



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INTERNET POR MEDIO DE
UN ENLACE INALÁMBRICO UTILIZANDO ANTENAS UBIQUITI EN LA
ESCUELA “JOSÉ MARÍA MATHEUS” DE LA PARROQUIA
DE PASTOCALLE, PROVINCIA DE COTOPAXI.

AUTOR

Toaquiza Iza Cristian Raúl

AÑO

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE INTERNET POR MEDIO DE UN
ENLACE INALÁMBRICO UTILIZANDO ANTENAS UBIQUITI EN LA
ESCUELA “JOSÉ MARÍA MATHEUS” DE LA PARROQUIA
DE PASTOCALLE, PROVINCIA DE COTOPAXI.

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Tecnólogo en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

Fabián Wladimiro Basantes Moreno

Autor

Toaquiza Iza Cristian Raúl

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Estudio para la implementación de internet por medio de un enlace inalámbrico utilizando antenas Ubiquiti en la escuela "José María Matheus" de la parroquia de Pastocalle, provincia de Cotopaxi, a través de reuniones periódicas con el estudiante Toaquiza Iza Cristian Raúl, en el trimestre 2017-4, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Fabián Wladimiro Basantes Moreno

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

CI: 1709767667

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Estudio para la implementación de internet por medio de un enlace inalámbrico utilizando antenas Ubiquiti en la escuela "José María Matheus" de la parroquia de Pastocalle, provincia de Cotopaxi, del estudiante Toaquiza Iza Cristian Raúl, en el trimestre 2017-4, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Patricio Rodrigo Arellano Vargas

Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

CI: 1706993442

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Toaquiza Iza Cristian Raúl

CI: 171585349-3

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre, Gladys Iza Sánchez, por nunca perder tu fe en mí, por demostrarme que no estoy solo y que podemos lograr cosas grandes, con tu apoyo pude alcanzar este paso en mi vida profesional, a mi familia que han sido inspiración y fuerza todos los días, además a mis profesores quienes brindaron sus conocimientos para ser de mí, un mejor profesional.

DEDICATORIA

Camila, Allison y Karla, hijas mías, dedico este logro a ustedes, pues son la luz que guía mi camino, a mi esposa Cecilia por brindarme su apoyo y comprensión, a mi hermana Elizabeth pilar fundamental en mi vida, porque me ha demostrado que desde tan pequeña ha superado grandes problemas y yo también puedo hacerlo y a ti Dios por permitirme vivir este momento.

RESUMEN

El proyecto realiza el estudio de un enlace inalámbrico con antenas Ubiquiti por medio de software disponible en la red, RadioMobile, nos sirve como herramienta para realizar el análisis de línea de vista, distancia, pérdidas y ganancias de señal. Asociado a Google Earth nos proporciona imágenes satelitales, lo cual nos permite simular de forma más precisa y obtener los resultados más cercanos a la realidad.

Utilizaremos un enlace punto a punto dúplex el cual permitirá el paso de información en los dos sentidos, además de antenas Ubiquiti M3 que por su costo, características y después de la simulación, se concluye que es el más adecuado.

El proyecto nos deja aprendizajes, como:

- La incorporación de un de backup de energía eléctrica en los lugares.
- Configurar correctamente los equipos identificando cual actuará como dispositivos master y cual como esclavo.
- Mantener los equipos en lugares seguros.
- Ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo en el software y hardware.

ABSTRACT

The project study is a wireless link with Ubiquiti antennas by means of software available in the network, Radiomobile, this tool perform the analysis of line of sight, distance, signal losses and gains. Associated with Google Earth provides us with satellite images, which allows us to simulate more exactly and get the results closest to reality.

We will use a point-to-point duplex link that will allow the passage of information in both directions, Ubiquiti M3 antennas for their cost, characteristics and after the simulation, it is concluded that it is the most appropriate.

The project lets us learn, as for example:

- The incorporation of an electric power backup in places.
- Configure the equipment by correctly identifying which will act as master devices and which ones as slaves.
- Keep the equipment in safe places.
- Execute preventive and corrective maintenance in the software and hardware.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO.	4
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 METODOLOGÍA A UTILIZAR	5
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1 FUNDAMENTOS DE PROPAGACIÓN.....	7
2.1.1 <i>Definición de propagación y términos asociados</i>	7
2.1.2 <i>Propagación de ondas electromagnéticas.</i>	9
2.1.2.1 Radiación electromagnética.....	10
2.1.3 <i>Comunicaciones Inalámbricas.</i>	11
2.1.3.1 Por ondas terrestres.	12
2.1.3.2 Por ondas espaciales.	13
2.1.3.3 Por ondas celestes.	14
2.2 FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN	15
2.2.1 <i>Refracción</i>	15
2.2.3 <i>Reflexión</i>	16
2.2.4 <i>Difracción</i>	18
2.2.5 <i>Interferencia</i>	19
2.3 ANTENAS.....	19
2.3.1 <i>Definición de Antena.</i>	19
2.3.2 <i>Clasificación de las antenas.</i>	19
2.3.4 <i>Antena como elemento de un sistema</i>	20
2.3.4.1 Impedancia de entrada y recepción.....	21
2.3.4.2 Eficiencia de radiación.....	21
2.3.4.3 Intensidad de radiación.....	21

2.3.4.4 Diagrama de radiación.....	22
2.3.4.5 Directividad	23
2.3.4.6 Ganancia	23
2.3.4.7 Polarización	23
2.4 <i>Mecanismos alimentadores</i>	24
2.5 <i>Abertura del haz de la antena</i>	24
2.6 <i>Ancho de banda de antena</i>	25
2.7 <i>Presupuesto de potencia</i>	26

CAPÍTULO III: ESTUDIO Y DISEÑO DEL ENLACE

INALÁMBRICO..... 27

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ARQUITECTURA.....	27
3.2 EQUIPOS A UTILIZAR	27
3.3 ÁREA DE COBERTURA.	30
3.3.1 <i>Herramientas utilizadas</i>	30
3.3.2 <i>Delimitación del Área de cobertura</i>	30
3.4 SIMULACIÓN DE ENLACE.	34
3.4.1 <i>Estudio de factibilidad del enlace</i>	39
3.4.1.1 Cálculos.....	39
3.4.1.1.1 <i>Perdidas en el espacio libre</i>	39
3.4.1.1.2 <i>Presupuesto de potencia: Lasso- San Juan de Pastocalle</i> . 40	
3.4.1.1.3 <i>Margen de Desvanecimiento</i>	40
3.4.1.1.4 <i>Potencia umbral</i>	42
3.4.1.1.5 <i>Margen de umbral</i>	42
3.4.1.1.6 <i>Zona de Fresnel</i>	42
3.4.2 <i>Resultados</i>	43
3.5 ANÁLISIS ECONÓMICO	43

CAPÍTULO IV: CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES . 46

4.1 CONCLUSIÓN	46
4.2 RECOMENDACIONES	47

REFERENCIAS..... 49

ANEXOS	51
--------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de las antenas	20
Tabla 2. Comparación de las antenas.....	28
Tabla 3. Comparación de los Switch	28
Tabla 4. Características físicas de la antena.....	29
Tabla 5. Características físicas del cable	29
Tabla 6. Características físicas del Switch	30
Tabla 7. Datos geográficos del punto uno	31
Tabla 8. Datos Geográficos del punto 2	32
Tabla 9. Coordenadas geográficas de los nodos	34
Tabla 10. Factor de rigurosidad del terreno	40
Tabla 11. Factor climático	41
Tabla 12. Presupuesto del proyecto.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Frecuencia Crítica y Angulo Crítico.	7
Figura 2 Altura virtual y Altura real.	8
Figura 3. (a) Distancia de salto; (b) propagación durante el día y la noche.	9
Figura 4. Frente de onda producido por una fuente puntual.	10
Figura 5. Dirección de propagación de una onda plana	10
Figura 6. Modos normales de propagación	12
Figura 7. Propagación de ondas terrestres	13
Figura 8. Propagación de ondas espaciales	14
Figura 9. Propagación Celeste o Ionosferica.....	15
Figura 10. Refracción en una frontera plana entre dos medios.....	16
Figura 11. Reflexión electromagnética en una frontera.....	17
Figura 12. Reflexión en una superficie semiáspera.....	17
Figura 13. Difracción de las ondas electromagnéticas	18
Figura 14. Interferencia de las ondas electromagnéticas	19
Figura 15. Diagrama de radiación en 3D.....	22
Figura 16. Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas y polares.....	22
Figura 17. Polarizaciones de antena: (a) lineal; (b) elíptica; (c) circular	24
Figura 18. Abertura de haz de antena.....	25
Figura 19. Curva de adaptación de una antena en función de la frecuencia....	25
Figura 20. Elementos del presupuesto de potencia	26
Figura 21. Conexión de enlace punto a punto full dúplex.....	27
Figura 22. Ubicación de la Antena Transmisora.....	31
Figura 23. Ubicación de la antena receptora.....	32
Figura 24. Área de Cobertura del enlace (a)	33
Figura 25. Área de cobertura del enlace (b).....	33
Figura 26. Línea de Vista entre los nodos de transmisión.....	35
Figura 27. Datos de ubicación del enlace Lasso	36
Figura 28. Datos de ubicación del enlace San Juan de Pastocalle.....	36
Figura 29. Resultado de sistema de radio.....	37
Figura 30. Resultado de propagación	37
Figura 31. Resultado de Rendimiento	38
Figura 32. Mapa de trayectoria del enlace	38
Figura 33. Mapa de cobertura del enlace.....	39

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Máxima frecuencia útil.....	8
Ecuación 2. Densidad de potencia.....	11
Ecuación 3. Impedancia característica del espacio libre.....	11
Ecuación 4. Impedancia de entrada.....	21
Ecuación 5. Pérdida del espacio libre.....	39
Ecuación 6. Presupuesto de potencia.....	40
Ecuación 7. Margen de desvanecimiento.....	41
Ecuación 8. Umbral del receptor.....	42
Ecuación 9. Margen de umbral.....	42
Ecuación 10. Zona de Fresnel.....	42
Ecuación 11. Tarifa mensual por uso de frecuencias.....	44

Capítulo I: Presentación del problema

1.1 Antecedentes

El 96 por ciento de los jóvenes usa internet, con alta frecuencia con la finalidad de entretenerse en cuanto a los aspectos relacionados a la temática de cultura y comunicación así como también para formarse académicamente, si bien para informarse se opta por otros medios de transmisión tal como lo es la televisión, el internet le sigue muy de cerca. Además, el 83 por ciento utiliza las redes sociales, lo que lo convierte en el segundo medio más utilizados. (Noticias Vizcaya, 2012)

La parroquia de San Juan de Pastocalle se encuentra ubicada al norte del cantón Latacunga, su desarrollo viene dado paulatinamente tanto en vialidad como en conexiones de diferentes índoles en las que se encuentran las telefónicas y el servicio de internet. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (INEC, 2016), en censo realizado en el 2016, se observa que el 97.75% de la población de la parroquia no cuenta con el servicio de internet, por el contrario, el 2.25% disfruta del mismo. Considerando lo antes expuesto, se debe acotar que una de las limitantes para acceder a este servicio radica en la accesibilidad a cada uno de los lugares donde se necesite.

Ahora bien, (Castillo & Pazmiño, 2004) indican que en la parroquia San Juan de Pastocalle el servicio telefónico depende de la central de Lasso y de la Central telefónica del cantón Mejía de Pichincha, surtiendo así a los barrios adyacentes tales como lo son los barrios Romerillos, Chasqui y Libertad. En el presente la parroquia de Pastocalle posee una edificación de una central telefónica, que debido a fallas técnicas de un generador no se encuentra en funcionamiento.

Es importante mencionar que, la parroquia Lasso es la más cercana a la parroquia San Juan de Pastocalle, la cual dispone del servicio de internet, la misma se encuentra a 4,5 km de distancia, en ella se sitúa la estación base torre autosoportada (CNT Lasso), ubicada en las edificaciones y terreno de la CNT, donde se ubicará una antena Ubiquiti con función de emisora de señal para establecer una conexión inalámbrica hasta otra antena receptora ubicada en la institución educativa en la parroquia San Juan de Pastocalle.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, con el vertiginoso crecimiento de la tecnología en un mundo totalmente consumido por el fenómeno de la globalización, las comunicaciones se han convertido en la primera necesidad del ser humano transformando su estilo de vida, así como el entorno donde se desenvuelve brindando la opción de dar pasos agigantados en pro del desarrollo personal, intelectual y profesional.

El internet es la herramienta de entretenimiento y comunicación a través del cual se establecen diversos servicios que están destinados a diferentes espacios en los que se incluyen: a) las comunicaciones a distancias, b) interacción entre usuarios, c) transferencia de datos, d) comercio electrónico, e) formación académica; lo cual genera formidables beneficios ya que facilita al hombre las transacciones económicas, mejora las comunicaciones así como también incrementa el intercambio de ideas y el desarrollo de conocimientos en áreas determinadas, a lo que puede concluir que es un recurso de alto valor. (Castells, 2002).

Cuando se habla de internet se debe incorporar un término fundamental como los son las redes inalámbricas, son consideradas como un sistema de comunicación de avanzada, donde cada día ocupan un papel en el desarrollo de las actividades. Este tipo de redes hacen referencia a los enlaces dados por la propagación de señales infrarrojas o de radiofrecuencia con la finalidad de compartir información. En el presente existe una gama una diversidad de dispositivos que cumplen con esta función en la que se pueden mencionar los teléfonos celulares, PC's portátiles, terminales móviles, sensores inalámbricos entre otros.

Hay que mencionar que, además de las redes inalámbricas, otra temática derivada del tópico antes mencionado, son los enlaces inalámbricos los cuales permiten que sea posible las conexiones y acceso la red sin necesidad de depender del sistema de cableado, a su vez ofrece la opción de este servicio en los lugares remotos donde el servicio de telecomunicaciones es prácticamente inexistente, pudiendo así transportar datos y voz, lo que se conoce como Voz sobre IP (VoIP) con mejor calidad y velocidad que la conexión satelital.

Por otra parte, el uso del internet en Ecuador ha tenido un auge notorio. Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el año 2016 el porcentaje de personas que han utilizado internet se ubicó en 55,60%, al mismo tiempo las zonas urbanas marcan una tendencia del 63,80% de uso. Ahora bien, en las zonas rurales se puede notar que solo el 38% de la población puede optar por este servicio. (INEC, 2016, pág. 14).

La parroquia San Juan Pastocalle, cuenta con telefonía fija, móvil e internet, es importante resaltar que este último solo es existente en un 20 por ciento, por lo que se tienen miras de ampliación de dichos servicios. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural San Juan de Pastocalle, 2015).

En este orden de ideas, se expone que, en la actualidad la institución educativa “José María Matheus” ubicada en la parroquia rural San Juan Pastocalle, por su localización geográfica, carece del servicio básico de telecomunicación para el desarrollo y cumplimiento de las actividades administrativas y académicas.

Todavía cabe señalar que, para la solución de esta problemática que afecta a toda una comunidad se propone el estudio de un enlace inalámbrico punto a punto que permita la distribución del servicio de internet, teniendo en cuenta que este tipo de enlaces son los más adecuados para adaptarlo a las zonas rurales transportando conexiones de banda ancha a las zonas de difícil acceso en un rango de distancia que sobrepasan los 4,5 km contando con una conexión fuerte y segura.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Realizar el estudio del enlace inalámbrico por medio de antenas Ubiquiti para brindar el servicio de internet al centro de cómputo instalado en la escuela “José María Matheus”.

1.3.2 Objetivos específicos

Investigar el tipo de antenas Ubiquiti idóneo para la correcta transmisión y recepción de la señal.

Conocer y profundizar las características de los equipos a utilizar para el enlace de las antenas.

Analizar la arquitectura utilizada y certificar si el método adoptado es el más idóneo en cuanto a costes.

1.4 Alcances y limitaciones del proyecto.

Con respecto al alcance de la investigación, se presentará el estudio correspondiente al diseño de un enlace inalámbrico por medio de las antenas Ubiquiti, el mencionado estudio debe contener los parámetros, costos y necesidades para la implementación del mismo. Se tomará en cuenta la línea de vista, tipo de antenas hasta la conexión al switch, el cual se encargará de distribuir la señal receptada por la antena, al centro de cómputo ubicado en las instalaciones de la Institución Educativa “José María Matheus”, el cual presenta ya una red local (LAN).

1.5 Justificación

Al realizar los trabajos de instalación de un radioenlace se pueden topar con inconvenientes, si durante la fase de ingeniería se ha realizado un adecuado diseño de la instalación, en cuanto a la previsión de los trabajos asociados a un tendido de fibra, hay que tener en cuenta que los mismos dependen en tiempo y complejidad de la distancia a cubrir, mientras que en un radioenlace los mismos son independientes de la distancia a cubrir, ya que únicamente se actúa en dos emplazamientos.

En lo concerniente a precios, los radioenlaces, tratan de un medio cuyos trabajos de ingeniería e instalación no dependen tanto de la distancia como del emplazamiento sobre el que deben realizarse los trabajos, por el contrario, se conoce como un medio seguro el cual posee un rendimiento que permite cubrir más que la mayoría de los proyectos con necesidad de interconexión de larga distancia que se podrían contemplar. Al mismo tiempo, se debe tener en cuenta los costes asociados a las tasas de uso del espectro, así como también su exponencial crecimiento de la rentabilidad respecto a la distancia, lo cual permite marcar diferencias frente a la fibra óptica en escenarios donde la distancia se convierte en un problema económico por la misma.

Por tanto, se parte de dos puntos distantes, en el que uno de ellos se dispone de conexión a Internet y se une con otro punto remoto para poder compartir los recursos del primero además de poder navegar por Internet. En el primer punto se dispone de un modem/router con salida a Internet y uno o varios PC's. En el punto remoto, se dispone de una serie de PC's y un switch pero sin salida a Internet, solo trabajan en LAN. Se usarán dos Ubiquiti modelos NanoStation 2 o 5, dependiendo de la frecuencia en la se va a operar.

Las antenas producidas por fabricante Ubiquiti Network son reconocidas en el mercado de las comunicaciones inalámbricas por comercializar productos de alta calidad para la conexión web, siendo una valiosa herramienta que permite las mejoras de la propagación del servicio de internet en hogares y oficinas, específicamente la antena Nano Station ofrece un sistema fácil de instalación que no requiere del uso de costosos instrumentos para la misma, a esto se añade que puede ser utilizado como un punto de acceso para exteriores e interiores logrando efectuar exitosamente conexiones punto a punto por el alcance que esta posee, que generalmente oscilan en un rango que va entre los 4 km a los 15 km de distancia.

La necesidad de dotar al centro de una red inalámbrica de calidad, viene por lo mencionado anteriormente, además de ofrecer a las familias así como también al alumnado de un valor añadido, entre lo más importante, la conexión a internet por medio del enlace establecido por las antenas Ubiquiti.

1.6 Metodología a utilizar

La metodología del proyecto se basa en una investigación descriptiva, en el cual las variables se observan y describen tal como se presentan en su ambiente natural, puede valerse de algunos elementos cualitativos como cuantitativos.

Los estándares estructurales para torres metálicas y estructuras de soporte para antenas (ANSI/TIA222-F-1996) fueron publicados en marzo de 1996 por el TIA (Telecommunications Industry Association). El objetivo del documento TIA 222-F fue el de proveer un conjunto de criterios mínimos para especificar y diseñar torres metálicas de antenas y estructuras para las mismas.

Los datos se obtendrán por medio de simuladores en donde se analizará la línea de vista, ganancia, la pérdida de las antenas y del enlace a realizar, mediante software que se encuentran alojados en la red y están destinados para tales fines. Por otra parte, es necesario indicar que la antena se ubicará en la estación base, situada en la parroquia Lasso, de igual manera se describen los componentes principales que se tendrán en el proyecto y los costes que estos van a generar para una implementación a futuro.

Pues al realizar este estudio vamos a simular los enlaces inalámbricos entre los dos puntos y vamos a verificar la línea de vista que pueden tener dichos lugares. De igual manera vamos a describir los componentes principales que va a tener el proyecto y los costos que estos van a generar para una implementación a futuro.

Capítulo II: Fundamentos Teóricos

2.1 Fundamentos de Propagación.

2.1.1 Definición de propagación y términos asociados

La propagación se define como un fenómeno de la física que se concatena con el direccionamiento de las ondas desde un equipo transmisor hacia otro receptor, lo cual depende netamente del rango de frecuencia más conveniente para la onda que será transmitida. (Porto J y Moreno M, 2014).

Para entender mejor esta temática, es necesario conocer los términos básicos relacionados con la propagación. Los cuales se presentan a continuación:

Frecuencia crítica (f_c): se conoce como frecuencia crítica la máxima frecuencia que puede ser propagada directamente hacia arriba, siendo reflejada por la ionosfera en dirección inversa, es decir, hacia la tierra dependiendo de la ionización que se presente, la cual es afectada por la hora del día así como también con la estación del año.

Angulo crítico (θ_c): se define como el ángulo vertical máximo por el cual se propaga y refleja la frecuencia a la ionosfera.

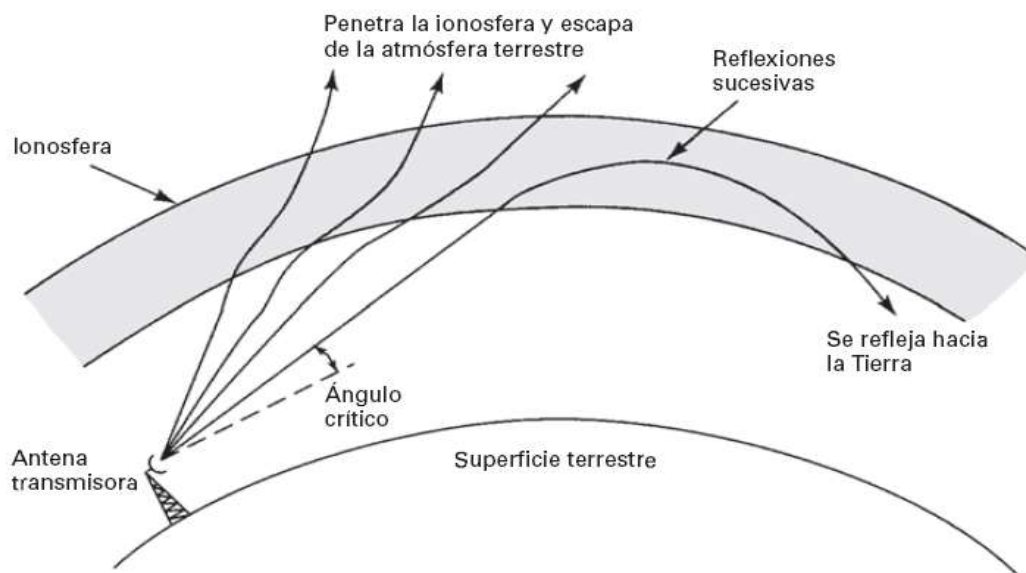


Figura 1. Frecuencia Crítica y Angulo Crítico.
Tomado de Tomasi, 2003, pág. 364

Altura virtual: desarrollando una conceptualización de este tópico, se puede expresar que es la altura existente con respecto al plano de la tierra, a través de la cual se puede reflejar una onda refractada. Se puede observar en la figura 2 la diagramación de la altura máxima y la altura virtual, donde h_a se define como la altura máxima real alcanzada por la onda y h_v se traduce a la altura máxima hipotética que habría logrado la onda reflejada.

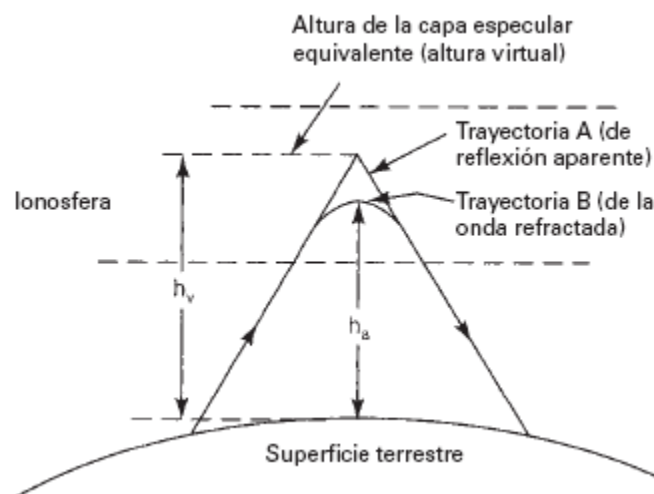


Figura 2 Altura virtual y Altura real.
Tomado de Tomasi, 2003, pág. 365 .

Máxima frecuencia útil (MUF): hace referencia a la mayor frecuencia que se puede emplear en la propagación de ondas entre dos puntos de la superficie terrestre. La ecuación correspondiente a la MUF es conocida como la ley de la secante. (Tomasi, 2003)

$$MUF = \frac{\text{frecuencia critica}}{\cos \theta}$$

Ecuación 1. Máxima frecuencia útil.
Tomado de Tomasi, 2003, pág. 365 .

Distancia de Salto (d_s): se traduce a la trayectoria mínima en la que una onda celeste producida por una antena transmisora a determinada frecuencia y con distintos ángulos de elevación, regresa a la curvatura terrestre. En la figura 3 se muestra varias ondas de radiofrecuencia, irradiados desde un mismo punto son devueltos a la tierra.

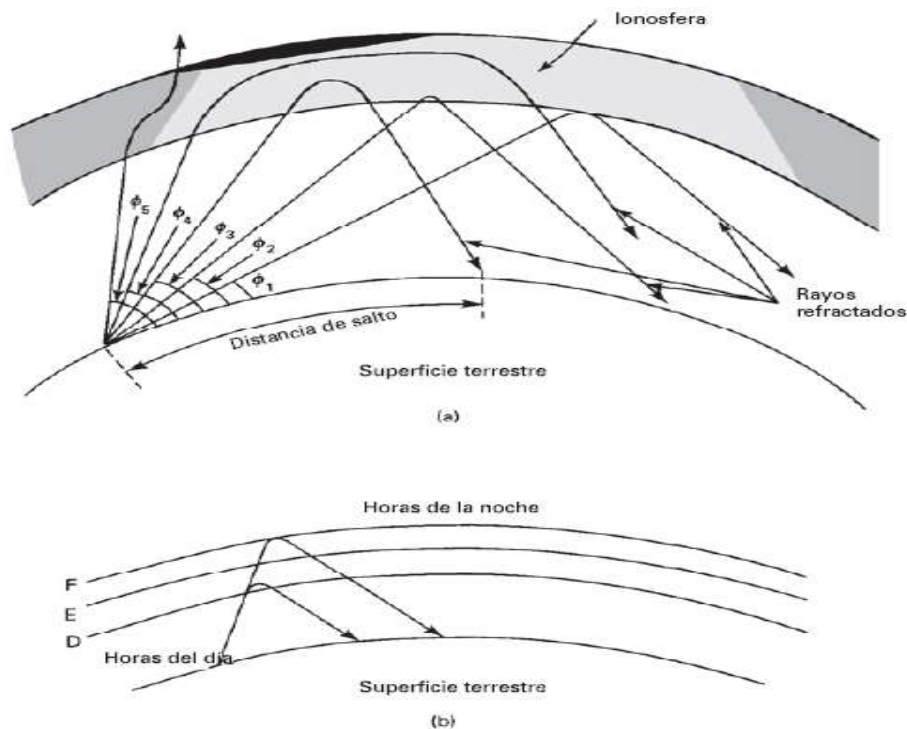


Figura 3. (a) Distancia de salto; (b) propagación durante el día y la noche. Tomado de Tomasi, 2003, pág. 366 .

En la figura 3-a se muestran varias ondas con diferentes ángulos de elevación, emitidos desde un punto único, visualizando también que el punto en el que regresa la onda a la tierra se acerca a la antena a medida que se incrementa el ángulo de elevación. Ahora bien, en la figura 3-b, se aprecia de manera gráfica el efecto de desaparición de las capas D y E durante la noche con respecto a la distancia de salto.

2.1.2 Propagación de ondas electromagnéticas.

La propagación de las ondas electromagnéticas es conocida por diversos adjetivos, en los que se modelan propagación de radio frecuencias (RF) o simplemente radio propagación. Al mismo tiempo, otras formas de ondas electromagnéticas incluyen los rayos X, infrarrojos, ultravioletas y gamma. Al mencionar estos nombres, automáticamente se incluye otra temática tal como lo es el espacio libre, debido a que con periodicidad la propagación de las ondas por la atmósfera terrestre recibe dicho seudónimo.

Para la propagación de las ondas por la atmósfera se requiere irradiación de una fuente única generadora de energía, la misma debe ser capturada en el polo de recepción, ambas funciones son realizadas por las antenas. En la figura 4 se

muestra el comportamiento de las ondas producida por una fuente de energía puntual. Tomasi, 2003

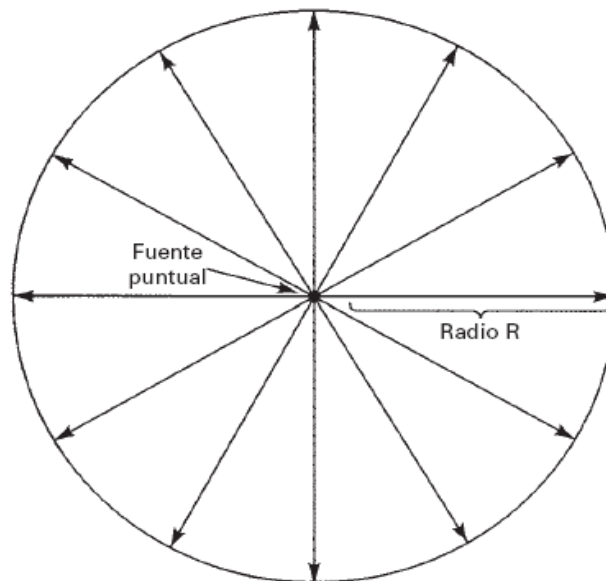


Figura 4. Frente de onda producido por una fuente puntual. Tomado de Tomasi, 2003, pág. 349 .

2.1.2.1 Radiación electromagnética.

De la radiación electromagnética se derivan:

- a) Densidad de potencia e intensidad de campo.

La rapidez con que la energía atraviesa una superficie establecida en el espacio libre recibe el nombre de densidad de potencia. Según (Tomasi, 2003, pág. 348), le otorga la siguiente definición: la densidad de potencia se traduce en la energía por medidas de tiempo y por unidad de área, cuya expresión es en watts por metro cuadrado.

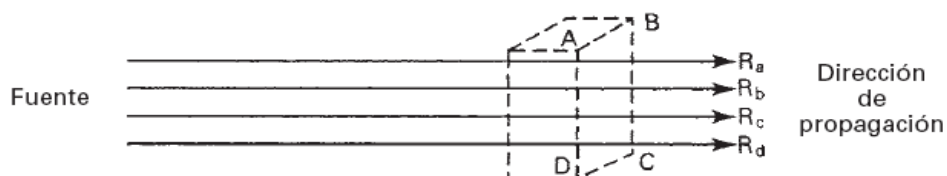


Figura 5. Dirección de propagación de una onda plana Tomado de (Tomasi, 2003, pág. 348).

La intensidad de campo es la fuerza que poseen los campos magnéticos y eléctricos de una onda electromagnética que se desplaza por el espacio libre.

La fórmula para el cálculo de la densidad de potencia es la siguiente:

$$P = EH \quad W/m^2$$

Ecuación 2. Densidad de potencia
Tomado de Tomasi, 2003, pág. 349

Dónde:

P equivale a la densidad de potencia (watts por metro cuadrado)

E equivale a la intensidad del campo eléctrico (volts por metro cuadrado)

H equivale a la intensidad del campo magnético (amperes por metro).

b) Impedancia característica del espacio libre.

La impedancia se relaciona directamente con el tópico anterior en cuanto a la intensidad de los campos a través de la resistencia del espacio vacío. Su definición matemática parte de que la misma es igual a la raíz cuadrada de la relación de su permeabilidad magnética entre su permitividad eléctrica. Su ecuación es:

$$Z_s = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

Ecuación 3. Impedancia característica del espacio libre
Tomado de Tomasi, 2003, pág. 349 .

En la que:

Z_s : impedancia característica del espacio libre (ohms)

μ_0 : permeabilidad magnética del espacio libre, $1.26 \cdot 10^{-6}$ H/m

ϵ_0 : permitividad eléctrica del espacio libre, $8.85 \cdot 10^{-12}$ F/m

2.1.3 Comunicaciones Inalámbricas.

Como se ha mencionado anteriormente, las ondas electromagnéticas viajan a través de la atmósfera terrestre permitiendo la comunicación entre dos o más puntos en el globo terráqueo, este fenómeno lleva como nombre radiocomunicaciones terrestres, propagándose en varias formas que dependen de diversos factores tales como el ambiente, los sistemas o los transmisores, viajando en línea recta, excepto cuando la tierra y la atmósfera cambian sus

trayectorias, a continuación se ilustra los modos de propagación entre antenas. (Peredo, 2004)

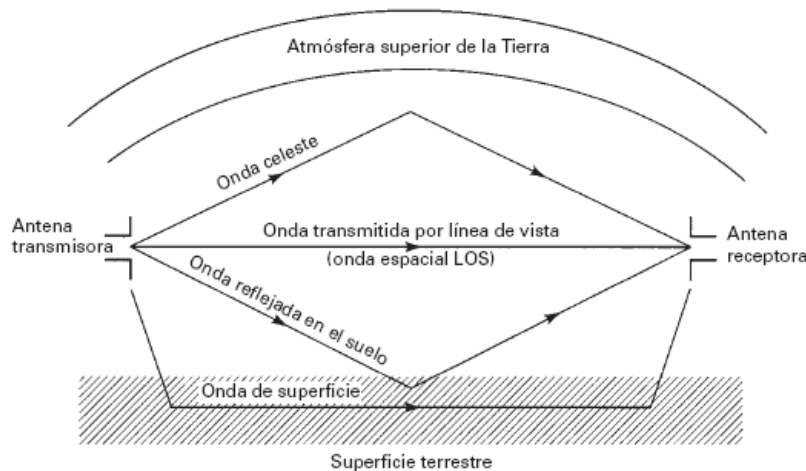


Figura 6. Modos normales de propagación
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.1.3.1 Por ondas terrestres.

Una onda terrestre es aquella que se desplaza por la superficie de la tierra, también son conocidas como ondas superficiales las cuales son polarizadas en forma vertical.

Este tipo de propagación es posible gracias a la propiedad óptica de la difracción pudiendo así sortear la señal sobre edificios y montañas. Las ondas continúan la curvatura de la tierra haciendo que la señal pueda alcanzar grandes distancias antes de que la misma sea absorbida por la misma.

La propagación de las ondas terrestres se emplea normalmente en las comunicaciones entre barcos para radionavegación y comunicaciones marítimas móviles.

Las ventajas de esta propagación son las siguientes:

- Con la potencia máxima de transmisión puede ser usada para la comunicación entre dos lugares sin importar la distancia en la que estas se encuentren.
- Las ondas terrestres sufren pocas alteraciones antes los cambios de la atmósfera.

Entre las desventajas se pueden mencionar las siguientes:

- Requieren de grandes antenas.
- Se limita a frecuencias bajas e intermedias.
- Necesitan una potencia de transmisión alta.

En la Figura 7 se ilustra cómo actúa la propagación de ondas terrestres, cuando la atmósfera posee un gradiente de densidad, la misma disminuye de manera gradual mientras aumenta la distancia de la superficie, así la onda se propaga por el torno de la superficie de terrestre.

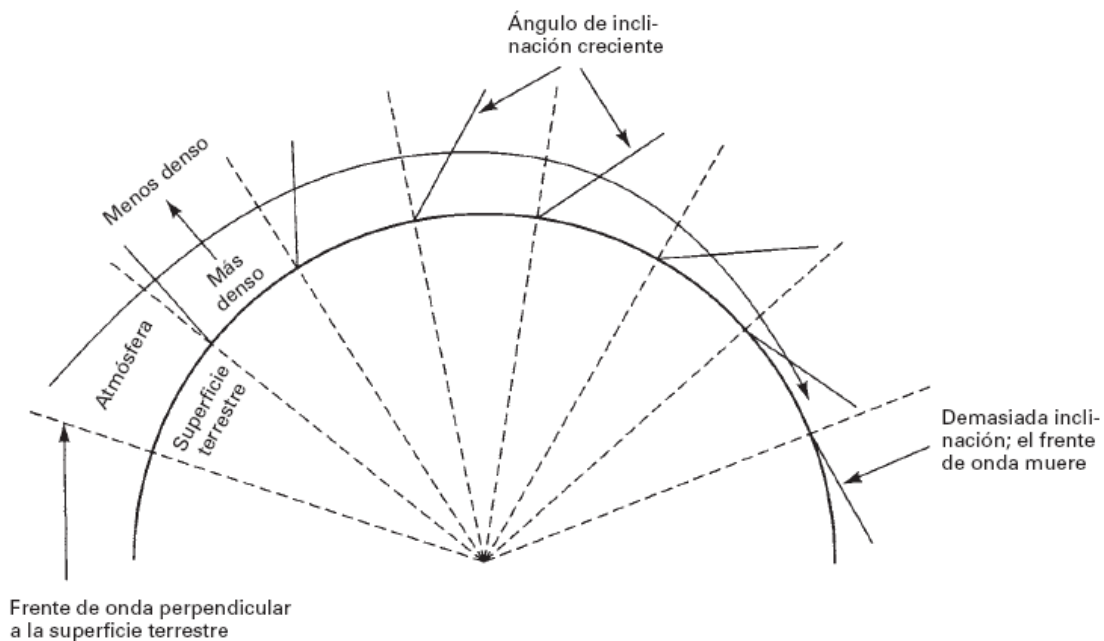


Figura 7. Propagación de ondas terrestres
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.1.3.2 Por ondas espaciales.

Las ondas espaciales enlazan con ondas directas las cuales son reflejadas en el suelo, las ondas directas viajan en línea recta entre las antenas emisoras y receptoras por lo que su propagación recibe el nombre de transmisión por línea directa (LOS) por consiguiente esta depende y está limitada por la curvatura de la tierra.

La curvatura de la tierra presenta lo que se denomina como horizonte de radio lo que puede lograr alargarse solo con elevar alguna de las antenas con respecto de la superficie de la tierra o colocándose sobre las montañas o altos edificios.

Cabe la oportunidad de acotar que los cambios constantes en las condiciones de la atmósfera la refracción de las ondas sufren variaciones a medida que transcurre el tiempo, produciendo un estado diferente denominado como propagación por conductos, la cual se genera cuando la densidad de la atmósfera es tal que las ondas se quedan aferradas en medio de la antes mencionada y la superficie terrestre, ya que las capas de la atmósfera funcionan como conductoras para la propagación.

La figura 8 ilustra el proceso de la propagación de ondas espaciales.

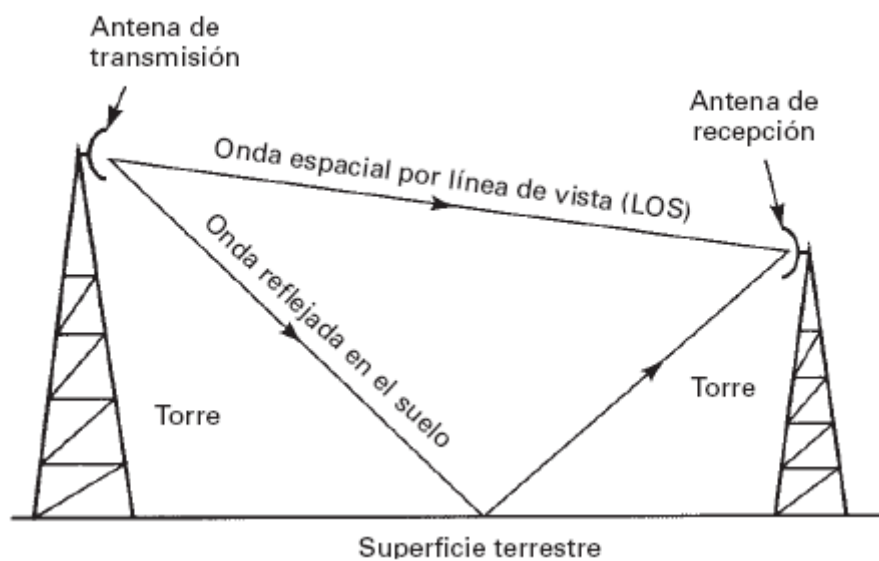


Figura 8. Propagación de ondas espaciales
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.1.3.3 Por ondas celestes.

La propagación por ondas celestes o propagación ionosférica, se considera como propagación de visión directa, donde se transmiten señales de alta frecuencia de forma directa de una antena a otra siguiendo una línea recta. Las ondas se irradian en dirección de la ionosfera donde actúa como un efecto rebote dirigiéndola nuevamente a la tierra.

Para lograr este tipo de comunicación las antenas deben ser direccionales o ser lo suficientemente altas o juntas para que no se van afectadas por la curvatura de la tierra, emitiendo ondas que van de arriba abajo reflejándose en la superficie terrestre o algunas capas de la atmósfera.

Por otra parte, la propagación de ondas celestes requiere una herramienta retransmisora tal como lo son los satélites, estos trabajan como un espejo recibiendo una señal radiada la cual es reenviada a la tierra para el receptor destinado para dicha tarea, siendo esta una transmisión de visión directa como intermediario. (Peredo, 2004)

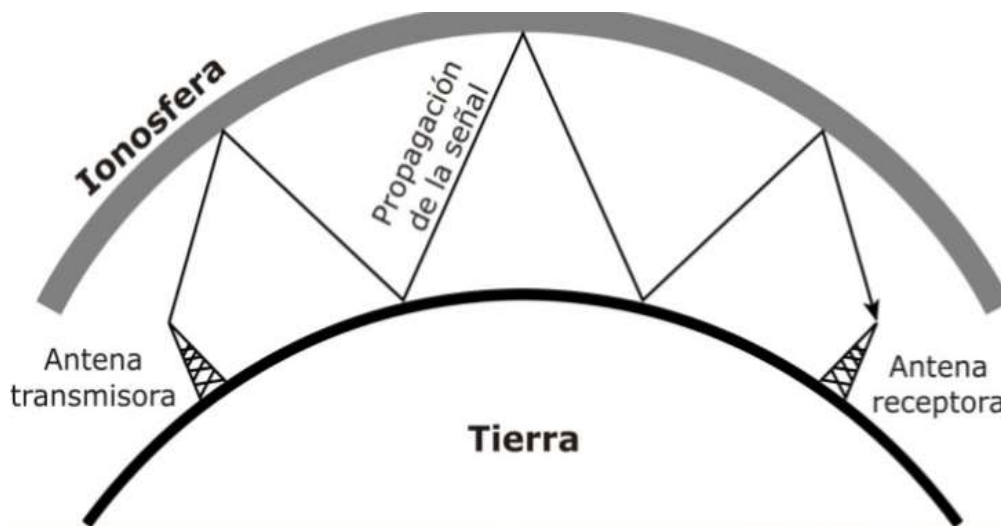


Figura 9. Propagación Celeste o Ionosférica
Tomado de Peredo, 2004 .

2.2 Fenómenos de propagación

Los fenómenos de propagación pueden diferir según sea el comportamiento del espacio libre, teniendo en consideración que gracias a estos se pueden lograr las comunicaciones inalámbricas a grandes distancias, ahora bien en términos coloquiales suelen conocerse con otros calificativos donde los efectos ópticos como la refracción se conoce como flexión, la reflexión como rebote, la difracción como dispersión y la interferencia como choques.

Los antes mencionados son definidos también como propiedades ópticas debido a que estos pueden ser visualizados primeramente por las ciencias ópticas que estudian el comportamiento de las ondas luminosas, ya que estas son ondas electromagnéticas de alta frecuencia. (Peredo, 2004, pág. 2)

2.2.1 Refracción

La refracción electromagnética según (Tomasi, 2003) se define que las ondas pueden estar expuestas a padecer desviaciones en el recorrido de la trayectoria mientras estén atravesando de un medio a otro con diferente densidad, es decir,

cuando la onda viaja por la atmósfera terrestre atravesando distintas capas de la misma creando una variación de la trayectoria en un ángulo determinado. En la siguiente figura se grafica el comportamiento de esta propiedad óptica.

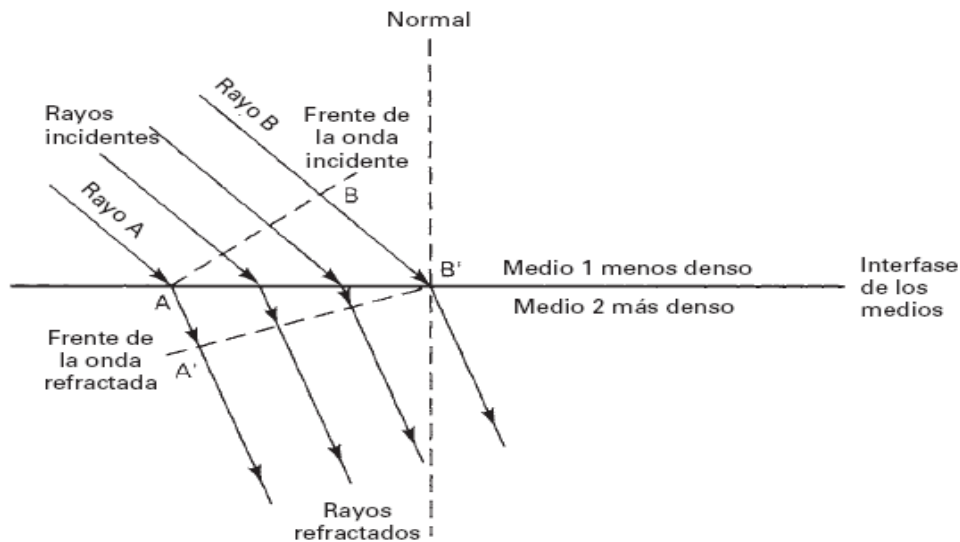


Figura 10. Refracción en una frontera plana entre dos medios
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.2.3 Reflexión

El efecto óptico o fenómeno de reflexión se basa en la acción de reflejar las ondas electromagnéticas, la cual se ocasiona cuando la onda transgrede produciendo un choque con el límite establecido para los medios de transmisión, donde la potencia que incide no logra llegar al segundo elemento haciendo que las ondas que no alcanzan el otro medio se vean reflejadas. En la Figura 11 se ilustra la actuación de la reflexión de ondas en un plano adyacente entre dos medios.

Este fenómeno no solo es posible en superficies planas, sino también en superficies curvas o irregulares. En el caso de ser curva la superficie, esta transforma la estructura de la onda haciéndola diferente de la onda incidente, ahora bien, existe el caso en el que el frente de la onda incidente puede ser curvo y la superficie que la refleja es plana, se tiene como resultado que la onda reflejada es similar a la del frente de la misma.

En el caso de la superficie irregular, también conocida como superficie áspera se corre el riesgo de la destrucción de la onda, cuando el frente de la onda colisiona con la superficie áspera, se extiende en múltiples direcciones determinándose como una reflexión difusa, si el caso es lo opuesto y la superficie es lisa se condiciona como reflexión especular, ahora bien si la superficie colinda entre ambas superficies: irregular y lisa, esta se conoce como superficie semiáspera, la cual causa una mezcla entre las reflexiones antes mencionadas, a lo que se puede añadir que no causa destrucción total del frente de la onda pero si disminuye la potencia de mismo tal como se ilustra en la **Figura 12**.

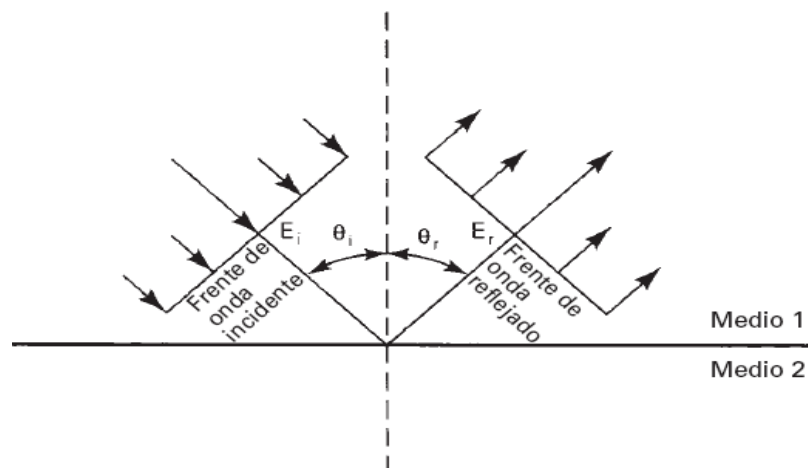


Figura 11. Reflexión electromagnética en una frontera
Tomado de Tomasi, 2003 .

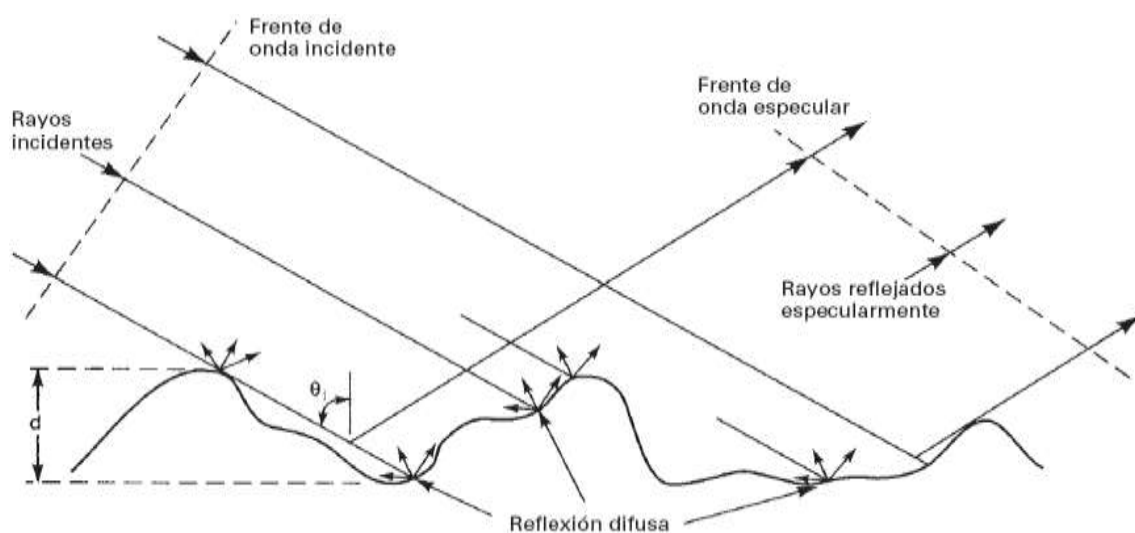


Figura 12. Reflexión en una superficie semiáspera
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.2.4 Difracción

Se conoce como difracción a la derivación de la redistribución de la energía contenida a un frente de onda al atravesar o acercarse a un objeto opaco haciendo que este se disperse hacia afuera. Este fenómeno admite que las ondas electromagnéticas se proliferen con respecto a los límites de un espacio físico.

Según (Peredo, 2004, pág. 4) indica que para que se dé el efecto óptico de la difracción debe existir un elemento que impida el libre desplazamiento de las ondas, direccionándola en otro sentido. Este fenómeno es empleado en los espacios que producen sombra de señal, tales como los altos edificios o grandes montañas.

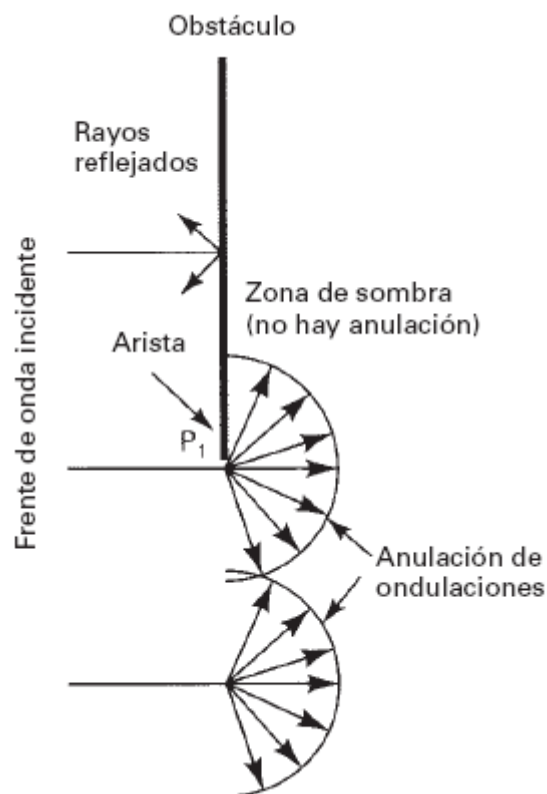


Figura 13. Difracción de las ondas electromagnéticas
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.2.5 Interferencia

Analizando las teorías expuestas se puede expresar que la interferencia se basa en la interrupción que se produce al momento de encontrarse dos ondas de radiofrecuencia.

La interferencia de las ondas de radio frecuencia viene dada por la combinación de varias ondas originando una degradación en el funcionamiento de la estructura de transmisión. Como se mencionó anteriormente, los demás fenómenos son contentivos a la óptica geométrica, lo que se traduce que estas estudian la actuación de las ondas y sus frentes generadores, caso contrario a la interferencia, ya que esta se encarga de analizar la posición de las ondas y los puntos que ocupan en el espacio en forma simultánea.

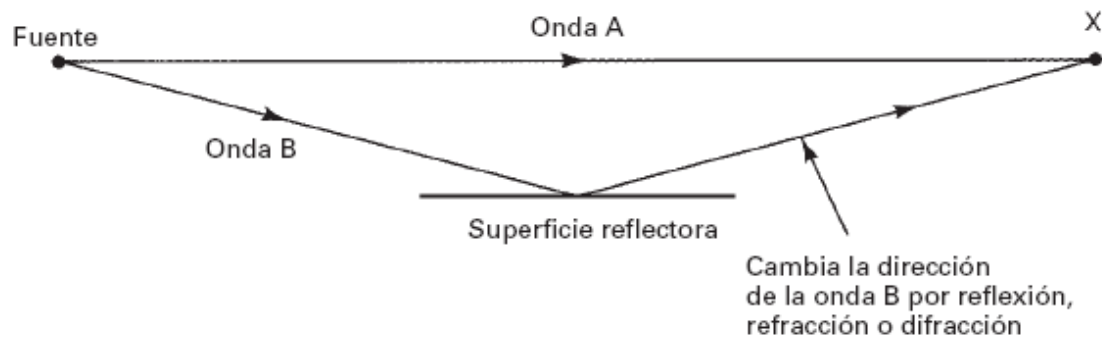


Figura 14. Interferencia de las ondas electromagnéticas
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.3 Antenas

2.3.1 Definición de Antena.

En los sistemas de comunicación las antenas forman parte esencial en su funcionamiento, la cual está destinada a emitir señales de ondas electromagnéticas así como también recibirlas aquella parte de un sistema transmisor o receptor

2.3.2 Clasificación de las antenas

Según Hernandez, 1998 la gran diversidad que existe en el mundo de las comunicaciones es un poco engorroso mencionarlas una por una, es por esta

razón que se facilita su definición a través de un tablas que exprese el tipo de antenas con las características correspondientes de manera general.

Tabla 1
Clasificación de las antenas

	Tipo de antena	Características
Según su forma de radiación	Antenas omnidireccionales	Dipolos eléctricos y magnéticos (loops), antenas de parche
	Antenas direccionales	Yagi-Uda, reflectores parabólicos, helicoidales, arreglos dipolares. A su vez, pueden ser endfire o broadside; es decir, radiar en dirección del eje de la antena o en dirección perpendicular a ella.
	Antenas independientes de la frecuencia (de gran ancho de banda)	Logarítmicas, espirales, espirales cónicas
	Antenas electromagnéticamente direccionables y adaptivas	Arreglo de antenas de fase controlada (AAFC) y arreglos de antenas activas de fase controlada (AAAF). Sus elementos pueden ser dipolos; antenas de parche, hélices, entre otros.
Según su geometría y/o construcción	Antenas delgadas	Dipolos eléctricos y magnéticos, logarítmicas, Yagi-Uda, helicoidal, arreglo de dipolos.
	Antenas de abertura	Guía de ondas, corneta, reflectores parabólicos e hiperbólicos.
	Antenas autodefinidas	Logarítmicas, espirales, espirales cónicas
	Antenas planares	Antenas de parche (diversas geometrías, espirales).
	Antenas cuasi-ópticas	Aberturas (slots), antenas de Fresnel.

Tomado de Hernandez, 1998 .

2.3.4 Antena como elemento de un sistema

Los sistemas son conjuntos de elementos que se relacionan entre sí a fin de lograr un objetivo final, las antenas trabajan de la misma manera donde intervienen distintos parámetros que vinculados alcanzan la meta de la

transmisión de señales. A continuación se describen los parámetros que conforman la transmisión y recepción de señal de una antena.

2.3.4.1 Impedancia de entrada y recepción

La impedancia se define como la relación de voltajes, existe una impedancia de entrada y una de recepción. Cuando se habla de impedancia de entrada se hace referencia a relación existente entre la corriente que se genera en el puerto de entrada de la antena y la tensión de la misma, dependiendo las de la frecuencia. Ahora bien, la impedancia de recepción es la misma que en la emisión, siempre y cuando no existan componentes recíprocos en la antena (Anguera, 2008) Matemáticamente es expresada de la siguiente manera:

$$Z_{ent} = \frac{E_i}{I_i} \quad \text{Ecuación 4. Impedancia de entrada}$$

Tomado de Tomasi, 2003 .

Dónde:

Z_{ent} equivale a impedancia de entrada a la antena (ohms)

E_i equivale a voltaje de entrada a la antena (volts)

I_i equivale a corriente de entrada a la antena (amperes)

2.3.4.2 Eficiencia de radiación

La eficiencia de radiación está relacionada directamente con las potencias y las resistencias. En el libro de texto Teoría de Antenas se indica que: la impedancia de entrada de una antena posee una parte real y una imaginaria, donde la primera posee dos divisiones, una de ellas es la resistencia de radiación y la otra resistencia de pérdidas.

Según (Anguera, 2008) expresa que la eficiencia de una antena radica en la relación existente entre la potencia que se libera en una carga adaptada y otra potencia liberada en una antena que no presenta pérdidas.

2.3.4.3 Intensidad de radiación

Una definición tacita de la intensidad de radiación se traduce a la cuantificación de la capacidad que posee la antena para radiar con direccionalidad específica, para lo cual debe ser utilizado un sistema de coordenadas. Según (Anguera,

2008) la intensidad de radiación es la consecuencia de potencia que es irradiada por el mecanismo de ángulo sólido en una dirección específica.

2.3.4.4 Diagrama de radiación

Es una representación ilustrada de todos los parámetros que componen el sistema de transmisión de la antena en un plano, esta puede verse de dos formas: a) diagrama de radiación en 3D y b) diagrama de radiación en coordenadas, amabas se muestran en las figuras 15 y 16. En una caracterización técnica se define como: “Un diagrama de radiación es una representación gráfica de las propiedades de radiación de la antena en función de las diferentes direcciones del espacio (sistema de coordenadas esférico) a una distancia fija.”

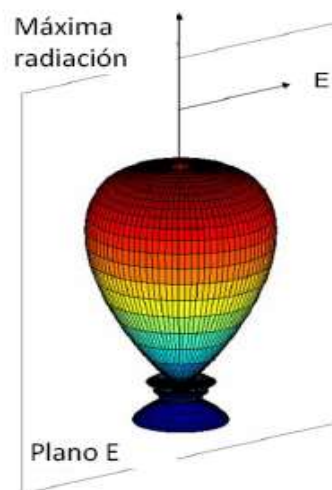


Figura 15. Diagrama de radiación en 3D
Tomado de Anguera, 2008 .

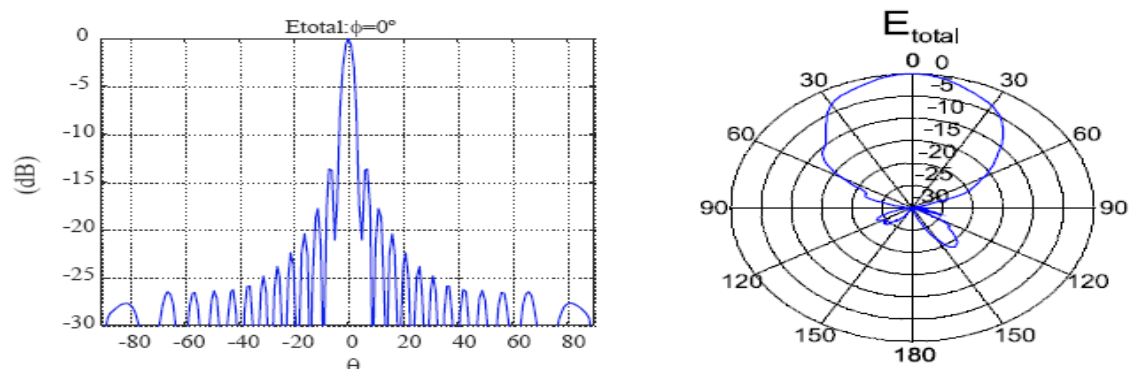


Figura 16. Diagrama de radiación en coordenadas cartesianas y polares
Tomado Anguera, 2008 .

2.3.4.5 Directividad

Para la interpretación del investigador, la Directividad de una antena subsiste como la correlación existente entre la densidad de potencia que se irradia en un sentido definido con distancia determinada, y la densidad de potencia que se genera en una distancia equivalente.

2.3.4.6 Ganancia

Se produce ganancia cuando se posee igualdad en la potencia total irradiada en dos antenas, donde una de estas disminuye su radiación en cierta dirección y aumenta en otra. A esto se le conoce como ganancia directiva.

La segunda ganancia es denominada como ganancia de potencia, conserva similitudes con la directiva, sin embargo en este caso se considera la eficiencia de la antena.

2.3.4.7 Polarización

La polarización de una antena consiste en el delinear el recorrido de una onda electromagnética por el campo eléctrico, identificando la dirección donde se irradia máxima potencia.

Una antena sufre dos tipos de polarización, dependiendo de su alineación. La polarización lineal se origina cuando los componentes del sistema de la antena se ubican en un plano horizontal o vertical. Por otra parte se tiene la polarización elíptica o circular, donde el campo eléctrico tiende a girar en forma de elipse o en forma de círculo.

En la Figura 17 se ilustra la forma de ejecución de cada una de las representaciones de cada uno de los casos de polarización que fueron descritos anteriormente.

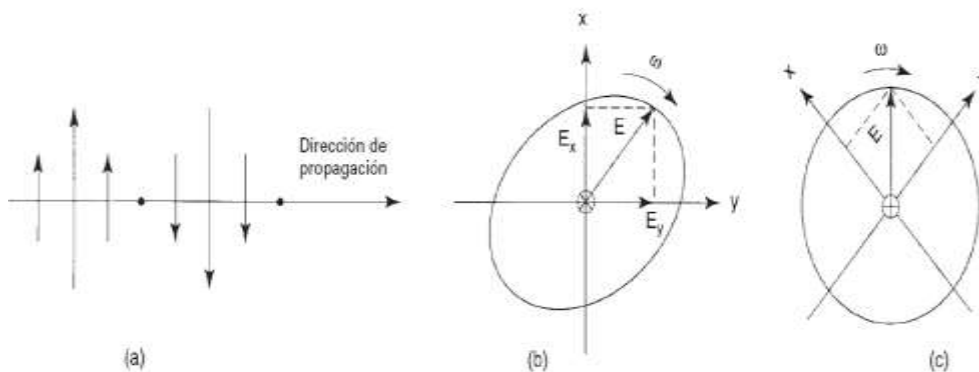


Figura 17. Polarizaciones de antena: (a) lineal; (b) elíptica; (c) circular
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.4 Mecanismos alimentadores

El mecanismo alimentador es el nombre que suele darse a un dipolo o red de dipolos, conociéndose estos como antenas primarias. La función principal de este mecanismo es esparcir la energía electromagnética hasta el punto reflector sin presentar efectos de sombra. Generalmente estos mecanismos son presentados en antenas de abertura (reflectora o parabólica). (Gallardo, 2015)

Existen tres tipos de mecanismos de alimentación:

- Alimentación Central: en este caso la antena primaria es dispuesta en el foco, donde la energía transmitida hacia el reflector se muestra hacia afuera en forma de un haz concentrado.
- Alimentación por bocina: la antena primaria es una antena pequeña cónica, y no un dipolo simple. La bocina no es más que un material abocardado de guía de ondas, que se coloca en el foco e irradia una distribución algo direccional, hacia el reflector parabólico
- Alimentación de Cassegrain: La fuente de radiación primaria está en o justo atrás de una pequeña abertura en el vértice del paraboloide, y no en el foco. La antena primaria se apunta hacia un pequeño reflector secundario (el subreflector Cassegrain) que está entre el vértice y el foco.

2.5 Abertura del haz de la antena

La abertura angular del haz de una antena no es más que la disociación del ángulo que se crea entre dos puntos de la métrica de la potencia. Este término

refiere a la separación de ángulos que se produce entre dos puntos de potencia media dentro del esquema de radiación de la densidad de la potencia.

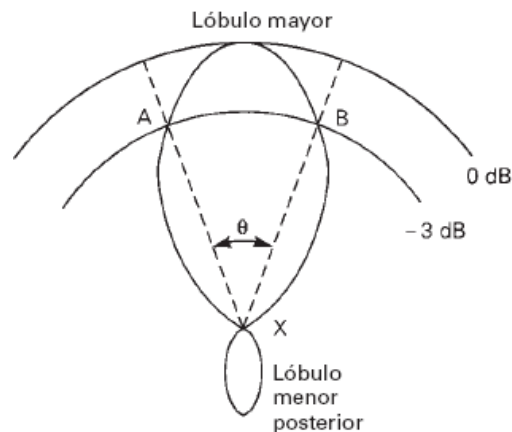


Figura 18. Abertura de haz de antena
Tomado de Tomasi, 2003 .

2.6 Ancho de banda de antena

La definición más común que este concepto parte de que es un margen de la frecuencia a la cual está adaptada una antena. (Tomasi, 2003)

La existencia del ancho de banda parte de los rangos de frecuencias con respecto a los puntos de la potencia media. Otro factor que juega un papel importante en este tópico es la impedancia de alimentación de la antena, así como también la ganancia y la directividad ya que estas particulares se concatenan con los márgenes de frecuencia, permitiendo que estas restrinjan el funcionamiento en la región de frecuencias.

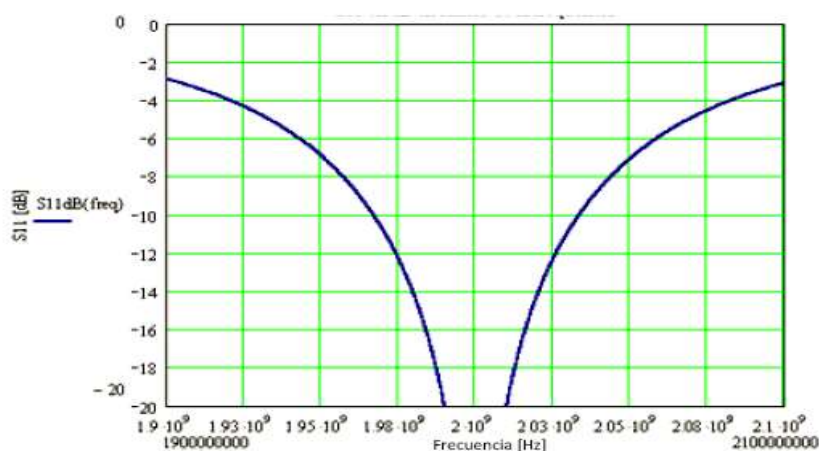


Figura 19. Curva de adaptación de una antena en función de la frecuencia
Tomado de Anguera, 2008 .

2.7 Presupuesto de potencia.

El desarrollo del presupuesto de potencia se basa en un cálculo matemático donde se analizan valores arrojados de la resultante del cómputo de las ganancias de transmisión y recepción de las antenas en conjunto de la pérdida de la potencia desde el punto de transmisión a través de los diferentes medios, bien sea cables, conectores o el espacio libre hacia el punto receptor.

Según (Rodríguez & Andrade, 2015) Sugieren en su investigación que para la elaboración del presupuesto se deben tomar en cuenta tres elementos fundamentales:

- El lado de transmisión con potencia efectiva de transmisión: en esta parte es importante mencionar que los factores a tener en cuenta son la potencia de transmisión, la cual dependerá de la regulación que se estipula en cada país, la pérdida en cable y conectores la cual depende de las frecuencias, los amplificadores ya que estos compensan la pérdida producida por los cables o conectores y por último la ganancia de la antena.
- La pérdida de propagación: en este factor intervienen las pérdidas de propagación en relación con la atenuación de la señal, tomando en cuenta la pérdida en el espacio libre.
- El lado de recepción con efectiva sensibilidad receptiva: se toma en cuenta la ganancia de la antena, las pérdidas en cables y la sensibilidad del receptor.

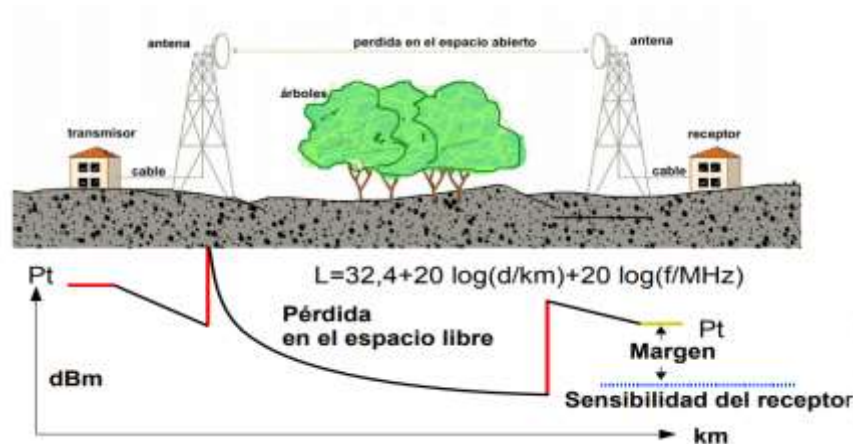


Figura 20. Elementos del presupuesto de potencia
Tomado de Buettrich, 2007 .

Capítulo III: Estudio y diseño del enlace inalámbrico

3.1 Descripción de la arquitectura.

El presente estudio consta de un enlace de red punto a punto, el cual corresponde a un prototipo de arquitectura, donde la comunicación es lograda mediante un canal que solamente conecta dos nodos.

Para este trabajo, se establece el tipo de comunicación full-dúplex, puesto que la transmisión es generada en ambos sentido, de un punto A hasta un punto B y viceversa, con la salvedad de que la transacción se efectúa de forma simultánea en los ambos nodos. Entre las características básicas de los enlaces punto a punto se tienen que:

- a) Las conexiones pueden ejecutarse por uno o varios sistemas de comunicaciones.
- b) De los nodos intermedios parte la comunicación de extremo a extremo y dependerá el tránsito de los mensajes y consigo los posibles retardos.
- d) El cableado estará sujeto a la cantidad de estaciones, lo que causa variaciones en los costes. (Elvia, 2012)



Figura 21. Conexión de enlace punto a punto full dúplex
Tomado de Ubiquiti Network, 2017 .

3.2 Equipos a utilizar

En cuanto a la descripción de los equipos a utilizar, es propio describir los elementos de hardware. Para la implementación del enlace inalámbrico punto a punto se requiere de:

- 1) 2 antenas
- 2) Switch de capa 3
- 3) TC-CON(Conectores RJ-45)

- 4) TC-L1(Cable STP 5e)
- 5) RF Armor UNSK235-2p

A continuación se presenta una comparación entre tres marcas de los equipos mencionados anteriormente cuyas características sean similares, a fin de visualizar la mejor opción para la selección de las mismas. Su selección se basa en una investigación del mercado fundamentada no solo en las en la popularidad del fabricante y las características físicas que ofrece el equipo, sino también en la calidad y durabilidad del producto, los costes, las licitaciones de venta, la asequibilidad que posee cada marca, entre otros.

Tabla 2.
Comparación de las antenas

Características generales	NanoStation M3	SXT LITE 5	AT815SN
Fabricante	Ubiquiti Network	Mikrotik	Huawei
Frecuencia	3300-3700	5000-5800	2400-5000
Ganancia de la antena	16 dBi	13 dBi	13 dBi
Potencia Tx	25 dBm	23dBm	23 bBm
Potencia Rx	> -94 dBm	> -92 dBm	> -94 dBm
Rango de alcance	5 km	5 km	10 km
Ángulo de apertura	40° V 40° H	20° V 39°H	60° H 30° V
Temperatura de operación	-30° a 75°	- 30° a 80°	-40° a 70°
Costo aproximado	124,36 \$	170 \$	400\$

Tabla 3.
Comparación de los Switch

Características generales	edgeswitch-8-150w	2RY7165 - TP-LINK 8	RB3011UIAS-RM
Fabricante	Ubiquiti Network	Tp Link	Mikrotik
Puertos	8 puertos	8 puertos	8 puertos
Sfp	2 puertos	2 puertos	1 puerto
Soporte	IEEE 802.3at / af	IEEE 802.3at/af	IEEE 802.3at/af
Potencia	150 w	123 w	124 w
Costo aproximado	250 \$	298,70\$	301,31\$

Una vez expresada las opciones que ofrece el mercado de las comunicaciones con respecto a la comercialización de los equipos, se evidencia claramente que el fabricante Ubiquiti Network brinda la mejor alternativa en cuanto a costo y calidad de los productos que distribuyen. Entre las características físicas de cada aparato figuran las siguientes:

Tabla 4.
Características físicas de la antena

Características físicas	
Antena Ubiquiti Nanostation M3	Procesador Atheros MIPS 24KC, 400MHz Memoria 32MB SDRAM, 8MB Flash TX 11 AirMax Hasta 25 dBm +/-2dB RX 11 AirMax Desde -94 dBm +/-2dB Frecuencia de Operación 3400-3700 MHz Rango máximo de Alcance Hasta 4km en enlace PtMP Ganancia de antena 13.7 dBi de doble polaridad Angulo de Apertura 40°V, 40°H Consumo Máximo 8 Watts Temperatura de Operación -30C a 75C Operatividad en Humedad 5 a 95% Sin Condensación

Tabla 5.
Características físicas del cable

Características físicas	
TC-Pro (Cable SFTP 5e)	Cobre sólido calibre 24 AWG Aislante exterior de PVC para exteriores Blindaje de 0.35um Blindaje de Multi-capas: soporta duras condiciones meteorológicas y uso rudo. Longitud: 305m (1000ft)

Tabla 6.
Características físicas del Switch

Características físicas	
Switch edgeswitch-8- 150w	8 puertos Gigabit. Configurable Passive 24V/48V. 150 W Potencia. Configuración de la interfaz TOUGHSwitch. Metal duro completo y carcasa de goma.

Es de gran relevancia mencionar que en el Centro de cómputo de la Escuela “José María Matheus” ya se cuenta con las estaciones de trabajo debidamente constituidos con equipos requeridos en los que figuran:

- 1) 1 Switch de 12 puertos
- 2) 12 equipos Intel
- 3) Cableado estructurado UTP
- 4) Conectores RJ 45

3.3 Área de cobertura.

3.3.1 Herramientas utilizadas

En cuanto a las herramientas utilizadas para determinar el área de cobertura se utilizó:

1. La herramienta web Radio Mobile Online, ofrece las propiedades necesarias para la conocer y predecir la actuación de la elaboración de un sistema de comunicación de radio frecuencias.
2. Google Earth, permitió definir la ubicación de cada uno de los puntos de conexión por medio de la ilustración virtual del mapamundi en relieve, basado en una fotografía satelital.

3.3.2 Delimitación del Área de cobertura

Para determinar las áreas de cobertura de este estudio, se utilizaron las herramientas antes mencionadas, por medio de estas se logró posicionar en el mapa los dos puntos geográficos donde estarán ubicadas las antenas de transmisión y recepción del enlace propuesto. A partir de estos puntos el

simulador Radio Mobile Online puedo determinar datos significativos, tales como lo son la latitud, altitud, elevaciones en el terrenos, distancias existente entre los extremos de la red, altura adecuada para la ubicación de las antenas entre otros. A continuación se ilustra a través de fotografías satelitales las áreas de cobertura de esta investigación.

En la figura 22, se puede apreciar una aproximación de la ubicación del punto base, donde estará ubicada la antena transmisora. En la siguiente tabla se expresan los datos geográficos de esta zona.

Tabla 7.

Datos geográficos del punto uno

Datos geográficos	
Descripción	Lasso
Elevación (m)	3008
Latitud	00° 45' 12.21"S
Longitud	078° 36' 36.99"W

Tomado de Google Earth

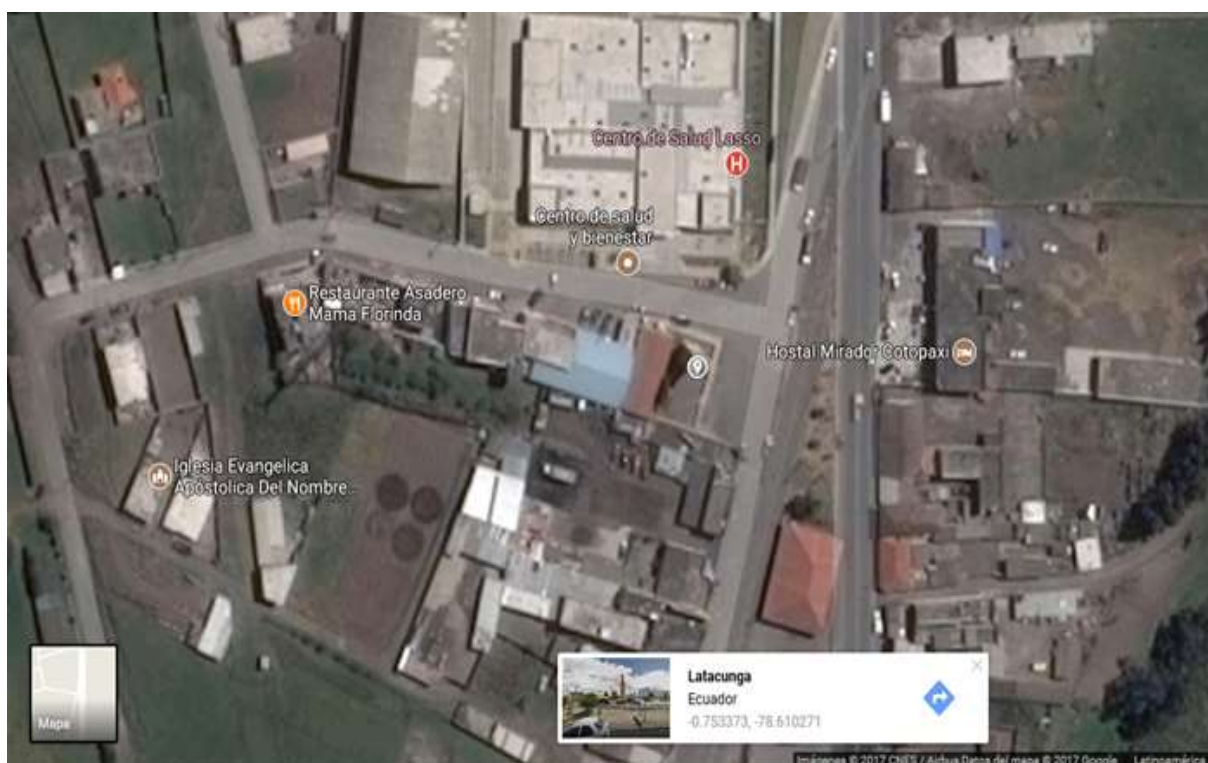


Figura 22. Ubicación de la Antena Transmisora
Tomado de Google Earth, 2017 .

En la figura 23, se visualiza el establecimiento del segundo punto, aquí es donde estará posicionada la antena receptora. Está ubicado en la parroquia San Juan de Pastocalle, con los siguientes datos geográficos:

Tabla 8.

Datos Geográficos del punto 2

Datos geográficos	
Descripción	San Juan de Pastocalle
Elevación (m)	3128
Latitud	00° 43' 44.42"S
Longitud	078° 38' 06.78"W

Tomados de Goole Earth

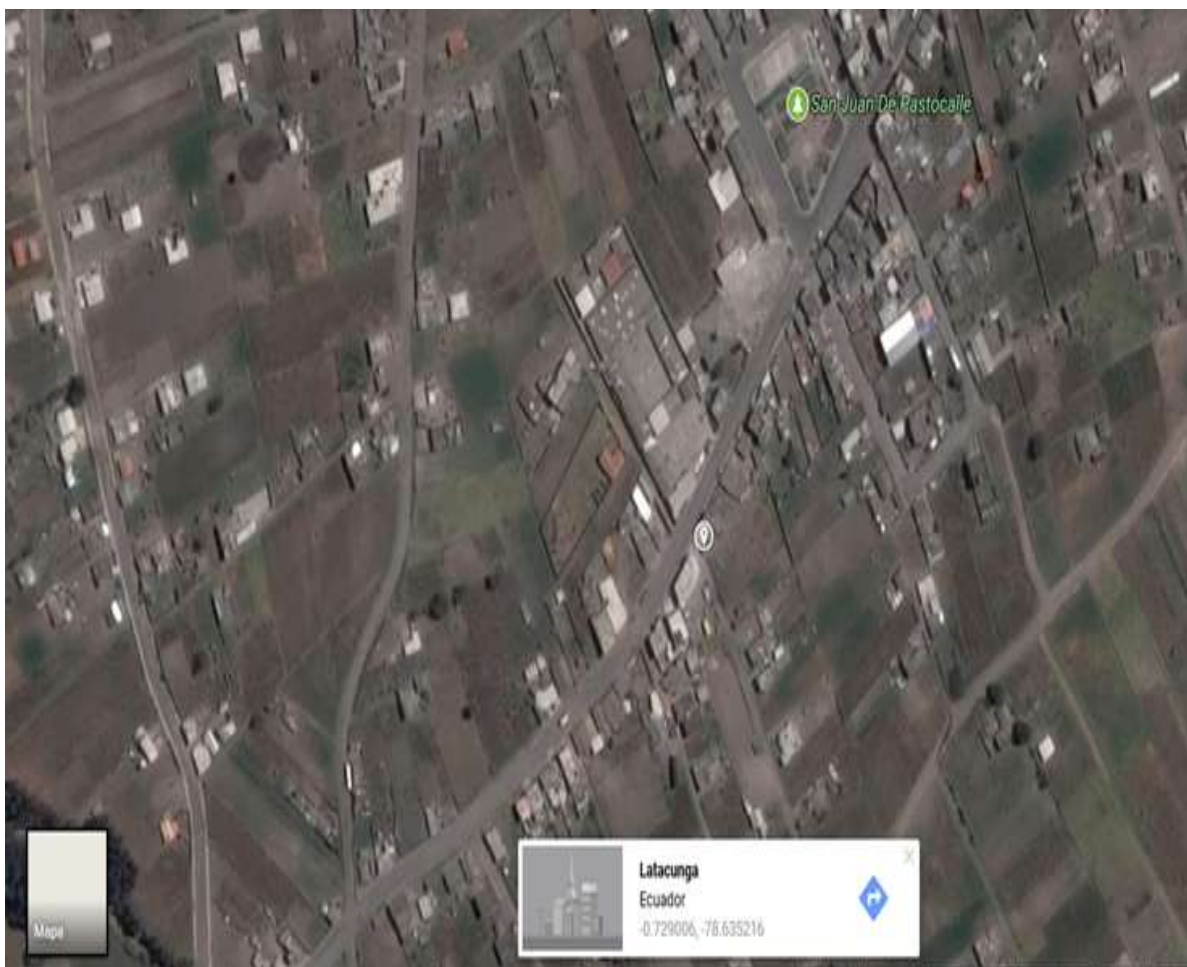


Figura 23. Ubicación de la antena receptora
Tomado de Google Earth, 2017 .

En las Figura 24 y Figura 25, se observa el área de cobertura que tiene los enlaces entre los puntos antes mencionados.



Figura 24. Área de Cobertura del enlace (a)
Tomado de Google Earth, 2017 .

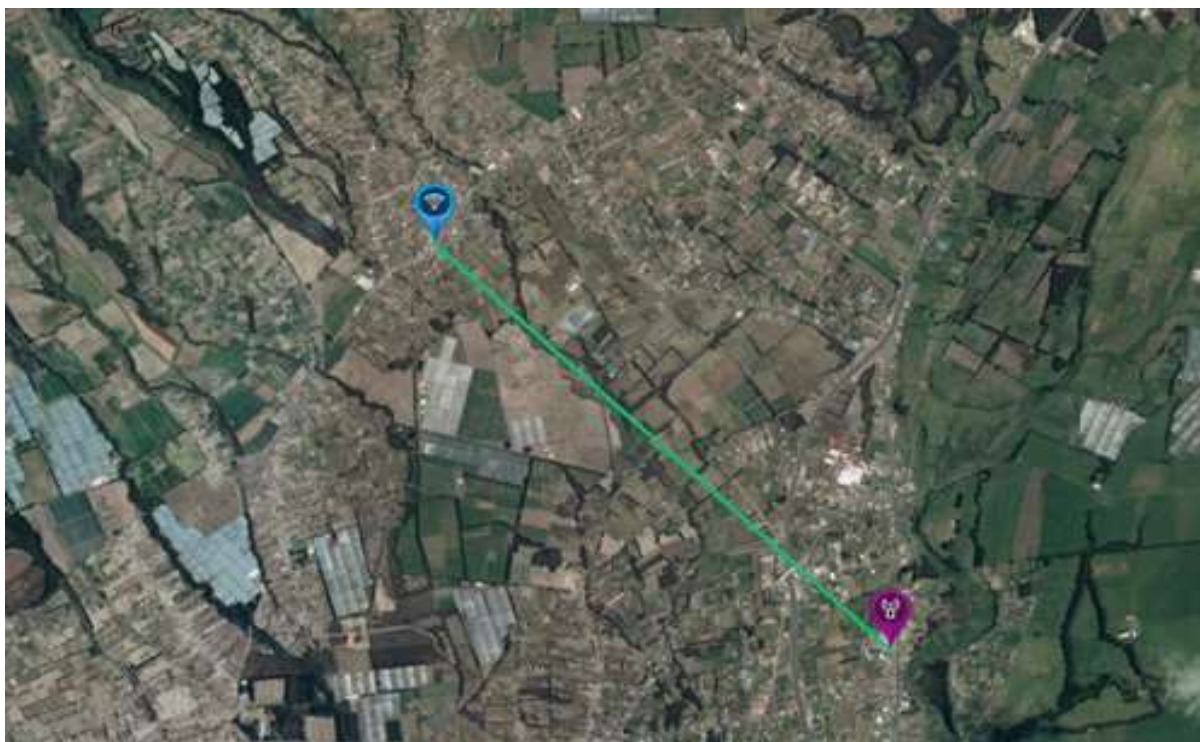


Figura 25. Área de cobertura del enlace (b)
Tomado de Google Earth, 2017 .

3.4 Simulación de enlace.

Para la elaboración de la simulación de enlace inalámbrico punto a punto se toman como referencia diversos valores que fungen un rol fundamental en la ejecución de la misma tales como la potencia de la antena, la ganancia, las distancia entre los puntos, los obstáculos entre otros. Partiendo de los datos obtenidos por el software Google Earth se tienen los siguientes puntos de ubicación.

Tabla 9.

Coordenadas geográficas de los nodos

Nodos	Latitud	Longitud	Elevación
Lasso	-0.753392°	-78.610276°	3008 m
San Juan de Pastocalle	-0.729006°	-78.635216°	3128 m

Tomados de Google Earth, 2017 .

Para la elaboración de la simulación es necesario conocer los siguientes atributos:

- a) potencia de transmisión
- b) pérdida de línea de transmisión y recepción
- c) ganancia de la antena transmisora y receptora
- d) sensibilidad de recepción
- e) la frecuencia de transmisión
- f) altura de las antenas de transmisión y recepción
- g) ambos puntos de ubicación de los nodos a conectar.

En la figura 26 se muestra la línea de vista que se produce por la conexión entre los dos puntos.

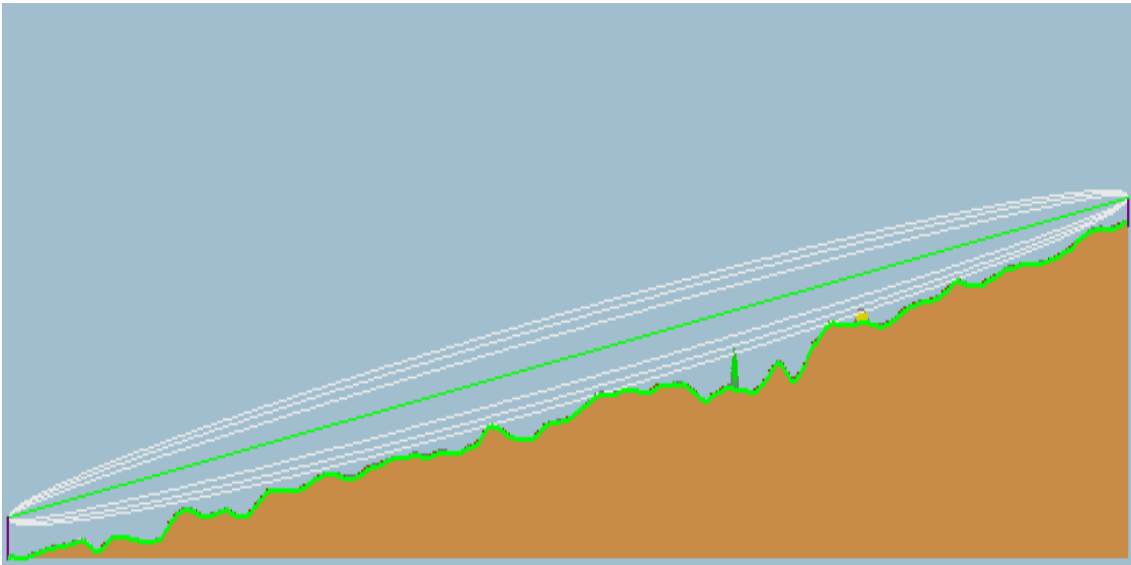


Figura 26. Línea de Vista entre los nodos de transmisión

Partiendo de la simulación realizada se obtienen los datos que permiten el correcto funcionamiento del enlace donde se consideran los siguientes:

- a) Latitud: describe la distancia existente desde un punto de la superficie terrestre con la línea del Ecuador.
- b) Longitud: se considera como la dimensión de una línea o como la coordenada de ubicación de un punto determinado.
- c) Elevación del terreno: mejor conocido como la altura que posee el terreno.
- d) Altura de la antena: se expresan los metros de altura donde se posicionara la antena.
- e) Angulo de Azimut:
- f) Angulo de Tilt: representa al ángulo de inclinación que toma la antena, siendo este positivo o negativo dependiendo de la dirección resultante (arriba o abajo)

En la figura 27 se detallan los datos obtenidos del sistema de radiación y propagación.

<u>Lasso Latacunga.. (1)</u>	
Latitud	-0.753392 °
Longitud	-78.610276 °
Elevación del terreno	3008.0 m
Altura de la antena	15.0 m
Azimuth	314.36 TN 317.21 MG °
Inclinación	1.68 °

Figura 27. Datos de ubicación del enlace Lasso

(2) <u>San Juan de Pastocalle.</u>	
Latitud	-0.729006 °
Longitud	-78.635216 °
Elevación del terreno	3128.0 m
Altura de la antena	10.0 m
Azimuth	134.36 TN 137.19 MG °
Inclinación	-1.72 °

Figura 28. Datos de ubicación del enlace San Juan de Pastocalle

El componente consecutivo de la simulación es el Sistema de radio y propagación donde se conocen los siguientes datos:

- a) Pérdida del espacio libre: mide la señal que se perdió al atravesar por espacios libres en el trayecto de la propagación de la onda.
- b) Pérdida por obstrucción: indica la señal que se pierde por los obstáculos encontrados en el trayecto
- c) Pérdida por bosque: muestra la señal perdida al toparse con los árboles o bosques.
- d) Pérdida por urbanismos: ejemplifica la señal que se perdido al cruzar por edificaciones que obstruyen el paso de la onda
- e) Pérdida de estadística: realiza un resumen de las pérdidas
- f) Pérdidas totales de la trayectoria: representa la sumatoria total de todas las pérdidas de la señal

En la figura 29 y 30 se observan los resultados contentivos la propagación del enlace.

Sistema de radio	
Potencia TX	43.98 dBm
Pérdida en cable TX	3.00 dB
Ganancia de antena TX	13.70 dBi
Ganancia de antena RX	13.70 dBi
Pérdida en cable RX	0.50 dB
Sensibilidad RX	-113.02 dBm

Figura 29. Resultado de sistema de radio

Propagation	
Pérdida en espacio libre	114.55 dB
Pérdida por obstrucción	0.00 dB
Pérdida por bosque	0.00 dB
Pérdida por urbanización	0.00 dB
Pérdida estadística	30.74 dB
Pérdida total	145.29 dB

Figura 30. Resultado de propagación

Por último se tienen los datos del rendimiento del enlace, donde se tienen atributos tales como:

- a) distancia entre los nodos
- b) precisión
- c) frecuencia de transmisión
- d) potencia de radiación
- e) ganancia del sistema
- f) fiabilidad
- g) margen de escucha de la transmisión entre otros.

En la figura 31 se ejemplifica el resultado del rendimiento de la simulación del enlace realizado

Performance	
Distance	3.878 km
Precisión	10.0 m
Frecuencia	3300.000 MHz
Potencia de Radiación Isotrópica Equivalente	293.724 W
Ganancia del sistema	180.90 dB
Fiabilidad requerida	99.000 %
Señal recibida	-77.41 dBm
Señal recibida	30.18 μ V
Márgen de escucha	35.61 dB

Figura 31. Resultado de Rendimiento

A continuación se muestra en las figuras 30 y 31 la trayectoria que realiza la propagación de las ondas del enlace y el mapa de cobertura del área de la misma donde el color rojo representa la señal fuerte y el color amarillo la señal débil.

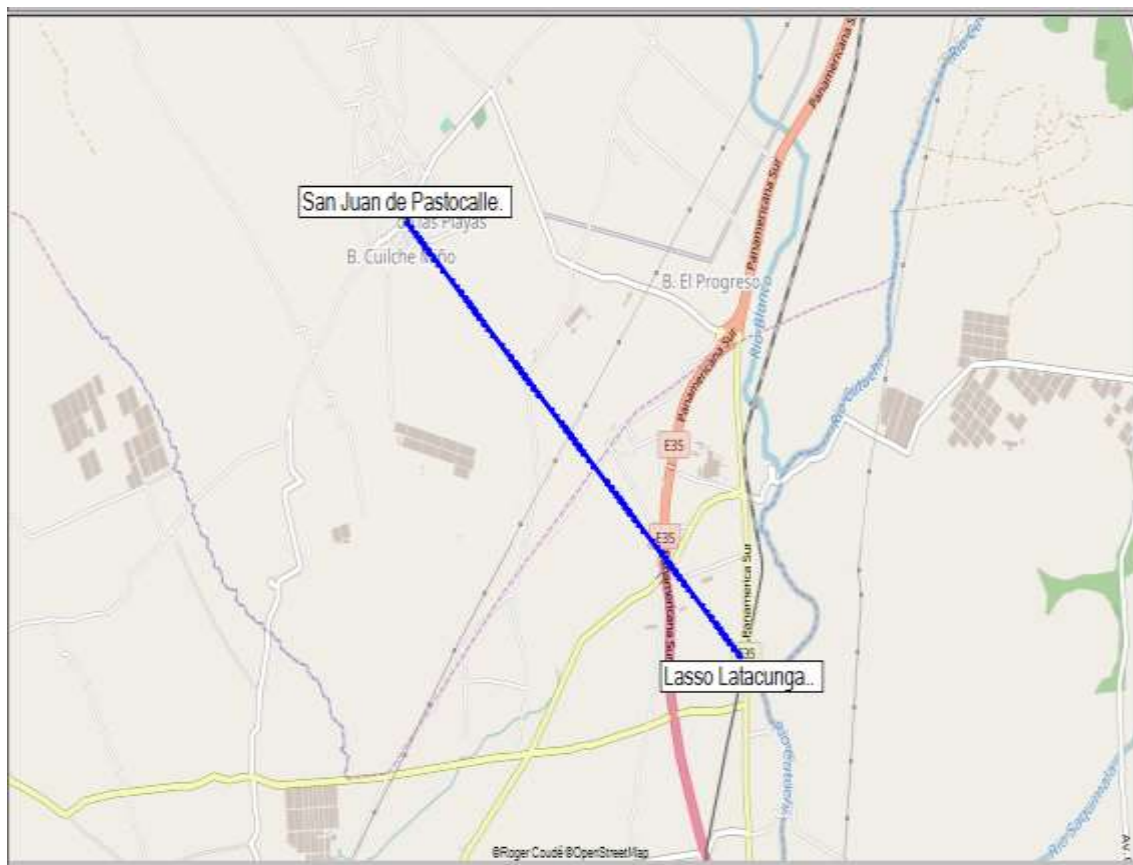


Figura 32. Mapa de trayectoria del enlace

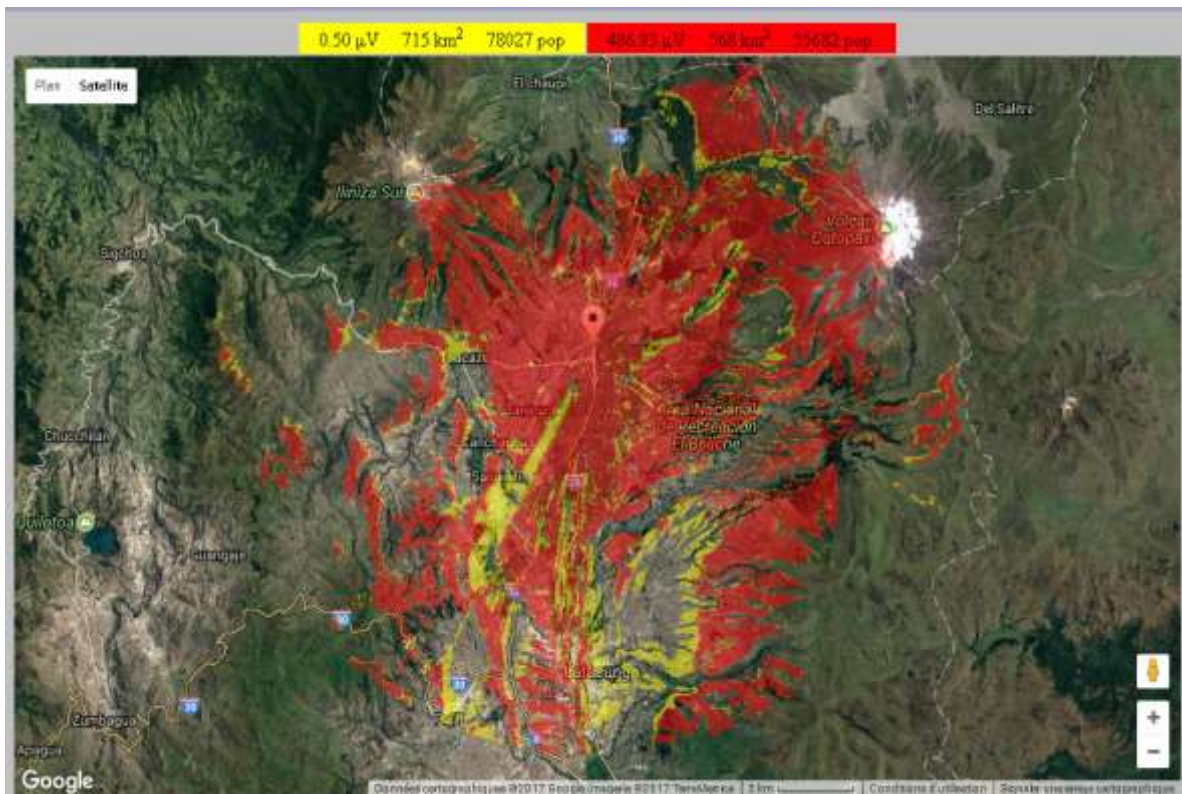


Figura 33. Mapa de cobertura del enlace

3.4.1 Estudio de factibilidad del enlace

Para determinar la factibilidad de este estudio es necesario efectuar una serie de cálculos a fin de determinar y asegurar la comunicación entre los puntos del enlace. A continuación se presentan los cálculos contenidos de esta temática.

3.4.1.1 Cálculos

3.4.1.1.1 Perdidas en el espacio libre.

Basado en la siguiente ecuación se puede calcular la pérdida de la trayectoria del espacio libre:

$$L_s = K + 20 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$$

Ecuación 5. Pérdida del espacio libre
Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

L_s equivale a la pérdida del espacio libre.

k es un constante cuyo valor es de 32.45

d equivale a la distancia expresada en km

f es la frecuencia expresada en MHz

$$L_s = 32.45 + 20 \log_{10}(3.878 \text{ Km}) + 20 \log_{10}(3300 \text{ MHz})$$

$$L_s = 114,59 \text{ dB}$$

3.4.1.1.2 Presupuesto de potencia: Lasso- San Juan de Pastocalle.

Fundamentado en la expresión matemática que se presenta a continuación se puede calcular el presupuesto de potencia

$$Pr = Pt - PCtx + GAtx - Ls + GARx - PCrx$$

Ecuación 6. Presupuesto de potencia

Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

Pr equivale a la Potencia de recepción

Pt corresponde a la Potencia del transmisor

PCtx indica la Perdida en el cable

GAtx expresa la Ganancia en la antena transmisora

Ls muestra la Perdida en el espacio libre

GArx enuncia la Ganancia en la antena receptora

PCrx pauta la Perdida en el cable

$$Pr = 43,98 \text{ dBm} - 3,0 \text{ dB} + 13,7 \text{ dBi} - 114,59 \text{ dB} + 13,7 \text{ dBi} - 0,5 \text{ dB}$$

$$Pr = -48,41 \text{ dBm}$$

3.4.1.1.3 Margen de Desvanecimiento

Para el cálculo del margen de desvanecimiento se requiere de conocer la rigurosidad del terreno y el factor climático de la zona donde se colocaran las antenas.

Tabla 10.

Factor de rigurosidad del terreno

Factor de rigurosidad del terreno	
Espejos de agua, ríos, lagos	4
Sembrados, pastizales, arenales	3
Bosques	2
Terreno normal	1

Terreno rocoso	0,25
----------------	------

Tomado de Tomasi, 2003 .

Tabla 11.
Factor climático

Factor climático	
Área marina	1
Área caliente y húmeda	0,5
Área mediterránea	0,25
Áreas montañosas de clima seco y fresco	0,125
Área marina	1

Tomado de Tomasi, 2003 .

La ecuación del margen de desvanecimiento es la siguiente:

$$fm = 30 \log_{10}(d) + 10 \log_{10}(6 * A * B * f) - 10 \log_{10}(1 - R) - 70$$

Ecuación 7. Margen de desvanecimiento
Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

d equivale a la distancia expresada en km

f es la frecuencia expresada en MHZ

R Confiabilidad de la transmisión expresada en decimal (99.9%)

A Factor de rugosidad del terreno

B Factor climático

$$fm = 30 \log_{10}(3,878km) + 10 \log_{10}(6 * 3 * 0,125 * 3300MHz) - 10 \log_{10}(1 - 0,99) - 70$$

$$fm = 6,36 dB$$

3.4.1.1.4 Potencia umbral

Partiendo de la siguiente ecuación se puede obtener umbral del receptor:

$$U_r = P_r - f_m$$

Ecuación 8. Umbral del receptor
Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

U_r es el umbral del receptor

P_r equivale a la potencia de recepción

f_m equivale al margen de desvanecimiento

$$U_r = -48,98 - 6,36dB$$

$$U_r = -54,77 dBm$$

3.4.1.1.5 Margen de umbral

Aplicando la siguiente ecuación se podrá obtener el margen de umbral de las antenas.

$$M_u = P_r - S_r$$

Ecuación 9. Margen de umbral
Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

M_u es el margen de umbral

P_r equivale a la potencia de recepción

S_r equivale al margen de desvanecimiento

$$M_u = -48,98 - (-113,02)dB$$

$$U_r = -64,61 dB$$

3.4.1.1.6 Zona de Fresnel

Siguiendo la ecuación genérica para el cálculo de la Zona de Fresnel se presenta la siguiente ecuación

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{n * (d)}{4f}}$$

Ecuación 10. Zona de Fresnel
Tomado de Buettrich, 2007 .

Dónde:

R_n equivale a la Zona de Fresnel.

N es un constante cuyo valor es 1

D equivale a la distancia expresada en km

F es la frecuencia expresada en MHz

$$R_n = 548 \sqrt{\frac{1 * (3,878 \text{ km})}{4 * 3300 \text{ MHz}}}$$

$$R_n = 9,21 \text{ mts}$$

3.4.2 Resultados

Una vez realizada la simulación en el software Radio Mobile Online, se demuestra que el enlace es técnicamente factible posicionando la antena transmisora a una altura de 15 metros y la antena receptora a una altura mayor a los de 9 metros, haciendo que la propagación de las ondas electromagnéticas puedan dispersarse sin toparse con obstáculos que interfieran en la trayectoria de la señal emitida generando una línea de vista óptima.

Los cálculos matemáticos y teóricos hacen constar que los resultados obtenidos son netamente favorables en cuanto a niveles de potencia de recepción, perdidas de propagación, la altura mínima adecuada para la ubicación de las antenas mediante el cálculo de la Zona de Fresnel, así como también márgenes de umbral favorables ya que el clima en Cotopaxi es muy variante, cambiando el estado del mismo en diferentes etapas de sol, lluvia o niebla.

3.5 Análisis económico

De acuerdo a lo establecido por organismo Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicación en Ecuador, se debe establecer el costo para el servicio fijo de enlaces punto a punto lo que permitirá la apertura de un análisis por los costes generados en este estudio, este cálculo se basa en la distancia expresada en kilómetros que existe entre las estaciones y la anchura de banda a utilizar, para esto la institución establece la siguiente ecuación:

$$T_m(US\$) = k_a * \alpha_n * \beta_n * A * D^2$$

Ecuación 11. Tarifa mensual por uso de frecuencias
Tomado de ARCOTEL, 2013

Dónde:

$T_m(US\$)$ equivale a la tarifa mensual en dólares, por frecuencia asignada.

K_a es el factor de ajuste por inflación, inicialmente se toma el valor de 1.

α_n se iguala al coeficiente de valoración del espectro del servicio fijo para enlaces punto a punto.

β_n corresponde al coeficiente de corrección para el sistema fijo, para enlace punto a punto se toma inicialmente el valor de 1.

A indica el ancho de banda de la frecuencia asignada

D es la distancia expresada en kilómetros

Información extraída de ARCOTEL, 2013 .

$$T_m(US\$) = k_a * \alpha_n * \beta_n * A * D^2$$

$$T_m(US\$) = 1 * 0,0323876 * 1 * 960MHz * 3,878km^2$$

$$T_m(US\$) = 448,96\$$$

Una vez calculado el valor de la tarifa por el uso del espectro radioeléctrico y se posee la información concreta de los materiales y equipos a utilizar, se es posible elaborar una cotización de los mismos a fin de conocer cuál es el costo real de la inversión necesaria para la implementación del enlace estudiado, se añade una tabla donde se expresan claramente el costo de global del proyecto incluyendo el costo de concesiones de frecuencias.

Tabla 12.

Presupuesto del proyecto

Nombre del equipo	cantidad	costo
Antena Ubiquite Nanostation M3	2	\$254,72
Switch edgswitch-8-150w	1	\$250,00
Bobina de cable Tc pro	1	\$199,50

Conectores RJ45	1	\$12,00
RF Armor UNSK235-2p	2	\$104,00
Costo de mano de obra	-	\$600,00
Tarifa por concesión de frecuencia	-	\$448,96
Total de costo		\$1.869,18

Al verificar la tabla de presupuesto se puede visualizar que el costo aproximado de la implementación del enlace inalámbrico se ubica en 1869,18\$, debido a que los equipos seleccionados son los más exequibles del mercado en el campo de los equipos de transmisión, es de suma importancia mencionar que a pesar de su bajo costo, estos equipos cumplen con los requerimientos técnicos y físicos que admiten una comunicación óptima.

Capítulo IV: Conclusión y Recomendaciones

4.1 Conclusión

- Al finalizar con el estudio para la implementación de un enlace inalámbrico se pudo evidenciar que a pesar de la distancia y situación geográfica se puede levantar un radioenlace de comunicación a un costo realmente asequible, el cual permitirá el acceso a internet en el centro de cómputo.
- Mediante la asistencia que ofertan el software destinado a la simulación como los son Radio Mobile Online y Google Earth, se pueden seleccionar información ventajosa que permite conocer los datos exactos para que la implementación de las estaciones de transmisión y recepción puedan operar sin inconveniente alguno.
- Del mismo modo, los cálculos matemáticos en este tipo de investigación son fundamentales, estos se encargan de expresar a través de los números la exactitud, la precisión y el buen desempeño de la red a implementar.
- La implementación de simuladores en la investigación permite visualizar a través de fotografías satelitales los atributos de la zona a conectar, para así determinar factores tales como la distancia existente entre los puntos, la altura de ubicación de las antenas, la línea de vista, los obstáculos presentados por el ambiente y la frecuencia de transmisión que deben tener las mismas para proliferar efectivamente la señal
- Una vez que se conoce el tipo de antena adecuado para el enlace, se procedió a profundizar un poco más con respecto a las propiedades de los equipos seleccionados, basándose en la distancia entre los puntos y la elevación del terreno se selecciona la antena Nanostation M3, ya que cumple con las mejores características técnicas, físicas, ambientales y eléctricas, que conducen a que la transmisión y recepción de la señal sea exitosa.
- Los niveles de recepción y cálculos teóricamente han sido satisfactorios, permitiéndonos decir que existirá un buen desempeño del enlace.

4.2 Recomendaciones

Los sistemas de transmisión de datos ofrecen la posibilidad de comunicación sin importar la distancia en los cuales se sitúen los puntos, en fundamental establecer parámetros que ayuden a preservar los equipos a fin de garantizar el correcto funcionamiento de la red y así evitar fallas que se puedan presentar a futuro y disminuir el margen de riesgo en la transmisión de datos, para esto se recomienda:

- a. Contar con un servicio de backup de energía eléctrica en los lugares de instalación de los nodos a fin de evitar la pérdida de datos, ya que generalmente se ubican en montañas altas o grandes edificaciones.
 - b. Configurar correctamente los equipos que serán instalados, identificando claramente si actuaran como dispositivos master o de Access point o si por el contrario actuaran con slave o esclavo.
 - c. Mantener los equipos en lugares seguros.
 - d. Ejecutar mantenimiento preventivo y correctivo en el software y hardware.
- Tomar en consideración la información arrojada por los simuladores en la implementación de este tipo de redes, ya que estos producen datos reales para determinar

REFERENCIAS

- Anguera, J. (2008). *Teoría de Antenas*. Obtenido de La Salle On Line: <http://web.salleurl.edu/~jaumean/Teoria-Antenas-by-Jaume%20Anguera.pdf>
- ARCOTEL. (2013). *Propuesta Tarifaria*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones: http://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/reglamento_derechos_concesion_y_tarifas_espectro_radioelect6.pdf
- ARCOTEL. (2017). *Propuesta Tarifaria*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones: <http://www.arcotel.gob.ec/propuesta-tarifaria/>
- Buettrich, S. (2007). *Cálculo de un Radioenlace*. Obtenido de Analfatecnicos: <http://www.analfatecnicos.net/archivos/24.CalculoDeRadioenlace.pdf>
- Castells, M. (2002). *Internet, libertad y sociedad: una perspectiva analítica*. Obtenido de red.pucp.edu.pe: http://red.pucp.edu.pe/wp-content/uploads/biblioteca/Manuel_Castells_-_Internet_libertad.pdf
- Castillo, J. (2008). *Diseño De Una Red Inalámbrica De Banda Ancha Para Un Entorno Rural*. Trabajo Especial De Grado, Universidad De Málaga, Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Telecomunicación, Málaga.
- Castillo, T., & Pazmiño, N. (2004). *DISEÑO DE UNA RED DE TELEFONÍA QUE OPERA CON SISTEMAS DE ACCESO FIJO INALÁMBRICO PARA EL CANTÓN LATACUNGA*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5112/1/T2225.pdf>
- DORDOIGNE, J. (2015). *Nociones Fundamentales de Redes Inalámbricas* (Quinta ed.). Ediciones ENI.
- Elvia. (2012). *Red punto a punto*. (Blogspot) Obtenido de Redes: <http://discipulosdeelvia.blogspot.com/2012/06/red-punto-punto.html>
- Gallardo, S. (2015). *Elementos de sistemas de telecomunicaciones*. Obtenido de GooleBooks:

<https://books.google.co.ve/books?id=Jz5ACQAAQBAJ&pg=PA121&lpg=PA121&dq=mecanismo+alimentadores+de+una+antena&source=bl&ots=6gj5h9deBH&sig=CzHTXhH3ifD1nkvVrEWdrjPJwT0&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwj-38rzh9rWAhUqMZoKHRUZC4EQ6AEIOjAl#v=onepage&q=mecanismo%20alim>

Gloogle Earth. (2017). *Google Earth*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia rural San Juan de Pastocalle. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia San Juan de Pastocalle*. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560018830001_PDYOT_PASTOCALLE_FINAL%2031-10-2015_23-33-28.pdf

Hernandez, J. (1998). *Antenas: Principios básicos, análisis y diseño*. Obtenido de Google Books: <https://books.google.co.ve/books?id=mtLj4al5XXYC&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Antenas&source=bl&ots=7gYP6N0pf-&sig=IRdJaaP7mR-2AKmPm4m17T9x0G0&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiunKz-5tTWAhXM3YMKHe38Cr0Q6AEIcDAC#v=onepage&q=Antenas&f=false>

INEC. (2016). *Tecnologías de la información y comunicaciones (TIC'S) 2016*. Obtenido de www.ecuadorencifras.gob.ec: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/2016/170125.Presentacion_Tics_2016.pdf

Lozano, A. (2002). *Sistema de propagación y diseño de antenas enfocado al análisis de enlaces de comunicación*. Trabajo de Grado, Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Nuevo León.

- Noticias Vizcaya. (2012). *El 96% de los jóvenes usa internet, la mayoría a diario, y el 83% utiliza redes sociales.* (20 MINUTOS EDITORA, S.L) Obtenido de 20 Minutos.es: <http://www.20minutos.es/noticia/1350975/0/>
- Peredo, S. (2004). *Software para análisis del presupuesto de enlace para comunicaciones vía satélite.* Tesis Profesional, Universidad de las Americas Puebla, Escuela de Ingeniería Electronica .
- Porto J y Moreno M. (2014). *Definición de Propagación.* Recuperado el 1 de octubre de 2017, de Definiciones.de: <https://definicion.de/propagacion/>
- Rodriguez, L., & Andrade, C. (2015). *Presupuesto de potencia de enlace de punto a punto.* Obtenido de SlideShare: <https://es.slideshare.net/alboroto28/presupuesto-de-potencia>
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas* (cuarta ed.). Mexico, DF, Mexico: Pearson Educación.
- Ubiquiti Network. (2017). *Wireless Networking.* Obtenido de <https://airmax.ubnt.com/>

ANEXOS

Anexo 1
Cronograma de Actividades

Cronograma de actividades

No	Tarea	sem 1	sem 2	sem 3	sem 4	sem 5	sem 6	sem 7	sem 8	sem 9	sem 10	sem 11	sem 12
1	Recopilación de información												
2	Análisis de estado actual												
3	Cotización de materiales a utilizar												
4	Identificación de riesgos												
5	Pruebas vía simuladores de señal												
6	Elaboración de propuesta con el informe final												
7	Tutor												
8	Corrector												

Toaquiza C, 2017

Anexo 2
Equipos utilizados

Anexo 2.a. Antena uniuqiti Nanostation M3



Anexo 2.b. Switch POE Ubiquiti



Anexo 2.c. Cable TC pro



Anexo 2.d. Conectores RJ45

Anexo 2.e. RF Armor UNSK235-2p



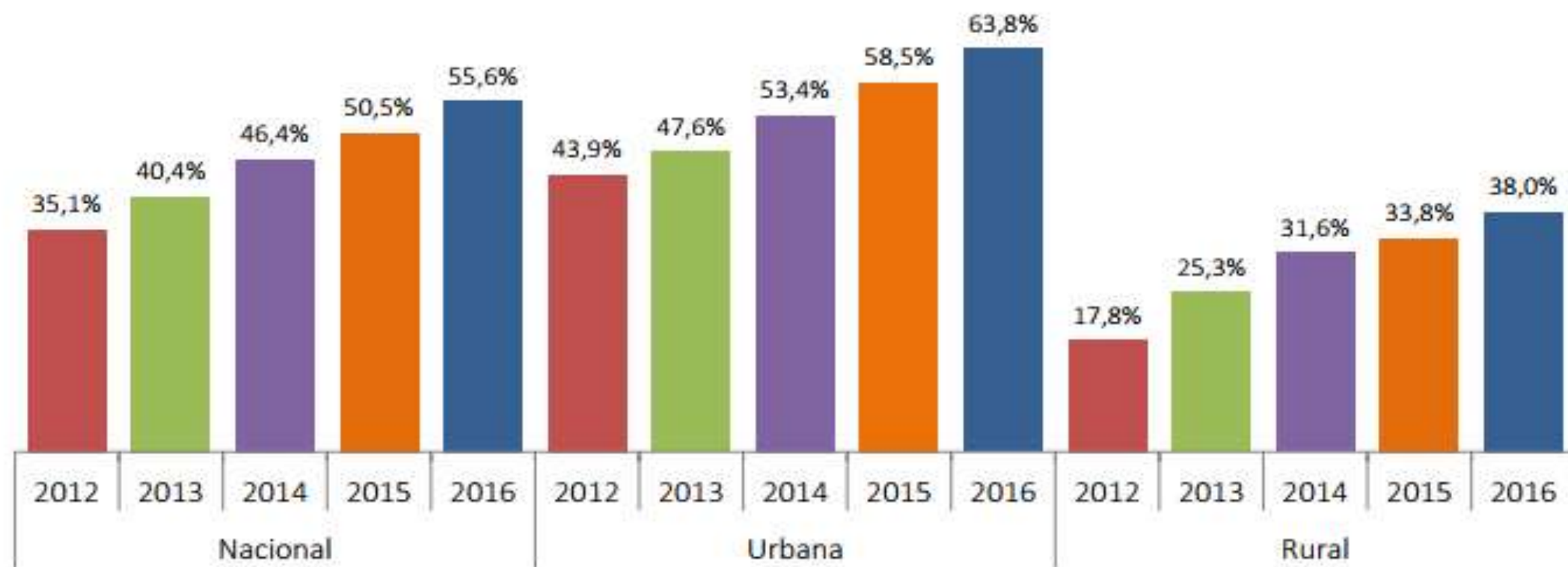
Anexo 3

Uso del Internet en el año 2016

Uso de Internet (personas de 5 años y más)

El 55,6% de la población de Ecuador ha utilizado Internet en los últimos 12 meses. En el área urbana el 63,8% de la población ha utilizado internet, frente al 38,0% del área rural .

Porcentaje de personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses por área

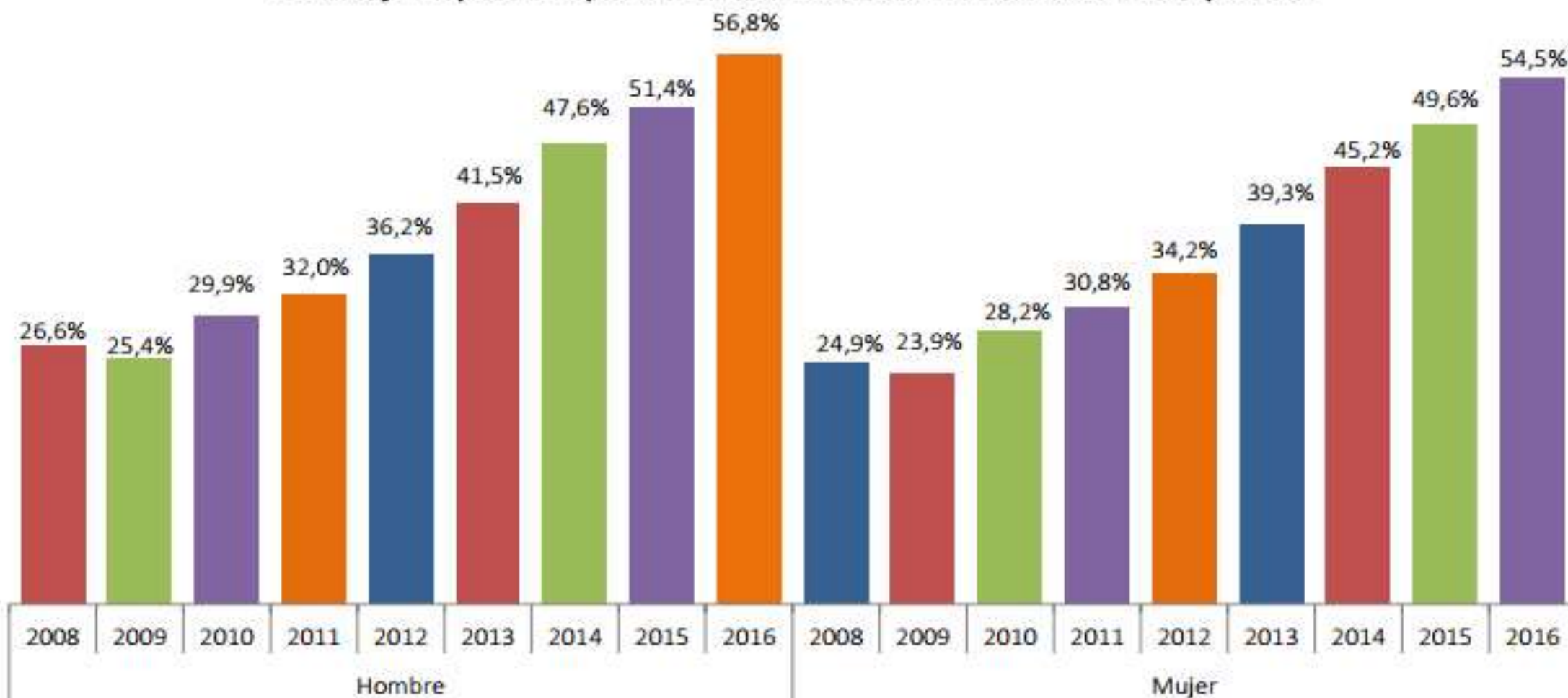


¿Ha usado (...) en los últimos 12 meses el internet desde cualquier lugar?

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2012 - 2016).
 Información disponible desde diciembre 2008

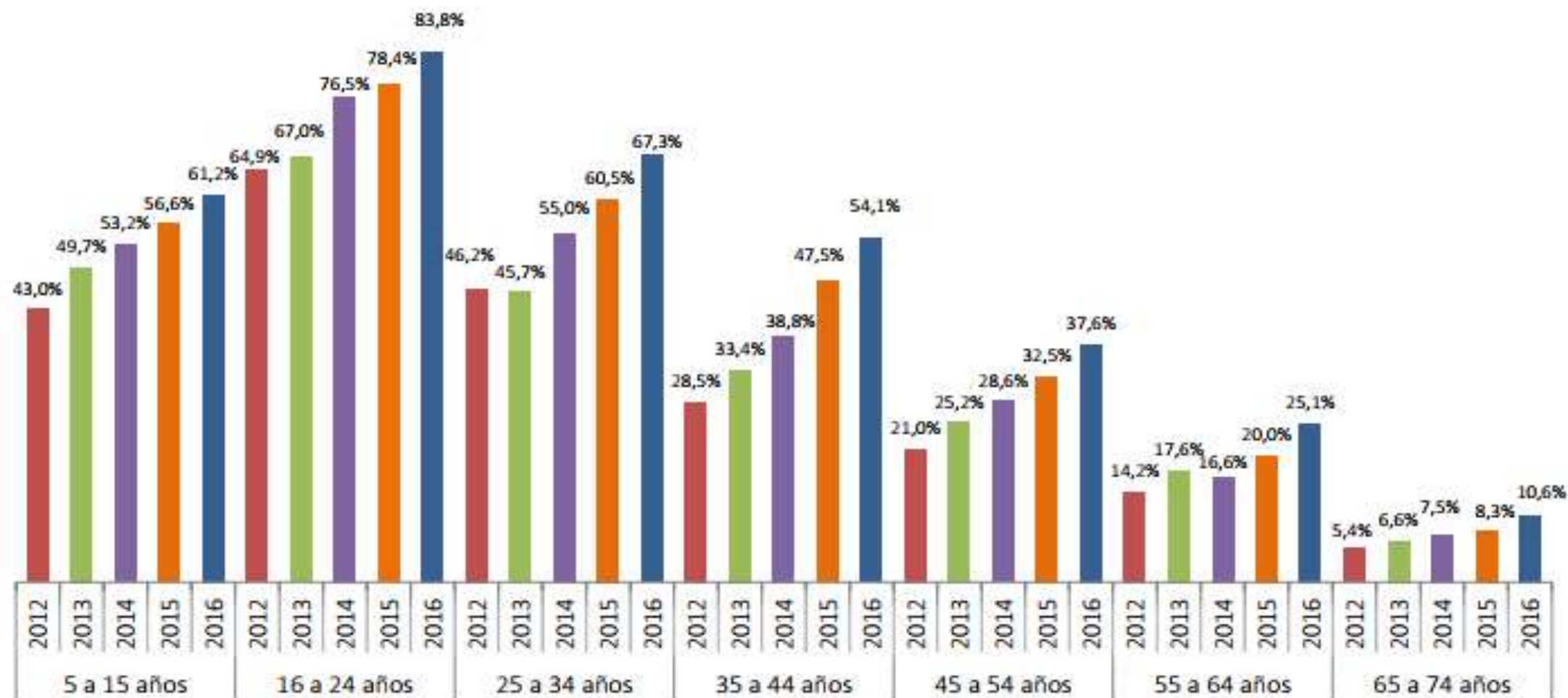
El 56,8% de la población hombre de Ecuador ha utilizado Internet en los últimos 12 meses, frente al 54,5% de las mujeres.

Porcentaje de personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses por sexo



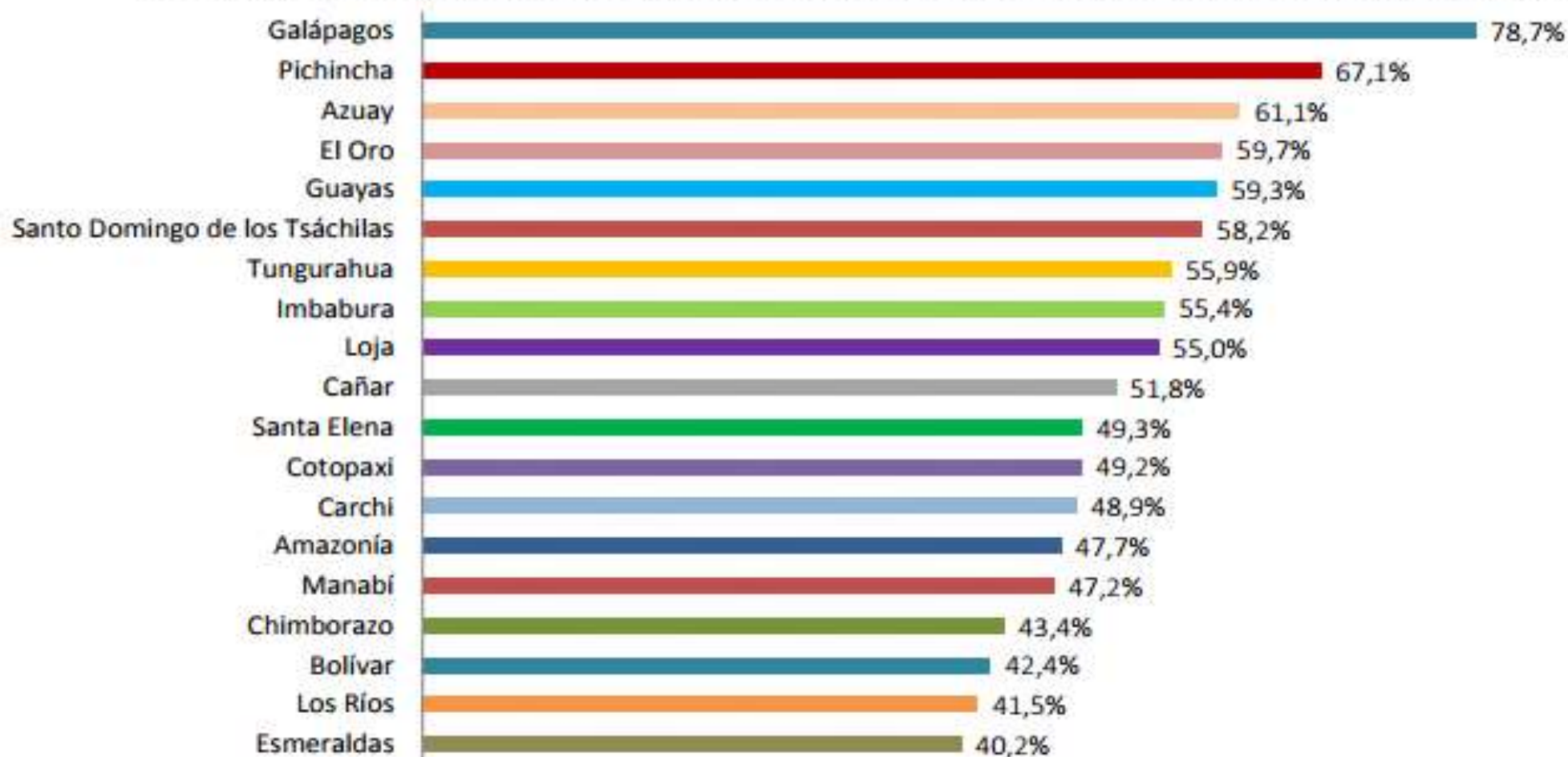
8 de cada 10 jóvenes entre 16 y 24 años usaron internet en 2016, le sigue el grupo entre 25 y 34 años con el 67,3% de su población.

Porcentaje de personas que han utilizado internet en los últimos 12 meses por grupos de edad a nivel nacional



En 2016, el 78,7% de la población de usó internet, mientras que Esmeraldas con el 40,2% es la provincia con menor uso.

Porcentaje de personas que han usado internet en los últimos 12 meses por provincia en el 2016



Nota: La ENEMDU establece como dominio de estimación la agrupación de las provincias de la Amazonia.

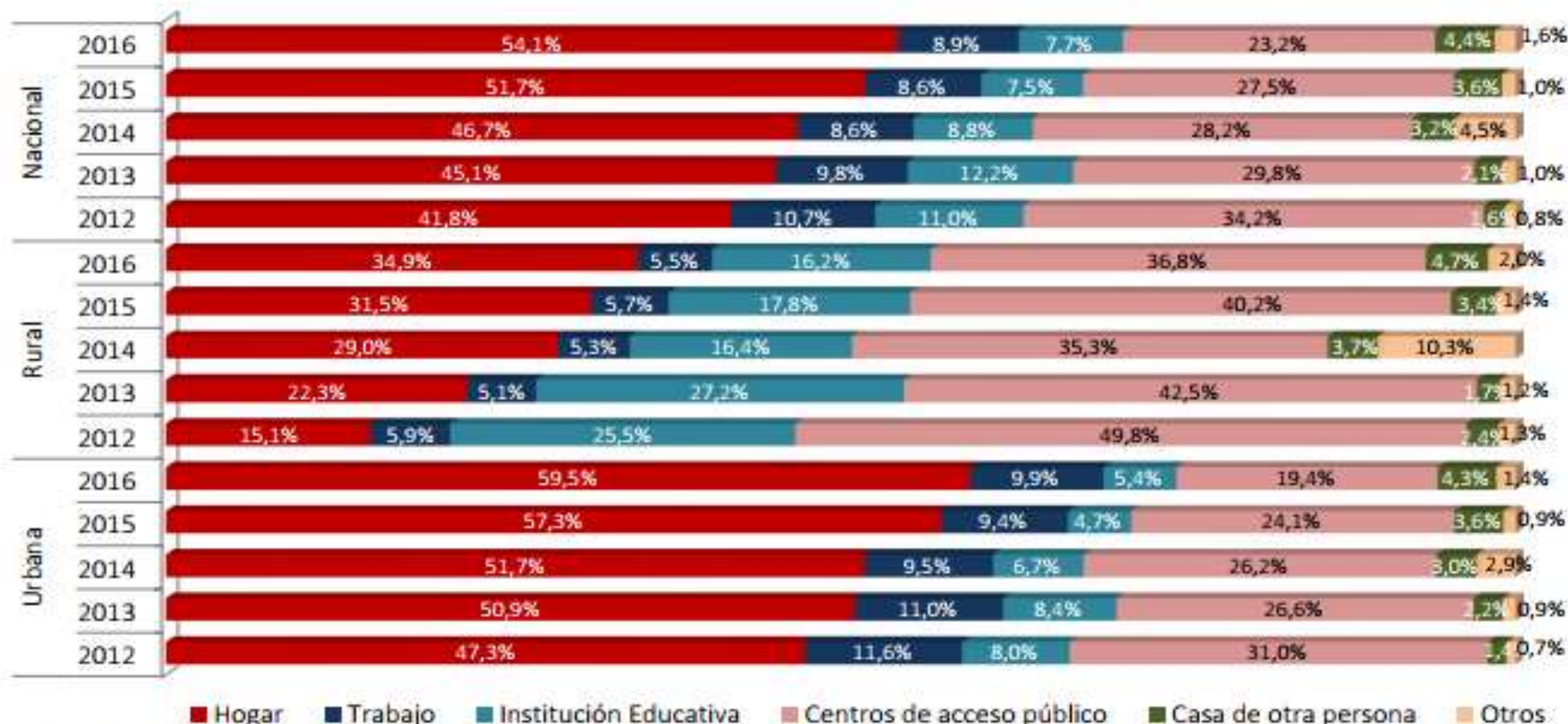
Fuente: Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2016).

Amazonía: Napo, Pastaza, Sucumbios, Orellana, Zamora Chinchipe y Morona Santiago

Información disponible desde diciembre 2008

De las personas que usan Internet a nivel nacional, el 54,1% accede desde su hogar. En el área urbana se mantiene el hogar como lugar de uso con el 59,5%, mientras el mayor porcentaje de población del área rural lo usa en centros de acceso público con el 36,8%.

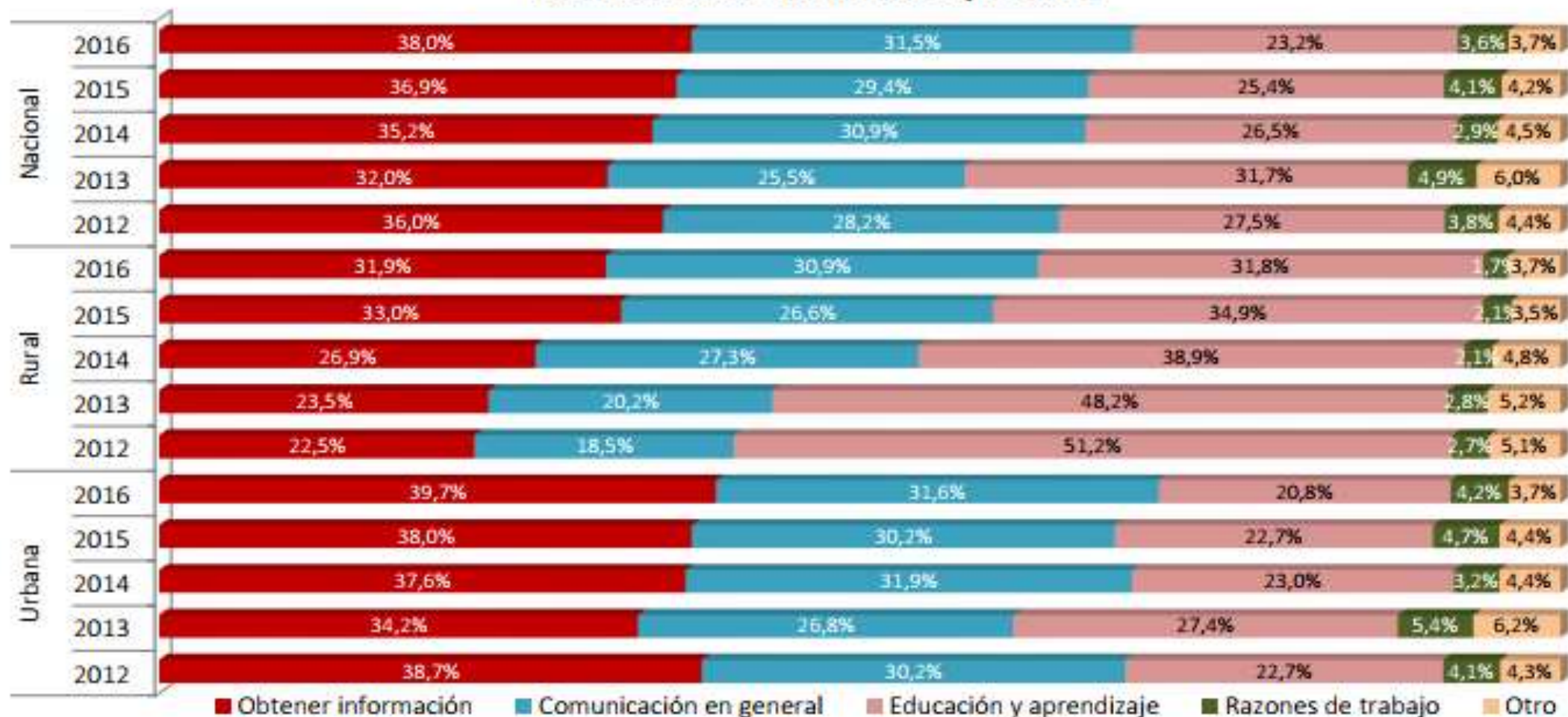
Lugar de uso de Internet por área



¿En qué lugar lo usó(...) con mayor frecuencia, en los últimos 12 meses: Hogar? Centros de acceso público? Trabajo? Casa de otra persona? Institución educativa? Otros?

En el 2016 a nivel nacional, el 38,0% de las personas usó Internet como fuente de información, mientras el 31,5% lo utilizó como medio de comunicación en general.

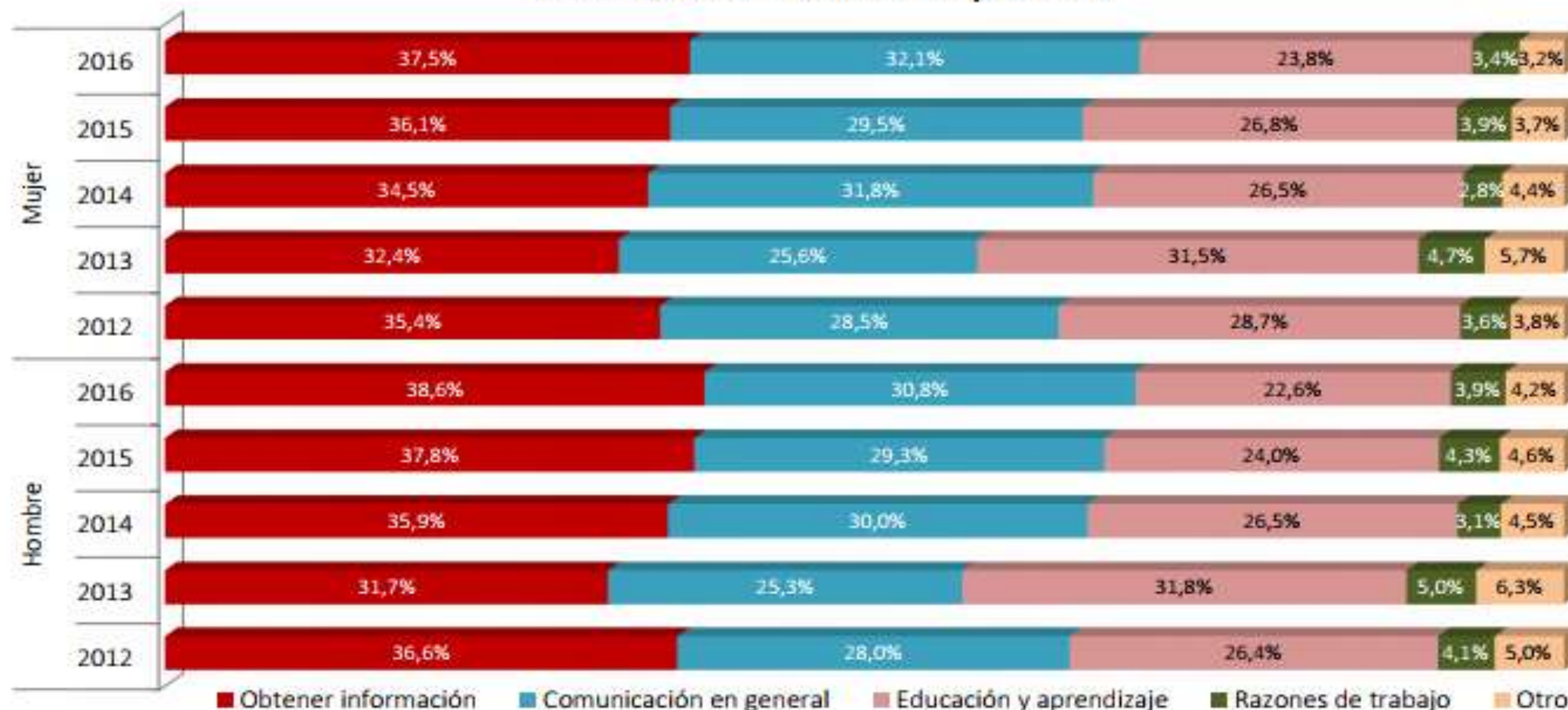
Razones de uso de Internet por área



¿Para qué servicios / actividades usó (...) el Internet, en los últimos 12 meses: (para su uso particular) Comunicación en general? Educación y aprendizaje? Por razones de trabajo? Obtener información? Otro?

En el 2016 a nivel nacional, el 38,6% de los hombre usó Internet como fuente de información, mientras el 30,8% lo utilizó como medio de comunicación en general.

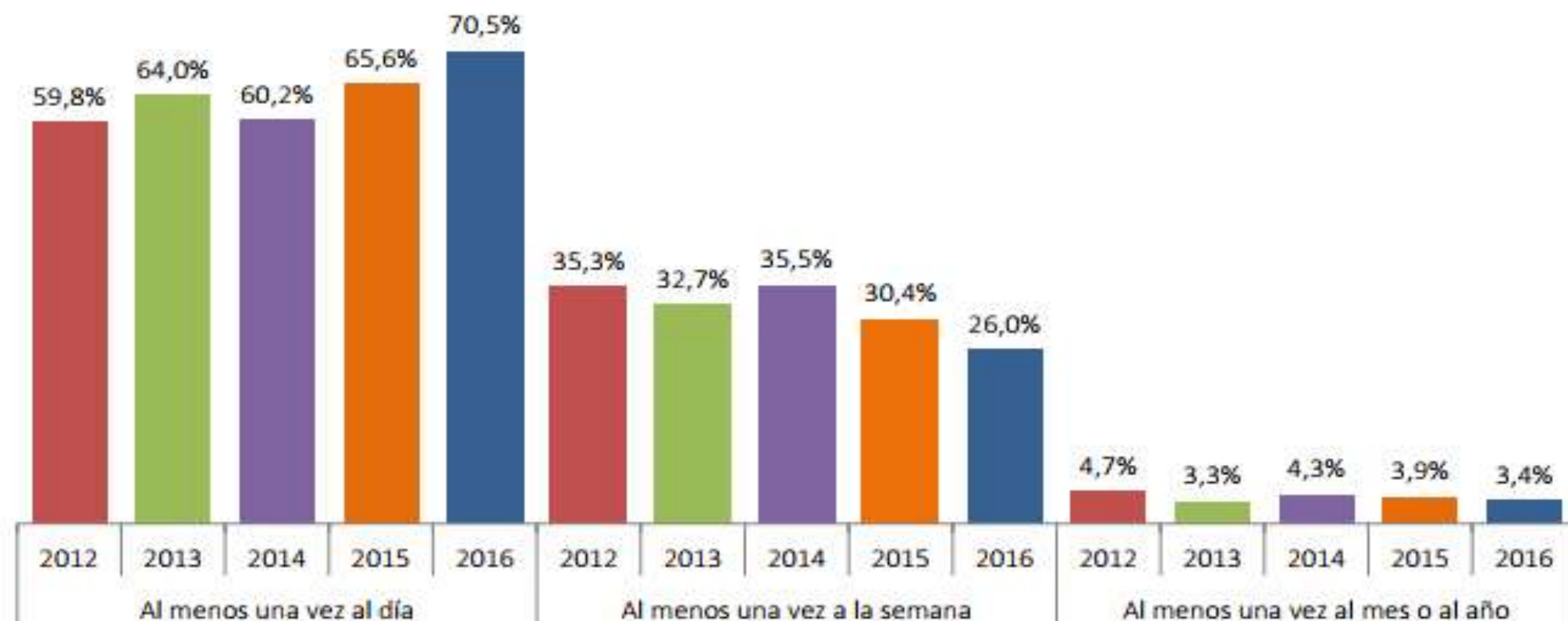
Razones de uso de Internet por sexo



¿Para qué servicios / actividades usó (...) el Internet, en los últimos 12 meses: (para su uso particular) Comunicación en general? Educación y aprendizaje? Por razones de trabajo? Obtener información? Otro?

El 70,5% de las personas que usan Internet lo hacen por lo menos una vez al día, seguidos de los que por lo menos lo utilizan una vez a la semana con el 26,0%.

Frecuencia de uso de Internet a nivel nacional



¿Con que frecuencia usó (...) el Internet **en los últimos 12 meses**: Al menos 1 vez al día? Al menos 1 vez a la semana? Al menos 1 vez al mes? Menos de 1 vez al año? No sabe?.

NOTA: Estas categorías son mutuamente excluyentes.

Fuente: Encuesta Nacional de Empleo Desempleo y Subempleo – ENEMDU (2012- 2016).

Información disponible desde diciembre 2008

the 1980s, the 1990s, and the 2000s. The 1980s were characterized by a focus on the environment, the 1990s by a focus on the economy, and the 2000s by a focus on the war on terrorism. The 2010s have been characterized by a focus on the economy and the environment.

The 1980s were a decade of environmental concern. The discovery of the ozone hole and the global warming debate led to the passage of the Clean Air Act and the Clean Water Act. The 1990s were a decade of economic growth. The end of the Cold War and the rise of the Internet led to a period of rapid economic expansion. The 2000s were a decade of conflict. The war on terrorism and the Iraq War led to a period of military and political turmoil.

The 2010s have been a decade of economic and environmental concern. The 2008 financial crisis and the rise of the Green New Deal have led to a renewed focus on the economy and the environment. The 2020s have been a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis have led to a renewed focus on global health and the environment.

The 2030s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth. The 2040s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment.

The 2050s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment. The 2060s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth.

The 2070s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment. The 2080s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth.

The 2090s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment. The 2100s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth.

The 2110s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment. The 2120s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth.

The 2130s are expected to be a decade of global health and climate change. The COVID-19 pandemic and the climate change crisis are expected to lead to a renewed focus on global health and the environment. The 2140s are expected to be a decade of technological advancement. The rise of artificial intelligence and the development of space exploration are expected to lead to a period of rapid technological growth.