ángulo de elevación es el ángulo formado por la dirección de la máxima radiación de la antena con respecto al plano horizontal. (Briceño, 2015)

2.3 Definición de términos básicos

- Antena de apertura: Antena de microondas que utiliza una bobina o un alimentador y un reflector.
- Azimut: Ángulo de orientación horizontal con relación al norte geográfico.
- Banda Base: Banda de frecuencias que ocupa la señal original sin modular.
- BER: Cuando se le da un valor a éste, se refiere al valor que toma el BER después de la corrección Reed Solomon.
- Canal de radiofrecuencia (canal RF): Segmento específico del espectro de RF con una anchura de banda y una frecuencia portadora definidas, capaz de cursar información a través de la interfaz radioeléctrica.
- Demultiplexador: Dispositivo que recupera señales individuales que han sido imbricadas o multiplexadas para su transmisión.
- Elevación: Ángulo vertical medido desde el horizonte hasta la línea de localización del satélite.
- Ruido térmico: Ruido térmico equivalente de la fuente de señal de 75Ω en 5 MHz de ancho de banda.
- TDD: (Time Division Duplex) Duplexación por división en tiempo, método de comunicación bidireccional en la misma frecuencia de la portadora, pero en diferentes ranuras de tiempo.
- TDM: (Time Division Multiplexing) Multiplexación por división en tiempo, método de multiplexación de señales con diferentes datos, donde el canal se divide en intervalos de tiempo múltiple y las diversas señales se asignan a las ranuras adecuadas.
- TDMA: (Time Division Multiple Access) Es una tecnología utilizada en la comunicación celular que divide cada canal hasta en ocho ranuras de

tiempo con el fin de aumentar la cantidad de llamadas de modo que varios usuarios puedan usar el canal al mismo tiempo sin tener interferencia entre ellos.

2.4 Formulación de las hipótesis

2.4.1 Hipótesis Principal

La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.

2.4.2 Hipótesis Específicas

- La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.
- La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.
- La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.

2.5 Identificación y clasificación de las variables

2.5.1 Variable Independiente: Radioenlace por microondas

Dimensión: Medio de propagación

Indicadores

- Potencia de recepción.
- Margen de desvanecimiento

2.5.2 Variable Dependiente: Transmisión de datos

Dimensión: Calidad de comunicación

Indicadores

- Velocidad de carga de datos
- Velocidad de descarga de datos
- Latencia de datos

2.6 Operacionalización de variables

En la siguiente tabla se muestra la Operacionalización de la variable independiente y dependiente de la presente investigación:

Tabla 5
Operacionalización de las variables

Variables	Dimensión	Indicadores
Independiente Radioenlace por microondas	Medio de propagación Depende del diseño y de la situación del enlace.	Potencia de recepción Potencia que llega al receptor
		Margen de desvanecimiento Factor que toma en cuenta las pérdidas y sensibilidad
Dependiente Transmisión de datos	Calidad de comunicación Es la satisfacción de la necesidad de una óptima transferencia de información	Velocidad de carga de datos Es un promedio del número de bits, caracteres o bloques que se transfieren entre dos dispositivos.
		Velocidad de descarga de datos Es la cantidad de datos digitales que son movidos de un lugar a otro en un determinado tiempo.
		Latencia de datos Tiempo que demora en la propagación y transmisión de paquetes dentro de la red

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo, Diseño y Nivel de la investigación

3.1.1 Tipo de la investigación

El tipo de investigación será Aplicada, ya que, se emplea un referente teórico ya existente para resolver un problema en relación a nuestra variable. (Vargas, 2009), tal como señala el autor la investigación aplicada es el tipo de investigación en la cual el problema está establecido y es conocido por el investigador, por lo que utiliza la investigación para dar respuesta a preguntas específicas.

En la presente investigación el problema que se observa, es la interferencia de comunicación, así como baja capacidad de velocidad de carga y descarga de datos; motivo por el cual se crea una situación peligrosa, ya que, la institución militar no tiene la capacidad de ejercer una acción pertinente en el momento necesario.

3.1.2 Diseño de la investigación

La investigación será de tipo no experimental, ya que, en esta investigación se observa al fenómeno tal y como se dan en su

contexto natural, para después analizarlos. En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. (Hernández, Fernández, & Pilar, 2003)

En ese sentido se observará los resultados obtenidos en la transmisión de datos una vez implementado el radioenlace por microondas; y se determinará el grado de influencia con los resultados de los indicadores de la calidad de comunicación (Velocidad de carga de datos, Velocidad de descarga de datos y Latencia de datos).

3.1.3 Nivel de la investigación

Descriptivo - Correlacional; según Hernández, R. (2003) esta investigación se emplea cuando se obtiene los valores de las variables, y luego se desea ver el grado de influencia. (Hernández, Fernández, & Pilar, 2003). Es así que se analizara el grado de influencia de los indicadores del medio de propagación con los de la calidad de comunicación.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La Población son las 89 estaciones terminales (PCs) que se encuentran distribuidas en la Aviación del Ejército.

3.2.2 Muestra

Para hallar el número de la muestra emplearemos la siguiente ecuación:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Donde:

n= Tamaño de muestra buscado

N= Tamaño de la población

Z= Parámetro estadístico que depende el nivel de confianza (NC)

p= Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

q= (1-p) = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

e= Error de estimación máximo aceptado

Es importante indicar que el valor Z depende del nivel de confianza, el cual es el intervalo aleatorio que se usa para acotar un valor con una determinada probabilidad alta, asimismo el nivel de confianza lo coloca el investigador con el grado de certeza que quiera la investigación, en este caso será del 95%.

Tabla 6
Nivel de confianza

NIVEL DE CONFIANZA	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2.58
98%	2.33
96%	2.05
95%	1.96
90%	1.645
80%	1.28
50%	0.674

Fuente: Hernández, R. (2003)

Así también el error de estimación máximo aceptado (e), es la cantidad de error de muestreo aleatorio resultado de la elaboración de una investigación y es colocado por el investigador utilizando el criterio de certeza que se quiera para la investigación; en ese sentido el margen de error será igual al 5%.

En relación a la probabilidad de éxito o proporción esperada (p), este al ser desconocida, y según Hernández, 2003, será igual a (q), en una proporción de 50% cada una.

Entonces, reemplazando en la ecuación anterior:

$$n = \frac{89 * 3.8416 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (89 - 1) + 3.8416 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = \frac{89 * 3.8416 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (89 - 1) + 3.8416 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 72.41 \approx 72$$

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

La técnica que se empleara es la de observación, y el instrumento de medición serán los reportes técnicos, en los cuales se recolectaran los resultados de los indicadores de la calidad de comunicación, después de la implementación.

Roberto Hernández Sampieri y colaboradores (2000) escriben que la observación se fundamenta en la búsqueda del realismo y la interpretación del medio. Es decir, a través de ella se puede conocer más acerca del tema que se estudia. La observación es una eficaz herramienta para juntar información, si se orienta y enfoca a un objetivo específico.

3.4 Procesamiento de los datos

El procesamiento de esta información se analizará por medio del programa estadístico SPSS. El porcentaje de influencia se empleará la herramienta regresión lineal; la influencia se establece una vez obtenido el valor de R^2 (Coeficiente de Determinación). (OIT, 2016)

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación, análisis e interpretación de resultados

Con la finalidad de desarrollar el radioenlace vía microondas entre la Aviación del Ejército de las sedes Callao y Chorrillos, es necesario proceder a analizar la línea de vista entre las estaciones de transmisión y recepción; motivo por el cual se realiza el estudio de los perfiles, haciendo uso del Google Earth, donde se determina las coordenadas, tanto de Latitud y Longitud, de los puntos en análisis.

Tabla 7
Coordenadas del radioenlace

Información de Google Earth		
Descripción	Aviación del Ejército Sede Callao	Aviación del Ejército Sede Chorrillos
Latitud	12° 0'36.60"S	12° 0'50.77"S
Longitud	77° 6'44.18"O	75°21'30.28"O
Elevación	24m	60m
Distancia del Enlace	20.78 Km.	

Fuente: Google Earth

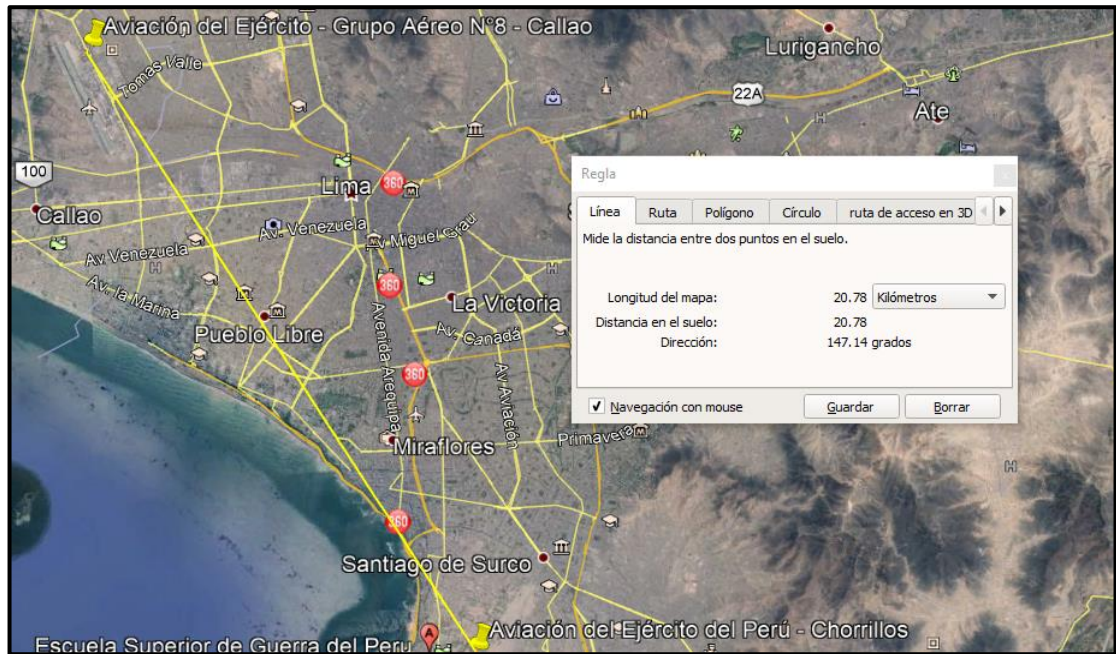


Figura 6: Distancia del enlace
Fuente: Google Earth

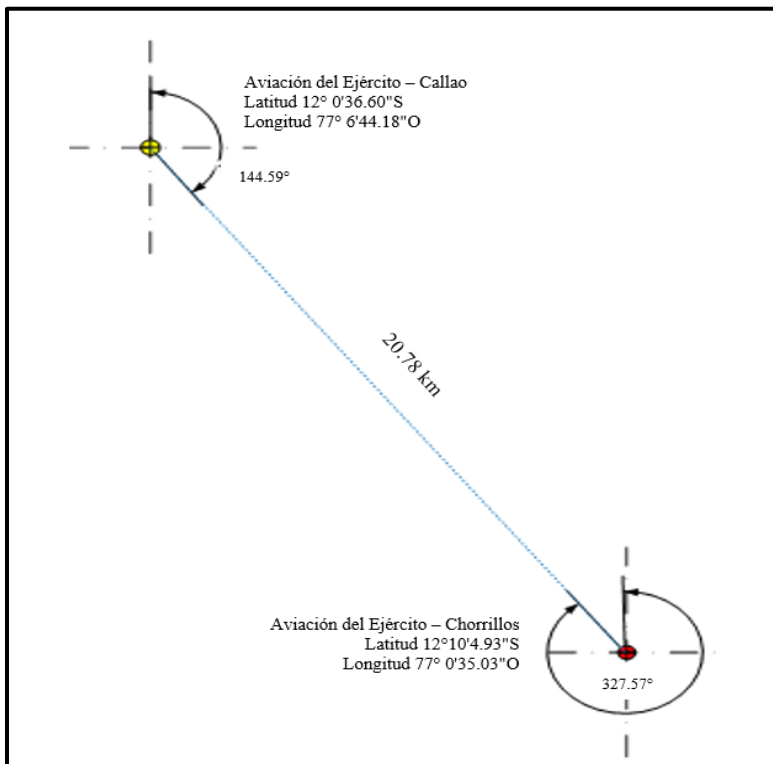


Figura 7: Rumbo y distancia del radioenlace
Fuente: Elaboración propia

De la representación anterior obtuve, el ángulo de azimut y el ángulo vertical de cada una de las antenas; siendo estos:

Tabla 8
Angulo de Azimuth y Elevación

	Aviación del Ejército Sede Callao	Aviación del Ejército Sede Chorrillos
Azimuth	146.36°	327.57°
Ángulo Vertical	-15.77°	15.77°

Fuente: Elaboración propia

Como parte del desarrollo a continuación se establece la altura de las torres y antenas.

Tabla 9
Altura de torres y antenas

	Antena	Altura Antena	Diámetro Antena	Polaridad	Frecuencia
Aviación del Ejército Sede Callao	Cardio	30m	0.9 m	Vertical	5.1 GHz
Aviación del Ejército Sede Chorrillos	Cardio	15m	0.9 m	Vertical	5.1 GHz

Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se muestra el diagrama de la altura de torres y antenas del radioenlace.

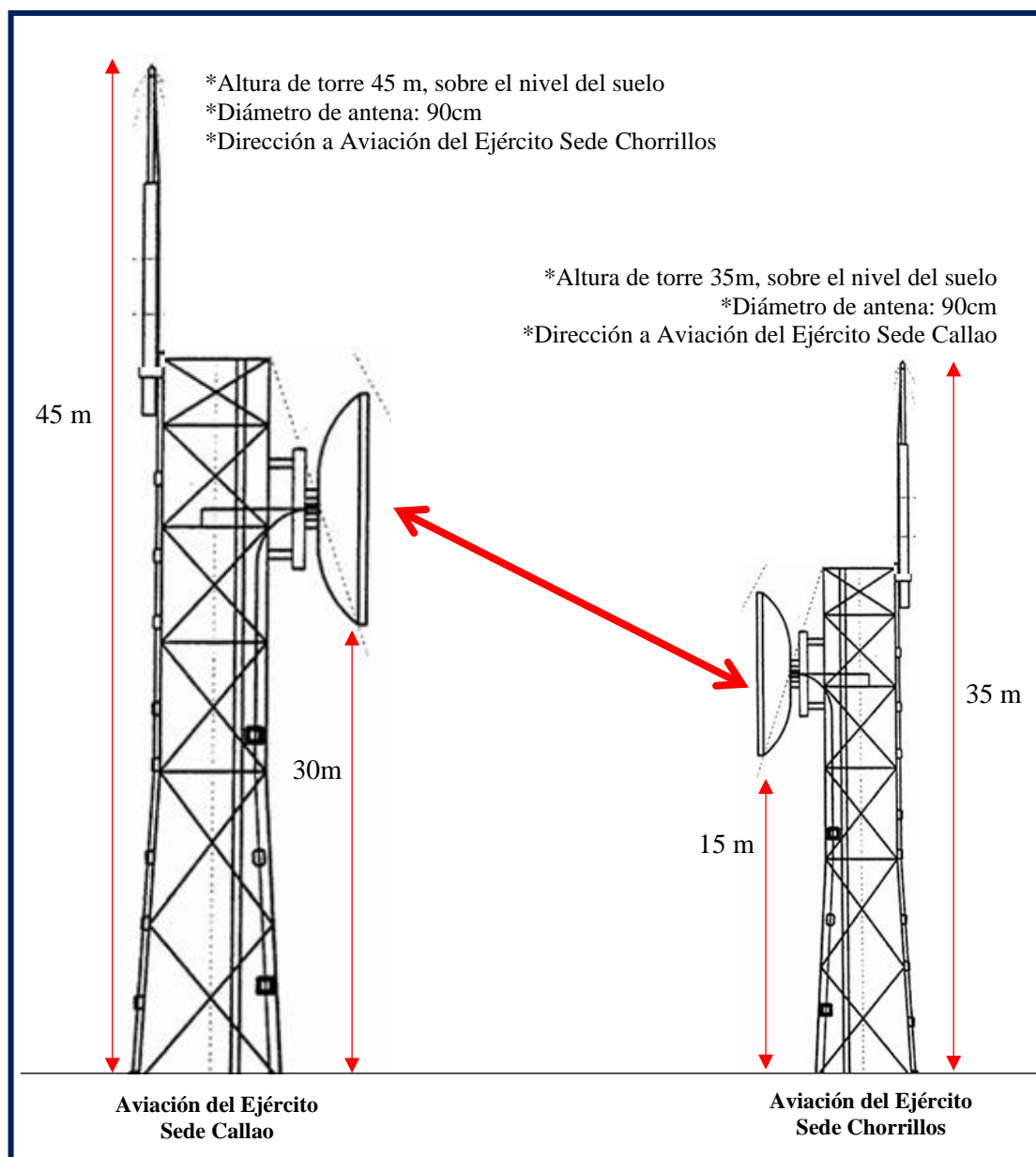


Figura 8: Diagrama de la altura de torres y antenas del radioenlace
 Fuente: Elaboración propia

En la siguiente Figura se visualiza la línea de vista y zona de Fresnel, donde se analiza las alturas máximas de los obstáculos que no van a perjudicar el enlace de radio; este procedimiento se realizó con el programa (Radio Mobile).

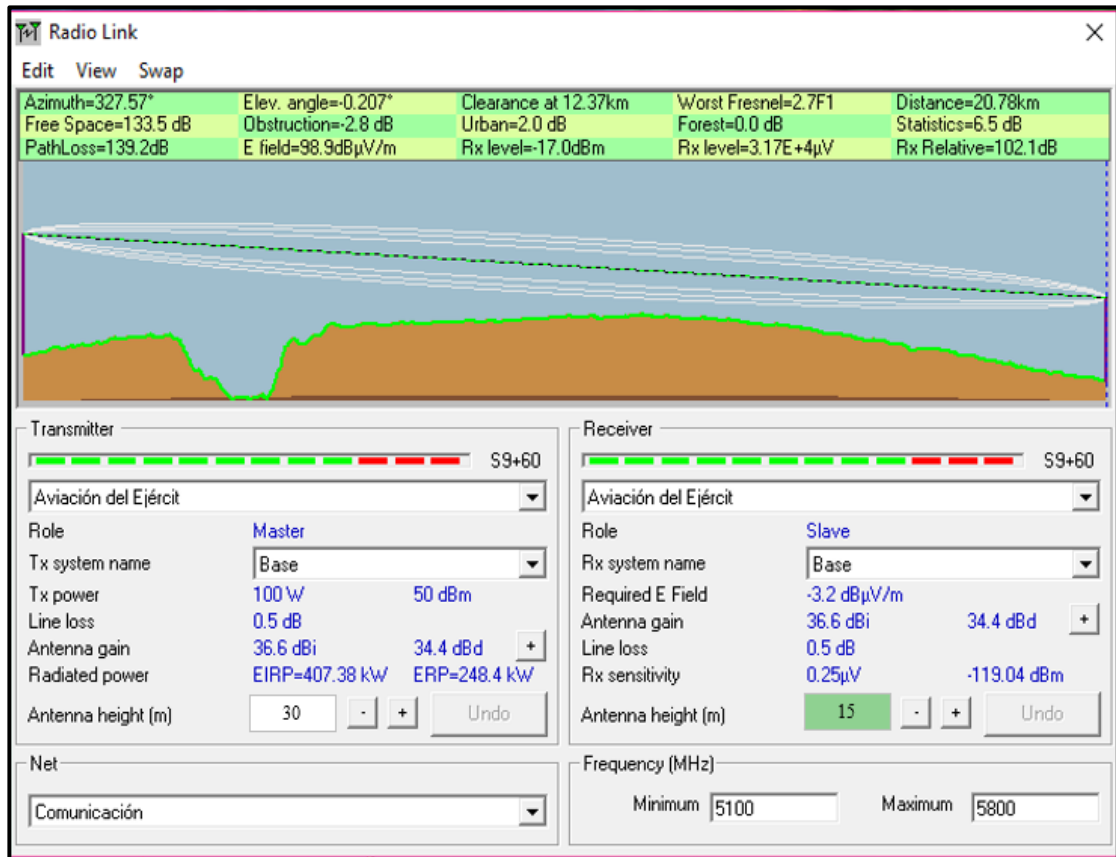


Figura 9: Línea de vista y zona Fresnel
Fuente: Radio mobile

Tal como se observa en la Figura anterior el radioenlace no presenta ni un obstáculo en su diseño.

Con respecto a la potencia a considerar para el enlace de Microondas, consideré para el cálculo de la potencia de recepción, los siguientes parámetros:

Tabla 10
Ganancia de Antenas y pérdida por acoplamiento

	Aviación del Ejército Sede Callao	Aviación del Ejército Sede Chorrillos
Ganancia de Antenas (dBi/ dB)	36.60	34.40
Pérdida por acoplamiento	0.5	0.5

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la pérdida por desvanecimiento consideraré lo expuesto en la siguiente Tabla:

Tabla 11
Constantes de desvanecimiento para diferentes terrenos

Datos	Valor
A	1 (Terreno normal)
B	Áreas calientes y húmedas; Calor húmedo)
R (Confiabilidad)	99.99% = 0.9999

Fuente: Elaboración propia

Consideramos los datos siguientes valores en relación con la pérdida en la línea de transmisión (L_{TX}) y recepción (L_{RX}), para una altura de ubicación de la antena sobre la torre de 30m y 15m, respectivamente.

Tabla 12
Pérdida en línea de transmisión y recepción

Pérdidas	Valor
L_{TX}	1.4 dB
L_{RX}	2.5 dBi

Fuente: Elaboración propia

Continuando con el desarrollo, realizaremos el cálculo de la potencia de recepción, donde se utilizará la siguiente ecuación:

$$P_{RX} = P_{TX} - L_{TX} + G_{TX} - FSL + G_{RX} - L_{RX} \quad \dots (1)$$

Donde:

- P_{RX} : Potencia de Recepción (dBm)
- P_{TX} : Potencia de Transmisión (dBm)
- L_{TX} : Perdida en la Línea de transmisión (dB)
- G_{TX} : Ganancia de la antena de transmisión (dBi)

- FSL: Pérdida en espacio libre (dB)
- G_{RX}: Ganancia de la antena de recepción (dB)
- L_{RX}: Pérdida en la Línea de transmisión (dBi)

Con los datos especificados, en las tablas 10, 11 y 12, procederemos a realizar los cálculos a fin de determinar la potencia de recepción, así como el margen de desvanecimiento.

Reemplazando en la ecuación 1, donde:

- P_{TX}= (50 dBm, Según Figura 9)
- L_{TX}= (1.4 dB, Según Tabla 12)
- G_{TX}= (36.6 dBi, Según Tabla 10)
- G_{RX}= (34.4 dB, Según Tabla 10)
- L_{RX}= (2.5 dBi, Según 12)

$$P_{RX} = 50 - 1.4 + 36.6 - FSL + 34.4 - 2.5$$

$$P_{RX} = 117.1 - FSL \quad \dots (2)$$

Ahora calcularemos la pérdida en espacio libre (FSL), utilizando la siguiente ecuación.

$$FSL = 92.4 + 20 \log (F(GHz)) + 20 \log (D(km)) \quad \dots (3)$$

Donde:

- F: Frecuencia de transmisión (GHz) = (5.1, Según Tabla 9)
- D: Distancia del radioenlace (km) = (16.7, Según Tabla 7)

Reemplazando en (3):

$$FSL = 92.4 + 20 \log (5.1(GHz)) + 20 \log (20.78(km))$$

$$FSL = 132.90 \text{ dB}$$

Reemplazando en (2):

$$P_{RX} = 117.1 - 132.90$$

$$P_{RX} = -15.80 \text{ dBm}$$

Ahora considerando los datos de la Tabla 11, procederé a calcular el margen de desvanecimiento, mediante la siguiente ecuación (6):

$$Md = 30 * \text{Log}(D(Km)) + 10 * \text{Log}(6 * A * B * F) - 10 * \log(1 - R) - 70$$

Donde:

D: Distancia [km] = (20.78, Según Tabla 7)

F: Frecuencia [GHz] = (5.1, Según Tabla 9)

R: Confiabilidad expresada como decimal = (0.9999, Según Tabla 11)

1-R: Confiabilidad para una trayectoria en un solo sentido o dirección

A: Factor de rigurosidad = (1, Según Tabla 11)

B: Factor para convertir una probabilidad = (0.50, Según Tabla 11)

Reemplazando en (6):

$$Md = 30 * \text{Log}(20.78) + 10 * \text{Log}(6 * 1 * 0.5 * 5.1) - 10 * \log(1 - 0.9999) - 70$$

$$Md = 21.376 \text{ dB}$$

Considerando los resultados obtenidos, se puede garantizar el buen funcionamiento del sistema vía radioenlace por microondas.

Para calcular el metraje necesario de la línea de transmisión para cada estación, tomé como referencia el siguiente gráfico:

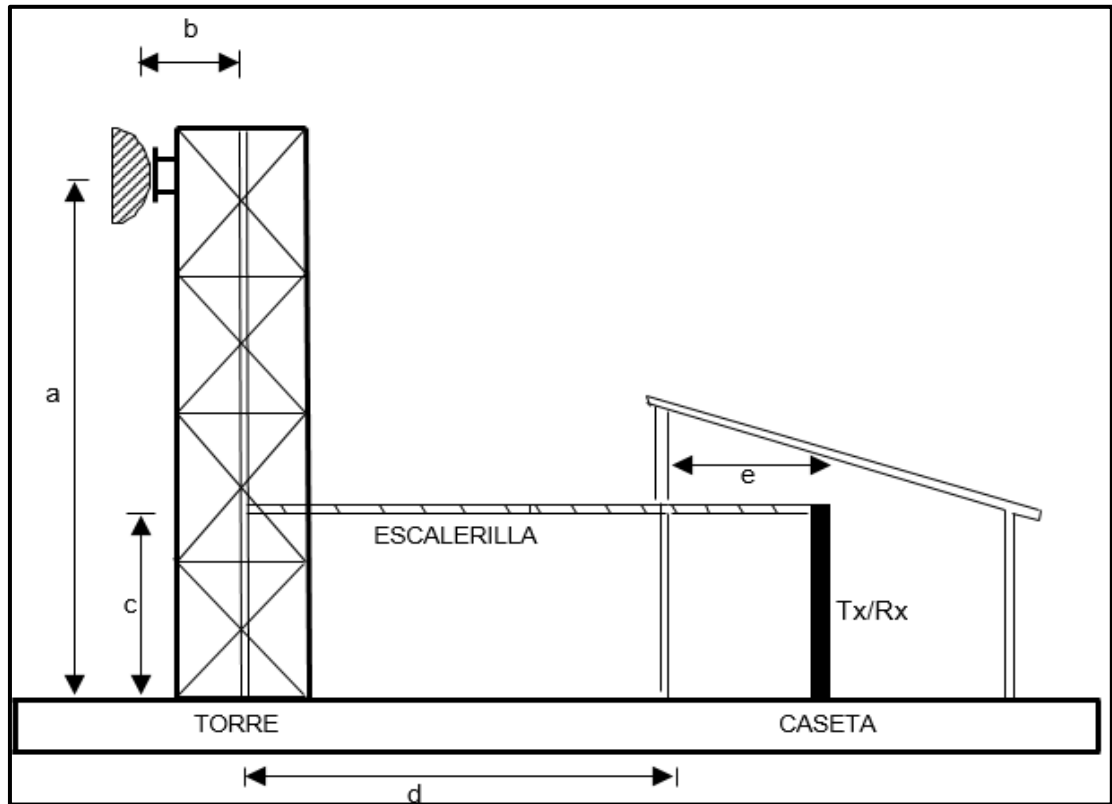


Figura 10: Esquema del recorrido de la Línea de Transmisión
Fuente: (Albornoz J. , 2014)

Donde:

- a: Altura de la antena a ser instalada
- b: Distancia entre la antena y la escalerilla vertical de la torre
- c: Distancia entre la escalerilla horizontal y la base de la torre
- d: Distancia de toda la escalerilla horizontal externa
- e: Distancia de toda la escalerilla horizontal interna

Para el cálculo de la línea de transmisión tenemos la variable L , el cual es la longitud total de recorrido del cable alimentador y el cual se calcula como:

$$L = a + b - c + d + e \quad \dots (4)$$

Al resultado final obtenido, se le debe añadir un metraje adicional que viene a ser el margen de seguridad. Este básicamente el metraje de la línea de

transmisión que no fue considerado en la figura, tal como el recorrido o ruta que sigue en el gabinete o rack donde se instalará la ID; asimismo también, en la ODU debe existir una curvatura, la cual le da la estética final a la instalación. Es por ello que la fórmula final queda de la siguiente manera:

$$L.T. = L + M.S. = \text{Longitud total}$$

... (5)

Donde M.S. representa el margen de seguridad. El margen de seguridad del cable de línea de transmisión queda al criterio del técnico encargado de la instalación.

Una vez señalado la manera de realizar el cálculo del metraje de la línea de transmisión, se tiene en el siguiente cuadro:

Tabla 13
Metraje de la línea de transmisión RG-8U

Dirección	Altura De torre	Alturas(m)							
		a	b	c	d	e	L	M.S	L.T.
Aviación del Ejército Sede Callao	45	30	2	1	20	3	56	4	60
Aviación del Ejército Sede Chorrillos	35	15	2	3	25	10	55	4	59
Metraje de la línea de transmisión									119

Fuente: Elaboración propia

Con lo que se necesitará un total de 119 m de cable RG-8U de 50Ohm para este radioenlace.

Seguidamente, se realizó la configuración del radioenlace, así como el direccionamiento IP; el cual se muestra en la siguiente Tabla.

Tabla 14
Configuración del enlace

	Aviación del Ejército Sede Callao		Aviación del Ejército Sede Chorrillos	
Equipment Firmware	SystemVersion			
	Web LCT			
Protección: 1+0	Polarización: V		Polarización: V	
Tipo de torre:	Autosoportado de 40m.		Autosoportado de 35m.	
	Antena instalada a: 30m.		Antena instalada a: 15m.	
ODU AL / SB:	8	L/B	H/B	
Ancho de banda	56 Mhz			
IDU:	NR8120 ZTE	Antena: 0.9m	Antena: 0.9m	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15
Direccionamiento IP

		Aviación del Ejército Sede Callao				Aviación del Ejército Sede Chorrillos			
Agent IP address		10.	129.	54.	3	10.	129.	54.	2
Ethernet	IP Address	10.	129.	54.	3	10.	129.	54.	2
	IP Net Mask	255.	255.	255.	248.	255.	255.	255.	248.
LCT PPP	IP Address	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	IP Net Mask	255.	255.	255.	248.	255.	255.	255.	248.
Radio	IP Address	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	IP Net Mask	255.	255.	255.	248.	255.	255.	255.	248.
	PPP Mode	Client				Client			
2Mb/s EOC	IP Address	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	IP Net Mask	255.	255.	255.	248.	255.	255.	255.	248.
	PPP Mode	Client				Client			
Default Gateway		10.	129.	54.	1	10.	129.	54.	1
Interface		LAN				LAN			

Fuente: Elaboración propia

Considerando el análisis previamente realizado, en la siguiente tabla se detalla el equipamiento a utilizar en la implementación del radioenlace por microondas:

Tabla 16
Equipamiento del radioenlace por microondas

Equipo	Características
IDU	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca ZTE ● Banda 8 GHz ● Modelo ZXMW NR8120 ● s/n: 711810000233
ODU	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca ZTE ● Modelo ZXMW SRU8G ● Sin protección 1+0 ● s/n: 219130623912
Antena	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca Microwave Antena ● Frecuencia 5.1 GHz ● Modelo WTC09–W71DAR - QOZT ● s/n: PT12610012V2027HA0003
Cable Coaxial	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca Belden ● RG-8U ● 50Ohm ● Cubierto con Malla al 90% ● Color negro (RF)
torres Galvanizadas	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca PCenterPerú ● 45 x 45 cm ● 35 x 35 cm ● Norma ASTM-A-123 ● Tubo electro soldado de 1" x 1.2mm ● Peldaños tipo L ● Galvanizado por inmersión al caliente ● 7 pasos por tramo con platina de 1 1/4 x 1/8
Servidor	<ul style="list-style-type: none"> ● Marca Cisco ● UCS-C200M2-VCD2} ● CPU Intel® Xeon® 5600 o 5500 series processors ● Memory 12 slots (up to 192 GB) ● Intel SDD

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la siguiente tabla se detalla el costo de inversión que tiene la implementación del radioenlace por microondas, cuya finalidad es mejorar la transmisión de datos en la Aviación del Ejército.

Tabla 17

Costo de inversión del radioenlace por microondas

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Equipamiento			
	1	S/. 5, 425.00	S/. 5, 425.00
	1	S/. 5, 425.00	S/. 5, 425.00
	2	S/. 1,450.00	S/. 2,900.00
Coaxial (119m)	4 rollos	S/. 401.00	S/. 1,604.00
Galvanizadas (45m y 35m)	2	3m = S/.145.00	S/. 3,915.00
Servidor	1	S/. 7,450.50	S/. 7,450.50
Instalación y Supervisión			
Análisis situacional de equipos	-	-	S/. 4,396.20
Supervisión de personal en sitio (45 días)	-	-	S/.15,498.70
Integración del servicio	-	-	S/. 5,336.50
Comisionamiento para la configuración	-	-	S/. 11,550.80
Instalación de plinth (soporte en torre)	-	-	S/. 2,571.90
Instalación del servidor	-	-	S/. 4,050.70
Instalación del cable coaxial	-	-	S/. 2,185.90
Mediciones y pruebas de aceptación	-	-	S/. 1,977.14
Total			S/. 63,437.34

Fuente: Elaboración propia

4.2 Contratación de hipótesis

Esta prueba se realizará mediante el programa estadístico SPSS; y definiremos 5 pasos a seguir, estos son:

- 1) Declarar las Hipótesis
- 2) Establecer el nivel de significancia
- 3) Establecer el valor de la prueba
- 4) Comparar p y α
- 5) Tomar la decisión (Rechazo H_0 \square P valor $< \alpha$)
- 6) Realizar la conclusión

Establecidos esos pasos, se iniciará declarando las hipótesis nulas y alternas de la investigación.

1) Declarar las Hipótesis

Hipótesis General

- H_{01} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A1} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.

Hipótesis Especifica 1

- H_{02} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A2} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército.

Hipótesis Especifica 2

- H_{03} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A3} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército.

Hipótesis Especifica 3

- H_{04} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la latencia de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A4} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la latencia de datos, en la Aviación del Ejército.

2) Establecer el nivel de significancia

El nivel de significancia es un umbral que permite determinar si el resultado de un estudio se puede considerar estadísticamente significativo después de realizar las pruebas planificadas. El nivel de significancia suele establecerse en un 5% (0,05). Entonces: $\alpha = 0.05$ (5%)

3) Establecer el valor de la prueba

La prueba a realizar será el coeficiente de relación de Spearman; se utiliza esta prueba, debido a que no existe una distribución normal de los datos, tal como se demuestra en la siguiente tabla; cabe señalar que se afirma que no existe distribución normal, ya que, para esta prueba se rige los siguientes criterios:

- Los datos de la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército tienen distribución

normal. (P valor (significancia) > α); Si cumple se acepta este enunciado.

- Los datos de la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército difieren de la distribución normal. (P valor (significancia) < α); Si cumple se acepta este enunciado

Es importante indicar, que para esta prueba nos centraremos en los resultados de Kolmogorov-Smirnov, ya que, según lo establecido, esta prueba se utiliza cuando la muestra es mayor a 50.

Tabla 18
Prueba de Normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Potencia de recepción (dBm)	,345	72	,000	,543	72	,000
Margen de desvanecimiento (dB)	,361	72	,000	,537	72	,000
Velocidad de carga de datos (Mbps)	,337	72	,000	,616	72	,000
Velocidad de descarga de datos (Mbps)	,290	72	,000	,718	72	,000
Latencia de datos (ms)	,293	72	,000	,629	72	,000
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Fuente: SPSS

Tal como se muestra la significancia es igual a 0,000; por lo que se acepta la siguiente expresión, si P valor (0,000) < 0,05, no existe normalidad.

4) Comparar p y α

En la siguiente tabla se muestra los resultados del coeficiente de relación de Spearman y la significancia de las variables.

Tabla 19
Relación de Spearman

Relaciones							
			Potencia_de_recepción_dBm	Margen_de_desvanecimiento_dB	Latencia_de_datos_ms	Velocidad_de_carga_de_datos_Mbps	Velocidad_de_descarga_de_datos_Mbps
Rho de Spearman	Potencia_de_recepción_dBm	Coefficiente de relación	1,000	,844**	,732**	,745**	,846**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,000
		N	72	72	72	72	72
	Margen_de_desvanecimiento_dB	Coefficiente de relación	,844**	1,000	,885**	,864**	,863**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,000	,000
		N	72	72	72	72	72
	Latencia_de_datos_ms	Coefficiente de relación	,732**	,885**	1,000	,806**	,744**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,000	,000
		N	72	72	72	72	72
	Velocidad_de_carga_de_datos_Mbps	Coefficiente de relación	,745**	,864**	,806**	1,000	,696**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	.	,000
		N	72	72	72	72	72
	Velocidad_de_descarga_de_datos_Mbps	Coefficiente de relación	,846**	,863**	,744**	,696**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,000	.
		N	72	72	72	72	72

** . La relación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: SPSS

Según como se observa en la tabla anterior la significancia para todos los casos es de 0,000, por lo que se obtiene lo siguiente:

- **Hipótesis General** = P valor (0,000) < 0,05
- **Hipótesis Especifica 1** = P valor (0,000) < 0,05
- **Hipótesis Especifica 2** = P valor (0,000) < 0,05
- **Hipótesis Especifica 3** = P valor (0,000) < 0,05

5) Tomar la decisión (Rechazo $H_0 \square P \text{ valor} < \alpha$)

- **Hipótesis General**

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{01} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A1} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 1**

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{02} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A2} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 2**

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{03} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A3} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 3**

P valor (0,000) < 0,05; Se rechaza la Hipótesis Nula

- H_{04} : No Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la latencia de datos, en la Aviación del Ejército.
- H_{A4} : Existe influencia significativa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la latencia de datos, en la Aviación del Ejército.

6) Realizar la conclusión

Para realizar la conclusión se debe tener el siguiente criterio, el cual nos indica cómo interpretar el Coeficiente de relación de Spearman.

[0 a 0.2] = Muy baja o muy débil

<0.2 a 0.4] = Baja o débil

<0.4 a 0.6] = Moderada

<0.6 a 0.8] = Alta o Fuerte

<0.8 a 1] = Muy alta o muy fuerte

- **Hipótesis General**

Coefficiente de relación de Spearman = (0,732; 0,745; 0,846; 0,885; 0,864; 0,863) □ Promedio = 0,8225

- Existe influencia significativa muy alta y directa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 1**

Coefficiente de relación de Spearman = (0,745; 0,846) □ Promedio = 0,7955

- Existe influencia significativa alta y directa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 2**

Coefficiente de relación de Spearman = (0,846; 0,863) □ Promedio = 0,8545

- Existe influencia significativa muy alta y directa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército.

- **Hipótesis Especifica 3**

Coefficiente de relación de Spearman = (0,732; 0,885) □ Promedio = 0,8085

- Existe influencia significativa muy alta y directa entre la implementación del radioenlace por microondas, y la latencia de datos, en la Aviación del Ejército.

4.3 Discusión de los resultados

Una vez realizado el desarrollo de la investigación, determinaremos en qué medida la implementación del radioenlace por microondas, influye sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército.

Para ello haremos uso de la herramienta regresión lineal, en la cual nos basaremos en los resultados del R^2 , que es un estadístico empleado para cuantificar el rendimiento del modelo; Asimismo se muestran las gráficas correspondientes a la influencia lineal directa que existe entre las variables.

Tabla 20

Regresión lineal del radioenlace por microondas con la velocidad de carga de datos del sistema

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación	Sig. Cambio en F
1	,751 ^a	,564	,77127	,000
a. Predictores: (Constante), Margen_de_desvanecimiento_dB, Potencia_de_recepción_dBm				
b. Variable dependiente: Velocidad_de_carga_de_datos_Mbps				

Fuente: SPSS

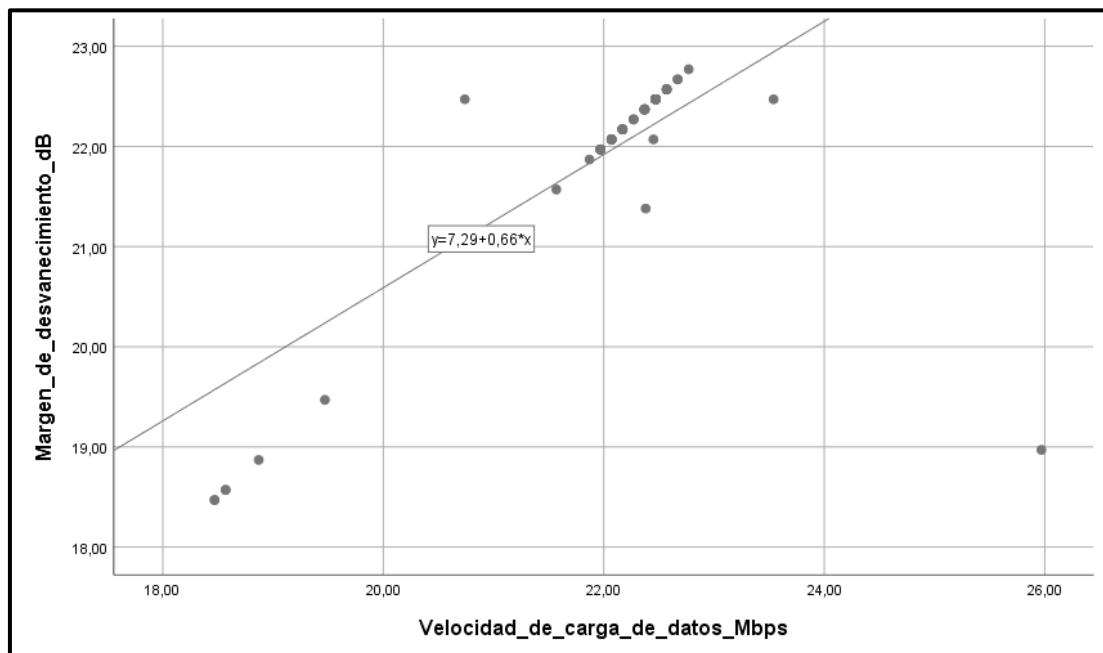


Figura 11: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la velocidad de carga de datos
Fuente: SPSS

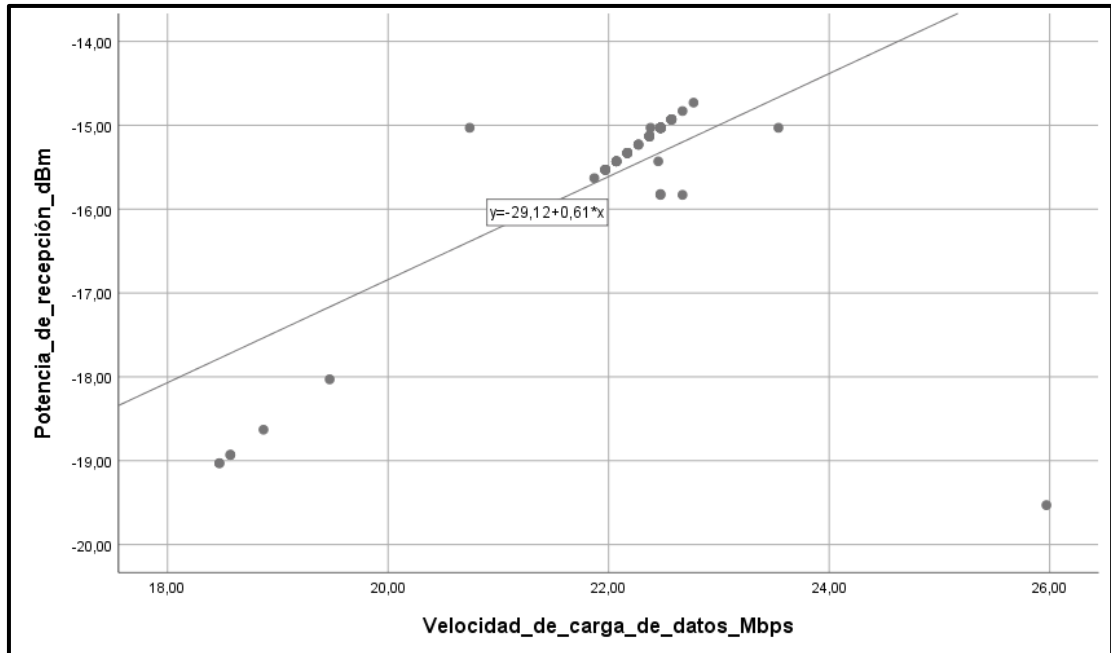


Figura 12: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la velocidad de carga de datos
Fuente: SPSS

Tal como se observa en los resultados, el R^2 es igual a 0,564, esto representa a un 56.4%; por lo que se interpreta; que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 56.4% sobre la velocidad de carga de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú; Además tal como se muestra en las figuras, se observa la linealidad directa proporcional que existe entre las variables, es decir, a mayor margen de desvanecimiento mayor será la velocidad de carga de datos; o viceversa.

Tabla 21
Regresión lineal del radioenlace por microondas con la velocidad de descarga de datos del sistema

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación	Sig. Cambio en F
2	,811 ^a	,657	,68503	,000
a. Predictores: (Constante), Margen_de_desvanecimiento_dB, Potencia_de_recepción_dBm				
b. Variable dependiente: Velocidad_de_descarga_de_datos_Mbps				

Fuente: SPSS

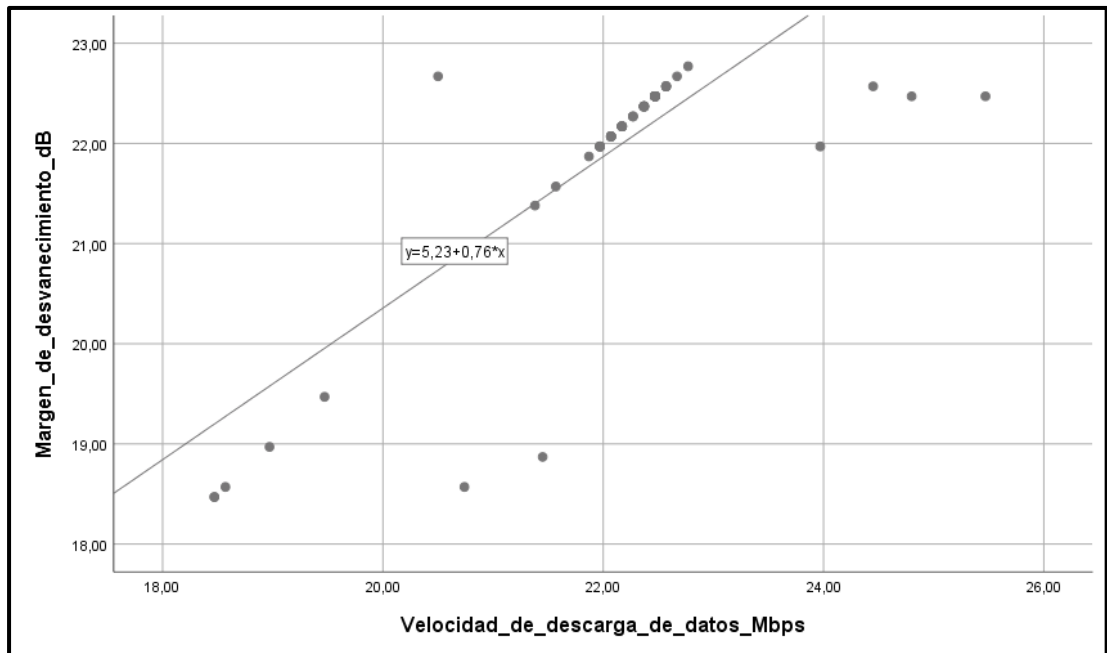


Figura 13: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la velocidad de descarga de datos
Fuente: SPSS

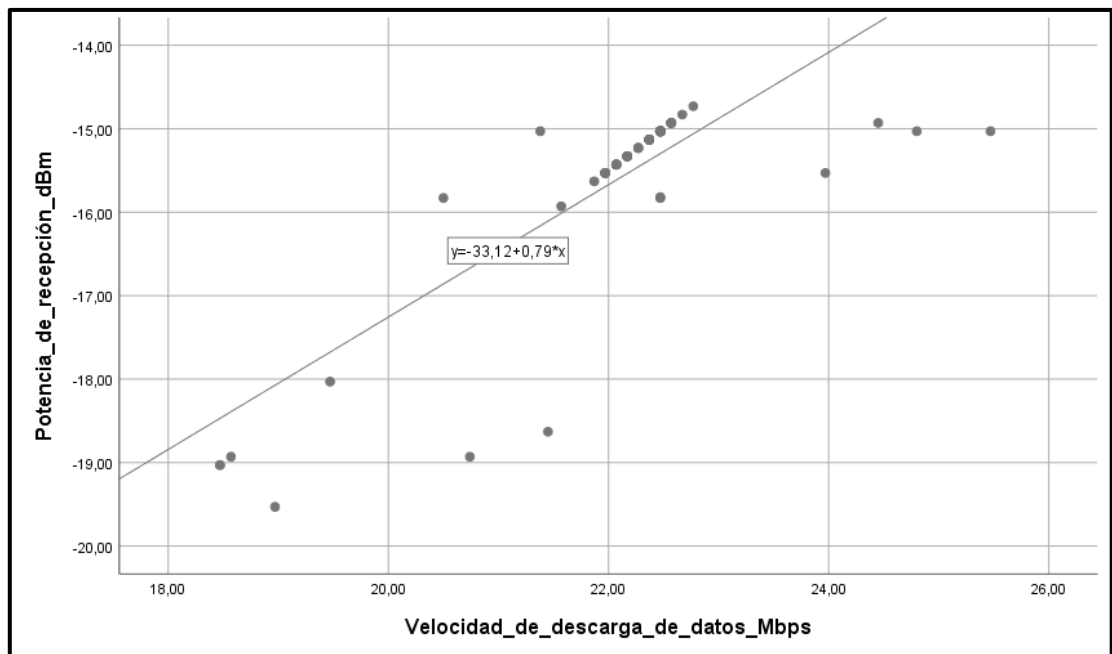


Figura 14: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la velocidad de descarga de datos
Fuente: SPSS

Tal como se observa en los resultados, el R^2 es igual a 0,657, esto representa a un 65.7%; por lo que se interpreta; que la implementación del

radioenlace por microondas influye en un 65.7% sobre la velocidad de descarga de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú.

Tabla 22

Regresión lineal del radioenlace por microondas con la latencia de datos del sistema

Modelo	R	R cuadrado	Error estándar de la estimación	Sig. Cambio en F
3	,957 ^a	,915	,33733	,000
a. Predictores: (Constante), Margen_de_desvanecimiento_dB, Potencia_de_recepción_dBm				
b. Variable dependiente: Velocidad_de_carga_de_datos_Mbps				

Fuente: SPSS

Tal como se observa en los resultados, el R^2 es igual a 0,915, esto representa a un 91.5%; por lo que se interpreta; que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 95.7% sobre la latencia de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú. En las siguientes figuras se muestra la representación lineal directa proporcional que existe entre las variables.

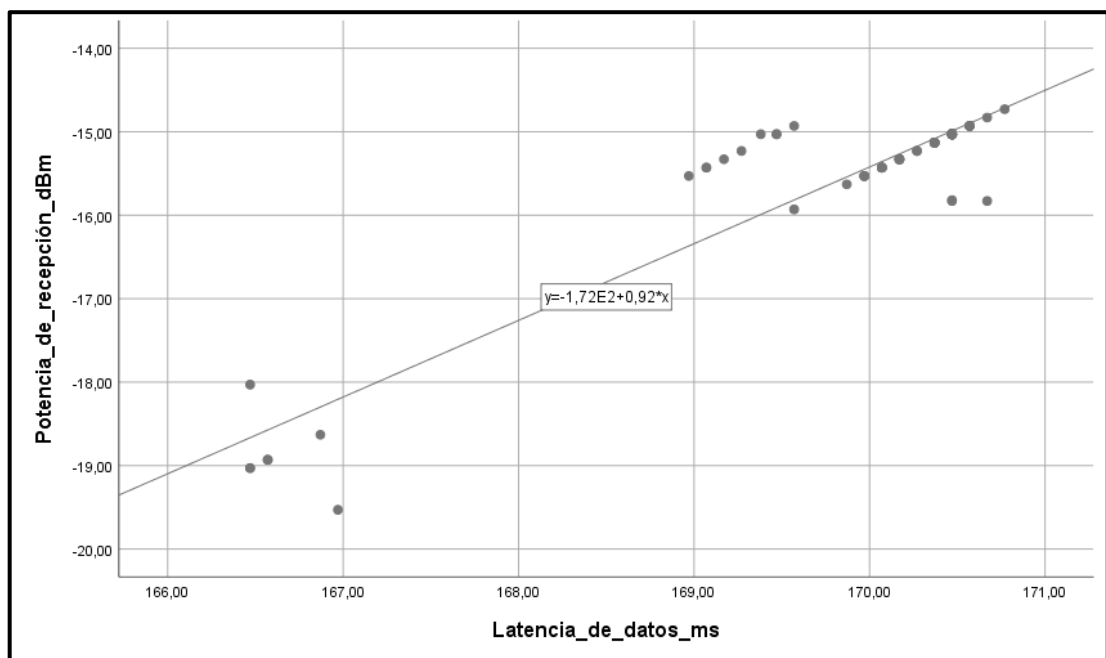


Figura 15: Representación lineal de la potencia de recepción sobre la latencia de datos

Fuente: SPSS

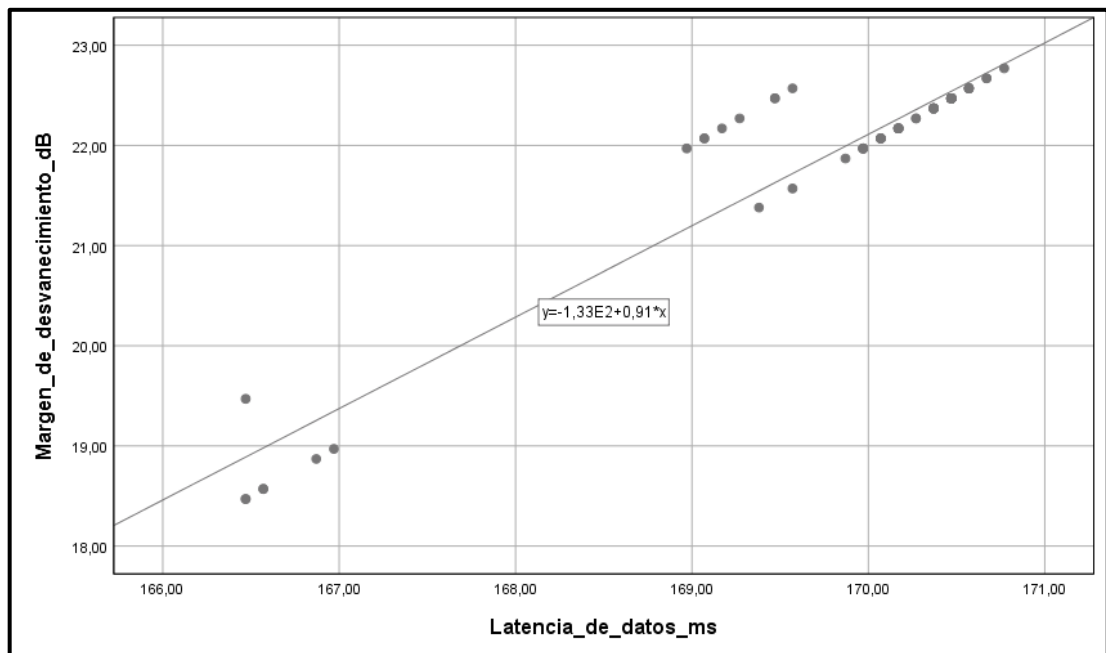


Figura 16: Representación lineal del margen de desvanecimiento sobre la latencia de datos
Fuente: SPSS

Con estos resultados, se puede concluir que la implementación del radioenlace por microondas influye en un promedio de 71.2% sobre la transmisión de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú. Asimismo, los resultados se tornan en una linealidad directamente proporcional, es decir, si los valores de propagación del radioenlace por microondas se optimizan, mejores resultados se obtendrán en relación a la calidad de comunicación (Velocidad de carga de datos, Velocidad de descarga de datos y Latencia de datos).

Asimismo, estos resultados respaldan a lo indicado por Sernaque, N. (2018), en su tesis titulada “*Estudio y diseño de radioenlace inalámbrico para el ámbito de la junta de usuarios del sector hidráulico medio y bajo Piura*” de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote; donde se concluye que la investigación consiguió un óptimo tiempo de envío e intercambio de información en promedio de 168.70ms. Para este caso se consiguió en promedio una latencia (tiempo de envío de información) de 169.80ms; dicho tiempo permitirá el correcto funcionamiento del sistema. En la siguiente tabla

se muestra los resultados de los datos recolectados en relación a la latencia de las 72 estaciones terminales (PCs).

Tabla 23
Latencia de las estaciones terminales (PCs)

Equipos Terminales (PCs)	Latencia (ms)	Equipos Terminales (PCs)	Latencia (ms)	Equipos Terminales (PCs)	Latencia (ms)
1	169.38	26	169.47	47	170.07
2	169.97	27	169.07	48	170.17
3	170.57	28	170.47	49	170.07
4	170.27	29	170.47	50	170.47
5	169.97	30	166.47	51	170.47
6	170.37	31	170.37	52	170.37
7	170.67	32	170.47	53	170.47
8	170.47	33	170.47	54	170.37
9	166.57	34	170.37	55	170.47
10	166.47	35	170.27	56	170.47
11	170.47	36	170.47	57	170.57
12	170.37	37	170.57	58	170.37
13	170.47	38	169.87	59	169.97
14	170.47	35	170.27	60	169.57
15	170.47	36	170.47	61	170.07
16	170.47	37	170.57	62	170.57
17	170.67	38	169.87	63	166.47
18	166.87	39	169.97	64	170.47
19	166.97	40	166.57	65	170.17
20	169.47	41	170.57	66	170.17
21	169.57	42	170.77	67	170.07
22	169.07	43	170.47	68	170.17
23	168.97	44	170.47	69	170.07
24	169.27	45	170.17	70	170.47
25	169.17	46	170.17	71	170.47
				72	170.47
PROMEDIO DE LATENCIA 169.80ms					

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se muestra el análisis de la disminución de la latencia ms, obtenida en los resultados de la tesis citada; en ella se muestra que

cuando la velocidad de carga y descarga de datos aumenta, la latencia disminuye (ms).



Figura 17: Latencia Vs velocidad de carga y descarga de datos
Fuente: Sernaque, N. (2018)

Finalmente, estos resultados también respaldan a lo indicado por Díaz, R. (2015), en su tesis titulada “*Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*” de la Pontificia Universidad Católica del Perú; donde se concluye que la implementación logro obtener una tasa de transmisión de 2.235 Mbps; lo que representa que el sistema presenta un promedio de relación con la transmisión de datos del 87.11%. en la siguiente tabla se muestra la comparación con los resultados obtenidos en la presente investigación.

Tabla 24
Porcentaje de relación del radio enlace con la transmisión de datos

radioenlace microondas isla San Lorenzo – campus PUCP	radioenlace microondas Aviación del Ejército Chorrillos – Aviación del Ejército Callao
87.11%	71.2%

Fuente: Díaz, R. (2015)

CONCLUSIONES

1. Se logró determinar mediante la herramienta rendimiento del modelo (R^2), que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 71.2% sobre la transmisión de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú, Callao – 2019. Asimismo, los resultados se tornan en una linealidad directamente proporcional, es decir, si los valores de propagación del radioenlace por microondas se optimizan, mejores resultados se obtendrán en relación a la calidad de comunicación (Velocidad de carga de datos, Velocidad de descarga de datos y Latencia de datos). Se obtuvo un promedio de potencia de recepción de -15,56 dBm; estos resultados permitirán un buen desempeño del enlace, para ambas instituciones de la Aviación del Ejército. Estos resultados se pueden visualizar en el anexo 6.
2. Se logró determinar mediante la herramienta rendimiento del modelo (R^2), que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 56.4% sobre la velocidad de carga de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú. Además, se observa la linealidad directa proporcional que existe entre las variables. Se obtuvo que los resultados de carga de datos, en las 72 estaciones terminales (PCs), presenta valores satisfactorios con un promedio de 22,07 Mbps, los cuales permitirán compartir el servicio de internet e información de manera óptima, para ambas instituciones de la Aviación del Ejército. Estos resultados se pueden visualizar en el anexo 6.
3. Se logró determinar mediante la herramienta rendimiento del modelo (R^2), que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 65.7% sobre la velocidad de descarga de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú. Además, se observa la linealidad directa proporcional que existe entre las variables. Se obtuvo que los resultados de descarga de datos, en las 72 estaciones terminales (PCs), presenta valores satisfactorios con un promedio de 22,13 Mbps, los cuales permitirán compartir el servicio de internet

e información de manera óptima, para ambas instituciones de la Aviación del Ejército. Estos resultados se pueden visualizar en el anexo 6.

4. Se logró determinar mediante la herramienta rendimiento del modelo (R^2), que la implementación del radioenlace por microondas influye en un 95.7% sobre la latencia de datos del sistema de comunicación, en la Aviación del Ejército del Perú. Además, se observa la linealidad directa proporcional que existe entre las variables. Se obtuvo que los resultados de latencia de datos, en las 72 estaciones terminales (PCs), presenta valores satisfactorios con un promedio de 169.80ms; estos resultados permitirán que no haya altos tiempos de retardo en la transmisión de datos.

RECOMENDACIONES

1. En relación con la implementación del radioenlace por microondas, se recomienda, replicar esta investigación en otras sedes de la Aviación del Ejército, ya que, permite compartir el servicio de internet e información de manera confiable, optimizando los costos por servicios independientes de comunicación, que en muchos casos no cubren la demanda requerida.
2. En relación con la transferencia de datos, se recomienda, realizar planes de mantenimiento preventivo, a todos los equipos que conforman el sistema del radioenlace por microondas de las dos sedes de la Aviación del Ejército, con la finalidad de garantizar la confiabilidad del servicio de comunicación, ya que siendo una institución militar debe tener una continua comunicación con otras sedes o instituciones del estado.
3. En relación con la transferencia de datos, se recomienda, establecer planes de monitoreo de la operatividad del sistema de comunicación de la Aviación del Ejército, con la finalidad de detectar y corregir a tiempo cualquier anomalía en la red, que afecte el servicio de comunicación. Debido a que los sucesos de fallas o paradas no permiten la continuidad del servicio.
4. En relación con la transferencia de datos, se recomienda, considerar como parte del diseño la posibilidad del aumento de usuarios de la red de comunicaciones de la Aviación del Ejército, con la finalidad de que en el futuro no afecte el aumento del tráfico de llamadas en la institución militar.

REFERENCIAS

- Albornoz, J. (2007). *Radioenlaces Digitales*. España: Editorial académica española.
- Albornoz, J. (2014). *Radioenlaces Digitales*. Madrid: Academica Española.
- Americas, 4. (2015). *Adjudicación de espectro radioeléctrico en 700 MHz en América Latina*.
- Ares, R. (2015). *Manual de Telecomunicaciones*. Argentina: Rares.
- Briceño, J. (2015). *Transmisión de datos*. Mérida: Universidad de Los Andes.
- Cámara, E. (2016). *Academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/33701649/Trabajo_Fin_de_Carrera_EVOLUCI%C3%93N_E_IMPLEMENTACI%C3%93N_DE_VOLTE_EN_LAS_REDES_4G
- Díaz, R. (2015). *Diseño de radioenlace microondas isla San Lorenzo – campus PUCP para el proyecto Perú Magneto*. Pontificie Universidad Católica del Perú, Lima.
- Flores, M. (2007). *Diseño de un radioenlace de microondas dedicado entre las Radio Bases de Acajete*,. Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F.
- Freeman, R. (2014). *Telecommunication Systems Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Henne, I. (2015). *Planning of Line- of - Sight Radio Relay Systems*. Oslo: ABB Nera.
- Hernández, A., & Sarrazola, M. (2011). *Integración de tecnologías para transmisión de datos vía enlaces de microondas para conexiones de redes WAN, caso Línea de Comunicaciones S.A.S*. Universidad San Buenaventura Seccional Medellín de Colombia, Medellín.
- Hernández, R., Fernández, C. B., & Pilar, M. d. (2003). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill.
- Hernando, J., Riera, J., & Mendo, L. (2013). *Transmisión por radio*. Madrid: Ramon Areces.
- Marcelo, R. (2015). *Diseño de una Red de Radioenlaces para la Selva Peruana*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Miyoshi, E., & Sanches, C. (2016). *Proyectos de Sistemas de radio*. Sao Paulo: Erica.

- Patricia, S., & Guasca, E. (2015). *Aprovisionamiento y Aseguramiento de un canal de datos por Radioenlace para clientes Corporativos*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá.
- Ramos, F. (2016). *Radiocomunicaciones 2/E*. Málaga: Marcombo.
- Rosero, V. (2007). *Análisis de alternativa de optimización del sistema de comunicaciones petroproducción enlace distrito Quito – distrito amazónico. (Tesis de pregrado)*. Escuela Politecnica Nacional, Quito.
- Sernaque, N. (2018). *Estudio y diseño de radioenlace inalámbrico para el ámbito de la junta de usuarios del sector hidráulico medio y bajo Piura; 2016. (Tesis de pregrado)*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Piura.
- Tercero, M., & Rivera, R. (2013). *Diseño de interconexión para enlace de microondas punto a punto entre las comunidades de San Carlos y el archipiélago de Solentiname. (Tesis de pregrado)*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.

ANEXOS

1. Matriz de consistencia

Título	Formulación del Problema	Objetivos	Formulación de las Hipótesis	Identificación y Clasificación de las Variables	Metodología de la Investigación	Población y muestra	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
<p>“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICROONDAS Y SU INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CALLAO – 2019”</p>	<p>Problema Principal: ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao - 2019?</p>	<p>Objetivo Principal: Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.</p>	<p>Hipótesis Principal: La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente sobre la transmisión de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019.</p>	<p>Variable Independiente Radioenlace por microondas</p> <p>Dimensión Medio de propagación</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencia de recepción. • Margen de desvanecimiento 	<p>Tipo de Investigación: Aplicada, ya que, se emplea un referente teórico ya existente para resolver un problema en relación a nuestra variable. (Vargas, 2009)</p> <p>Diseño de la Investigación: No Experimental, se observará los resultados obtenidos en la transmisión de datos una vez implementado el radioenlace por microondas.</p>	<p>Población La Población son las 98 estaciones terminales (PCs) que se encuentran distribuidas en la Aviación del Ejército.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observación • Reportes Técnicos <p>La técnica que se empleara es la de observación, y el instrumento de medición serán los reportes técnicos, en los cuales se recolectaran los resultados de los indicadores de la calidad de comunicación, después de la implementación.</p>
	<p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019? • ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019? • ¿En qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019? 	<p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. • Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. • Determinar en qué medida influye la implementación del radioenlace por microondas, con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. 	<p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la velocidad de carga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. • La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la velocidad de descarga de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. • La implementación del radioenlace por microondas, influye significativamente con la latencia de datos, en la Aviación del Ejército Callao – 2019. 	<p>Variable Dependiente Transmisión de datos</p> <p>Dimensión Calidad de comunicación</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de carga de datos • Velocidad de descarga de datos • Latencia de datos 	<p>Nivel de Investigación: Descriptivo - Correlacional; según Hernández, R. (2003) esta investigación se emplea cuando se obtiene los valores de las variables, y luego se desea ver el grado de influencia.</p> <p>Es así que se analizara el grado de influencia de los indicadores del medio de propagación con los de la calidad de comunicación.</p>	<p>Muestra</p> <p>La muestra calculada es igual a 72 estaciones terminales (PCs) que se encuentran distribuidas en la Aviación del Ejército.</p>	<p>Procesamiento de los datos</p> <p>El procesamiento de esta información se analizará por medio del programa estadístico SPSS.</p> <p>El porcentaje de influencia se empleará la herramienta regresión lineal; la influencia se establece una vez obtenido el valor de R² (Coeficiente de Determinación). (OIT, 2016)</p>

2. Instrumentos de recolección de datos

“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICRONDAS Y SU INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CALLAO – 2019”		OBSERVACIÓN 1
UNIDAD DE ANÁLISIS: RADIOENLACE DE MICROONDAS		
DÍA DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS:		
HORA DE LA RECOLECCIÓN DE DATOS:		
NÚMERO DE MUESTRA		
	Velocidad de carga de datos (UL)	Velocidad de descarga de datos (DL)
Min. Throughput:		
Max. Throughput:		
Avg. Throughput:		
Latencia de datos		
Avg. latency:		
Status:		

3. Declaración Jurada de Autenticidad y No Plagio

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y NO PLAGIO TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Cinthia Zoila Briceño Quispe

Declaro que, para optar el grado académico de Ingeniero en Telecomunicaciones, a ser entregado en el ICTE, he elaborado íntegramente el trabajo de investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICROONDAS Y SU INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CALLAO – 2019”**

Confirmando que este trabajo de investigación es auténtico y de mi total autoría, no existiendo plagio o copia de otro trabajo de investigación o material existente cuya autoría corresponda a un tercero.

Dejo expresa constancia que la propiedad intelectual de otros autores ha sido debidamente citada o identificada. Así mismo asumo la responsabilidad de todo lo dicho en el trabajo de investigación, así como de cualquier error u omisión en la misma.

Finalmente reconozco y acepto que en caso se compruebe lo contrario a lo expresado en este documento, me someto a las medidas establecidas para tal hecho por el ICTE.

Me afirmo y ratifico en lo expresado anteriormente, en señal de lo cual firmo el presente documento.

Distrito y fecha:

FIRMA: _____

POST FIRMA:
DNI:

4. Autorización para Tesis en el Repositorio del ICTE

AUTORIZACIÓN PARA INCLUSIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICROONDAS Y SU INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CALLAO – 2019”, EN EL REPOSITORIO DIGITAL DEL ICTE

Nombre: Cinthia Zoila Briceño Quispe

Título del trabajo de investigación:

“IMPLEMENTACIÓN DEL RADIOENLACE POR MICROONDAS Y SU INFLUENCIA EN LA TRANSMISIÓN DE DATOS, EN LA AVIACIÓN DEL EJERCITO CALLAO – 2019”.

Nombre del asesor:

Año de sustentación

2019

Bajo los siguientes términos, autorizo la publicación de mi trabajo de investigación en el Repositorio Digital del **Instituto Científico y Tecnológico del Ejército - ICTE. Escuela de Pre y Postgrado.**

Con la autorización de publicación de mi Trabajo de Investigación, otorgo al ICTE una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público la tesis (incluido resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por el ICTE, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de Tesis del ICTE, Portal de Tesis de la SUNEDU, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y las veces que considera necesarias, y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, el ICTE podrá reproducir mi Trabajo de Investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar; sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro asimismo que el Trabajo de Investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha tesis no infringe derechos de autor de terceras personas.

El ICTE consignará el nombre del autor del Trabajo de Investigación, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la presente licencia.

Distrito y Fecha:

FIRMA: _____

POST FIRMA:

DNI:

5. Confiabilidad y validez de los instrumentos

El criterio de confiabilidad del instrumento se determinó mediante el coeficiente Alfa de Cronbach, desarrollado por J. L. Cronbach y recomendado para escalas de actitud del tipo Likert, “el método de cálculo requiere de una sola administración del instrumento de medición. Su ventaja reside en que no es necesario dividir en dos mitades a los ítems del instrumento, simplemente se aplica la medición y se calcula el coeficiente” (Ccanto, 2010, p. 255).

El coeficiente es aplicable a escalas de varios valores posibles, por lo que puede ser utilizado para determinar la confiabilidad en escalas cuyos ítems tienen como respuesta más de dos alternativas, en el caso actual el instrumento posee 5 alternativas. Dependiendo del resultado obtenido en el coeficiente, la lectura del nivel de confiabilidad se hace respetando el siguiente criterio:

Criterio de confiabilidad valores

- Baja confiabilidad (No aplicable): 0.01 a 0.60
- Moderada confiabilidad: 0.61 a 0.75
- Alta confiabilidad: 0.76 a 0.89
- Muy Alta confiabilidad: 0.90 a 1.00

Esta prueba se hizo, mediante el programa estadístico SPSS, y el resultado es el siguiente:

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,943	5

Tal como se observa el Alfa de Cronbach es igual a 0.943, por lo que se puede afirmar que existe una “Muy alta Confiabilidad y Validez del instrumento”, ya que dicho valor se encuentra dentro del rango de 0.90 a 1.00.

6. Procesamiento de los datos en el SPSS

Briceño.sav [ConjuntoDatos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

14 : Visible: 6 de 6 variables

	Potencia_de_recepción_dBm	Linea_de_vista	Margen_de_desvanecimiento_dB	Velocidad_de_carga_de_datos_Mbps	Velocidad_de_descarga_de_datos_Mbps	Latencia_de_datos_ms	var	var	var
1	-15,03	Si hay linea de vista	21,38	22,38	21,38	169,38			
2	-15,53	Si hay linea de vista	21,97	21,97	23,97	169,97			
3	-14,93	Si hay linea de vista	22,57	22,57	24,45	170,57			
4	-15,23	Si hay linea de vista	22,27	22,27	22,27	170,27			
5	-15,53	Si hay linea de vista	21,97	21,97	21,97	169,97			
6	-15,13	Si hay linea de vista	22,37	22,37	22,37	170,37			
7	-14,83	Si hay linea de vista	22,67	22,67	22,67	170,67			
8	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	22,47	22,47	170,47			
9	-18,93	Si hay linea de vista	18,57	18,57	20,74	166,57			
10	-19,03	Si hay linea de vista	18,47	18,47	18,47	166,47			
11	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	22,47	22,47	170,47			
12	-15,13	Si hay linea de vista	22,37	22,37	22,37	170,37			
13	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	23,54	22,47	170,47			
14	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	22,47	22,47	170,47			
15	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	22,47	24,80	170,47			
16	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	22,47	22,47	170,47			
17	-15,83	Si hay linea de vista	22,67	22,67	20,50	170,67			
18	-18,63	Si hay linea de vista	18,87	18,87	21,45	166,87			
19	-19,53	Si hay linea de vista	18,97	25,97	18,97	166,97			
20	-15,03	Si hay linea de vista	22,47	20,74	25,47	169,47			
21	-14,93	Si hay linea de vista	22,57	22,57	22,57	169,57			
22	-15,43	Si hay linea de vista	22,07	22,45	22,07	169,07			

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode:ON