

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

Análisis de la calidad del servicio de las redes Wi-Fi en el litoral ecuatoriano

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Telecomunicaciones

Presentado por:

Cedeño Meléndez André Cristóbal

Almeida Cedeño Joselyn Oreana

Guayaquil - Ecuador

Año: 2023

Dedicatoria

El presente proyecto lo dedico principalmente a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme salud para cumplir uno de mis objetivos. A mis padres Ronald Almeida y Mercy Cedeño por haberme apoyado en todo, acompañarme en cada paso de esta travesía y nunca dejar que me rinda, brindándome constante apoyo emocional cuando estaba por rendirme. A mis abuelos que siempre me alentaron y apoyarme en mis estudios. A mis amigos Claudia, Marlon y Rafael que fueron quienes estuvieron en todo mi proceso para ingresar a ESPOL y a mi compañero André Cedeño, quiero expresar agradecimiento por su dedicación, apoyo y colaboración a lo largo de este arduo pero gratificante camino.

Joselyn Oreana Almeida Cedeño

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres José y Silvia, por su apoyo no solo en mi vida universitaria sino en cada paso que me propongo dar. También se lo dedico a mi abuela Josefina por darme la fuerza que necesito estando lejos. Una dedicatoria especial al cielo a mi abuela Cándida.

André Cristóbal Cedeño Meléndez

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento en primer lugar, a mis padres, cuyo amor, apoyo inquebrantable y sacrificios hicieron posible mi educación y este logro. A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por brindarme la oportunidad de formarme académicamente. Agradezco de manera especial a mis profesores, cuya guía, conocimiento y orientación fueron vitales para la culminación de esta tesis. Sus enseñanzas dejaron una huella imborrable en mi aprendizaje. Este logro es el resultado de un esfuerzo colectivo y de la confianza que todos ustedes depositaron en mí.

Joselyn Oreana Almeida Cedeño

Agradecimientos

Agradezco a mis padres por enseñarme todos los valores y mostrarme que todo se puede conseguir con esfuerzo, les agradezco a toda mi familia y amigos que me apoyan y creen en mí. Le agradezco a mi compañera Joselyn, por ser una excelente estudiante y por el buen trabajo que realizo. También le agradezco nuestro tutor Dr. Boris Ramos por sus enseñanzas en este trabajo final.

André Cristóbal Cedeño Meléndez

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Joselyn Oreana Almeida Cedeño, André Cristóbal Cedeño Meléndez damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

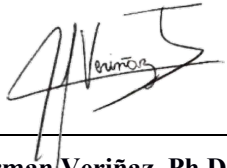


Joselyn Almeida Cedeño



André Cedeño Meléndez

Evaluadores

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Herman Veriñaz', positioned above a horizontal line.

Herman Veriñaz, Ph.D.

Profesor de Materia



Boris Ramos, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano. Se busca identificar las principales causas y las tendencias que contribuyen al deterioro constante de la calidad del servicio, así como proponer soluciones destinadas a mejorar la experiencia Wi-Fi en esta área. Estas soluciones estarán dirigidas tanto a los consumidores como a los proveedores de servicios de Internet (ISP) y las autoridades gubernamentales. Este proyecto se llevó a cabo mediante una encuesta que permitió a los usuarios detallar su experiencia con la red Wi-Fi y proporcionar parámetros técnicos. Se procesaron los datos recopilados de todas las encuestas para filtrar la información relativa a las preguntas dirigidas al usuario sobre factores que afectan la calidad de servicio de las redes Wi-Fi. Además, se elaboraron gráficos para facilitar el análisis y, de esta manera, identificar causas y tendencias que deterioran la calidad de la red Wi-Fi. Con los resultados obtenidos se pudo realizar de manera eficiente el estudio que abarcaba parte de la población del litoral ecuatoriano utilizando encuestas como uno de los métodos de recolección de datos. Esto permitió identificar tendencias y causas que inciden en la calidad del servicio Wi-Fi en dicha región. Con la información recolectada, se plantearon soluciones dirigidas a consumidores, proveedores de servicio y al estado, con el fin de mejorar la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano.

Palabras Clave: calidad, servicio, Wi-Fi, ISP, parámetros, filtrar.

Abstract

This work aims to conduct a comprehensive study of the Wi-Fi service quality along the Ecuadorian coastline. The aim is to identify the main causes and trends contributing to the ongoing deterioration of service quality and to propose effective solutions. These solutions target not only consumers but also Internet Service Providers (ISPs) and governmental authorities. To fulfill this objective, a detailed survey was conducted, enabling users to share their experiences and provide specific technical parameters. Data from all surveys were systematically processed to extract insights about the factors impacting the Wi-Fi service quality. Graphical representations further facilitated an efficient analysis, illuminating the primary causes and trends leading to network degradation. Based on the results, the study effectively covered a segment of the population along the Ecuadorian coastline. This research successfully identified trends and causes affecting Wi-Fi service quality in the region. Consequently, comprehensive information was gathered to suggest solutions to consumers, ISPs, and the government, aiming to enhance the Wi-Fi service quality.

Keywords: *Quality, service, Wi-Fi, ISP, parameters, filtering.*

Índice General

Resumen	I
Abstract	II
Índice General	III
Abreviaturas	V
Simbología	VI
Índice de Figuras	VII
Índice de Tabla	VIII
Capítulo 1	1
1. Introducción	2
1.1 Descripción del problema.....	3
1.2 Justificación del problema.....	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Marco teórico	4
1.4.1 Ondas Electromagnéticas	4
1.4.2 Ondas de Radio	4
1.4.3 Espectro electromagnético	5
1.4.4 Ancho de banda.....	5
1.4.5 Bandas licenciadas y no licenciadas.....	5
1.4.6 Frecuencia y canales en redes Wi-Fi.....	5
1.4.7 Redes Wi-fi	6
1.4.8 Interferencia Wi-Fi.....	6
1.4.8.1 Interferencia Co-Canales.....	6
1.4.8.2 Interferencia de Canales Adyacentes.	7
Capítulo 2	8

2. Metodología	9
2.1 Diseño de la encuesta	9
2.1.1 Tipo de encuesta.....	9
2.1.2 Población objetivo.....	10
2.1.3 Tamaño de la muestra	10
2.2 Recopilación y análisis de Datos.....	12
2.2.1 Recopilación de datos.....	12
2.2.2 Análisis de datos.....	13
2.3 Consideraciones Éticas.....	13
Capítulo 3	15
3. Resultados y análisis	16
3.1 Análisis de resultados generales.....	16
3.1.1 Distribución geográfica	16
3.1.2 Indicadores de rendimiento de Red.....	18
3.2 Análisis de resultados demográficos	28
3.2.1 Cantidad de personas en residencia.....	28
3.3 Resultados Router Wi-Fi.....	29
3.3.1 Ubicación Router Wi-Fi	29
3.3.2 Altura Router Wi-Fi	31
3.3.3 Áreas de señal débil o inestable	33
3.4 Propuesta de soluciones	34
Capítulo 4	35
4. Conclusiones y recomendaciones.....	36
4.1 Conclusiones	36
4.2 Recomendaciones	37
Referencias	46
Apéndice.....	48

Abreviaturas

ISP	Proveedor de Servicio de Internet
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
NASA	Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio
UHF	Frecuencia Ultra Alta
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
OFDM	Multiplexación por división de frecuencias ortogonales
WLAN	Red de Área Local Inalámbrica
IP	Protocolo de Internet
DSL	Línea de Abonado Digital
QAM	Modulación de Amplitud en Cuadratura
DSSS	Espectro Ensanchado por Secuencia Directa
ACI	Adaptaciones Curriculares Individualizadas
IEEE	Institutos de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos

Simbología

Nm	Nanómetro
MHz	Mega Hertz
GHz	Giga Hertz
THz	Tera Hertz
Mbps	Megabits por segundo
dB	Decibelios
dBm	Decibelio miliwatio
n	Tamaño de muestra
Z	Nivel de confianza
p	Proporción esperada de la población
E	Margen de error

Índice de Figuras

Figura 3.1 <i>Porcentaje de residencia</i>	16
Figura 3.2 <i>Porcentaje en zona de residencia</i>	17
Figura 3.3 <i>Tráfico de datos vs Velocidad Medida-Satisfacción de usuario (General)</i>	18
Figura 3.4 <i>Relación de Velocidad comparada con la Satisfacción de usuario (General)</i>	19
Figura 3.5 <i>Relación de Velocidad vs Tráfico de datos - Satisfacción de usuario (General)</i>	20
Figura 3.6 <i>Residencias vecinas muy próximas (Distancia menor a 2 metros)</i>	21
Figura 3.7 <i>Residencias vecinas distantes (Distancia mayor a 2 metros)</i>	22
Figura 3.8 <i>Cercanía con cerros o lomas poblados (Distancia menor a 100 metros)</i>	23
Figura 3.9 <i>Cercanía con cerros o lomas despobladas (Distancia menor a 100 metros)</i>	24
Figura 3.10 <i>Próxima a edificios (Distancia menor a 100 metros)</i>	25
Figura 3.11 <i>Cercanía con lagos o ríos (Distancia menor a 100 metros)</i>	26
Figura 3.12 <i>Relación señal interferencia</i>	27
Figura 3.13 <i>Número de personas que residen en el hogar</i>	29
Figura 3.14 <i>Ubicación de router Wi-Fi</i>	30
Figura 3.15 <i>Altura posicional de router Wi-Fi</i>	32
Figura 3.16 <i>Señal débil e inestable</i>	33

Índice de Tabla

Tabla 2.1 <i>Cifras de población de las ciudades y cantones.</i>	11
Tabla 3.1 <i>Resultados - características de residencia</i>	17
Tabla 3.2 <i>Cifras de la media en datos calculados.</i>	28
Tabla 3.3 <i>Nivel de satisfacción e indicadores de rendimiento de red</i>	30
Tabla 3.4 <i>Ubicación de Router</i>	31
Tabla 3.5 <i>Altura de router vs indicadores de rendimiento de red</i>	32

Capítulo 1

1. Introducción

En el presente, el uso de las redes Wi-Fi es algo esencial en nuestro día a día, proporcionando conectividad inalámbrica en diferentes tipos de ambientes y locaciones. Sin embargo, en el litoral ecuatoriano se observa un deterioro continuo en la calidad del servicio Wi-Fi, lo que genera un gran porcentaje de quejas por parte de los usuarios a los proveedores. Además, falta información precisa sobre la calidad del servicio Wi-Fi en la ciudad.

Esta problemática representa un desafío significativo, ya que impacta a los usuarios finales, a los ISP y a las autoridades gubernamentales. No abordarla podría tener consecuencias perjudiciales en términos de la calidad de servicio Wi-Fi, afectando tanto en entornos urbanos como rurales del litoral ecuatoriano. En esta situación, se plantea la necesidad de llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre la calidad del servicio Wi-Fi en la costa del Ecuador. El objetivo del estudio es lograr dar con las causas del deterioro continuo y proponer soluciones aplicables para mejorar la calidad del servicio Wi-Fi.

Para lograr este objetivo, se llevarán a cabo mediciones de parámetros técnicos y encuestas a diferentes usuarios en áreas urbanas y rurales del litoral ecuatoriano. Estos datos serán analizados en conjunto con información de fuentes secundarias para identificar tendencias y causas que afecten la calidad del servicio Wi-Fi.

Con base en los resultados y el análisis realizado, estamos proporcionando soluciones dirigidas a los consumidores, proveedores de servicios y al Estado, con el propósito de optimizar la calidad del servicio Wi-Fi. Estas soluciones están orientadas a optimizar la infraestructura de las redes Wi-Fi, brindar información y orientación a los usuarios, y fomentar la aplicación de políticas y regulaciones que fomenten la calidad del servicio.

1.1 Descripción del problema

La calidad del servicio Internet por Wi-Fi en la región costera del Ecuador experimenta un declive constante, lo cual tiene repercusiones negativas en los usuarios, los ISP proveedores de servicios y el Estado. Esta problemática se manifiesta en un alto porcentaje de quejas y reclamos presentados por los usuarios a los proveedores, así como en la insuficiente disponibilidad de información sobre la calidad del servicio Wi-Fi. La falta de atención oportuna a este problema podría conducir a una disminución de la calidad del servicio Wi-Fi tanto en áreas urbanas como rurales del litoral ecuatoriano.

Es fundamental destacar la actualidad y la relevancia de este problema, ya que afecta directamente a un considerable grupo de personas que confían en la conexión Wi-Fi para sus actividades diarias, tanto en entornos urbanos como rurales. Además, la creciente demanda de servicios y aplicaciones en línea hace que la calidad del servicio Wi-Fi sea un factor crítico para el avance tecnológico, la eficiencia y la satisfacción de los usuarios.

1.2 Justificación del problema

Existe una falta de información suficiente y actualizada sobre la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano. Esto dificulta que los usuarios tomen decisiones informadas al momento de elegir un proveedor de servicios o al evaluar la calidad de su conexión. La falta de transparencia y conocimiento sobre las redes Wi-Fi limita la capacidad de los usuarios para obtener un servicio de calidad.

La calidad del servicio Wi-Fi se ve disminuida por distintas variables, como el aumento en la demanda de datos, la congestión de las redes y la infraestructura inadecuada. Es fundamental identificar las causas específicas del deterioro continuo y proponer soluciones efectivas para mejorar la calidad del servicio. Esto no solo beneficiará a los consumidores, sino también a los proveedores de servicios y al desarrollo tecnológico de estos lugares.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Realizar un estudio sobre la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano, para lograr identificar las principales causas del deterioro continuo y proponer soluciones para mejorar la calidad de servicio.

1.3.2 Objetivos específicos

- Recolectar opiniones y experiencias de usuarios de áreas urbanas y rurales del litoral ecuatoriano sobre la calidad del servicio Wi-Fi y realizar mediciones de los parámetros técnicos de las redes que utilizan.
- Analizar los datos previamente obtenidos de encuestas, mediciones y fuentes secundarias para identificar tendencias y causas que afecten a la calidad de servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano.
- Proporcionar soluciones para mejorar la calidad de servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano, dirigidas a los consumidores, proveedores de servicios y estado.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Ondas Electromagnéticas

La radiación u ondas electromagnéticas son ondas que viajan de forma transversal a los campos eléctricos y magnéticos, con una dirección de propagación perpendicular a los planos de los campos. Su longitud de onda tiene una relación inversamente proporcional con la frecuencia y la velocidad de la luz, también cuenta con su respectiva amplitud siendo la energía máxima de radiación (Young, 2016).

1.4.2 Ondas de Radio

Según el National Aeronautics and Space Administration (2010), Heinrich Hertz demostró la existencia de ondas de radio a fines de la década de 1880.

Las llamadas ondas de radio tienen longitudes de onda mayores que van desde centímetros hasta longitudes de miles de metros y frecuencias más bajas, refiriéndose a su capacidad para propagarse a largas distancias y penetrar obstáculos, lo que les permite abarcar áreas geográficas más grandes (National Aeronautics and Space Administration, 2010).

1.4.3 Espectro electromagnético

El espectro electromagnético comprende todas las radiaciones electromagnéticas, abarcando desde longitudes de onda cortas con altas frecuencias, hasta longitudes de miles de metros con bajas frecuencias. Dentro de este espectro, existe una sección visible para el ojo humano que se extiende desde los 400 hasta los 780 Tera Hertz, lo cual corresponde a radiaciones con longitudes de onda un rango de aproximadamente 380 nm a 760 nm. En el ámbito de las comunicaciones inalámbricas, la porción del espectro más utilizada se denomina ‘Ultra High Frequency’ (UHF), y se encuentra dentro del intervalo de 300 MHz a 3 GHz (Horning, 2019).

1.4.4 Ancho de banda

El término de "ancho de banda" engloba diversos significados técnicos, pero en el contexto de la popularización de Internet, se refiere principalmente a la capacidad de un medio de transmisión, como una conexión a Internet, para transportar una cantidad específica de información en un intervalo de tiempo determinado. Se utiliza para describir la cantidad de datos que puede ser transferida a través de una conexión en un lapso dado. Una conexión con un mayor ancho de banda es capaz de transmitir una mayor cantidad de datos (Fisher, 2022).

1.4.5 Bandas licenciadas y no licenciadas

Según Lozada Velastegui “Las bandas no licenciadas se refieren a aquellas frecuencias de espectro radioeléctrico que no requieren de un permiso especial para su instalación, operación o asignación. Además, en estas bandas, no se requiere el pago de una tarifa por el uso del espectro radioeléctrico.” (Lozada Velastegui Diego Fabrico, 2012).

1.4.6 Frecuencia y canales en redes Wi-Fi

La banda de 2.4 GHz es ampliamente utilizada en redes Wi-Fi y cuenta con 11 canales disponibles en Latinoamérica. Se utiliza la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) según el estándar 802.11 para reducir interferencias y evitar la superposición de canales. Aunque la banda de 2.4 GHz ofrece mayor cobertura, su capacidad de transmisión de datos es menor que otras bandas (EVERT, 2023).

La frecuencia de 5 GHz se emplea en los estándares Wi-Fi 5 y Wi-Fi 6, cubriendo un rango que va desde los 5180 MHz hasta los 5825 MHz. Dentro de esta franja, destacan los canales de 160 MHz, que proporcionan una velocidad de Wi-Fi teórica y real duplicada en comparación con otras bandas disponibles (Alberto, 2023).

1.4.7 Redes Wi-fi

Wi-Fi, conocido como el estándar inalámbrico Ethernet 802.11b para redes de área local inalámbricas (WLAN), engloba la tecnología que posibilita la transmisión inalámbrica de datos basados en el Protocolo de Internet (IP) desde una conexión a Internet hacia un equipo receptor. En esencia, Wi-Fi establece una conexión inalámbrica entre un dispositivo informático y el punto de acceso a Internet (como un enrutador DSL o un módem de cable) dentro de un área geográfica específica. Además, el alcance del Wi-Fi se extiende tanto en interiores como en exteriores, lo que brinda flexibilidad y movilidad a los usuarios para acceder a Internet desde cualquier lugar dentro del rango de cobertura de la red inalámbrica (Al-Alawi, 2006).

1.4.8 Interferencia Wi-Fi

La interferencia en las redes Wi-Fi puede tener un impacto significativo en su rendimiento, generando una serie de efectos adversos en la transmisión de datos. Esta interferencia puede dar lugar a colisiones frecuentes, lo que resulta en la corrupción o pérdida de paquetes de datos. Esto, a su vez, aumenta la probabilidad de retransmisiones y reduce la eficiencia general de la red. Además, la interferencia puede llevar a tiempos de espera prolongados debido a la necesidad de detectar y evitar conflictos de canal con otros dispositivos Wi-Fi cercanos (Shi & Li, 2017)

1.4.8.1 Interferencia Co-Canales.

Según Vicente: La interferencia co-canal en una red Wi-Fi ocurre cuando la antena receptora detecta señales de comunicaciones diferentes a la que está establecida, provenientes de celdas remotas que utilizan la misma frecuencia. Esto resulta importante al momento de la recepción de ambas, tanto la señal de la comunicación establecida como

las señales de otras transmisiones, lo que provoca interferencias en la señal original (Vicente, 2012).

1.4.8.2 Interferencia de Canales Adyacentes.

La utilización simultánea de canales cercanos puede llevar a desafíos en la comunicación eficiente debido a la interferencia de canales cercanos (ACI) en una red Wi-Fi. Cuando un receptor principal se ve afectado por una señal interferente proveniente de un canal cercano, se produce un aumento en los niveles de interferencia, lo que puede resultar en problemas en la captación de los paquetes de datos (C. Campolo, 2016).

Capítulo 2

2. Metodología

Las redes Wi-Fi son fundamentales en la actualidad, ya que desempeñan un papel importante en la sociedad al proporcionar conectividad entre diversos entornos y, además, ofrecen accesibilidad a la información como un recurso indispensable para la sociedad. En el contexto de Ecuador, nos vimos en la necesidad de realizar un estudio para evaluar la calidad de servicio Wi-Fi que ofrecen los ISP.

El análisis de la calidad de servicio de redes Wi-Fi en el litoral ecuatoriano fue un estudio que tuvo el propósito de reconocer los factores que originan una mala calidad de servicio en las redes Wi-Fi. De esta manera, pudimos proponer soluciones que pueden ayudar tanto a los ISP como a los usuarios a optimizar su experiencia con la conectividad a las redes Wi-Fi. Con el objetivo de abordar esta situación se ha diseñado una encuesta que permite recopilar datos relevantes los cuales se estudian para identificar problemas recurrentes que afecta la calidad de servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano.

2.1 Diseño de la encuesta

El objetivo principal de la encuesta fue evaluar la calidad de servicio de redes Wi-Fi en el litoral ecuatoriano e identificar los factores que causaron interferencia, influyendo en el rendimiento y satisfacción de los usuarios.

2.1.1 Tipo de encuesta

Con el fin de ejecutar el análisis y obtener la información, se empleó una encuesta descriptiva, con el fin de obtener información específica sobre la calidad de servicio Wi-Fi que llegan a tener los usuarios, en este caso respecto a la encuesta descriptiva se indica lo siguiente:

El propósito de la investigación descriptiva es adquirir un entendimiento de las situaciones, prácticas y actitudes más comunes mediante la precisa descripción de las acciones, objetos, procedimientos y personas. Su objetivo no se restringe únicamente a la recopilación de datos, sino

que abarca la capacidad de prever y reconocer las conexiones que pueden existir entre dos o más variables (Frank, 2012).

La encuesta se diseñó de manera estructurada, utilizando preguntas cerradas para simplificar la recolección y la exploración de datos. Se incluyeron preguntas relacionadas con la satisfacción del usuario, la intensidad de la señal, la estabilidad de la red, los momentos que perciben interferencias y las dificultades enfrentadas al utilizar redes Wi-Fi en distintos lugares del hogar. Además, se emplearon preguntas para obtener información sobre la ubicación geográfica y las actividades que realizan los encuestados con las redes Wi-Fi. La información específica detallada en el formulario utilizado para nuestra encuesta se encuentra en el apéndice. La encuesta se distribuyó a través de medios digitales, con el objetivo de alcanzar a una muestra representativa de usuarios de redes Wi-Fi en la región costera del Ecuador.

2.1.2 Población objetivo

El grupo demográfico destinatario de la encuesta estuvo compuesto por personas que residen en el litoral ecuatoriano. Se buscó incluir tanto a los habitantes de las zonas urbanas, que suelen tener una mayor accesibilidad a las redes Wi-Fi, como a los habitantes de las zonas rurales, donde la conectividad puede ser más limitada.

2.1.3 Tamaño de la muestra

En la detección de la población para el análisis de la calidad de servicio de redes Wi-Fi en el litoral ecuatoriano, se tomó en consideración 5 lugares del litoral ecuatoriano que son: Guayaquil, Duran, La Troncal, Zaruma y Santa Elena. La elección de estas ciudades específicas obedece a su posición estratégica en el litoral ecuatoriano y su influencia en aspectos como el turismo, la educación, los negocios y la vida cotidiana. La diversidad de contextos y características socioeconómicas entre estas ciudades proporciona un panorama completo de la calidad de servicio Wi-Fi en la región. Para identificar el tamaño de la muestra, primero se obtuvo el total de la población tanto urbana como rural del litoral ecuatoriano.

La Tabla 2.1 muestra la cifra de personas que existe en cada zona urbana, rural y total de la ciudad Guayaquil tomada del INEC con el objetivo de obtener el valor general y poder calcular la muestra.

Tabla 2.1

Cifras de población de las ciudades y cantones.

Población	Urbano y Rural	Urbano	Rural
Guayaquil	2350915	2278691	72224
Durán	235769	230839	4930
La Troncal	54389	35259	19130
Zaruma	24097	9677	14420
Santa Elena	308693	170342	138351
General	2973863	2724808	249055

Nota. Datos tomados del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2010).

Con los valores totales de población urbana y rural en la zona de estudio, se puede definir los porcentajes de población urbana como los porcentajes de población rural.

Porcentaje de población urbana:

$$\%Urbano = \frac{Poblacion Urbana}{Población Total} * 100 \quad (2.1)$$

$$\%Urbano = (Población Urbana / Población Total) * 100$$

$$\%Urbano = (2724808 / 2973863) * 100$$

$$\%Urbano \approx 91.62\%$$

Porcentaje de población rural:

$$\%Rural = \frac{Poblacion Rural}{Población Total} * 100 \quad (2.2)$$

$$\%Rural = (Población Rural / Población Total) * 100$$

$$\%Rural = (249055 / 2973863) * 100$$

$$\%Rural \approx 8.37\%$$

En el desarrollo de determinar el número de elementos necesarios en muestra hacemos uso de la ecuación de tamaño de muestras para proporciones:

$$n = \frac{(Z^2 * p * (1-p))}{E^2} \quad (2.3)$$

Donde:

n = tamaño de muestra

Z = nivel de confianza al 95%

p = proporción esperada de la población

E = margen de error

Y los valores son los siguientes, Z=1.96, p=0.5, E=0.07 y sustituyendo en la ecuación 2.3 se obtiene que el tamaño de la muestra es 196.

Sustituyendo los valores en la ecuación 2.1 y 2.2 nos queda que el tamaño requerido para la muestra en el área urbana es de 180 y del área rural 16.

2.2 Recopilación y análisis de Datos

2.2.1 Recopilación de datos

La toma de información se dio mediante una encuesta descriptiva en línea dirigida a los usuarios. La encuesta se diseñó con preguntas cerradas que contenían opciones de respuestas predefinidas, permitiendo cuantificar las respuestas obtenidas. Estas preguntas incluyeron formatos de opción única, selección múltiple, preguntas de escala de calificación y dicotomía, lo que facilitó al recolectar información tanto cuantitativa como cualitativa acerca de la calidad del servicio de redes Wi-Fi en el litoral ecuatoriano.

Para la implementación de la encuesta, se utilizó Survey Monkey, una plataforma amigable y de fácil acceso para los usuarios. El uso de la plataforma permitió que se pudiera acceder a funciones premium que permitían un mejor flujo de la encuesta. Adicionalmente, se incluyó un video explicativo en una de las preguntas para guiar a los participantes en el uso de una herramienta específica Wi-Fi Analyzer y SpeedTest. Estas herramientas permitieron obtener datos relevantes,

como la intensidad de señal de la red, en que canales se encuentra la señal de la red y también la velocidad de carga y descarga, enriqueciendo así la información recopilada.

El proceso de recolección de datos se llevó a cabo a lo largo de un período de 3 meses, y se distribuyó el enlace de la encuesta a través de diversos medios, como correos electrónicos y redes sociales. Se aseguró que la muestra abarcara tanto a la población urbana como a la rural del litoral ecuatoriano mediante su debido porcentaje de muestra siendo el 92% para el área urbana y el 8% restante para el área rural, garantizando así una representación adecuada.

2.2.2 Análisis de datos

Los datos obtenidos de las encuestas se sometieron a un riguroso análisis para identificar factores y tendencias que afectan la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano, tanto en áreas urbanas como rurales. Para este análisis, se aplicaron técnicas estadísticas y se trató la información diferenciando a los encuestados de zonas urbanas de aquellos de zonas rurales. Esta segmentación permitió examinar los datos por área y comprender la influencia geográfica en la calidad del servicio Wi-Fi. Se elaboraron gráficos de barras, líneas y dispersión para comprender las variaciones de velocidad, tráfico de datos y SIR en función del ambiente.

2.3 Consideraciones Éticas

Durante el desarrollo del análisis de la calidad de servicio de redes Wi-fi en el litoral ecuatoriano, se tomaron consideraciones éticas que eran necesarias para poder llevar a cabo la encuesta y que los usuarios que la realicen tengan conocimiento de que existiría privacidad y confidencialidad. Durante la ejecución de nuestra investigación, adoptamos un enfoque metódico y transparente en todas las etapas del proceso. Los usuarios fueron notificados, mediante mensaje de difusión, que en ninguna parte de la encuesta se le pediría ingresar sus datos. Adicionalmente, se informó que la encuesta se manejaría con mucha confidencialidad, asegurándole así protección de privacidad a los encuestados. Para el análisis de datos, seguimos procedimientos estándar empezando por obtener la información mediante encuesta, analizamos los datos y tratamos los

datos para que no existan incongruencias al momento de empezar a filtrar información por ambientes. La información del encuestado se manejó de manera anónima y sin divulgarla.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

En este capítulo se describe la información recopilada mediante la encuesta a los usuarios del servicio de Internet, así como el análisis de los resultados gráficos de la velocidad de descarga en la conexión Wi-Fi y la intensidad de señal percibida por los dispositivos de los usuarios desde su enrutador.

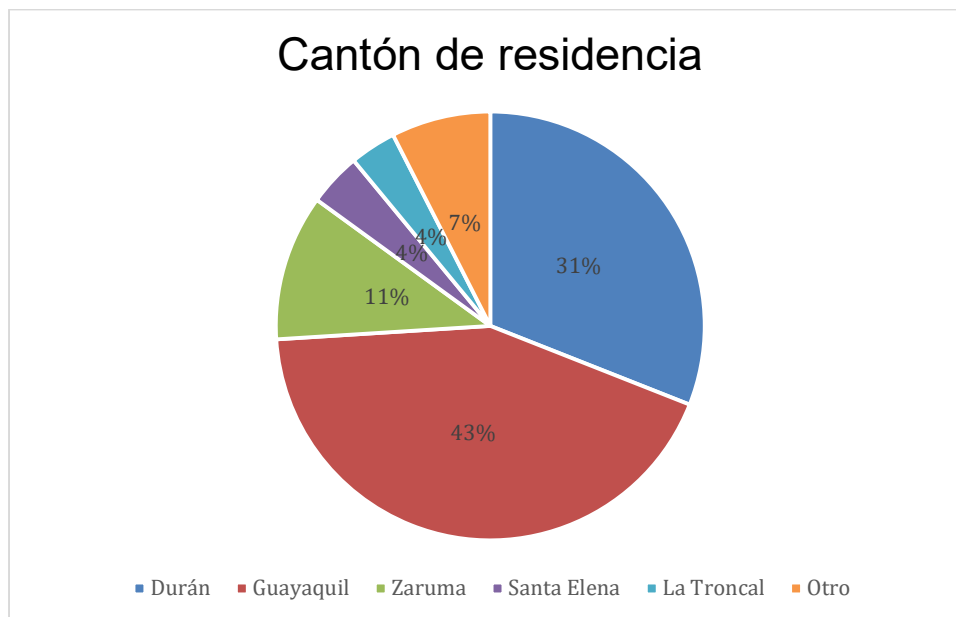
3.1 Análisis de resultados generales

3.1.1 Distribución geográfica

En las Figuras 3.1 y 3.2 se exponen los porcentajes de encuestados según su cantón y zona de residencia, siendo Guayaquil y Durán las ciudades con un mayor porcentaje de usuarios encuestados debido a la densidad poblacional más alta con la que cuentan. El porcentaje de usuarios que respondieron a la encuesta de zona urbana es de 89.50 % mientras que para la zona rural es de 10.50 %, estando dentro de los valores esperados y calculados en el capítulo 2.

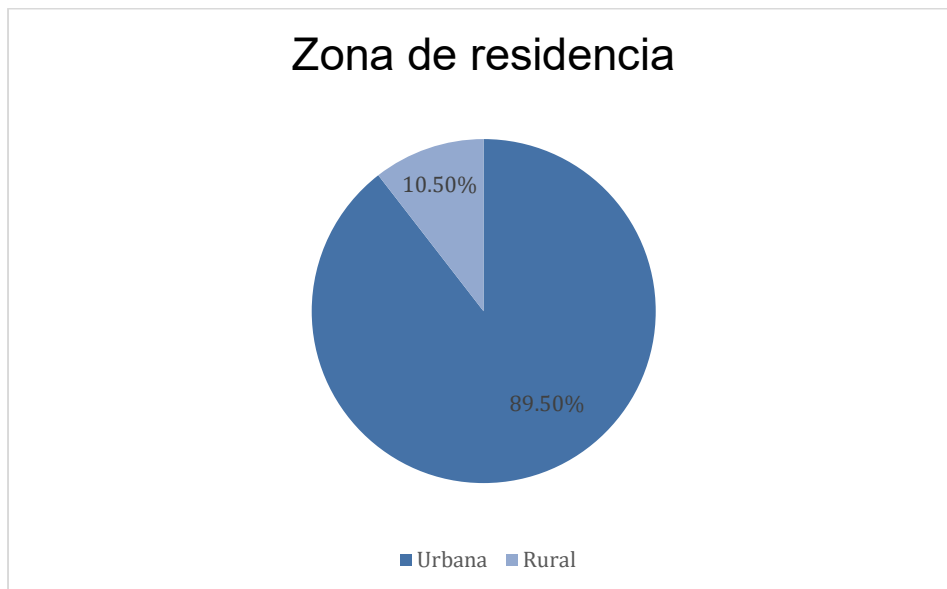
Figura 3.1

Porcentaje de residencia



Nota. La Figura muestra el porcentaje de encuestados de cada cantón

Figura 3.2
Porcentaje en zona de residencia



Nota. La Figura muestra el porcentaje de encuestados por zona de residencia. La Tabla 3.1 muestra las opciones escogidas por cada uno de los usuarios. Cabe recalcar que en esta sección podían escoger de manera múltiple las opciones presentadas. La mayor parte de los usuarios escogieron la opción “Residencias vecinas muy próximas”, reflejando que esta característica es predominante en la mayoría de las residencias del área urbana de los cantones encuestados.

Tabla 3.1
Resultados - características de residencia

Opciones	Respuestas	Porcentaje
Próxima a edificios (Distancia menor a 100 metros)	13	6%
Residencias vecinas muy próximas (Distancia menor a 2 metros)	137	60%
Residencias vecinas distantes (Distancia mayor a 2 metros)	27	12%
Cercanía con cerros o lomas pobladas (Distancia menor a 100 metros)	30	13%
Cercanía con cerros o lomas despobladas (Distancia menor a 100 metros)	8	3%
Cercanía con lagos o ríos (Distancia menor a 100 metros)	13	6%

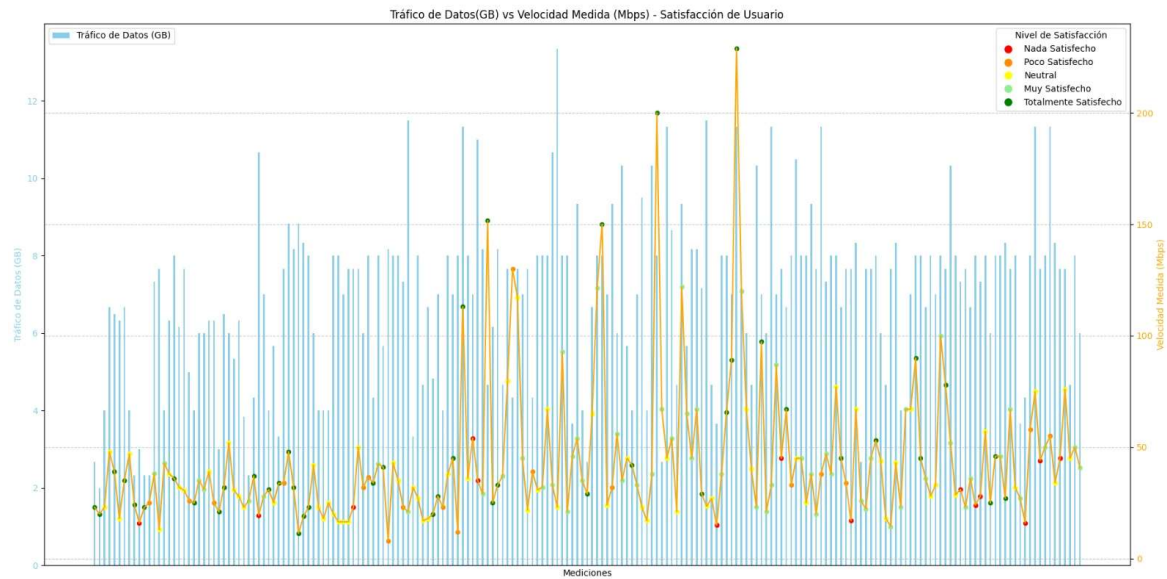
Nota. Porcentaje de encuestados por características de residencia

3.1.2 Indicadores de rendimiento de Red

En esta sección, se exhiben los gráficos que representan los resultados obtenidos a partir de las encuestas realizadas. En la Figura 3.3, se representa la satisfacción de los usuarios con respecto a la velocidad de la red Wi-Fi que perciben. También se presenta el tráfico de datos, que revela en varios casos, la velocidad medida no satisface completamente las necesidades de tráfico de datos de cada hogar.

Figura 3.3

Tráfico de datos vs Velocidad Medida-Satisfacción de usuario (General)

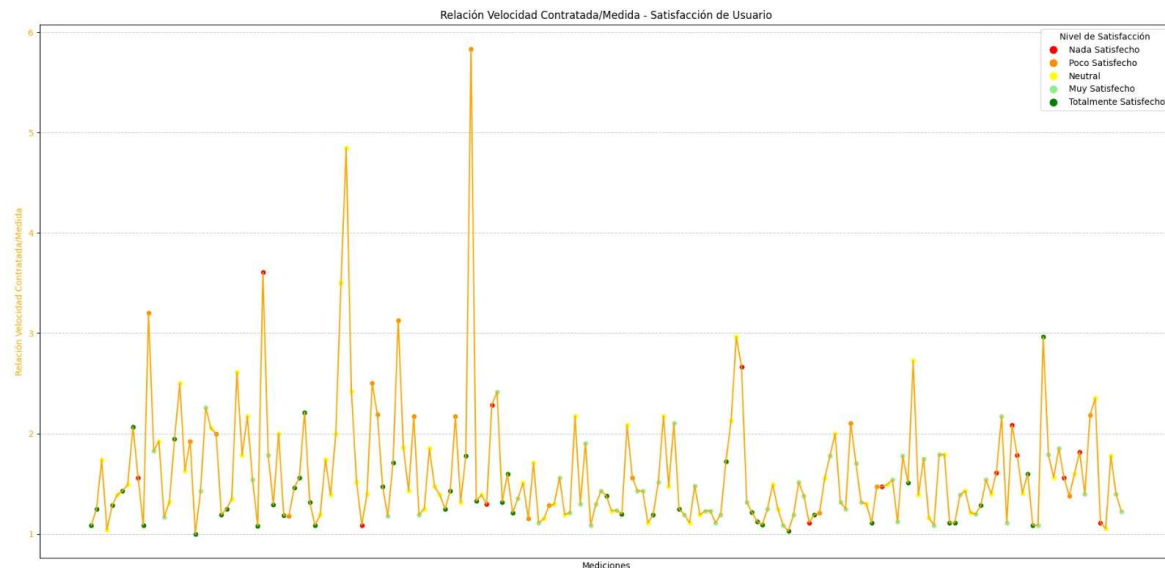


Nota. Muestra los datos de velocidades medida respecto al tráfico de datos y la satisfacción del usuario.

En la Figura 3.4, se presenta la relación entre la velocidad contratada por el usuario y la velocidad real que experimentan. Esta comparación entre los indicadores nos brinda una valiosa perspectiva sobre la satisfacción de los usuarios. El 60% de los usuarios perciben la red Wi-Fi de forma neutral, lo que sugiere que no experimentan una gran satisfacción, pero tampoco se sienten insatisfechos. Este matiz en la percepción de la calidad del servicio es esencial para comprender cómo los usuarios valoran su experiencia en relación con la red Wi-Fi.

Figura 3.4

Relación de Velocidad comparada con la Satisfacción de usuario (General)

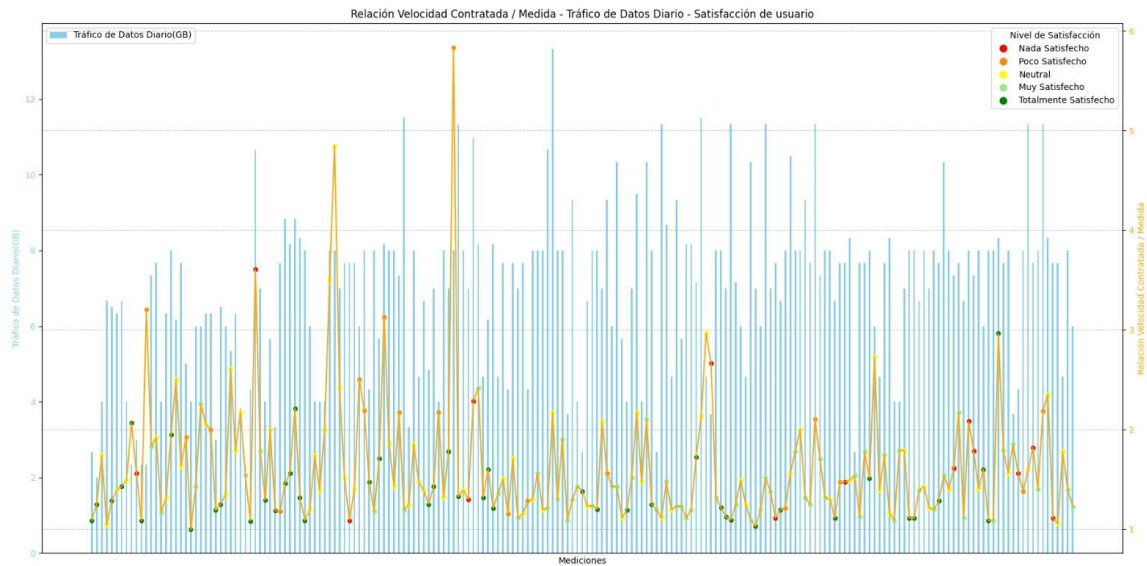


Nota. Datos de la relación de velocidad contratada/medida respecto a la satisfacción del usuario.

La Figura 3.5 muestra la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, revelando una media del 60% de la velocidad contratada. Además, se representa el tráfico en gigabytes (GB). En casos con alto consumo de datos, como 8 GB, una velocidad de 25 Mbps puede resultar insuficiente, lo que lleva a una baja satisfacción del usuario.

Figura 3.5

Relación de Velocidad vs Tráfico de datos - Satisfacción de usuario (General)

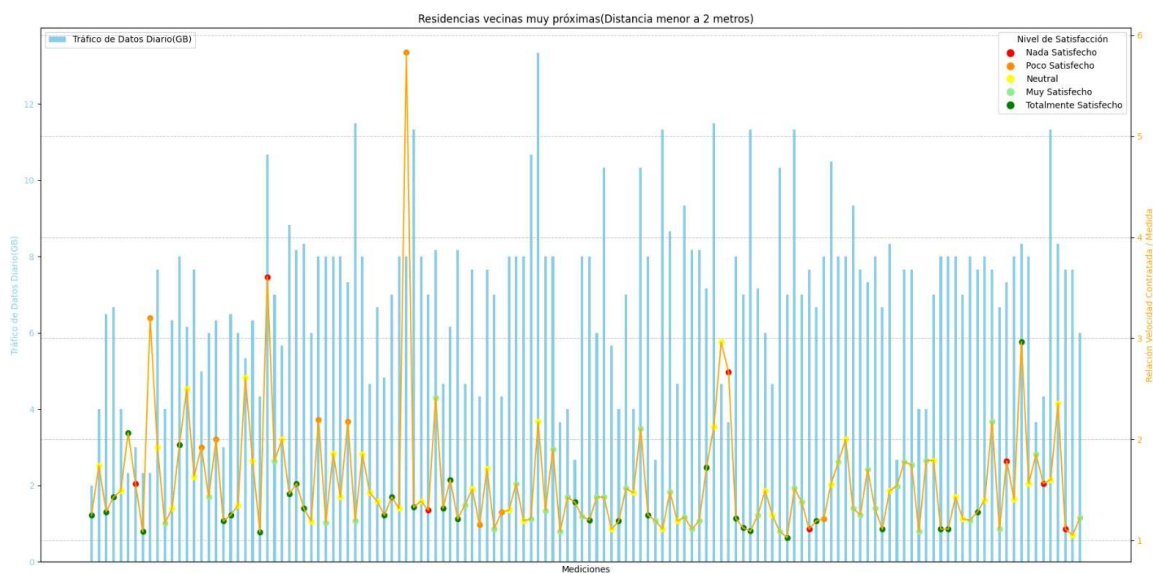


Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción del usuario.

En la Figura 3.6, se muestra la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, con una media del 55% de la velocidad contratada. Se observa que un mayor tráfico en GB tiende a estar asociado con velocidades más bajas. Sin embargo, otros factores, como la proximidad a otras redes y la congestión de canales, también influyen en la calidad del servicio de red.

Figura 3.6

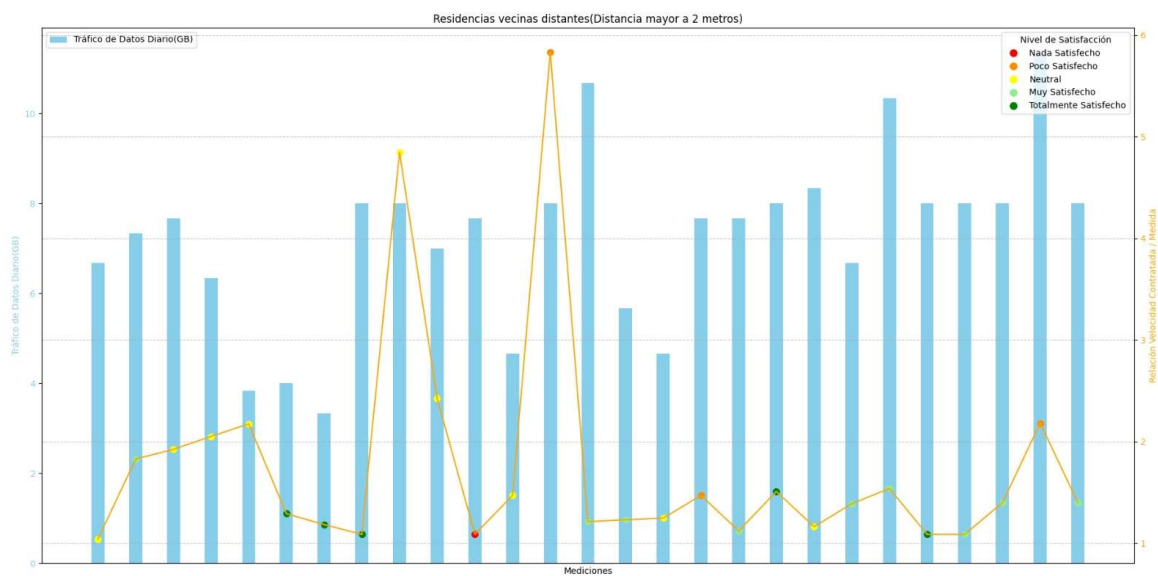
Residencias vecinas muy próximas (Distancia menor a 2 metros)



Nota. Datos de la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias vecinas muy próximas a una distancia menor a 2 metros.

En la Figura 3.7, se muestra la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, con una media del 56% de la velocidad contratada. El tráfico promedio es de 7.24 GB y sigue una distribución gamma. Se observa que, al no estar cerca de otras casas, las diferencias entre velocidades y tráfico son menores, aunque en muchos casos, el tráfico de datos supera la velocidad contratada.

Figura 3.7
Residencias vecinas distantes (Distancia mayor a 2 metros)

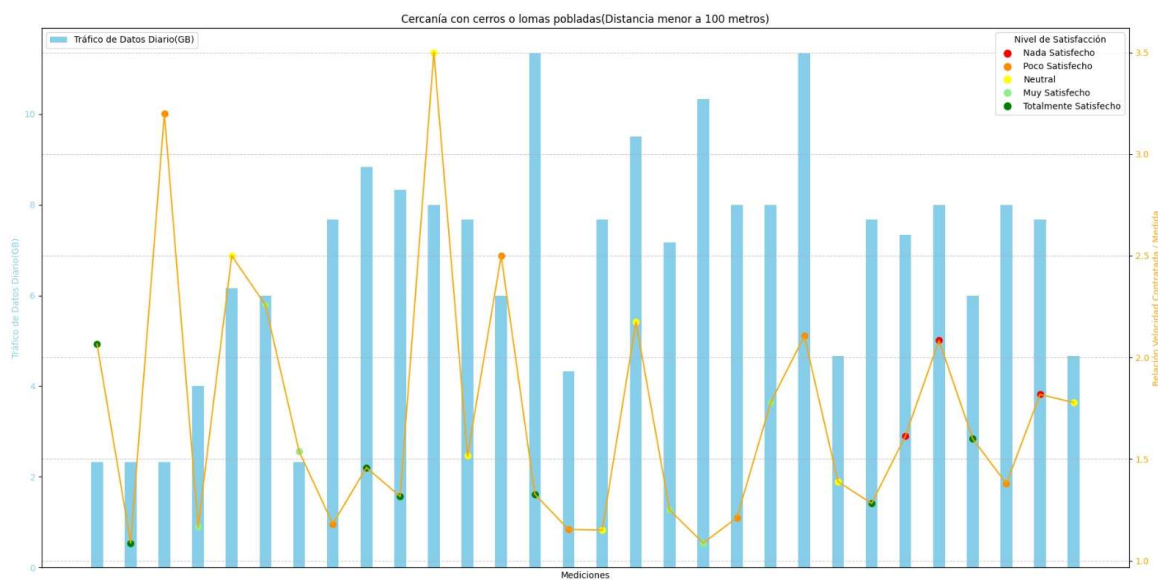


Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias vecinas distantes a una distancia mayor a 2 metros.

En la Figura 3.8, se aprecia la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, con una media del 56%. Esto indica que la topografía local puede influir en la calidad de la conexión, con variabilidad en las velocidades. Además, el tráfico promedio es de 6.78 GB, superando en ocasiones la velocidad contratada debido al número de usuarios y dispositivos, lo que puede afectar negativamente la velocidad.

Figura 3.8

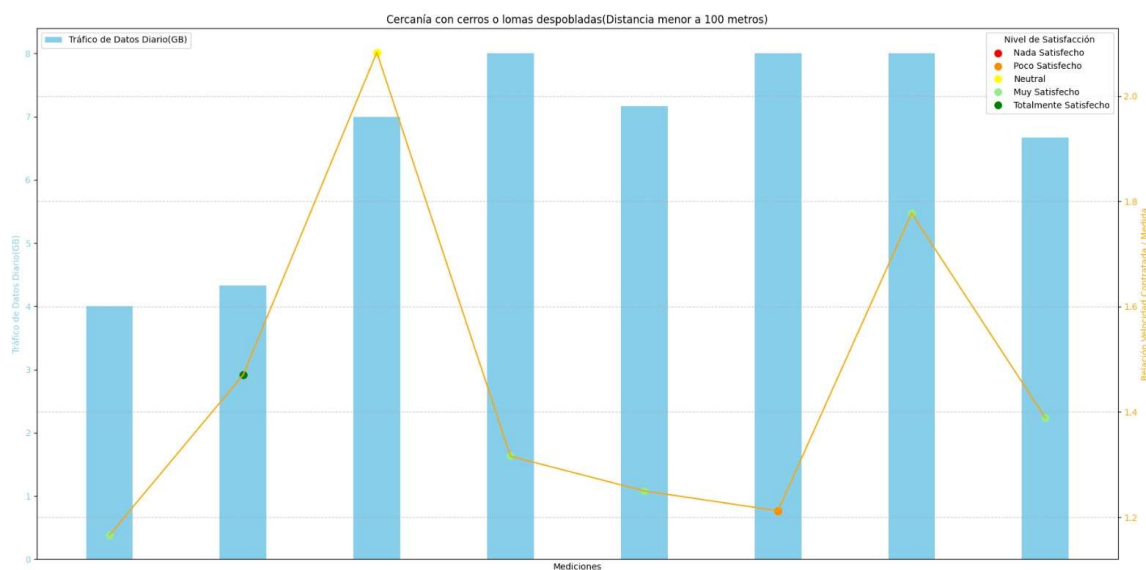
Cercanía con cerros o lomas poblados (Distancia menor a 100 metros)



Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias cercanas a cerros o lomas poblados considerando una distancia menor a 100 metros.

En la Figura 3.9, se analiza la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, con una media del 75%. Esto sugiere que la velocidad tiende a ser más baja de lo contratado, posiblemente debido a factores de infraestructura o geográficos. Además, el tráfico promedio es de 6.64 GB.

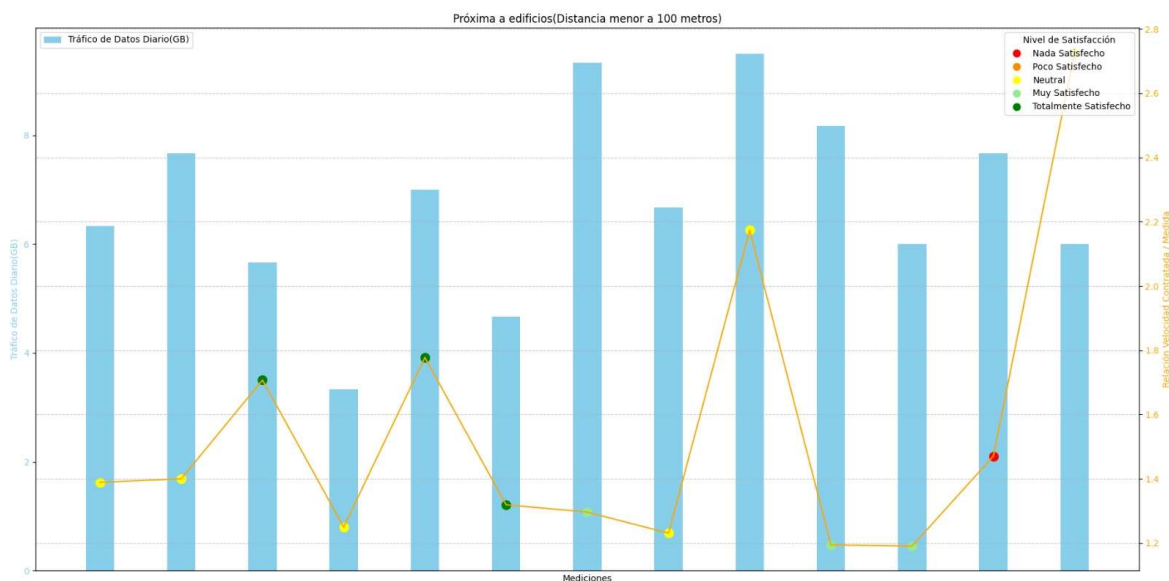
Figura 3.9
Cercanía con cerros o lomas despobladas (Distancia menor a 100 metros)



Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias cerca de cerros o lomas despobladas considerando una distancia menor a 100 metros.

En la Figura 3.10, se analiza la relación entre la velocidad contratada y la velocidad real de la red Wi-Fi, con una media del 55%. Esto sugiere que la velocidad tiende a ser más baja de lo contratado. Además, el tráfico promedio es de 6.79 GB, lo que puede estar relacionado con una mayor densidad de población y una respuesta "Neutral" en la satisfacción del usuario.

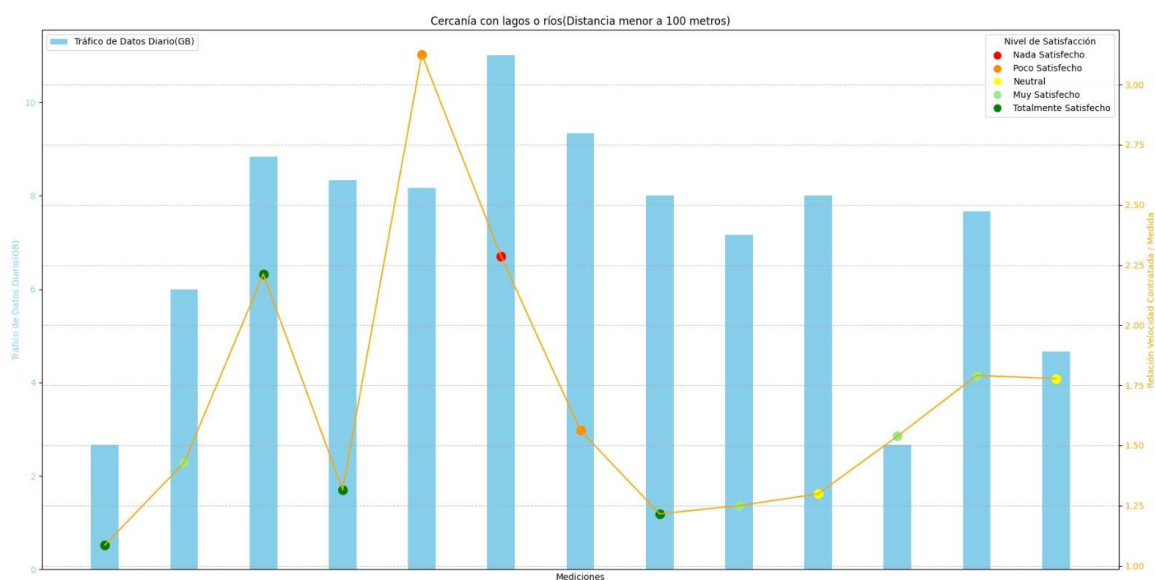
Figura 3.10
Próxima a edificios (Distancia menor a 100 metros)



Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias próximas a edificios considerando una distancia menor a 100 metros.

La Figura 3.11 muestra la relación entre la velocidad contratada y la medida real del rendimiento de la red Wi-Fi. La media de la relación de la velocidad es 1.68, lo que indica que solo se obtiene el 59% de la velocidad contratada. El tráfico de datos supera la velocidad, lo que sugiere que el plan contratado puede no ser suficiente para las actividades en línea. La ubicación geográfica, especialmente cerca de cuerpos de agua, puede influir en la variabilidad de la velocidad de conexión y no satisfacer las necesidades de dispositivos y usuarios

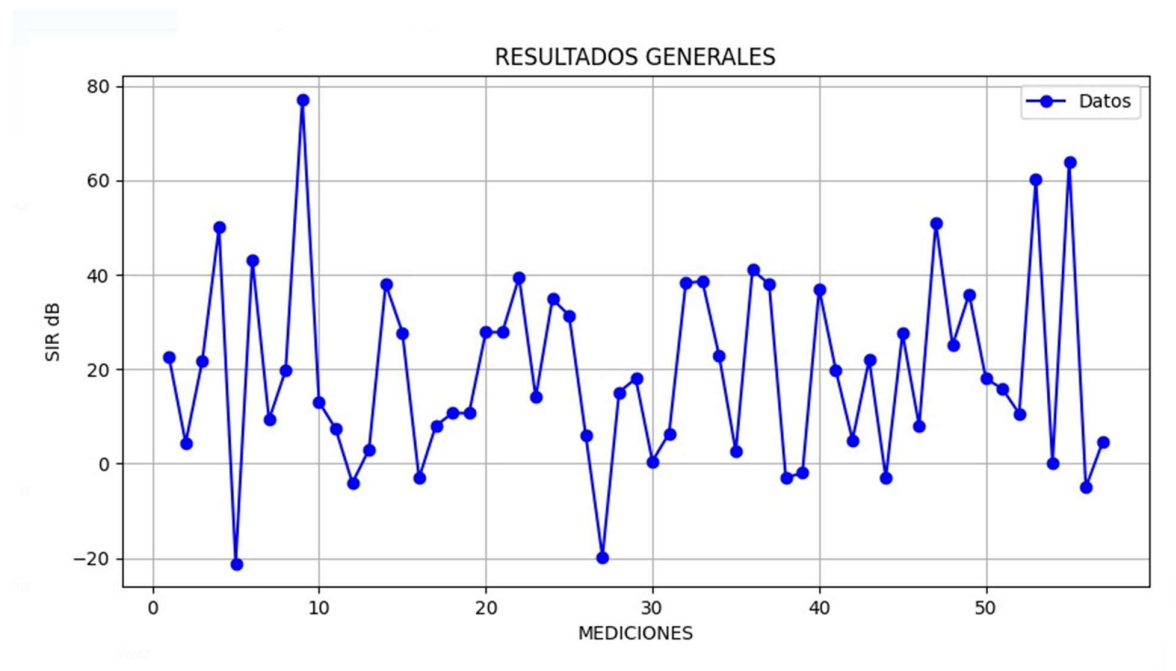
Figura 3.11
Cercanía con lagos o ríos (Distancia menor a 100 metros)



Nota. La Figura muestra la relación de velocidades respecto al tráfico de datos y la satisfacción de los usuarios que se encuentran en residencias cercanas a lagos o ríos.

La Figura 3.12 presenta la relación señal-interferencia (SIR) de la red WiFi. La presencia de valores negativos sugiere problemas de calidad de señal, posiblemente debido a obstáculos físicos o interferencia. Los niveles de SIR oscilan entre 10 y 40 dB, indicando interferencia que afecta la calidad de la señal. Estos datos resaltan la importancia de mejorar la configuración de la red, como cambiar el canal o mejorar la colocación de dispositivos, para mejorar el desempeño y la estabilidad de la conexión inalámbrica.

Figura 3.12
Relación señal interferencia



Nota. La Figura muestra la relación entre la señal y la interferencia presente al transmitir señales.

En la Tabla 3.2 muestra los indicadores del rendimiento de la red realizado a los encuestados, seccionado en ambientes y de manera general. Los diferentes entornos muestran variaciones en los indicadores. Por ejemplo, en áreas cercanas a edificios, la velocidad medida es similar a la media general, mientras que, en residencias vecinas distantes, es más alta. Sin embargo, la cercanía a cerros o lomas pobladas y lagos/ríos puede afectar negativamente la satisfacción y el SIR debido a posibles interferencias. La distancia y el entorno geográfico son factores que afectan la calidad de la conexión Wi-Fi.

Tabla 3.2*Cifras de la media en datos calculados.*

Residencia	Media velocidad medida [Mbps]	Media Velocidad contratada/medida [Mbps]	Media Tráfico de datos [GB]	Media de Satisfacción	Media SIR
General	42.68	1.60	6.93	Neutral(3)	7.14
Próxima a edificios(Distancia menor a 100 metros)	42.57	1.55	6.79	Neutral(3)	6.20
Residencias vecinas muy próximas(Distancia menor a 2 metros)	42.78	1.56	6.97	Neutral(3)	5.58
Residencias vecinas distantes(Distancia mayor a 2 metros)	43	1.75	7.24	Neutral(3)	7.97
Cercanía con cerros o lomas pobladas(Distancia menor a 100 metros)	43.11	1.71	6.78	Poco Satisfecho (2)	4.11
Cercanía en cerros o lomas despobladas(Distancia menor a 100 metros)	43.67	1.45	6.64	Neutral(3)	13.28
Cercanía con lagos o ríos(Distancia menor a 100 metros)	42.64	1.68	6.64	Poco Satisfecho (2)	5.32

Nota. Datos estadísticos de la encuesta de manera general y por ambientes.

3.2 Análisis de resultados demográficos

3.2.1 Cantidad de personas en residencia

A continuación, se exponen los resultados sobre el número de personas que residen en las viviendas de los encuestados. Como se puede apreciar los porcentajes de cada rango escogido por los encuestados en la Figura 3.10, las opciones de 3 a 4 personas y 5 o más personas son las más elegidas teniendo un total del 88,7% de los encuestados totales, es decir en la gran mayoría de hogares de los usuarios al menos cuentan con 3 integrantes.

Con esta información podemos constatar la cantidad de tráfico de datos que se pueden generar en las casas con mayor cantidad de integrantes. “El hogar medio consume 586,7 GB de datos de banda ancha al mes.” (Layton, 2023).

En las rutinas diarias, cada miembro consume entre 4 y 6 GB de ancho de banda. El 30% de los hogares con 5 o más miembros supera los 20 GB diarios, con planes de 50-70 Mbps. Además, experimentan congestión y ralentización en momentos de alta demanda.

Figura 3.13

Número de personas que residen en el hogar



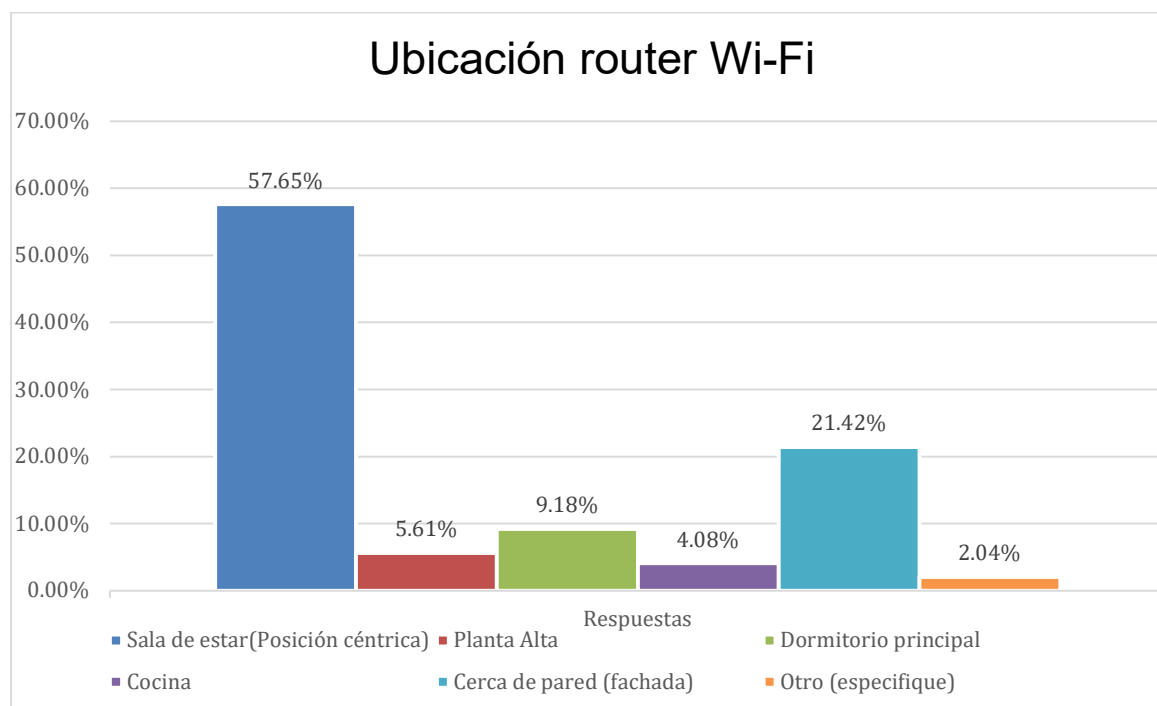
Nota. Porcentaje de cuantas personas residen en el hogar.

3.3 Resultados Router Wi-Fi

3.3.1 Ubicación Router Wi-Fi

En la Figura 3.14 ilustra la distribución porcentual de las ubicaciones del router según las respuestas de los encuestados. El 57.65% tiene su router ubicado en la sala de estar, siendo esta la ubicación más común entre las opciones indicadas.

Figura 3.14
Ubicación de router Wi-Fi



Nota. Porcentaje de la ubicación de router en el hogar.

En la Tabla 3.3 se indica cual es relación de velocidad contratada/ medida, el tráfico de datos que tiene cada nivel de satisfacción que ha percibido los usuarios encuestados.

Tabla 3.3

Nivel de satisfacción e indicadores de rendimiento de red

Nivel de satisfacción	Porcentaje	Relación Velocidad Contratada/Medida	Tráfico de datos (GB)
Totalmente Satisfecho (5)	22.95%	1.3781	6.31
Muy Satisfecho (4)	29%	1.447	7.10
Neutral (3)	33.16%	1.713	7.21
Poco Satisfecho (2)	9.18%	2.14	7.05
Nada Satisfecho (1)	7.14%	1.79	7.28

Nota. Porcentaje de Satisfacción comparada con la media de velocidad y de tráfico de datos. Como muestra la Tabla 3.4 el 57,65% coloca el router en el centro del hogar, mientras el 21,42% lo ubica cerca de una pared, con posibles interferencias. Un 5,61% elige la planta alta, con zonas de señal débil. El 9,18% opta por el dormitorio principal, con desafíos de distancia. Un 4,08% lo

pone en la cocina, vulnerable a interferencias, y el 2,04% selecciona otra ubicación, como el estudio.

Tabla 3.4

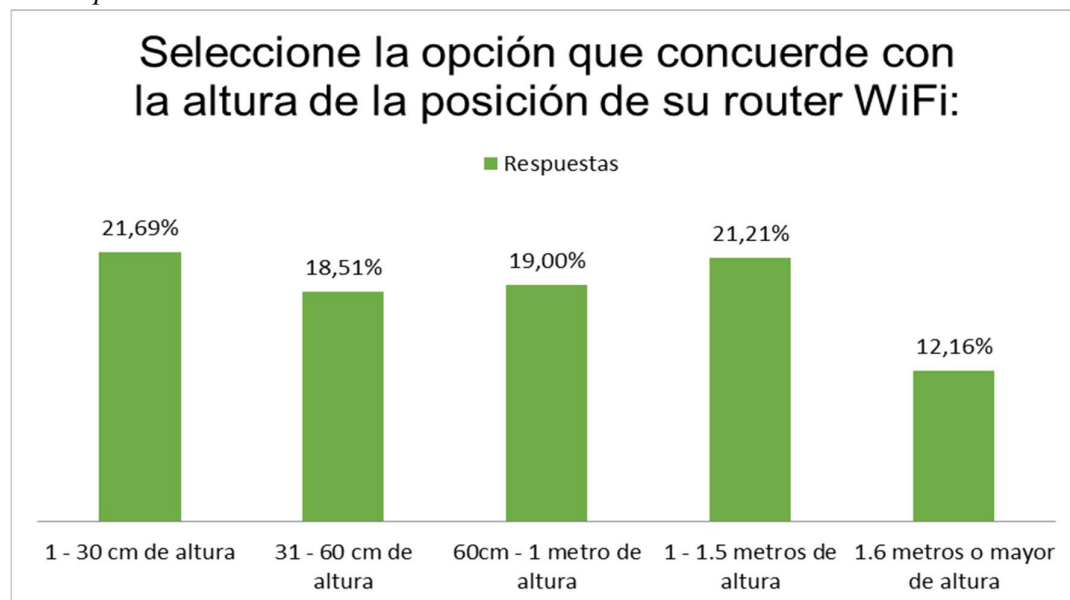
Ubicación de Router

Ubicación Router Wi-Fi	Porcentaje	Nivel satisfacción promedio	deRelación Velocidad Contratada/Medida
Sala de estar (Posición Céntrica)	57.65%	Muy Satisfecho (3.59)	1.546
Cerca de pared (Fachada)	21.42%	Neutral (3.45)	1.736
Cocina	4.08%	Neutral (3.25)	1.644
Planta Alta	5.61%	Neutral (3.5)	1.311
Dormitorio principal	9.18%	Neutral (3.47)	1.958
Otras opciones	2.04%	Muy Satisfecho (3.75)	1.973

Nota. Porcentaje de ubicación del router comparada con la media de velocidad y de tráfico de datos.

3.3.2 Altura Router Wi-Fi

En la Figura 3.15 se muestra un gráfico de barras de la altura de los routers respecto al suelo. Un 21,69% los coloca a 1-30 cm, con posibles obstáculos en el nivel inferior. El 18,51% opta por 31-60 cm, equilibrando altura y obstrucciones. Un 19% elige entre 61 cm y 1 metro, para una propagación óptima a nivel de los ojos. Un 21,21% lo sitúa a 1-1.5 metros, ofreciendo cobertura horizontal con precaución por obstáculos. El 12,16% los coloca a 1.6 metros o más, priorizando la propagación aérea. Por último, el 7,43% son los usuarios encuestados que no respondieron a la pregunta.

Figura 3.15*Altura posicional de router Wi-Fi*

Nota. Porcentaje de altura posicional de router Wi-Fi por hogar.

En la Tabla 3.15 se presenta la relación entre la altura del router y el nivel de satisfacción de los usuarios, así como la velocidad contratada y medida.

Tabla 3.5*Altura de router vs indicadores de rendimiento de red*

Altura Router Wi-Fi	Porcentaje	Nivel de satisfacción promedio	Relación Velocidad Contratada/Medida
1 – 30 cm	21.69%	Muy Satisfecho (3.58)	1.537
31 – 60 cm	18.51%	Neutral (3.40)	1.708
61 cm - 1 metro	19%	Neutral (3.41)	1.719
1 – 1.5 metros	21.21%	Muy Satisfecho (3.64)	1.491
1.6 metros o mayor	12.16%	Muy Satisfecho (3.56)	1.689

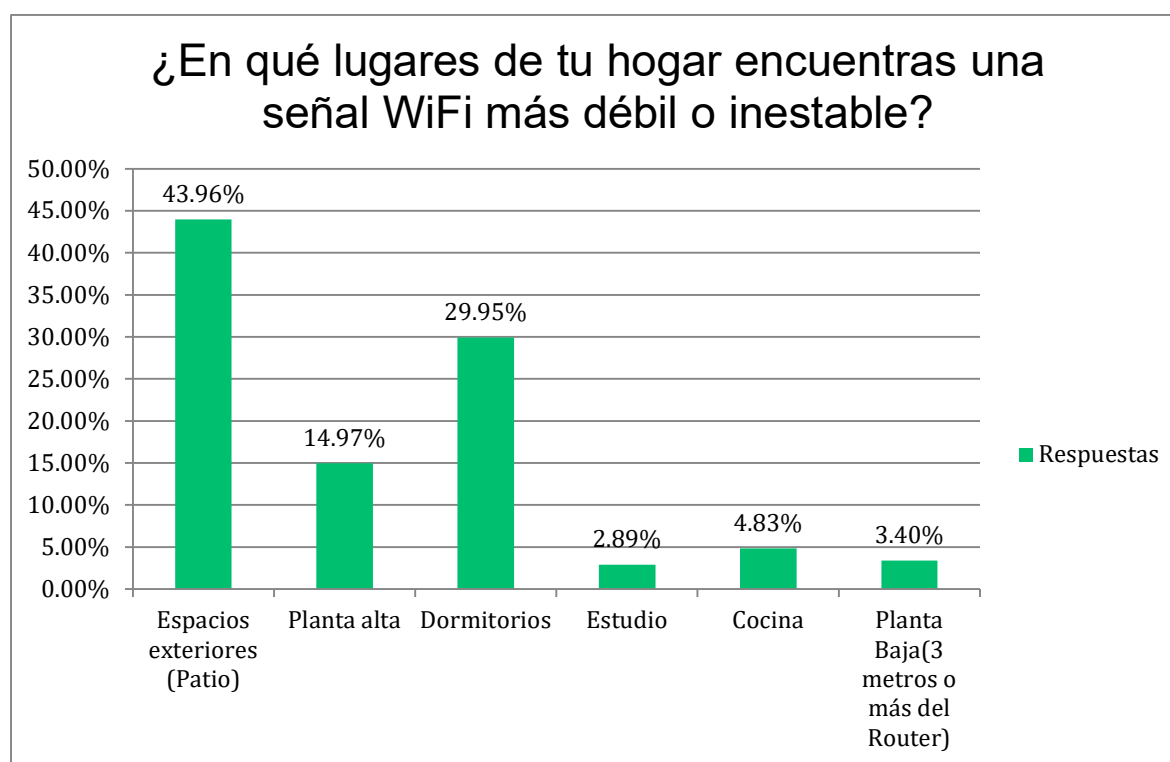
Nota. Porcentaje de altura del router comparada con la media de velocidad y el nivel de satisfacción.

3.3.3 Áreas de señal débil o inestable

En la Figura 3.16 se muestra que el 43,96% sufre señal más débil en exteriores debido a distancia y obstáculos. En dormitorios, un 29,95% experimenta debilidad, vinculada a la ubicación del router. En la planta alta, el 14,97% enfrenta señal débil, influenciada por propagación vertical. La cocina afecta al 4,83% con interferencias de electrodomésticos. A más de 3 metros en la planta baja, el 3,40% tiene señal débil, indicando alcance limitado. Un 2,89% reporta problemas de señal en el estudio, posiblemente por interferencias o distancia al router.

Figura 3.16

Señal débil e inestable



Nota. Porcentaje de lugares donde se encuentra la señal inestable o débil.

3.4 Propuesta de soluciones

Después de realizar un estudio y análisis exhaustivo, se plantearon soluciones para contribuir a mitigar la interferencia, mejorar la señal débil en áreas específicas de los hogares de los usuarios e incluso reducir la carga en la red causada por dispositivos que demandan un ancho de banda considerable. A continuación, las propuestas de solución planteadas:

- **Ubicación del router:** La ubicación del router juega un papel crucial en la calidad de la señal Wi-Fi. Muchos clientes experimentan una señal débil o velocidad lenta si el router está cerca de paredes o electrodomésticos, que pueden interferir con la señal. La solución es que los proveedores de Internet ubiquen los routers en lugares céntricos dentro del hogar, mejorando así la cobertura y evitando respuestas negativas debido a la señal débil o intermitente.
- **Implementación de Access Point:** La incorporación de Access Points resulta particularmente ventajosa en viviendas de dos o más pisos. Esta estrategia permite resolver problemas de señal débil o zonas sin conexión, ampliando de manera considerable la cobertura y mejorando la conectividad en todo el hogar.
- **Uso de Cable Ethernet:** Al utilizar cable Ethernet en lugar de conexión Wi-Fi para conectar dispositivos que consumen mucho ancho de banda, como consolas de videojuegos o Smart TV's, se logra reducir la congestión de la red Wi-Fi. Esta decisión no solo contribuye a mejorar la calidad de la señal, sino que también eleva la calidad de reproducción de videos y, en general, enriquece la experiencia de uso.
- **Analizar el canal:** Es fundamental realizar un análisis del canal en el cual opera nuestra red Wi-Fi. Es importante asegurarse de que esté configurado en uno de los canales estándar y que no esté experimentando congestión. Si se identifica que el canal actual está congestionado, podemos efectuar un cambio a uno de los canales estándar disponibles, como el 1, 6 o 11, a través de la configuración de nuestro enrutador. Esta permitirá evitar interferencias con otros canales y, en consecuencia, mejorará significativamente la calidad de la señal de nuestra red.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

A lo largo del estudio sobre la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano, se buscó identificar las principales causas de su deterioro continuo. Mediante encuestas, se realizaron mediciones técnicas y se analizó la experiencia del usuario. A partir de este enfoque, se identificaron varias causas que afectan en la calidad del servicio de las redes Wi-Fi.

Los objetivos planteados en este trabajo proporcionaron la guía para nuestras investigaciones y análisis. De esta manera se resalta la originalidad del proyecto al ser el primer estudio integral sobre la calidad del servicio Wi-Fi en el litoral ecuatoriano. Esto aporta una innovación al campo de estudio de la conectividad inalámbrica y la calidad de servicio Wi-Fi en dicha región, además de contribuir a la comunidad al promover mejoras en la conectividad inalámbrica, brindando un valor tangible a la sociedad.

Se ha explorado tanto la dimensión técnica como la percepción de los usuarios tanto del área urbana como rural del litoral ecuatoriano. A través de encuestas, mediciones y fuentes secundarias, se identificaron tendencias y causas que impactan directamente en la conectividad inalámbrica en la región costera del Ecuador. Las conclusiones que se presentan a continuación reflejan los logros alcanzados y proponen soluciones para consumidores, proveedores de servicio y el estado.

4.1 Conclusiones

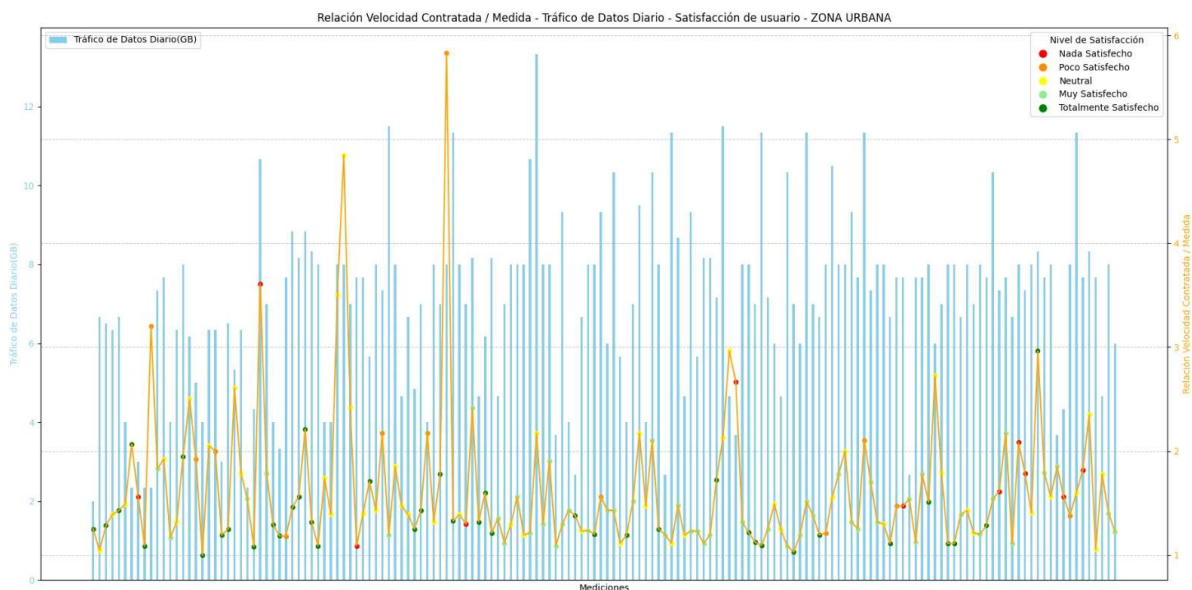
- Se realizó de manera efectiva el estudio del servicio de las redes Wi-Fi obteniendo información mediante la encuesta y las mediciones técnicas. Este análisis proporcionó una perspectiva más completa sobre la calidad de servicio que los proveedores de Internet ofrecen. Durante este proceso de investigación, se recolectaron datos valiosos que fueron sometidos a un análisis detallado. Esto permitió identificar tendencias, desafíos y áreas de mejora en la conectividad Wi-Fi, teniendo en cuenta factores clave como la ubicación geográfica de los usuarios, la velocidad de conexión, el tráfico de datos y la satisfacción del usuario. A partir de los datos cuantitativos, se determinó que algunos usuarios experimentan una conexión a Internet inestable debido a tasas de transmisión reducidas, afectando negativamente su experiencia de servicio. Por otro lado, los datos cualitativos revelaron información demográfica y detalles sobre la experiencia del usuario. Esta combinación de enfoques cuantitativos y cualitativos proporcionó una visión integral de los desafíos asociados con la conectividad Wi-Fi, identificando tanto problemas técnicos y de rendimiento como percepciones y vivencias de los usuarios.
- Se propusieron soluciones estratégicas destinadas a consumidores, proveedores de servicios y al gobierno, con el objetivo de mejorar la calidad del servicio Wi-Fi en la costa

ecuatoriana. Estas soluciones fueron meticulosamente concebidas a partir de los factores previamente identificados mediante un análisis de datos exhaustivo. Entre las propuestas se incluyen recomendaciones relacionadas con la ubicación estratégica de los routers, la implementación de puntos de acceso adicionales, la promoción del uso de conexiones Ethernet por cable, y la evaluación y selección adecuada de canales de red.

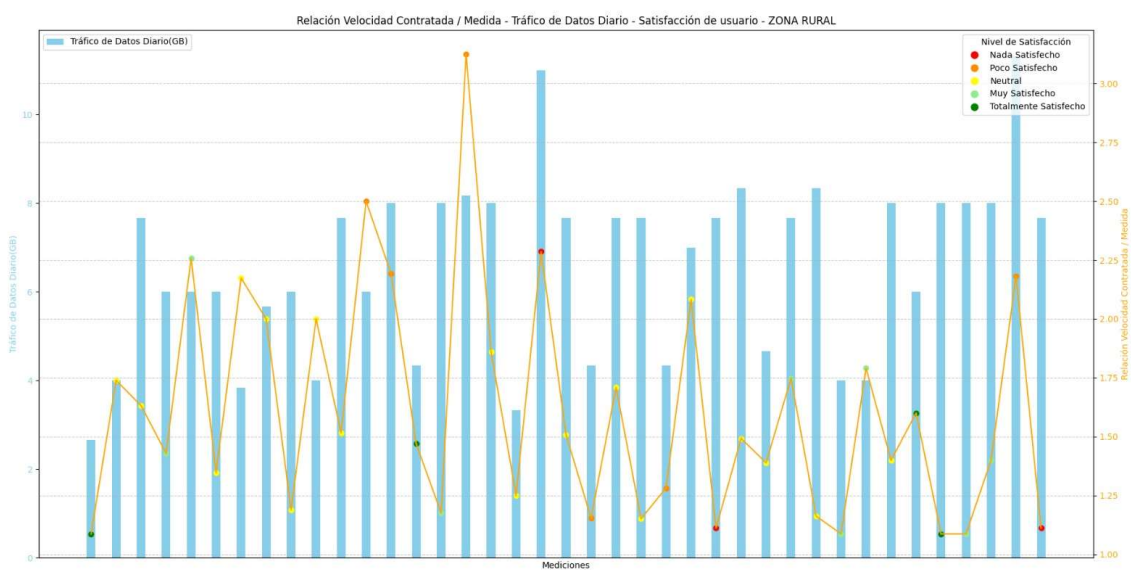
4.2 Recomendaciones

- Para futuros estudios, se recomienda realizar una investigación con más amplitud de los canales a los que se despliegan las redes Wi-Fi. Esta exploración podría facilitar mediciones técnicas más detalladas y así lograr optimizar la calidad de servicio de redes Wi-Fi y desarrollar posibles estrategias para mitigar interferencias.
- Se propone abarcar más ciudades de otras regiones del Ecuador en futuros análisis. Esto permitirá comparar la calidad del servicio Wi-Fi entre distintas regiones geográficas, permitiendo tener una perspectiva más amplia de los factores que influyen en la conectividad inalámbrica.
- Es recomendable evaluar como las políticas públicas y regulaciones en el área de Telecomunicaciones afectan la calidad del servicio Wi-Fi.

ANEXOS

Figura Anexos.1*Relación velocidad- tráfico de datos- Satisfacción de usuario en Zona Urbana*

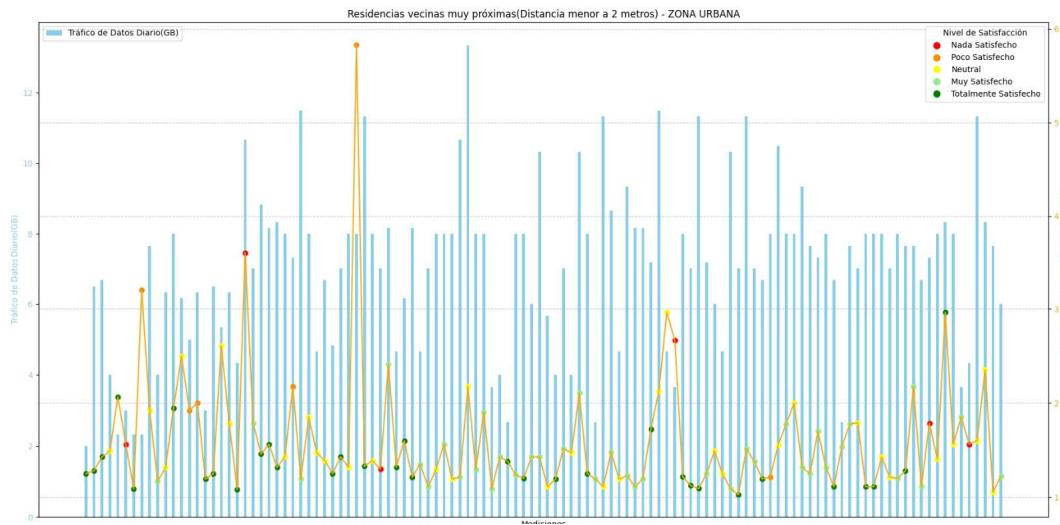
Nota. Gráfico de relación velocidad contratada/medida comparada con tráfico de datos y satisfacción de usuario en la zona urbana

Figura Anexos.2*Relación velocidad- tráfico de datos- Satisfacción de usuario en Zona Rural*

Nota. Gráfico de relación velocidad contratada/medida comparada con tráfico de datos y satisfacción de usuario en la zona rural

Figura Anexos.3

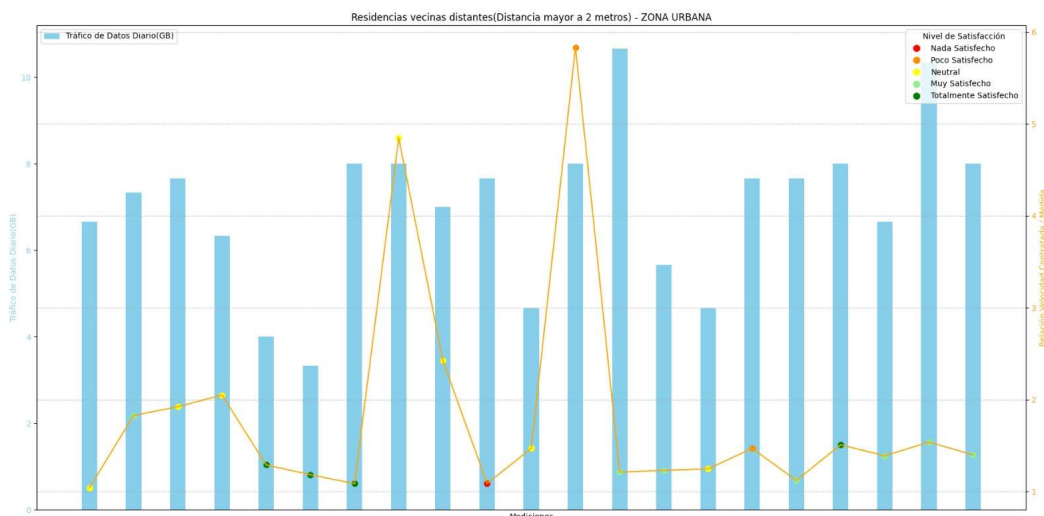
Residencias vecinas muy próximas (Zona Urbana)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias vecinas muy próximas en zona urbana

Figura Anexos.4

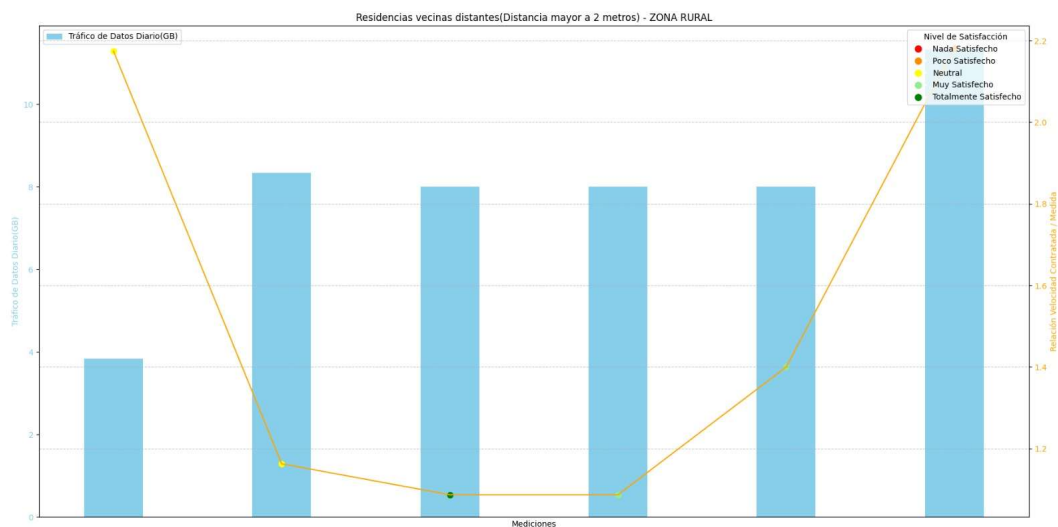
Residencias vecinas distantes (Zona Urbana)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias vecinas distantes en zona urbana

Figura Anexos.5

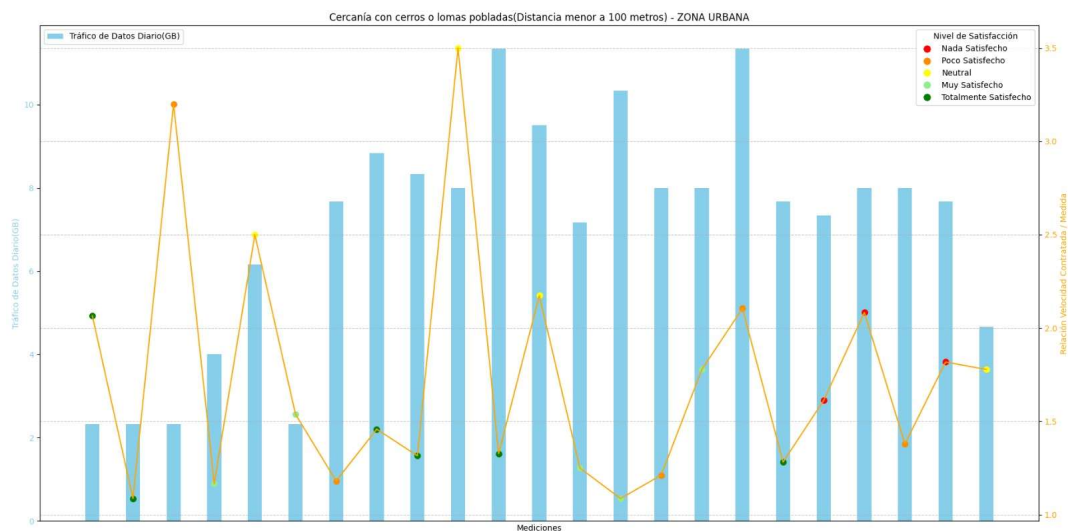
Residencias vecinas distantes (Zona Rural)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias vecinas distantes en zona rural

Figura Anexos.6

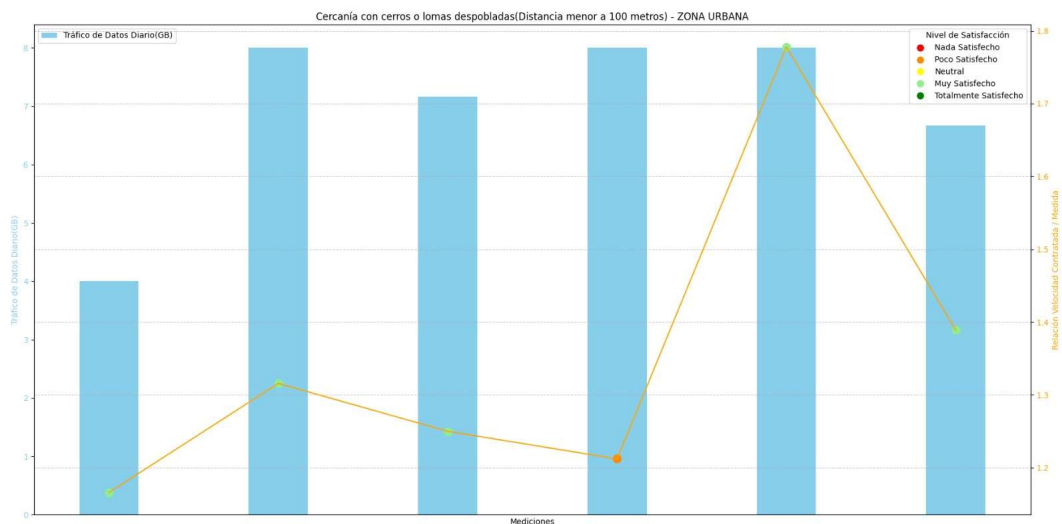
Residencias cercanas con cerros o lomas pobladas (Zona Urbana)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias cercanas con cerros o lomas en zona urbana

Figura Anexos.7

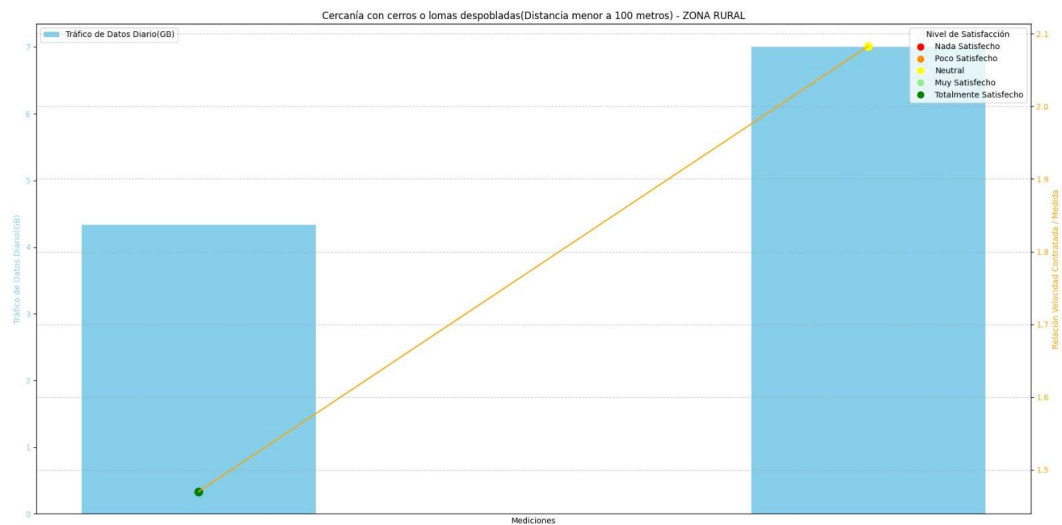
Residencias cercanas con cerros o lomas despobladas (Zona Urbana)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias cercanas con cerros o lomas despobladas en zona urbana

Figura Anexos.8

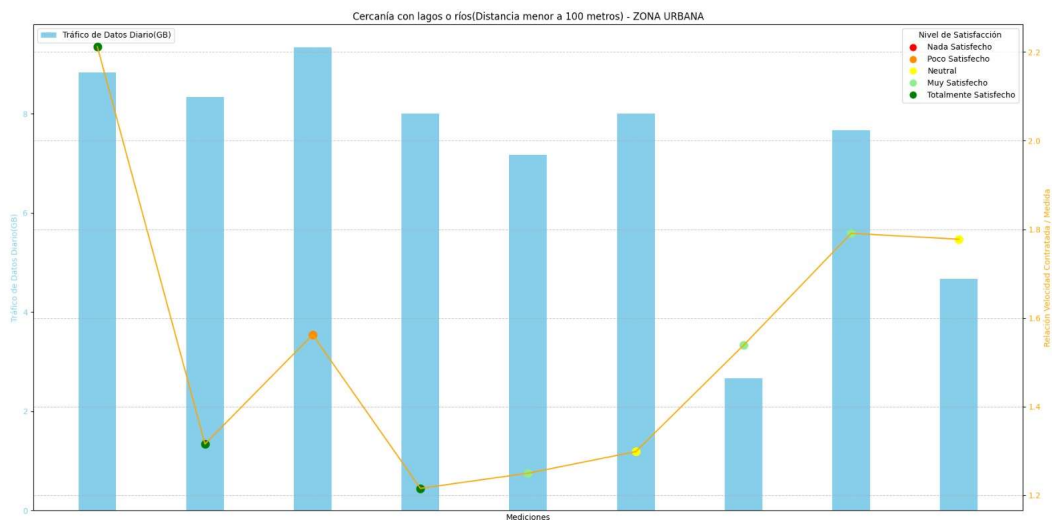
Residencias cercanas con cerros o lomas despobladas (Zona Rural)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias cercanas con cerros o lomas despobladas en zona rural

Figura Anexos.9

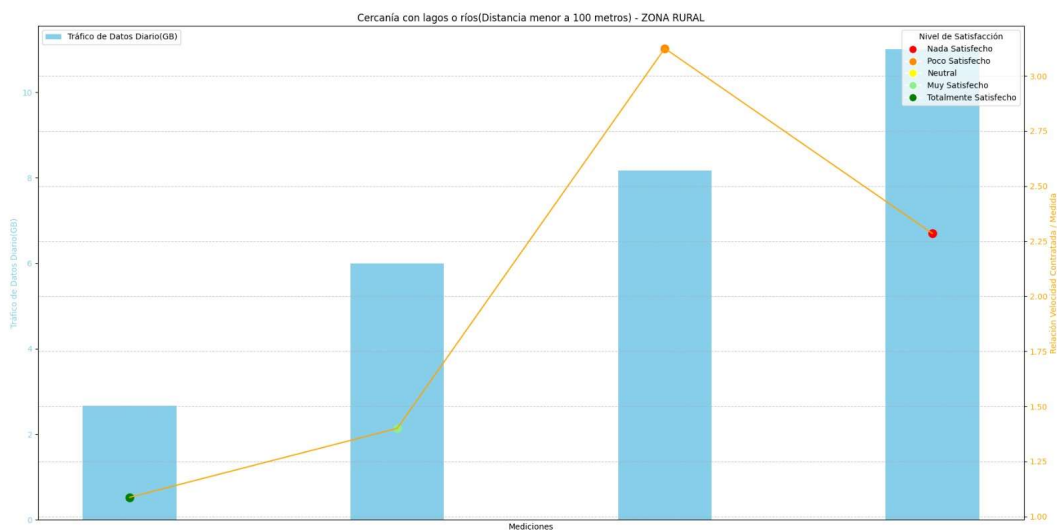
Residencias cercanas con lagos o ríos (Zona Urbana)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias cercanas con lagos o ríos en zona urbana

Figura Anexos.10

Residencias cercanas con lagos o ríos (Zona Rural)



Nota. Datos de tráfico de datos, relación de velocidad y nivel de satisfacción en las residencias cercanas con lagos o ríos en zona rural

Tabla Anexos 1*Cifras de la relación entre velocidad contratada/medida*

Residencia	Media [Mbps]	Mínimo [Mbps]	Máximo [Mbps]	Distribución
General	1.60	1.0	5.83	Logarítmica Normal
Próxima a edificios(Distancia menor a 100 metros)	1.55	1.19	2.72	Gamma
Residencias vecinas muy próximas(Distancia menor a 2 metros)	1.56	1.02	5.83	Logarítmica Normal
Residencias vecinas distantes(Distancia mayor a 2 metros)	1.75	1.04	5.83	Logarítmica Normal
Cercanía con cerros o lomas pobladas(Distancia menor a 100 metros)	1.71	1.08	3.5	Exponencial
Cercanía con cerros o lomas despobladas(Distancia menor a 100 metros)	1.45	1.16	2.08	Exponencial
Cercanía con lagos o ríos(Distancia menor a 100 metros)	1.68	1.08	3.125	Exponencial

Nota. Datos estadísticos de la encuesta de manera general y por ambientes.

Tabla Anexos 2*Cifras del tráfico de datos por ambiente.*

Residencia	Media[GB]	Mínimo[GB]	Máximo[GB]	Distribución
General	6.93	2	13.33	Normal
Próxima a edificios(Distancia menor a 100 metros)	6.79	3.33	9.5	Normal
Residencias vecinas muy próximas(Distancia menor a 2 metros)	6.97	2	13.33	Gamma
Residencias vecinas distantes(Distancia mayor a 2 metros)	7.24	3.33	11.33	Gamma
Cercanía con cerros o lomas pobladas(Distancia menor a 100 metros)	6.78	2.33	11.33	Normal
Cercanía con cerros o lomas despobladas(Distancia menor a 100 metros)	6.64	4	8	Normal
Cercanía con lagos o ríos(Distancia menor a 100 metros)	6.64	4	8	Normal

Nota. Datos estadísticos de la encuesta de manera general y por ambientes.

Figura Anexos.11

Porcentaje de usuarios que realizan teletrabajo



Nota. Gráfico con los porcentajes de encuestados que realizan diversas tareas en teletrabajo

Referencias

- Al-Alawi, A. I. (2006). WiFi Technology: Future Market Challenges and Opportunities. *Journal of computer science*, 2, 13-18. doi:10.3844/jcssp.2006.13.18
- Alberto, L. (07 de 06 de 2023). *RZ REDES ZONE*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/bandas-frecuencias-wi-fi/>
- Andrés, R. G. (04 de 2019). *UCrea*. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/16190/416201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Britannica, T. E. (04 de 04 de 2023). *Onda de radio Enciclopedia Britannica*. Obtenido de <https://www.britannica.com/science/radio-wave>
- Britannica, T. E. (29 de 06 de 2023). *Encyclopedia Britannica*. Recuperado el 17 de 07 de 2023, de <https://www.britannica.com/science/refraction>
- C. Campolo, C. S. (2016). IEEEExplore. "*On the impact of adjacent channel interference in multi-channel VANETs*", 1-7. doi:10.1109/ICC.2016.7511085.
- EVERT, M. V. (2023). ANALISIS COMPARATIVO DE REDES WIFI 2.4GHZ Y 5GHZ PARA LA. Babahoyo. Recuperado el 17 de 07 de 2023, de <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/14201/E-UTB-FAFI-SIST.INF-000127.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fisher, T. (26 de 01 de 2022). *LifeWire tech for humans*. Recuperado el 10 de 07 de 2023, de <https://www.lifewire.com/what-is-bandwidth-2625809>
- Frank, M. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Obtenido de <http://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/handle/506/828>
- Gonzalez Villalobos, J. U. (07 de 08 de 2020). *Comparación entre el Estándar IEEE 802.11ax y el estándar IEEE 802.11ac para determinar la evolución del rendimiento de las Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN)*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25098>
- Horning, N. (2019). *Encyclopedia of Ecology (Second Edition)*. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10607-4>.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2010).
- Jenkins, F. y. (Enero de 2020). Accede a la ciencia. *difracción - Accede a la ciencia*. doi:<https://doi.org/10.1036/1097-8542.193900>
- Layton, R. (2023). *All Connect*. Obtenido de <https://www.allconnect.com/blog/report-internet-use-over-half-terabyte>

- López, A. (07 de Junio de 2023). *RedesZone*. Obtenido de <https://www.redeszone.net/tutoriales/redes-wifi/bandas-frecuencias-wi-fi/>
- Lozada Velastegui Diego Fabrico, V. V. (12 de 2012). *Diseño de una red de alta capacidad para el enlace Quito-Lago Agrio utilizando radios SDH para el transporte de datos*. Quito. Recuperado el 17 de 07 de 2023, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2674/1/CD-3359.pdf>
- María Guadalupe Miranda-Navales, M. Á.-K. (2019). Revista alergia México. *El protocolo de investigación VIII. La ética de la investigación en seres humanos*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2448-91902019000100115&script=sci_arttext
- Maryoribel Reañez, F. P. (2019). Modelo de influencia del ángulo de incidencia en paredes y rendimiento de comunicaciones IEEE 802.11g. *risti*, 47-62. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Andres-Morocho-2/publication/340316114_Prediccion_de_demanda_de_energia_electrica_mediante_redes_neuronales_artificiales/links/5e83cf4b4585150839b2bf0d/Prediccion-de-demanda-de-energia-electrica-mediante-redes-neuronal
- National Aeronautics and Space Administration, S. M. (2010). *Radio Waves*. Recuperado el 2017 de 07 de 2023, de https://science.nasa.gov/ems/05_radiowaves
- Navas, M. Á. (18 de 11 de 2017). *Professional Review*. Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2017/11/18/cuales-principales-protocolos-wifi/#80211a>
- Ronnie Fabian Patiño Hinojosa, B. A. (2022). *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22768/1/UPS%20-%20TTS827.pdf>
- Schmidt, J. F., Cousseau, J. E., & Doñate, P. D. (09 de 2005). *Modelado de canal asociado a la capa física del estándar IEEE 802.11b*. Obtenido de LaPSyC: http://lapsyc.ingelec.uns.edu.ar/Jorge/RPIC_Schmidt1.pdf
- Shi, G., & Li, K. (2017). *Signal Interference in WiFi and ZigBee Networks*. Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-47806-7
- Vicente, M. I. (2012). *Universidad Carlos III de Madrid*. Recuperado el 17 de 07 de 2023, de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/16739/PFC_Isabel%20Duran_Vicente.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Villota García , S. C., Zamora López , G. G., & Edgar Francisco Llanga Vargas, L. V. (2019). USO DEL INTERNET COMO BASE PARA EL APRENDIZAJE. *Atlante*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/05/internet-aprendizaje.html>
- William Moebs, S. J. (2016). *University Physics Volume 1*. Houston, Texas, USA: OpenStax. Obtenido de <https://openstax.org/books/university-physics-volume-1/pages/1-introduction>
- Young, C. S. (2016). Chapter 4 - Electromagnetic Waves. En C. S. Young, & C. S. Young (Ed.), *Information Security Science* (págs. 77-102). Recuperado el 17 de 07 de 2023, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128096437000048>

Apéndice

Calculo de media, mínimo y máximo

```
import numpy as np
data = []
# Calculamos la media, el mínimo y el máximo
media = np.mean(data)
minimo = np.min(data)
maximo = np.max(data)
print("Media:", media)
print("Valor Mínimo:", minimo)
print("Valor Máximo:", maximo)
```

Calculo de distribución

```
import numpy as np
import scipy.stats as stats
datos = np.array([])
# Ajuste de datos a diversas distribuciones
distribuciones = [stats.norm, stats.expon, stats.gamma, stats.lognorm]
mejor_distribucion = None
mejor_params = None
mejor_valor_kstest = np.inf
```

```

for distribucion in distribuciones:
    # Ajusta los datos a la distribución
    params = distribucion.fit(datos)

    # Prueba de bondad de ajuste usando el estadístico Kolmogorov-Smirnov
    kstest_resultado = stats.kstest(datos, distribucion.cdf, args=params)[0]
    # Actualiza la mejor distribución si es necesario
    if kstest_resultado < mejor_valor_kstest:
        mejor_distribucion = distribucion
        mejor_params = params
        mejor_valor_kstest = kstest_resultado
# Imprime los resultados
print("La mejor distribución es:", mejor_distribucion.name)
print("Parámetros de la distribución:", mejor_params)
print("Valor de la prueba de Kolmogorov-Smirnov:", mejor_valor_kstest)

```

Medida contratada

```

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Datos de velocidad contratada (valores promedio)
velocidad_contratada_promedio = []
# Datos de velocidad medida
velocidad_medida = []
# Crear una Figura de Matplotlib
plt.figure(figsize=(12, 6))
# Crear el gráfico de barras
x = np.arange(len(velocidad_contratada_promedio))
width = 0.35
fig, ax = plt.subplots()
rects1 = ax.bar(x - width/2, velocidad_contratada_promedio, width, label='Contratada')
rects2 = ax.bar(x + width/2, velocidad_medida, width, label='Medida')
# Etiquetas y título del gráfico
ax.set_ylabel('Velocidad (Mbps)')

```



```

ax.set_title('Comparativa de velocidad Mbps Contratada vs Medida - ZONA RURAL')
ax.legend()
# Ocultar valores en el eje X
ax.set_xticks([])
ax.set_xticklabels([])
# Mostrar el gráfico
plt.tight_layout()
plt.show()

```

Cálculo SIR

```

# Función para convertir dBm a mWatts
def dbm_to_mwatts(dBm):
    return 10 ** (dBm / 10)

# Función para calcular el SIR considerando interferencias en co-canal y canales adyacentes
def calcular_sir(potencia_deseada, potencias_co_canal_dbm, potencias_adyacentes_dbm,
porcentajes_adyacentes):
    potencia_deseada_mw = dbm_to_mwatts(potencia_deseada)
    potencias_co_canal_mw = [dbm_to_mwatts(pi) for pi in potencias_co_canal_dbm]

    suma_interferencia_co_canal_mw = sum(potencias_co_canal_mw)

    potencias_adyacentes_mw = [dbm_to_mwatts(pi) * (porcentaje / 100) for pi, porcentaje in
zip(potencias_adyacentes_dbm, porcentajes_adyacentes)]
    suma_interferencia_adyacentes_mw = sum(potencias_adyacentes_mw)

    suma_total_interferencia_mw = suma_interferencia_co_canal_mw +
suma_interferencia_adyacentes_mw

    sir_mw = potencia_deseada_mw / suma_total_interferencia_mw
    sir_dbm = 10 * (math.log10(sir_mw))

    return sir_dbm
import math

```

```
# Solicitar la potencia deseada en dBm
potencia_deseada_dbm = float(input("Ingrese la potencia deseada en dBm: "))

# Solicitar el número de interferencias en co-canal
num_co_canal = int(input("Ingrese el número de interferencias en co-canal: "))

# Solicitar el número de interferencias en canales adyacentes
num_adyacentes = int(input("Ingrese el número de interferencias en canales adyacentes: "))

# Recolectar las potencias de interferencia en co-canal en dBm
potencias_co_canal_dbm = []
for i in range(num_co_canal):
    potencia_co_canal_dbm = float(input(f"Ingrese la potencia de interferencia {i + 1} en co-
canal (dBm): "))
    potencias_co_canal_dbm.append(potencia_co_canal_dbm)

# Recolectar las potencias de interferencia en canales adyacentes en dBm y porcentaje de
ocupación
potencias_adyacentes_dbm = []
porcentajes_adyacentes = []
for i in range(num_adyacentes):
    potencia_adyacentes_dbm = float(input(f"Ingrese la potencia de interferencia {i + 1} en
canales adyacentes (dBm): "))
    porcentaje_adyacentes = float(input(f"Ingrese el porcentaje de ocupación del canal adyacente
{i + 1} (%): "))
    potencias_adyacentes_dbm.append(potencia_adyacentes_dbm)
    porcentajes_adyacentes.append(porcentaje_adyacentes)

# Calcular el SIR
sir_resultado_dbm = calcular_sir(
    potencia_deseada_dbm,
    potencias_co_canal_dbm,
    potencias_adyacentes_dbm,
```

```

    porcentajes_adyacentes
)

print(f'El SIR total es: {sir_resultado_dbm:.2f} dBm")

```

Cálculo tráfico vs velocidad

```

import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np

# Datos de velocidad contratada (valores promedio) en Mbps
velocidad_contratada_promedio = []

# Datos de tráfico de datos diario en GB
tráfico_datos_diario_gb = []

satisfaccion = valores = []

colores_satisfaccion = {1: 'red', 2: 'darkorange', 3: 'yellow', 4: 'lightgreen', 5: 'green'}
etiquetas_satisfaccion = {1: 'Nada Satisfecho', 2: 'Poco Satisfecho', 3: 'Neutral', 4: 'Muy Satisfecho', 5: 'Totalmente Satisfecho'}

# Crear una Figura de Matplotlib
fig, ax1 = plt.subplots(figsize=(12, 6))
ax1.plot(velocidad_contratada_promedio, label='Relación Velocidad Contratada/Medida',
color='orange')

# Configurar el eje y para la velocidad contratada
ax1.set_ylabel('Relación Velocidad Contratada/Medida', color='orange')
ax1.tick_params(axis='y', labelcolor='orange')

# Etiquetas y título del gráfico
plt.xlabel('Mediciones')
plt.title('Relación Velocidad Contratada/Medida - Satisfacción de Usuario')

# Mostrar el gráfico con leyendas
plt.grid(axis='y', linestyle='--', alpha=0.7)
ax1.legend(loc='upper left', fontsize='medium')

# Añadir los valores de satisfacción en el gráfico como puntos con colores y etiquetas
for i, val in enumerate(satisfaccion):
    color = colores_satisfaccion[val]
    etiqueta = etiquetas_satisfaccion[val]
    plt.scatter(i, velocidad_contratada_promedio[i], color=color, marker='o', s=20, label=etiqueta)

```

```
# Crear un recuadro indicando los colores y etiquetas de satisfacción
handles = [plt.Line2D([0], [0], marker='o', color='w', label=etiquetas_satisfaccion[i],
                    markersize=10, markerfacecolor=color) for i, color in colores_satisfaccion.items()]
plt.legend(handles=handles, title='Nivel de Satisfacción', loc='upper right')
# Ocultar valores en el eje x
plt.xticks([])
# Ajustar el diseño del gráfico
plt.tight_layout()
# Mostrar el gráfico
plt.show()
```