

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

*Trabajo de titulación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Electrónica*

PROYECTO TÉCNICO:

**“DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE PARA
DEFINIR LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE ÚLTIMA MILLA PARA
LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ISP EN ECUADOR”**

AUTORAS:

MERCEDES KATHERINE CEVALLOS GONZÁLEZ

MISHELL STEFANIA TORRES MAZA

TUTOR:

ING. EDWIN JOHNATAN CORONEL GONZÁLEZ

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, Mercedes Katherine Cevallos González con documento de identificación N° 1105918443 y Mishell Stefania Torres Maza con documento de identificación N° 0706466935, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE PARA DEFINIR LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE ÚLTIMA MILLA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ISP EN ECUADOR”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Electrónica*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Mercedes Katherine Cevallos González

C.I. 1105918443



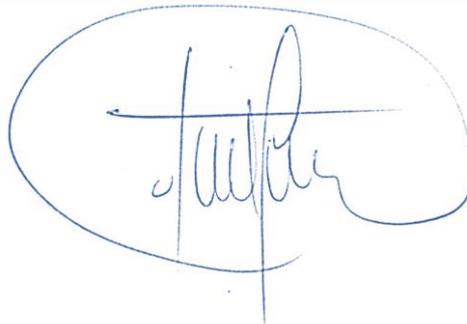
Mishell Stefania Torres Maza

C.I. 0706466935

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE PARA DEFINIR LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE ÚLTIMO MILLA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ISP EN ECUADOR”**, realizado por Mercedes Katherine Cevallos González y Mishell Stefania Torres Maza, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Ing. Edwin Johnatan Coronel González.

C.I. 0301141222

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, Mercedes Katherine Cevallos González con documento de identificación N°1105918443 y Mishell Stefania Torres Maza con documento de identificación N° 0706466935, autoras del trabajo de titulación: **“DESARROLLO DE UN SISTEMA EXPERTO COMO SOPORTE PARA DEFINIR LAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE ÚLTIMO MILLA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN ISP EN ECUADOR”**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, junio de 2021



Mercedes Katherine Cevallos González

C.I. 1105918443



Mishell Stefania Torres Maza

C.I. 0706466935

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios, ha sido quien me ha dado las fuerzas para seguir adelante, vida y salud durante esta época difícil de pandemia, a mis padres María Esther y Samuel, quienes me han apoyado en todo momento, nunca me han dejado sola, me han animado para nunca rendirme y me han dejado la mejor herencia que es la Educación, a mi hermano Juan José quien siempre me ha ayudado en el transcurso de la carrera, a Jordy por ayudarme y apoyarme siempre en todo momento, es una persona muy importante para mí. Finalmente, a los Ingenieros tutores Johnatan Coronel y Fernando Guerrero, quienes nos ayudado con tutorías, inquietudes, paciencia y han compartido su conocimiento, realmente han sido de mucha ayuda para la culminación de este proyecto.

Mercedes Katherine Cevallos González

Agradezco primero a Dios quien me ha dado fuerzas para no rendirme y lograr mis objetivos. A mis abuelitos Juana Gonza y Rosario Maza por cada sonrisa que me han regalo y me han llenado de muchas alegrías, a mis padres Orlando Torres y Clemencia Maza por ser los mejores padres y apoyarme en cada paso que doy. Finalmente, agradezco a los tutores Johnatan Coronel y Fernando Guerrero, quienes nos han brindado sus aprendizajes para que este proyecto se logre.

Mishell Stefania Torres Maza

DEDICATORIA

Dedico este Proyecto de Titulación con todo el amor a Dios, a mis padres, quienes me han apoyado incondicionalmente, un pedacito de mi esfuerzo para ustedes, son las personas más importantes en mi vida y los amo con todo mi corazón, a mi hermano Juan José, este gran paso es nuestro ñañito, a una persona muy especial para mi Jordy, quien siempre me ha dado su cariño para seguir adelante y me ayudado en todo momento. A mis primos que son como mis hermanos Sofy y Andrés, los quiero con todo mi corazón y son personas incondicionales en mi vida.

Mercedes Katherine Cevallos González

Dedico este Proyecto de Titulación a mi Papá Orlando Torres por siempre estar conmigo y no dejarme sola, eres la luz de mi vida y gracias por apoyarme en cada paso que doy, a mi Mamá Clemencia Maza por ser una mujer ejemplar, sin ustedes esto no hubiera sido posible son lo más importante en mi vida, a mis hermanos Jonathan, Nadia y Xiomara, lo logramos ñañitos, a mis pequeñas sobrinas Danna, Bianca y Emma son mi mayor orgullo y llenan de sonrisas nuestro hogar, Finalmente agradezco a mi amiga Mercedes Cevallos por no dejarme sola y ser una persona maravillosa en todo este proceso, eres la mejor. Un agradecimiento especial a Fernando Guerrero por tener mucha paciencia y no solo ser un profesor si no un gran amigo.

Mishell Stefania Torres Maza

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
RESUMEN	IX
ANTECEDENTES O PROBLEMA DE ESTUDIO	X
JUSTIFICACIÓN	XII
OBJETIVOS	XIII
OBJETIVO GENERAL:	XIII
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	XIII
GLOSARIO	XIV
CAPÍTULO 1: REVISIÓN TEÓRICA	1
1.1 Proveedor de servicios de Internet	1
1.1.1 Proveedor de servicios de Internet en Ecuador	2
1.1.2 Tendencia del crecimiento de Proveedores de Internet en Ecuador	3
1.1.3 Reglamentación para la implementación de un Proveedor de Internet en Ecuador	3
1.2 Tecnologías de última milla para la implementación de un Proveedor de Internet	4
1.2.1 Fibra Óptica	5
1.2.1.1 Características.....	5
1.2.1.2 Componentes	5
1.2.1.3 Ventajas y Desventajas	6
1.2.2 Inalámbrica	7
1.2.2.1 Características.....	7
1.2.2.2 Componentes	8
1.2.2.3 Ventajas y Desventajas	8
1.2.3 Híbrida (Fibra Óptica - Inalámbrica).....	9
1.2.3.1 Ventajas y Desventajas	10
1.3 Sistema Experto.....	10

1.3.1	Características.....	10
1.3.2	Componentes	11
1.3.3	Algoritmos	12
1.3.4	Funcionamiento	12
1.3.5	Ventajas	13
1.3.6	Limitaciones	13
1.3.7	Participantes en el desarrollo.....	14
1.3.8	Aplicaciones en Telecomunicaciones.....	14
CAPÍTULO 2: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO		15
2.1	REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA	15
2.2	DIAGRAMA DE CASO DE USO	15
2.3	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO	16
2.3.1	ANÁLISIS DE VARIABLES PARA EL SISTEMA	16
2.3.2	DESARROLLO DE VARIABLES.....	17
2.3.3	INTERFAZ EN MATLAB.....	28
2.4	CAPA DE CONOCIMIENTO.....	30
2.4.1	RAZONAMIENTO BASADO EN REGLAS.....	30
2.4.2	CAPA DE SERVICIOS.....	30
2.4.3	MÓDULO DE GESTIÓN DE USUARIOS.....	30
2.4.4	MÓDULO DE RESULTADO.....	30
2.5	APROXIMACIÓN DE COSTO DE INFRAESTRUCTURA	30
2.5.1	COSTO TECNOLOGÍA FIBRA ÓPTICA.....	31
2.5.2	COSTO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	37
2.5.3	COSTO DE TECNOLOGÍA HÍBRIDA.....	40
2.6	SISTEMA EXPERTO	41
2.6.1	PARÁMETROS PARA UTILIZAR	44
2.6.2	DIAGRAMA DE FLUJO	45
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS		46
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		58
REFERENCIAS		60
ANEXOS:		66

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 ARQUITECTURA DE UNA RED HÍBRIDA.....	9
FIGURA 2 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA EXPERTO.	13
FIGURA 3 CASO DE USO, USO DEL PROGRAMA.	15
FIGURA 4 ESQUEMA CON VARIABLES NECESARIAS.....	17
FIGURA 5 INTERFAZ DE OPENTOPOGRAPHY PARA LA DESCARGA DE TOPOGRAFÍAS DE ALTA RESOLUCIÓN.....	18
FIGURA 6 BASE DE DATOS PARA EL ALQUILER DE POSTES.	20
FIGURA 7 POSTERÍA EN EL SOFTWARE ARCGIS.	21
FIGURA 8 DISTANCIA ENTRE POSTES EN ZONA URBANA.	21
FIGURA 9 ANÁLISIS DE ÁREA EN ZONA RURAL.	22
FIGURA 10 SE AGREGÓ LA INFRAESTRUCTURA SUBTERRÁNEA EN EL SOFTWARE ARCGIS.	23
FIGURA 11 POZOS EXISTENTES DE LA EMPRESA CENTRO SUR EN EL SOFTWARE ARCGIS.	24
FIGURA 12 DISTANCIA ENTRE POZOS.	24
FIGURA 13 PÁGINA DE INICIO DEL SISTEMA.....	28
FIGURA 14 TIPO DE ANÁLISIS PARA EL SISTEMA.	29
FIGURA 15 INTERFAZ DE CÁLCULO.....	29
FIGURA 16 DISEÑO FTTH.....	31
FIGURA 17 DISEÑO RED INALÁMBRICA.....	37
FIGURA 18 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PROGRAMACIÓN.....	45
FIGURA 19 IMAGEN SATELITAL DE ICTO CRUZ (AZUAY).....	46
FIGURA 20 RESULTADOS OBTENIDOS DE ICTO CRUZ (AZUAY).....	47
FIGURA 21 IMAGEN SATELITAL DE CUENCA CENTRO (AZUAY).....	48
FIGURA 22 RESULTADOS OBTENIDOS DE CUENCA CENTRO (AZUAY).	49
FIGURA 23 IMAGEN SATELITAL DE MONAY-CUENCA (AZUAY).	50
FIGURA 24 RESULTADOS OBTENIDOS DE MONAY-CUENCA (AZUAY).....	51
FIGURA 25 IMAGEN SATELITAL DE GUALACEO (AZUAY).....	52
FIGURA 26 RESULTADOS OBTENIDOS DE GUALACEO (AZUAY).....	53
FIGURA 27 IMAGEN SATELITAL DE PAUTE (AZUAY).	54
FIGURA 28 RESULTADOS OBTENIDOS DE PAUTE (AZUAY).....	55

FIGURA 29 IMAGEN SATELITAL DE SIGSIG (AZUAY).....	56
FIGURA 30 RESULTADOS OBTENIDOS DE SIGSIG (AZUAY).....	57

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CASO DE USO – USO DEL PROGRAMA.....	16
TABLA 2 PROMEDIO DE PLANES OFERTADOS POR SERVICIOS DE INTERNET.....	28
TABLA 3 PRESUPUESTO DE RED GPON.	32
TABLA 4 PRESUPUESTO DE ENERGÍA Y CLIMATIZACIÓN.....	33
TABLA 5 PRESUPUESTO DE RED DE DISTRIBUCIÓN.....	36
TABLA 6 PRESUPUESTO CIVIL.....	36
TABLA 7 ARRENDAMIENTO DE CANALIZACIÓN.....	36
TABLA 8 APROXIMACIÓN COSTO DE FIBRA ÓPTICA.	37
TABLA 9 PRESUPUESTO DE RED INALÁMBRICA.	38
TABLA 10 PRESUPUESTO PARA ENERGÍA.	39
TABLA 11 PRESUPUESTO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.	39
TABLA 12 PRESUPUESTO PARA LEVANTAMIENTO DE TORRE.....	40
TABLA 13 APROXIMACIÓN COSTO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA.....	40
TABLA 14 APROXIMACIÓN COSTO DE TECNOLOGÍA HÍBRIDA.	41
TABLA 15 DATOS DE POSIBLES COMBINACIONES.....	44
TABLA 16 NÚMERO DE VIVIENDAS PARTICULARES SEGÚN PROVINCIA Y CANTÓN.....	82
TABLA 17 PRESTADORES DE SERVICIO DE INTERNET.	84

RESUMEN

En este trabajo se describe el proyecto investigativo que determina la necesidad de diseñar e implementar un Sistema Experto para definir las tecnologías de acceso de última milla, gracias a la evolución de redes de acceso y al desarrollo de telecomunicaciones en Ecuador.

Se presenta un diseño de cómo está estructurado el Sistema Experto para dar soporte que beneficie a los inversionistas para la toma de decisiones en cuanto a la elección de la tecnología de última milla para la implementación de un ISP en Ecuador, permitiendo a los proveedores tener un programa que facilite el análisis, con el objetivo de identificar las tecnologías de acceso.

Se elaboró un proceso de investigación y recopilación de datos para el Sistema Experto, además de satisfacer las normas establecidas que un ISP requiere, tomando en cuenta parámetros esenciales con la ayuda de expertos en el área, para así obtener respuesta a un sistema experto que brinde la tecnología de Última Milla (Fibra Óptica, Inalámbrica o Híbrida) adecuada para el análisis y fácil interpretación final del usuario.

ANTECEDENTES O PROBLEMA DE ESTUDIO

Uno de los nichos de negocio más explotados a nivel mundial dentro del área de las telecomunicaciones, son los ISP. Ecuador no está fuera de esta tendencia y es posible encontrarse con varios casos de éxito donde profesionales en el área han generado emprendimientos altamente rentables relacionados con los ISP. Para que estos emprendimientos sean rentables existen algunas variables que deben ser consideradas desde el inicio del planteamiento hasta la implementación y puesta en marcha de proyecto. Las primeras empresas que se destacaron en ofrecer servicio de Internet tuvieron que realizar minuciosos estudios e invertir fuertes capitales para tener éxito. Otras empresas en cambio no contaron con la misma suerte y por diversos motivos vieron fracasar sus proyectos. Los proyectos que funcionaron se vieron en la necesidad de expandirse y mejorar su operación, con el objetivo de mantener los estándares de calidad y ofrecer servicios eficientes. Esto provocó que los estándares actuales para cualquier persona o empresa que desee incursionar en la implementación de un ISP, sean demasiado exigentes. Aumentando de esta manera la probabilidad de fracasar al no poder competir con las empresas pioneras, cuya experiencia recopilada a lo largo del tiempo y de los errores cometidos, los convierte en los dueños del mercado de los ISP.

Actualmente, la implementación de un ISP puede ser considerado microemprendimientos al alcance de personas comunes y corrientes con una capacidad económica moderada. Gracias a los constantes desarrollos tecnológicos y la posibilidad de adquirir cada vez mejor tecnología por menor costo. Las diferentes alternativas existentes en los mercados internacionales permiten a los emprendedores brindar servicios de muy buena calidad, a precios módicos. Esta situación ha permitido que, dentro de nuestro medio, el mercado de las telecomunicaciones cuente con mayor oferta, mejorando así los servicios que antes se encontraban monopolizados. Ahora, gracias a la libre competencia, los usuarios pueden elegir a sus proveedores y su experiencia va mejorando. Esto significa que esta tendencia ha sido de gran beneficio tanto para los proveedores como para los usuarios.

Esta libre oferta y demanda ha permitido que los ISP no se centren únicamente en los sectores donde probablemente existe un fuerte poderío económico. Una de las características de vivir en la sociedad de la información es que todo mundo quiere estar

conectado todo el tiempo y lo han convertido en una necesidad básica. Esto significa que todo mundo está dispuesto a invertir en un acceso a la gran red para no quedar rezagado y prácticamente sin contacto con el mundo (al menos esa es la tendencia del pensamiento actual). Sin embargo, los modelos de implementación de ISP existentes se han centrado en zonas con alta densidad poblacional, teniendo características bastante homogéneas entre todos. Aquellos sectores que poseen población distribuida de una manera más dispersa no cuentan con modelos o lineamientos bien establecidos de cómo se podría implementar de manera exitosa un ISP. Los actuales esfuerzos de los emprendedores se centran en encontrar estrategias, tanto desde el punto de vista de la ingeniería como de la mercadotecnia, para llegar con soluciones rentables a sectores que pueden considerarse nichos de mercado no explotados.

JUSTIFICACIÓN

El crecimiento poblacional en prácticamente todos los sectores del país genera nuevas necesidades básicas y, consecuentemente, nuevas oportunidades de mercado, como es el caso de los ISP. No existen estudios que puedan ser usados como referencia para solventar dudas en la toma de decisiones al momento de diseñar e implementar un ISP. Probablemente, lo más cercano a una fuente de consulta serán los casos de éxitos, que seguramente no estarán dispuestos a compartir información, que a ellos les costó recursos, con quienes podrían convertirse en la competencia. Como consecuencia muchos de los emprendimientos fracasan.

Con el presente trabajo se pretende realizar un Sistema Experto para facilitar la toma de decisiones en la implementación de un ISP, mediante un software que añade reglas a las diferentes características, definiendo las variables que forman parte del sistema experto. En lugar de analizar únicamente los sectores con alta densidad poblacional, se realiza el estudio de factibilidad en otras zonas más distribuidas que también requieren el servicio de Internet y, bajo el protocolo adecuado, también son nichos que pueden ser explotados en el Ecuador. Adicionalmente, el sistema recomendará diferentes tecnologías en función de la factibilidad tanto desde el punto de vista económico como técnico. Con todas las variables mencionadas se pretende realizar un sistema experto cuyos resultados sirvan como punto de partida para que futuros proveedores tengan una referencia al momento de comenzar su emprendimiento. Basta con caracterizar la zona donde se pretende implementar el ISP y seleccionar el modelo más cercano dentro del presente estudio para contar con resultados útiles en la toma de decisiones.

El Sistema Experto servirá como guía para la implementación de ISP, logrando así que más personas incursionen en este modelo de negocios y sectores alejados e incluso olvidados puedan acceder a este servicio básico. Mejorando la cobertura y aumentando la competencia, lo que se traduce en un mejor servicio para los usuarios a precios más accesibles.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un sistema experto como soporte para definir las tecnologías de acceso de última milla para la implementación de un ISP en Ecuador.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Revisar la ley de telecomunicaciones en Ecuador para la implementación de un ISP.
- Definir las variables que forman parte del sistema experto.
- Asignar pesos a las variables que forman parte del sistema experto.
- Implementar el sistema experto.
- Validar los resultados del sistema experto con profesionales en el área de telecomunicaciones.

GLOSARIO

ISP: Internet Service Provider (Proveedor de Servicio de Internet).

GPON: Gigabit-capable Passive Optical Network (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit).

OLT: Optical line termination (Terminal de línea óptica).

ONU: Óptical network unit (Unidad de red óptica).

ONT: Optical network terminal (Terminal de red óptica).

ODN: Optical distribution network (Red de distribución óptica)

ARPU: Average Revenue Per User (Promedio de Ingresos por Usuario)

NAP: Network Access Point (Punto de acceso a la red)

ODF: Basic of Optical Distribution Frame (Distribuidor de Fibra Óptica)

ARCOTEL: Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones

FTTH: Fiber To The Home (Fibra hasta el hogar)

DNS: Domain Name System (Sistema de nombre de dominios)

FTP: File Transfer Protocol (Servicio de transferencia de archivos)

PPP: Paycheck Protection Program (Programa de protección de cheques de pago)

BAN: Boundary Access Node (Redes de acceso de banda ancha)

WAN: Wide Area Network (Redes de acceso inalámbrico)

BPS: Bit por segundo

HFC: Híbridos Fibra Coaxial

QOS: Quality of Service (Calidad de servicio)

CAPÍTULO 1: REVISIÓN TEÓRICA

En este capítulo se presenta una breve revisión de los principales conceptos empleados en el desarrollo del proyecto. Se estudia los diferentes medios de transmisión tanto guiados como no guiados que existen en la actualidad para poder realizar una red de comunicación.

Se empieza detallando un breve concepto sobre los temas más relevante revisando las definiciones y características de los Proveedores de Servicio de Internet y las diferentes tendencias a nivel nacional del acceso a servicios de telecomunicaciones. Se realiza recomendaciones sobre normativas que rigen la implementación de los servicios de telecomunicaciones en el país. Luego, se revisa las diferentes tecnologías empleadas en la última milla, para llegar con el servicio de internet a los usuarios. Finalmente, se describe las características de un sistema experto, sus componentes y algoritmos que pueden ser utilizados en su implementación.

1.1 PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET

Los ISP son empresas, organizaciones o compañías que proporcionan conexión a Internet a sus clientes, generalmente con fines de lucro. Conecta a sus usuarios a Internet a través de diferentes tecnologías [1].

Además de proporcionar el mantenimiento necesario para que el acceso funcione correctamente, también brindan servicios relacionados, como alojamiento virtual, registro de nombres de dominio, consultoría de diseño e implementación de sitios web. Adicionalmente, la convergencia actual entre "Sistemas de Comunicación" y "Redes Informáticas" permite servicios más complejos, como Voz sobre IP (VoIP) y mensajería multimedia unificada.

Las tecnologías de Internet han sido ampliamente aceptadas y utilizadas por miles de organizaciones e individuos en todo el mundo. El tipo y costo del servicio varían según la ubicación geográfica del usuario y la cantidad de proveedores en el área. No hay límite para la cantidad de proveedores que puede tener y, por diversas razones, es posible que desee o necesite tener más de un proveedor [1].

Los ISP se encargan de conectar usuarios finales y negocios al Internet Público. Son compañías que permiten que otras empresas u otras personas accedan a Internet y brinden servicios y conectividad.

ISP se enfrentan al desafío de proporcionar a sus clientes un acceso a Internet fiable y de alta calidad. Además, brindan diferentes niveles de soporte al cliente para evitar problemas de servicio, incluidos los proveedores de servicios en línea y los proveedores de acceso, se refieren a obras y objetos que ponen a disposición del público las computadoras y los sistemas de telecomunicaciones para los derechos conexos de carga, transmisión y descarga [2]-[3].

Estas alternativas incluyen redes de acceso de banda ancha (BAN) para empresas y residencias, y redes de acceso inalámbrico (WAN) para usuarios finales, como 3G, 4G y 5G (en los próximos años). Estas redes de acceso suelen estar interconectadas a través de redes de borde públicas antes de llegar al núcleo de Internet [2].

Cada tipo de red de acceso tiene requisitos diferentes, porque además de las características del entorno, cada tipo de aplicación de usuario que existe en la red de acceso tiene requisitos de red específicos [3].

1.1.1 PROVEEDOR DE SERVICIOS DE INTERNET EN ECUADOR

Los ISP en Ecuador se han convertido en una red global, que proporciona información diversa al conectar innumerables redes. El primer proveedor comenzó a mediados de la década de 1990, cuando Ecuador se conectó a la red a través de Ecuanel de la Fundación Nacional de Ciencias. Unos años más tarde, el nuevo proveedor comenzó a vender productos a las principales ciudades de Ecuador y adoptó un sistema de conexión inversa para líneas telefónicas fijas. A fines de la década de 1990, un número considerable de proveedores de Internet en Ecuador habían comenzado a ser regulados por ellos. La Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) fue establecida en 1995 por expertos legales en el campo de las telecomunicaciones y la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL) [4]-[5].

A partir de 2015, se estableció la agencia reguladora de telecomunicaciones ARCOTEL, que reemplazó a Supertel, Senatel y Conatel como responsable de asuntos de telecomunicaciones.

ARCOTEL, entidad responsable de la gestión, supervisión y control de las telecomunicaciones, el espectro radioeléctrico y su gestión, está autorizada para otorgar títulos autorizados a las empresas que brindan acceso a internet [2]-[7].

1.1.2 TENDENCIA DEL CRECIMIENTO DE PROVEEDORES DE INTERNET EN ECUADOR

En los últimos años, la industria de las telecomunicaciones ha experimentado un repunte y Ecuador ha mostrado una tendencia de crecimiento exponencial, por lo que el uso de internet se ha incrementado en un 6,14%, alcanzando el 54,7% de penetración de Internet de banda ancha [6].

Las áreas clave cubiertas por el plan de las telecomunicaciones incluyen: precios de Internet, infraestructura, espectro de radio 4G, direccionamiento IP (transición y coexistencia IPV4-IPV6), desechos electrónicos, implementación de infraestructura, nuevos servicios, etc [6].

En 2006, la infraestructura de la red de telecomunicaciones era limitada, con solo 1.413 kilómetros de fibra óptica y longitud de conexión en 11 provincias. Según datos de la Agencia Reguladora de Telecomunicaciones (ARCOTEL), que conecta 23 provincias, a diciembre de 2018, la longitud total de fibra óptica del país es de 120.179 kilómetros [6].

Según datos del regulador de telecomunicaciones sobre el número y tasa de penetración de las conexiones a Internet, a marzo de 2019 se han identificado 11'148.222 cuentas de Internet fijas y móviles, lo que significa que el 65% (25% de la penetración del servicio de Internet) tiene grandes cuentas de Internet el 82,1% del número total de cuentas de Internet, mientras que las conexiones fijas representaron el 17,9% restante [5].

1.1.3 REGLAMENTACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROVEEDOR DE INTERNET EN ECUADOR

El reglamento tiene como objetivo establecer reglas y procedimientos generales aplicables a las funciones de planificación, regulación, gestión y control de los servicios de telecomunicaciones.

Se deben implantar documentos necesarios para obtener el permiso para brindar servicios y, de acuerdo con las leyes y regulaciones, puede considerar ordenar un mecanismo de negociación de precios entre ISP y usuarios. Para acceder a los usuarios a través de su propia infraestructura, el titular de la licencia debe tener el título de autorización para prestar servicios de operador [7].

Se establecen los permisos de información técnica que debe utilizar el usuario:

- Instalar, proporcionar y ejecutar servicios preferenciales, o permitir el contenido de su título autorizado y normativa aplicable.
- Cumplir con el plan de expansión formulado por la empresa.
- Brindar servicios preferenciales o autorizados en las siguientes áreas para continuar y de manera efectiva, normativa e indicadores de producto y sistemas de calidad servicios establecidos por el directorio de ARCOTEL.
- Cumplimiento de las obligaciones de aplicación de las políticas listadas.
- Permitir el acceso a las instalaciones, coordinar con ARCOTEL de antemano e informar a estos datos técnicos y otros tienen la relación con el título habilitado (si es necesario), incluidas las instalaciones de ARCOTEL con el fin de verificar y realizar las pruebas necesarias para evaluar la calidad de servicio.
- Presentar a la junta ejecutiva todos los meses informes sobre el uso de frecuencias.
- El proveedor no aplicara diferentes servicios prestados, excepto en el sistema legal válido según el artículo 24 de la ley de organizaciones de telecomunicaciones, aplicación del plan de servicio universal. Dirección los ejecutivos de ARCOTEL pueden solicitar y visitar información del proveedor de servicios es necesario investigar la existencia de subvenciones cruzado. Emitir y aplicar la siguiente plantilla de contrato de acuerdo a el sistema legal actual [7]-[8]-[9].

1.2 TECNOLOGÍAS DE ÚLTIMA MILLA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PROVEEDOR DE INTERNET

Se detalla la descripción de las tres diferentes tecnologías que constituyen una última milla, como son Fibra Óptica, Inalámbrica e Híbrida, considerando los aspectos importantes tales como su definición, característica, componentes, ventajas y desventajas, las cuales nos ayudan con la implementación de última milla de un ISP.

1.2.1 FIBRA ÓPTICA

Después de un largo período de investigación, el primer sistema de prueba de fibra óptica fue en Inglaterra en 1977, y luego se realiza el primer lote de materiales en 1979. Actualmente, la demanda de mayores velocidades, calidad de servicio (QoS) y mejor ancho de banda, ha impulsado a las entidades a desarrollar nuevas tecnologías como la fibra óptica, por las ventajas que brindan (por ejemplo, mayor capacidad de transmisión) es muy utilizada y es uno de los medios de transmisión más utilizados [10].

La fibra óptica está compuesta de vidrio flexible, plástico o cristal y otros materiales dieléctricos, que pueden guiar, acumular y transmitir el haz de luz casi sin pérdida. También se puede decir que está compuesto por dos cilindros concéntricos, un cilindro tiene un núcleo atómico en su interior, el otro cilindro es un núcleo de capa exterior y cada cilindro tiene un índice de refracción diferente. El método de transmisión que utiliza la luz como portador de información se debe a que las ondas electromagnéticas tienen las mismas características que las ondas de radio, excepto que la distancia media de las ondas electromagnéticas es de micrómetros en lugar de metros o centímetros [10]-[11].

1.2.1.1 CARACTERÍSTICAS

1. Menor ruido e interferencias electromagnéticas.
2. Mejor ancho de banda de frecuencia óptica.
3. Puede lograr una alta tasa de transmisión.
4. No irradiará la señal transmitida al exterior como un cable coaxial, tiene mayor flexibilidad, mejor peso y tamaño.
5. Utiliza un material llamado SiO_2 , es abundante.

1.2.1.2 COMPONENTES

Se divide en tres tipos de composición:

1. Núcleo de plástico y cubierta de plástico.
2. Núcleo de vidrio y cubierta de plástico.
3. Núcleo de vidrio y cubierta de vidrio.

En comparación con la fibra de vidrio, la fibra de plástico es más fuerte, más suave, tiene una mejor resistencia a la presión, un peso más liviano y un costo más bajo. La

desventaja es que la distancia es relativamente corta, porque cuanto mayor es la distancia, mayor es la atenuación y la eficiencia de transmisión no es tan buena como la del vidrio [10].

1.2.1.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas [10]-[12].

1. La fibra óptica hace posible navegar por Internet a una velocidad de dos millones de bps.
2. Acceso ilimitado y continuo las 24 horas del día, sin congestiones.
3. Video y sonido en tiempo real.
4. Fácil de instalar.
5. Es inmune al ruido y las interferencias, como ocurre cuando un alambre telefónico pierde parte de su señal a otra.
6. Las fibras no pierden luz, por lo que la transmisión es también segura y no puede ser perturbada.
7. Carencia de señales eléctricas en la fibra, por lo que no pueden dar acudidas ni otros peligros. Son convenientes para trabajar en ambientes explosivos.
8. Presenta dimensiones más reducidas que los medios preexistentes.
9. El peso del cable de fibras ópticas es muy inferior al de los cables metálicos, capaz de llevar un gran número de señales.
10. La materia prima para fabricarla es abundante en la naturaleza.
11. Compatibilidad con la tecnología digital.

Desventajas [10]-[12].

1. Sólo pueden suscribirse las personas que viven en las zonas de la ciudad por las cuales ya esté instalada la red de fibra óptica.
2. El coste es alto en la conexión de fibra óptica, las empresas no cobran por tiempo de utilización sino por cantidad de información transferida al computador, que se mide en megabytes.
3. El coste de instalación es elevado.
4. Fragilidad de las fibras.

5. Disponibilidad limitada de conectores.
6. Dificultad de reparar un cable de fibras roto en el campo.
7. La alta fragilidad de las fibras.
8. Necesidad de usar transmisores y receptores más costosos.
9. Los empalmes entre fibras son difíciles de realizar, especialmente en el campo, lo que dificulta las reparaciones en caso de ruptura del cable.
10. La fibra óptica no transmite energía eléctrica, esto limita su aplicación donde el terminal de recepción debe ser energizado desde una línea eléctrica. La energía debe proveerse por conductores separados.
11. Las moléculas de hidrógeno pueden difundirse en las fibras de silicio y producir cambios en la atenuación. El agua cubre la superficie del vidrio y resulta ser el mecanismo más importante para el envejecimiento de la fibra óptica.

1.2.2 INALÁMBRICA

Un ISP que permite a los suscriptores utilizar una conexión inalámbrica (como Wi-Fi) para conectarse a un servidor designado en un punto de acceso. Este tipo de ISP proporciona servicios de banda ancha y permite que la computadora del suscriptor (llamada estación) acceda a Internet y la Web desde cualquier ubicación dentro del área de cobertura proporcionada por la antena del servidor. Suele ser una zona con un radio de varios kilómetros [13]- [14].

1.2.2.1 CARACTERÍSTICAS

- Posee un alto rendimiento ya que posee capacidad Gigabit Ethernet (1.25Gbps) usando FSO, 10Gbps MMW, 3Gbps Microondas, 550Mbps usando enlaces de radio.
- Es altamente fiable ya que posee un 99,99% de disponibilidad alcanzables.
- Posee una gama completa de FSO, radio de banda ancha, microondas, MMW, WiFi.
- Herramientas de software avanzadas que son totalmente manejables.

1.2.2.2 COMPONENTES

- Puntos de acceso: También se denomina AP por sus siglas en inglés “Access Point”. Es un dispositivo de hardware y/o software que actúa como transmisor y receptor central de señales de radio WLAN. Los usuarios de dispositivos inalámbricos, como computadoras portátiles, se conectan con estos puntos de acceso. Un punto de acceso actúa como un centro de comunicación para que los usuarios se conecten con la LAN cableada o Wifi [15].

- Tarjeta de interfaz de red: Actúa como receptor y transmisor de radio para una computadora específica y la conecta a la WLAN. Se combina con el sistema operativo del dispositivo mediante un controlador de software.

1.2.2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Proporciona una comunicación de datos mejorada que conduce a una transferencia de información más rápida entre socios y clientes.

- No requiere de cables o alambres, por lo que los usuarios pueden comunicarse incluso cuando están en movimiento.

- Tiene flexibilidad, ya que los usuarios pueden trabajar desde casa.

- Son soluciones rentables porque son fáciles y económicas de instalar.

Desventajas:

- La red es más propensa a ser atacada por usuarios no autorizados.

- Si otros usuarios o empresas utilizan tecnología inalámbrica dentro del mismo edificio, es posible que experimente interferencias.

- Las velocidades de transmisión de redes inalámbricas son menos eficientes que las redes cableadas.

- Puede tener problemas de cobertura por edificios.

1.2.3 HÍBRIDA (FIBRA ÓPTICA - INALÁMBRICA)

La red HFC, es una red que combina fibra óptica e inalámbrica, para crear una red de banda ancha. Esta tecnología comenzó a ser implementada por los operadores de TV por cable, además de brindar este servicio, los operadores de TV por cable también transmiten señales de Internet de banda ancha y servicios de voz por el mismo medio, la integración de este servicio ha propiciado la aparición de nuevos anuncios comerciales.

La red HFC tiene dos niveles jerárquicos.

-Principal: Consiste en un cable de fibra óptica que distribuye la señal desde el centro de transmisión, lo que hará que la cabeza llegue a todas las áreas de la ciudad. La parte troncal de la red es un cable de larga distancia casi sin ramificaciones y está compuesto por fibras ópticas.

-Secundaria: En cada zona de la ciudad, existe un nodo encargado de convertir las señales ópticas en señales eléctricas para su distribución final a los usuarios en el cable coaxial [16]- [17].

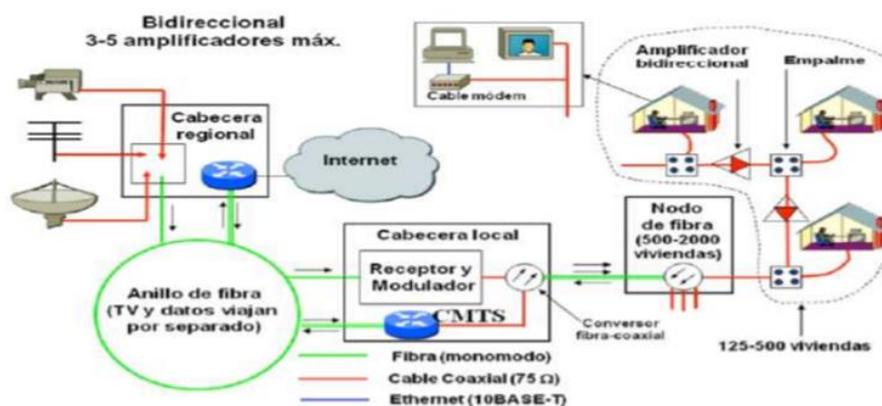


Figura 1 Arquitectura de una red Híbrida.

Fuente: [17].

En la Figura 1, se puede ver la arquitectura HFC, donde hay un anillo de fibra óptica que se encarga de distribuir la señal desde el centro de transmisión ubicado en el área de cabecera a una serie de concentradores (cabecera local). Cada uno de estos concentradores también envía las señales a través de fibras ópticas a una serie de convertidores fotoeléctricos a su vez, y luego transmite estas señales desde el cable coaxial al usuario a través del cable coaxial [17].

1.2.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Ventajas

- Las redes híbridas brindan diversas posibilidades para la transmisión de datos entre los nodos de la red, evitando los puntos afectados y moviendo los datos a rutas de transmisión alternativas.

- La red híbrida tiene múltiples funciones y puede adaptarse a varios tamaños y requisitos de red.

Desventajas

- Las redes híbridas son costosas y difíciles de construir, expandir y resolver cuando surgen problemas.

- Las redes híbridas requieren más cables entre sus nodos que otros tipos de redes, las inconsistencias y errores de varios nodos en una red híbrida suelen ser difíciles de aislar y reparar [17].

1.3 SISTEMA EXPERTO

Los sistemas expertos son un método que emplea conocimiento humano capturado en un ordenador para resolver problemas suelen comprender una base de datos ya sea por reglas y un mecanismo de inferencia. Un sistema experto es un paquete de software que emula la capacidad de toma de decisiones de un experto humano en un dominio específico, en este caso se va a realizar un programa de computadora que representa y razona con conocimiento de un tema específico con miras a resolver problema directamente o dar consejos y tratar de imitar humanos para brindar consejos a terceros para usar la mejor tecnología en implementación de un IPS en Ecuador. Un sistema experto típico consta de cuatro componentes: base de conocimiento, interfaz de usuario, memoria y motor de inferencia [18] [19].

1.3.1 CARACTERÍSTICAS

1. Tienen niveles de alto rendimiento.
2. Son fáciles de entender.
3. Son completamente confiables.
4. Son muy receptivos.

1.3.2 COMPONENTES

Hay 6 componentes de sistemas expertos:

1. Base de conocimientos.
2. Base de datos.
3. Máquina de inferencia.
4. Módulo de adquisición de conocimientos y aprendizaje.
5. Interfaz de usuario.
6. Módulo de explicación.

Base de conocimientos: La idea básica involucrada en el diseño del conocimiento. La base del sistema experto es que almacena el extenso conocimiento recopilado de expertos, libros con respecto a la aplicación en forma de reglas, leyes de telecomunicaciones vigentes en el país. El conocimiento puede ser fáctico o heurístico. El conocimiento se almacena en la forma de las reglas de producción, que contienen reglas if-else. La base de conocimiento se divide en tres secciones principales, a saber: sección variable, sección de reglas y sección de preguntas [20].

Base de datos: La base de datos almacena la información que se va a recopilar debe ser fáctico, heurístico o basado en consultas. De los datos recopilados, los datos que se pueden poner en forma de pregunta y respuesta se ponen en la base de datos de la aplicación. Se puede acceder a la base de datos por ingresando los datos pedidos por el sistema experto, basado en la región, datos geográficos, datos técnicos, etc [20].

Motor de inferencia: Todo el control y funcionamiento del sistema se realiza mediante el motor de inferencia. Aplica el conocimiento del dominio experto a lo que se sabe sobre la situación actual para determinar nueva información sobre el dominio. Este proceso conduce a la solución del problema. El motor de inferencia también permite la interfaz del sistema experto a las fuentes de datos y a la Usuario. El motor de inferencia también admite identificar las reglas de la base de conocimiento utilizada para obtener apoyo de decisión del sistema y también forma el árbol de decisiones [20].

Módulo de adquisición de conocimientos y aprendizaje: este componente permite al sistema experto adquirir más datos de varias fuentes y almacenarlos en la base de conocimientos [20].

Interfaz de usuario: este componente es esencial para que un usuario no experto interactúe con el sistema experto y encuentre soluciones [20].

Módulo de explicación: como su nombre indica, este módulo ayuda a proporcionar al usuario una explicación de la conclusión alcanzada [20].

1.3.3 ALGORITMOS

En el motor de inferencia, puede utilizar uno de varios algoritmos para sacar conclusiones. El motor de razonamiento de un sistema basado en reglas generalmente funciona vinculando reglas hacia adelante o hacia atrás [21]- [22].

Las dos estrategias son:

1. Encadenamiento hacia adelante

Empieza con hechos y reglas conocidos y luego aplique reglas de inferencia para agregar conclusiones a los hechos conocidos. Los sistemas de enlace directo se utilizan a menudo para resolver problemas de planificación o diseño más abiertos, como la configuración de configuraciones de productos complejas.

2. Encadenamiento hacia atrás

Este es un método de razonamiento hacia atrás que comienza con el objetivo y luego trabaja hacia atrás para probar hechos conocidos. Son los más adecuados para aplicaciones con un número limitado de posibles finales y claramente definidos. Una aplicación típica es un sistema de tipo de clasificación o diagnóstico, en el que se pueden comprobar cada una de las posibles conclusiones para ver si está respaldada por los datos.

1.3.4 FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento del sistema experto se explica mediante la siguiente gráfica.

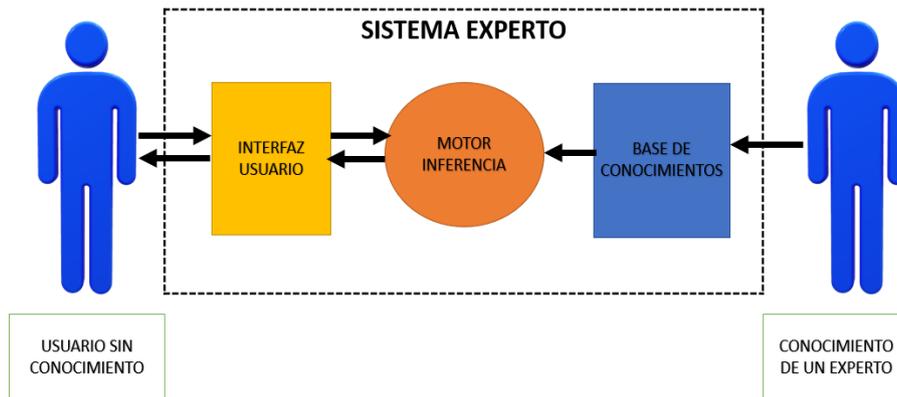


Figura 2 Funcionamiento del Sistema Experto.

Fuente: Autores.

1.3.5 VENTAJAS

- Disponibilidad: están fácilmente disponibles debido a la producción masiva de software.
- Menor costo de producción: los costos de producción de los sistemas expertos son extremadamente razonables y asequibles.
- Velocidad: ofrecen una gran velocidad y reducen la cantidad de trabajo.
- Menos tasa de errores: la tasa de errores es mucho menor que los errores humanos.
- Riesgos bajos: son capaces de trabajar en entornos que son peligrosos para los humanos.
- Respuesta estable: evitan movimientos, tensiones y fatigas.

1.3.6 LIMITACIONES

Es evidente que ninguna tecnología es del todo perfecta para ofrecer soluciones sencillas y completas. Los sistemas más grandes no solo son costosos, sino que también requieren una cantidad significativa de tiempo de desarrollo y recursos informáticos [24]-[25].

Las limitaciones incluyen:

1. Adquisición de conocimientos difíciles
2. Costos de mantenimiento
3. Costos de desarrollo
4. Se adhiere solo a dominios específicos.

5. Requiere actualizaciones manuales constantes, no puede aprender por sí mismo.
6. Es incapaz de dar lógica a las decisiones.

1.3.7 PARTICIPANTES EN EL DESARROLLO

Hay tres participantes principales en la construcción de un sistema experto[19]-[23]-[26].

- Experto: El éxito de un sistema experto depende en gran medida del conocimiento proporcionado por expertos humanos. Estos expertos son aquellas personas que están especializadas en ese dominio específico.

- Ingeniero del conocimiento: El ingeniero del conocimiento es la persona que recopila el conocimiento de los expertos del dominio y luego codifica ese conocimiento en el sistema de acuerdo con el formalismo.

- Usuario final: Es una persona en particular o un grupo de personas que pueden no ser expertos, y trabajar en el sistema experto necesita la solución o el asesoramiento para sus consultas, que son complejas.

1.3.8 APLICACIONES EN TELECOMUNICACIONES

En telecomunicaciones, los sistemas expertos se han aplicado a lo que se describe mejor como operaciones de red apoyo. Básicamente, las operaciones de red se dividen en tres amplias categorías. Primero, mantenimiento de las funciones de los componentes de la red funcionando correctamente, luego las pruebas, reparación de equipos, resolución de problemas, procesamiento de informes de problemas y mantenimiento preventivo. Segundo, el proceso de revisión de la demanda de servicios de red, planificación e ingeniería de cambios en la red para satisfacer esa demanda e instalar nuevos equipos o reorganizando la red en consecuencia. Finalmente, La administración de red que abarca un grupo diverso de funciones, que mantienen los servicios de red una vez que se han previsto. Entre estos se encuentran la gestión del tráfico, el enrutamiento, facturación, asignación de instalaciones y mantenimiento de registros [20]- [27]- [28].

CAPÍTULO 2: DISEÑO Y DESARROLLO DEL SISTEMA EXPERTO

2.1 REQUERIMIENTOS PARA EL SISTEMA

El sistema experto realizado para el proyecto técnico, tiene como fin, el proporcionar información que brinda la mejor opción para elegir la tecnología de última milla. Esto se logra mediante datos previamente ingresados y una serie de reglas que se obtuvieron con la ayuda del criterio de un experto en el área. Con esta herramienta se pretende poner al alcance de los proveedores de servicios de internet, para que respalde la toma de decisiones.

La información para el diseño del software fue recopilada dentro de la Universidad Politécnica Salesiana, con apoyo de docentes dentro del área de telecomunicaciones. Esta información se utiliza para establecer los parámetros necesarios del sistema.

2.2 DIAGRAMA DE CASO DE USO

Los diagramas de casos de usos nos ayudan a indicar el funcionamiento del sistema, ilustrado las etapas que el usuario puede encontrar dentro del sistema, como se observa en la figura 3.

- Caso de uso: Uso del programa

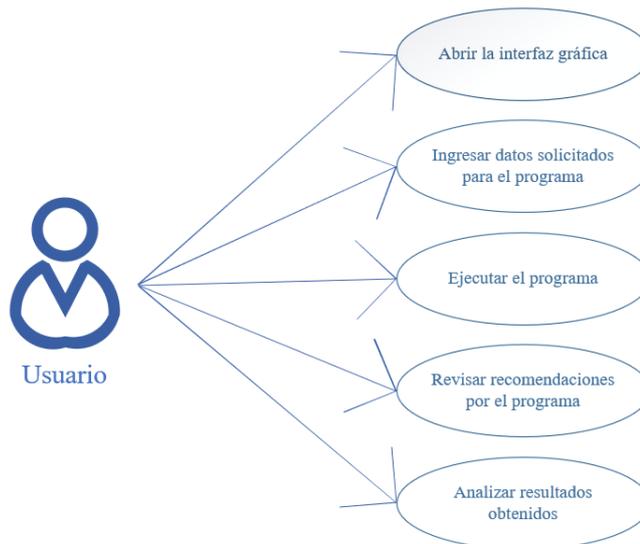


Figura 3 Caso de Uso, Uso del programa.

Fuente: Autores.

Rol Usuario	
 Usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Abrir la interfaz gráfica. • Seleccionar el tipo de análisis. • Introducir la información necesaria. • Ejecutar el programa.
Datos	
Entrada:	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de análisis • Tipo de Zona • Datos geográficos (longitud y latitud) del lugar a analizar. • Distancia en kilómetros • Altura de la antena (Para calcular perfil de elevación) • Número de abonados
Salida:	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología de última milla • Aproximación del costo de infraestructura

Tabla 1. Caso de Uso – Uso del programa.

2.3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA EXPERTO

2.3.1 ANÁLISIS DE VARIABLES PARA EL SISTEMA

Para el análisis de las variables necesarias para el sistema experto, se contó con una búsqueda de información exhaustiva, tanto en la Web, como en tesis de Implementación de un ISP, para determinar las condiciones para su implementación, tomando en cuenta tres tipos de tecnología (Fibra Óptica, Inalámbrica e Híbrida), factores indispensables que se debe abarcar.

Se ha contado con la ayuda de dos ingenieros en el área de telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales han aportado en el análisis de variables, descartando algunas innecesarias o corrigiendo el modelo matemático de la variable.

2.3.2 DESARROLLO DE VARIABLES

Para el desarrollo de cada variable fue necesario en algunos casos descargar una base de datos y procesarla matemáticamente para obtener un resultado, en otras variables se realizó una recopilación de información. A continuación, se detallan las variables con las que se trabajó y como se desarrollaron en la figura 4:



Figura 4 Esquema con variables necesarias.

Fuente: Autores.

- **Tipo de Zona**

Se realizó el estudio en Ecuador, fue indispensable separar por tipo de zona donde se desea poner el ISP, en Ecuador existen zonas urbanas y rurales, las cuales sus tasas de crecimiento son altas, medias y bajas, en zonas rurales han mejorado en la implementación de servicios básicos y de calidad, pero aún existen altos índices de pobreza, mientras que en zonas rurales la situación económica es de media a baja [28].

No se presentan las mismas condiciones en cada lugar, ya sean; geográficas y económicas, por lo que, se ha separado en Zona Urbana y Zona Rural para el análisis del Sistema Experto.

- **Perfil de Elevación**

Un perfil de elevación es una herramienta utilizada para diferenciar alturas, porcentajes de pendientes, medir segmentos de una ruta, una montaña, la cuenca de un río, etc. [29].

En esta variable se procedió a descargar un mapa en OPEN TOPOGRAPHY, con el mapa de Ecuador, como se observa en la figura 5, es una página que importa datos y herramientas de topografía de alta resolución.



Figura 5 Interfaz de OpenTopography para la descarga de topografías de alta resolución.

Fuente: [30]

Luego se procedió a analizar todos los puntos de longitud y latitud dentro de la zona que desea el usuario, como se conoce las coordenadas del punto central y la distancia a la que se desea llegar (ingresadas por el usuario) se usa la fórmula de la distancia entre dos puntos (coordenadas) como se detalla en la ecuación (1):

$$D = R \cdot \arccos(\cos(Lat_1) \cdot \cos(Lat_2) \cdot \cos(Long_2 - Long_1) + \sin(Lat_1) \cdot \sin(Lat_2)) \quad (1)$$

Donde:

R= Radio de la tierra

Lat_1 = Es la latitud en el punto inicial

$Long_1$ = Es la longitud en el punto inicial

Lat_2 = Es la latitud en el punto final

$Long_2$ = Es la longitud en el punto final

Para saber si cada uno de los puntos tiene línea a vista, se toma el punto central y la distancia al último punto (coordenadas geográficas) y se traza una recta. Si la elevación en cada punto sobrepasa la recta ya no existe línea de vista, para ello se utilizó la fórmula de Haversine, ya que son posiciones dadas (longitud y latitud) y se debe contemplar la curvatura de la tierra como se muestra en la ecuación (6), por consiguiente, pasa al siguiente ángulo a analizar y realiza el proceso 360 veces en cada ángulo respectivo.

$$\Delta lat = Lat_2 - Lat_1 \quad (2)$$

$$\Delta long = Long_2 - Long_1 \quad (3)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta lat}{2}\right) + \cos(Lat_1) \cdot \cos(Lat_2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta long}{2}\right) \quad (4)$$

$$c = 2 \cdot \arctan2(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (5)$$

$$d = R \cdot c \quad (6)$$

Donde:

R=Radio de la tierra.

Lat_1 = Es la latitud en el punto inicial

$Long_1$ = Es la longitud en el punto inicial

Lat_2 = Es la latitud en el punto final

$Long_2$ = Es la longitud en el punto final

El punto de longitud y latitud central debe ser analizado con la distancia del círculo que existe al siguiente punto ya sea de longitud y latitud para cada ángulo, para ello se utilizan las ecuaciones (7) y (8)

$$\text{Longitud} = \text{longitud Central} + \text{radio} \cdot \cos\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \quad (7)$$

$$\text{Latitud} = \text{latitud Central} + \text{radio} \cdot \sin\left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180}\right) \quad (8)$$

Donde:

α =vector para cada ángulo (0° al 360°)

- **Postería**

La postería es un soporte para los conductores y demás componentes de la línea aérea, separándolos del suelo. En el servicio de telecomunicaciones son indispensables para el paso de componentes aéreos que pueden pertenecer en su totalidad a la red de telecomunicaciones y al ISP, o formar parte de otros sectores de infraestructura en la economía.

Los datos geográficos de postería, se obtuvo desde la página web de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. Existen varias bases de datos, pero la Geodatabase que se utilizó fue Alquiler de Postes Operadoras de Telecomunicaciones, como se observa en la figura 6, son los postes que se arriendan para servicios de Telecomunicaciones.



Figura 6 Base de datos para el alquiler de postes.

Fuente: [31]

Se trabajó la base de datos en el programa ArcGIS para saber las coordenadas geográficas en latitud y longitud, de cada poste ya que el software ArcGIS cuenta con esta herramienta.

Después de haber obtenido el punto GPS de cada uno de los postes, se exporta los datos al programa EXCEL, como podemos observar en la figura 7 los postes disponibles para telecomunicaciones que ofrece la empresa eléctrica Centro Sur.



Figura 7 Postería en el software ArcGIS.

Fuente: Autores.

Para analizar la cantidad de postes existentes en el radio que desea el usuario, se tomó la longitud y latitud de cada poste, y la circunferencia (radio) se dividió en 4 partes; ángulo 0° , 90° , 180° y 270° para saber los límites superior, inferior, izquierda y derecha, es decir, la longitud y latitud para que cada uno de los postes de la base de datos se analice si está dentro del radio especificado por el usuario.

Es necesario saber si el número de postes presentes en un área específica es bueno o malo, se analizó de la siguiente manera; se dividió en dos tipos de zonas el análisis, se tomó como referencia que la distancia en zona urbana es de 35 metros entre postes, mientras que en la zona rural es de 45 metros aproximadamente.

Postes Zona Urbana:

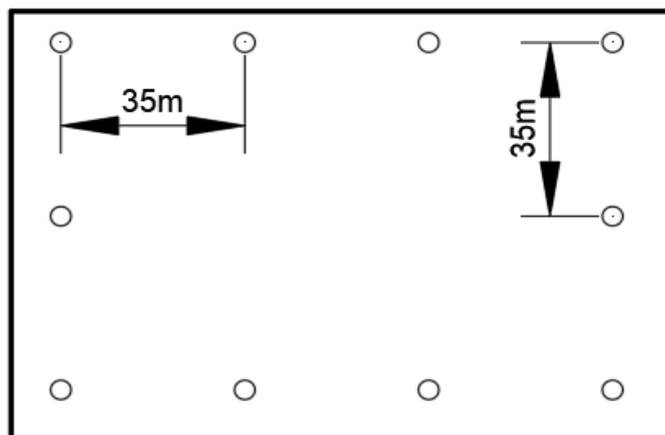


Figura 8 Distancia entre postes en zona urbana.

Fuente: Autores.

Para el análisis en zona urbana, se tomó como referencia las medidas de una manzana la cual tiene como área total 10000m^2 aproximadamente, también se sabe que la postería está ubicada por el perímetro de la manzana, entonces cada manzana abarca un máximo de 10 postes. Se realizó una regla de tres simple como se observa en la ecuación 9 para obtener el área de un poste.

Cada $10000\text{m}^2 \rightarrow 10$ postes

$$\frac{10000\text{m}^2}{10} = 1000 \text{ m}^2$$

El área que cubre un poste aproximadamente será de 1000 m^2

Postes Zona Rural:

En la zona rural para obtener el área de cada poste se realizó un análisis diferente debido a que en la zona rural no siempre está dividido en manzanas, entonces se usó la fórmula del área del círculo, como se muestra en la ecuación (9); sin importar en donde se encuentre el siguiente poste se sabe que la distancia es de 45 metros, como se puede observar en la figura 9.

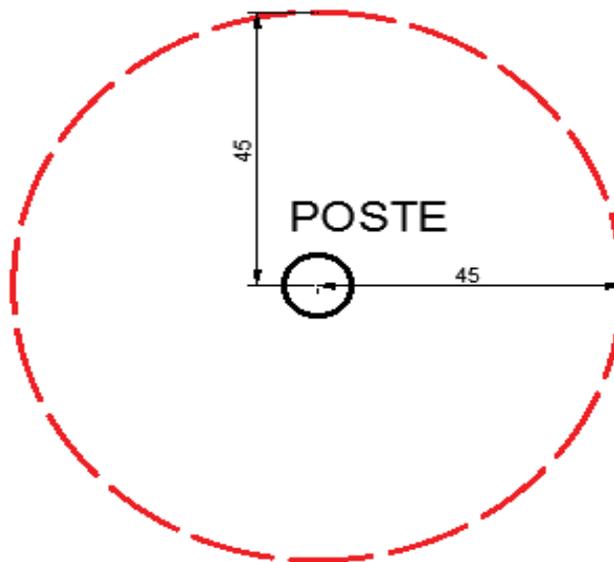


Figura 9 Análisis de área en zona rural.

Fuente: Autores.

$$A = \pi * r^2 \quad (9)$$

Donde:

A = área

r = radio

$$A = 3.141592 * (45)^2$$

$$A = 6362 \text{ m}^2$$

Cada poste tendrá un área de 6352 m²

- **Canalización**

En cuanto a la canalización es una infraestructura dedicada a la distribución de redes eléctricas y telecomunicación subterránea, este proceso determina todo el trabajo requerido para la excavación, llenado, compactación e instalación de tuberías. Se hace uso de este siempre y cuando exista disponibilidad y es mayor mente usando en servicio de telecomunicaciones para redes troncales de fibra óptica.

Para el desarrollo de esta variable, se trabajó conjuntamente con la variable postería, la base de datos de cada uno de los pozos se obtuvo desde la página web de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur, una vez obtenidos los datos de la postería se procedió a añadir los datos de postes como se muestra en la figura 10, se agregó infraestructura subterránea.

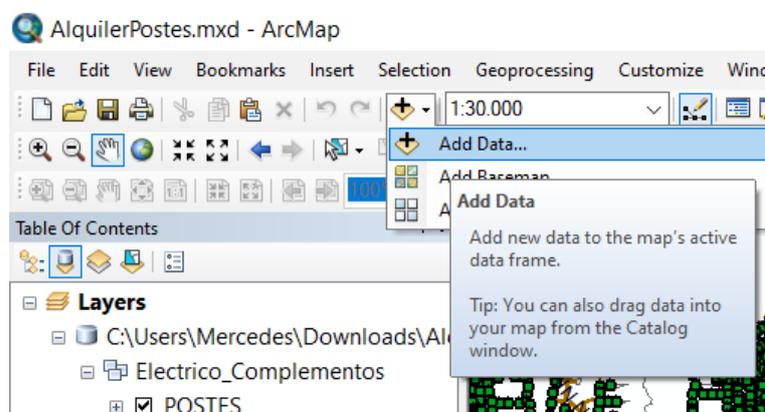


Figura 10 Se agregó la infraestructura subterránea en el software ArcGIS.

Fuente: Autores.

Se cambio el icono de pozos para mejor visualización como se muestra en la figura 11 y se exporto los datos geográficos de cada pozo en Excel.



Figura 11 Pozos existentes de la empresa Centro Sur en el software ArcGIS.

Fuente: Autores.

Para conocer el área que tiene un pozo y poder analizar cuantos entran en la zona que el usuario desea, se realizó una regla de tres simple, sabiendo que la distancia entre pozo es de 45 metros y hay aproximadamente 8 pozos en una cuadra, como se observa en la figura 12, como ya explicamos anteriormente aproximadamente en una cuadra existen 10000m^2

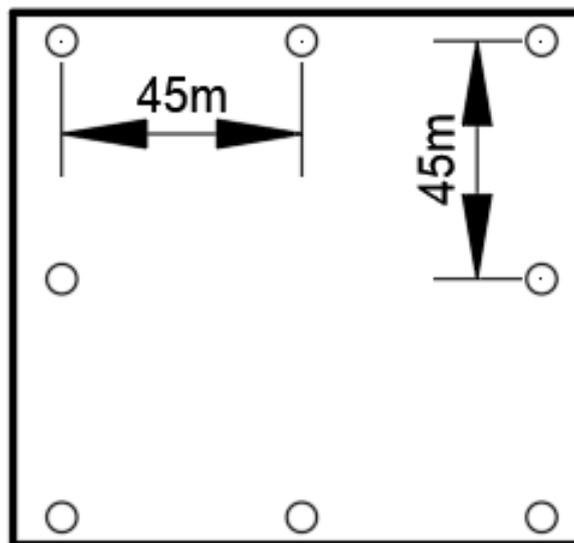


Figura 12 Distancia entre pozos.

Fuente: Autores.

Cada $10000m^2 \rightarrow 8$ Pozos

$$\frac{10000m^2}{8} = 1250m^2$$

Cada $1250m^2 \rightarrow 1$ *pozo*

Sabemos que 1 pozo tiene un área de aproximadamente $1250m^2$.

- **Abonados**

Es una persona jurídica o natural que tiene un contrato con un servicio de telecomunicaciones, para nuestro estudio son indispensables ya que es el público que va a contratar nuestro servicio de internet [32] [33].

El usuario que use el sistema experto, debe saber a quién va a brindar el servicio de internet, hemos realizado una recopilación de información de Instituto Nacional de Estadística y Censo realizada en el 2010 y hemos agregado como información las viviendas existentes por cantón en zona urbana y rural para que el usuario tenga como aproximación el número de viviendas a las que puede brindar su servicio o si este se puede expandir su servicio.

- **ARPU**

El ingreso promedio por usuario (ARPU) por sus siglas en inglés, es un término tomado de la industria de las telecomunicaciones, donde se trata como una métrica de referencia para proyectar los ingresos de una empresa. El ARPU se refiere a los ingresos generados por un usuario durante un período de tiempo específico [34].

En ARPU se realizó con la fórmula de media aritmética con los costos en el servicio de internet, que nos ayuda a obtener el promedio de un conjunto de valores finitos como se observa en la ecuación (10), de los ISP en Ecuador, obtuvimos los nombres de los prestadores de servicio de internet desde la página web de la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones, de los cuales no tuvimos información de todos los ISP's porque estaban los nombres de quienes portaban el servicio y se obtuvo información al respecto, en cambio, otros tenían el nombre de su ISP que los costos obtuvimos desde la página web, estos fueron los datos como se observa en la tabla 2, ya que nuestros fines eran para servicios de telecomunicaciones y así el usuario sepa cuanto gastan los clientes en el servicio de internet.

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n}{N} \quad (10)$$

Donde

n= Número de datos u observaciones.

x= Variables a calcular la media aritmética.

PLANES BÁSICOS		
EMPRESAS	VELOCIDAD (Mbps)	Costo (\$)
CNT	20	\$ 27,89
TV CABLE	25	\$ 22,96
FIBRAMAX-Quito	25	\$ 29,10
PLANET	10	\$ 32,40
CLICK NET	3	\$ 21,99
NETLIFE	30	\$ 29,20
AUSTRONET	9	\$ 29,00
SERVICABLE	6,5	\$ 23,62
RUNATEL	8,5	\$ 29,50
SISTELCEL	6	\$ 25,00

CB VISION	10	\$ 22,00
CAVNET S.A.	1,5	\$ 17,31
CESCONET CIA. LTDA	2	\$ 22,40
DEMOSMART S.A.	20	\$ 25,00
ETAPA EP.	16	\$ 23,90
FAST-AIR-TELECOM CIA. LTDA.	4	\$ 20,00
FIALSANET S.A.	30	\$ 25,00
FLASHNET S.A.	7	\$ 20,00
GEDATECU S.A.	6,5	\$ 20,00
IFOTONCORP S.A.	0,256	\$ 45,00
INTERDATOS S.A.	3	\$ 20,00
INTERTEL CIA. LTDA.	1,8	\$ 42,90
MEGAVISIONCABLE S.A.	12	\$ 22,00
SITERTL CIA. LTDA.	4	\$ 23,25
SPEEDYCOM CIA. LTDA.	10	\$ 20,54

SPEEDYNET C.A.	10	\$ 19,66
TELEBUCA Y S.A.	20	\$ 22,00
WIFITEL S.A.	4	\$ 20,00
PROMEDIO EN \$ DE UN PLAN BÁSICO		\$ 24,35

Tabla 2 Promedio de planes ofertados por Servicios de Internet.

2.3.3 INTERFAZ EN MATLAB

Una vez programado cada una de las variables en el software MATLAB, se realizó una interfaz de fácil para el usuario, la página inicial es como se muestra en la figura 13.



Figura 13 Página de inicio del sistema.

Fuente: Autores.

El usuario deberá escoger que tipo de análisis desea, ya sea para todo el radio de una zona o solo una parte de la misma, así como se muestra en la figura 14.



Figura 14 Tipo de análisis para el sistema.

Fuente: Autores.

Se abrirá la ventana más importante, donde el usuario deberá ingresar los datos correspondientes en la parte de ingreso de datos para el análisis del mismo, como se muestra en la figura 15.

Figura 15 Interfaz de cálculo.

Fuente: Autores.

2.4 CAPA DE CONOCIMIENTO

2.4.1 RAZONAMIENTO BASADO EN REGLAS

En esta capa se procesa un sistema experto desarrollado con Matlab y Excel, que nos permite modelar todo el conocimiento aportado por los docentes que participan en el proyecto de acuerdo a las reglas. La composición del sistema experto es la siguiente:

- **Definición de variables:** Permite estructurar los datos que son necesarios para realizar las inferencias necesarias, las variables que se relacionan entre sí y cuales son indispensables.
- **Definición de hechos:** Los hechos representan los valores reales, como fueron cambiando variables a expresiones numéricas.
- **Definición en reglas:** Las reglas permiten definir el camino que el sistema debería tomar, de acuerdo a los datos ingresados de cada hecho que se presente para cada caso a considerar.

2.4.2 CAPA DE SERVICIOS

Es la capa entre la interfaz del usuario y la capa de conocimiento, la cual recibirá toda la información desde la capa de interacción que tendrá el usuario para el uso del sistema experto, trata los datos internamente, y da una respuesta por el sistema.

2.4.3 MÓDULO DE GESTIÓN DE USUARIOS

En este módulo se ingresa los datos de la localidad, distancia, tipo de zona y número de abonados, que son indispensable para la respuesta al sistema.

2.4.4 MÓDULO DE RESULTADO

En este módulo se obtendrá la respuesta al sistema, un reporte que se visualizará en cada ángulo información de cada variable, en porcentaje la tecnología de última milla y su costo de infraestructura.

2.5 APROXIMACIÓN DE COSTO DE INFRAESTRUCTURA

Los costos de infraestructura se obtienen mediante el diseño y análisis de la red, dentro que este grupo de aproximación está el costo de equipos y mano de obra que va a tener cada nodo dependiendo a la tecnología que desee implementar.

Los gastos relacionados con cada tecnología hacen referencia a la operación del negocio, están considerados dentro de los costos parciales debido a que modelo se relacionen, dependiendo también de la capacidad de usuarios que cada proveedor desee [35] [36].

2.5.1 COSTO TECNOLOGÍA FIBRA ÓPTICA

Para el análisis de costo de infraestructura de Fibra Óptica, se tomó un sector de la ciudad de Cuenca (Azuay), para dimensionar correctamente todos componentes necesarios. El costo de cada elemento fue obtenido de la lista de precios de la empresa Corporación Nacional de Telecomunicación.

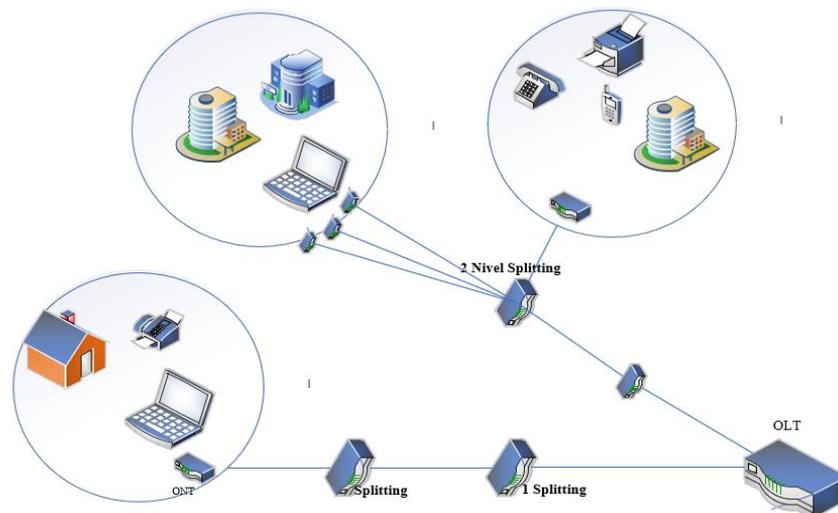


Figura 16 Diseño FTTH.

Fuente: Autores.

Presupuesto Gpon:

Elemento	Unidad	Precio	Total
OLT HUAWEI MA5600T GPON CON 8 MODULOS INCLUIDOS	1	\$ 3.300,00	\$ 3.300,00
PANEL ODF FTTH 12 24 48 96 144	1	\$ 15,99	\$ 15,99

OSN 1500 HUAWEI TRANSCEPTOR OPTICO	1	\$ 5.000,00	\$ 5.000,00
CUARTO DE EQUIPOS	67	\$ 75,00	\$ 5.025,00
PUERTA DE ACERO 1 m x 3.5 m	1	\$70,00	\$ 70,00
TOTAL			\$ 13.410,99

Tabla 3 Presupuesto de red Gpon.

Presupuesto para Energía y Climatización

Elemento	Unidad	Precio	Total
RECTIFICADOR IMPOW 3000 W	1	\$141,00	\$141,00
TABLERO DE DISTRIBUCION FACTORY AUDIT WS-MDB AC230/400V,380/660V – 80 ^a /125 ^a – 50/60 Hz	1	\$300,00	\$300,00
BANCO DE BATERIAS ENERCELL 125V	24	\$70,00	\$1.680,00
CLIMATIZADOR ELECTROLUX ECDA07P4 120V/240V	1	\$124,00	\$124,00
PEINADO DE CABLE EN CANALETAS METALICAS O ESCALERILLAS SEGÚN NORMA ANSI/TIA/EIA-569-A	7	\$1,66	\$11,62

ETIQUETADORA Rotulador Impresora Etiquetas Dymo Lm- 160+cinta	1	\$46,99	\$46,99
TOTAL			\$2.303,61

Tabla 4 Presupuesto de Energía y climatización.

Presupuesto para distribución al Usuario

Elemento	Unidad	Precio	Total
TIERRA ARMARIO	1	\$ 175, 66	\$ 175, 66
PREPARACION DE PUNTA DE CABLE DE FIBRA OPTICA Y SUJECION DE CABLES DE 144 A 288 HILOS (MANGAS)	2	\$10,32	\$ 20,64
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 72-96	4	\$ 18,32	\$ 73,28
SUMINISTRO E INSTALACION DE GABINETE PARA DISTRIBUCION DE FIBRA ÓPTICA DE 19" - 2,2 METROS CON ORGANIZACIÓN LATERAL	1	\$3094,8	\$ 3094,8
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE	50	\$ 5,39	\$ 269,5

IDENTIFICADOR ACRILICO DE FIBRA ÓPTICA 8 cm X 4 cm			
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE MANGA SUBTERRÁNEA PARA FUSIÓN DE 144 FO, TIPO DOMO (APERTURA Y CIERRE)	5	\$ 580,92	\$ 2904,6
SUMINISTRO Y COLOCACION DE ODF DE 96 PUERTOS (INCLUYE PIG TAILS SC/APC G 652.D) CON PACHEO LATERAL	1	\$1710,24	\$ 1710,24
PRUEBA REFLECTOMÉTRICA UNI DIRECCIONAL POR FIBRA EN UNA VENTANA GPON + TRAZA REFLECTOMETRICA	50	\$ 8,2	\$ 410
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE CANALIZADO 96 FIBRAS ÓPTICAS MONOMODO G652.D	4078	\$ 4,36	\$ 17780,08
SANGRADO DE CABLE FIBRA OPTICA SUBTERRANEO DE 6-48	1	\$ 12,97	\$ 12,97
SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE HERRAJE	5	\$ 38,3	\$ 191,5

DE POZO PORTA CONSOLA 1,50 M			
SUMINISTRO Y COLOCACION DE ODF DE 96 PUERTOS (INCLUYE PIG TAILS SC/APC G 652.D) CON PACHEO LATERAL	1	\$2263,09	\$ 2263,09
FUSION DE 1 HILO DE FIBRA OPTICA	180	\$ 11,09	\$ 1996,2
SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJES DE RETENCION PARA FIBRA ADSS 1 EXTENSION- 1 EXTENSION (VANO 120M)	49	\$ 14,24	\$ 697,76
ABRAZADERA METALICA 25 mm (1´´)	84	\$ 0,89	\$ 74,76
SUMINISTRO E INSTALACION DE HERRAJE TIPO B (CONICO) PARA CABLE DE FIBRA OPTICA ADSS	41	\$ 16,05	\$ 658,05
SUMINISTRO Y TENDIDO DE CABLE AEREO ADSS DE FIBRA OPTICA MONOMODO DE 12 HILOS G.652.D VANO 80 METROS	269,72	\$ 2,41	\$ 650,0252

MEMORIA TECNICA DE TENDIDO DE CABLE SEGÚN NORMA ANSI/TIA/EIA-606-A	1	\$ 13,62	\$ 13,62
SUMINISTRO Y COLOCACION SPLITTER PLC (1X8) CONECTORIZADO	407	\$ 59,55	\$ 24236,85
SUMINISTRO Y COLOCACION DE CAJA DE DISTRIBUCION AEREA NAP DE 8 PUERTOS SC/ APC SIN DERIVACION	404	\$ 214,25	\$ 86557
TOTAL			\$ 143614,965

Tabla 5 Presupuesto de red de distribución.

Presupuesto Civil

Elemento	Unidad	PRECIO (Por Proveedor Anual)	Total
Arrendamiento Poste	350	\$ 8,83	\$ 3090,5

Tabla 6 Presupuesto civil.

Canalización

Elemento	Unidad	Precio	Total
Arrendamiento Canalización	250 metros	\$ 0,85	\$ 212,5

Tabla 7 Arrendamiento de canalización.

El análisis de costo de infraestructura Fibra Óptica es dimensionado para 3000 usuarios, por lo tanto, el total de su costo fue dividido para la cantidad de usuarios mencionados, obteniendo una aproximación de costo por usuario.

TOTAL, FIBRA ÓPTICA	
\$ 162.632,57	Sumatoria de todos los elementos
3000	Usuarios
\$ 54,21	Precio por Usuario

Tabla 8 Aproximación costo de Fibra Óptica.

2.5.2 COSTO DE TECNOLOGÍA INALÁMBRICA

En el análisis de costo de tecnología Inalámbrica, se tomó al igual que el costo de Tecnología de Fibra Óptica, un sector de la ciudad de Cuenca (Azúay), para dimensionar correctamente todos componentes necesarios. El costo de cada elemento fue obtenido desde la página web y ayuda de un Ingeniero que posee un ISP.

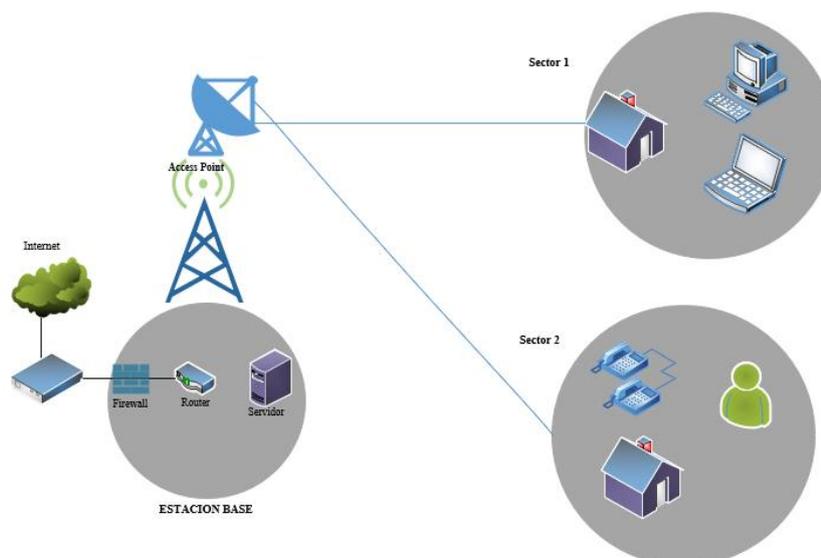


Figura 17 Diseño Red Inalámbrica.

Fuente: Autores.

Elementos para la implementación Tecnología Inalámbrica

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total
RTn600	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Antena A07D12HAC	2	\$ 700,00	\$ 1.400,00
Cambium Networks ePMP Force 180 (Radio)	47	\$ 125,00	\$ 5.875,00
Instalación de antena ePMP Force 180	47	\$ 40,00	\$ 1.880,00
Radio ePMP Force 180	47	\$125	\$ 5.875,00
Switch 12 puertos CISCO	1	\$600	\$600
Switch Cisco 24 puertos	1	\$ 1.250,00	\$ 1.250,00
TOTAL			\$ 17.880,00

Tabla 9 Presupuesto de red Inalámbrica.

Presupuesto de Energía

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total
RECTIFICADOR IMPOW 3000 ZW	1	\$ 141,00	\$ 141,00
TABLERO DE DISTRIBUCION FACTORY AUDIT WS-MDB	1	\$ 300,00	\$ 300,00

AC230/400V,380/660V – 80 ^a /125 ^a – 50/60 Hz			
BANCO DE BATERIAS ENERCELL 125V	10	\$ 70,00	\$ 700,00
TOTAL			\$ 1.141,00

Tabla 10 Presupuesto para energía.

Mantenimiento

Elemento	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total
Derechos de instalación de antena en la torre	47	\$ 100	\$ 4.700,00
Mantenimiento de la red	2	\$ 200	\$ 400,00
TOTAL			\$ 5.100,00

Tabla 11 Presupuesto para el mantenimiento de la Tecnología Inalámbrica.

Ingeniería Civil para el levantamiento de Torre.

	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total
Arrendamiento de Torre por rack	1	\$ 350	350
Torre Autosoportada 24 m	1	\$ 24.000,00	\$ 24.000,00

TOTAL			\$ 24.350,00
-------	--	--	---------------------

Tabla 12 Presupuesto para levantamiento de torre.

El análisis de costo de infraestructura Inalámbrica es dimensionado para 3000 usuarios, por lo tanto, el total de su costo fue dividido para la cantidad de usuarios mencionados, obteniendo una aproximación de costo por usuario.

TOTAL, TECNOLOGÍA INALÁMBRICA	
\$ 48.471,00	Total
3000	Usuarios
\$ 16,16	Precio por Usuario

Tabla 13 Aproximación costo de Tecnología Inalámbrica.

2.5.3 COSTO DE TECNOLOGÍA HÍBRIDA

Tecnología Híbrida, es la implementación de dos tecnologías, en este caso Fibra Óptica e Inalámbrica. El costo de Tecnología será la sumatoria de las dos tecnologías previamente explicadas para un total de 3000 usuarios, como se observa en la tabla 14, el usuario que utilice el sistema experto, tendrá como resultado porcentaje de cada tecnología, por ende, en estos casos el costo de la Tecnología Híbrida es la sumatoria de las dos tecnologías.

Se multiplica el costo de la tecnología de Fibra Óptica e Inalámbrica por el porcentaje dado por el sistema, es decir, si en Tecnología Inalámbrica obtenemos un porcentaje de 70%, se multiplicará por el costo obtenido por dicha tecnología, al igual que en Tecnología Fibra Óptica, se obtendría un 30%, se multiplicará por el costo de esta infraestructura y la sumatoria de ambas tecnologías corresponde a la Tecnología Híbrida.

TOTAL, TECNOLOGÍA HÍBRIDA	
\$ 48.471,00	Tecnología Inalámbrica
\$ 162.632,57	Tecnología Fibra Óptica
\$ 211.103,57	Tecnología Híbrida

Tabla 14 Aproximación costo de Tecnología Híbrida.

2.6 SISTEMA EXPERTO

El sistema experto se encargará de proporcionar recomendaciones, basadas en el análisis de cada variable, la aproximación del costo de infraestructura.

Para el desarrollo del sistema experto, se realizó 48 combinaciones, como se muestra en la tabla 15. Las variables: perfil de elevación, postería y canalización, que se presentan en cada uno 2 casos (existe, no existe), la variable ARPU tenemos dos casos cuando es bueno y malo, en número de abonados tres casos; alto, medio y bajo, para cada uno de las combinaciones se fue analizando la mejor tecnología a recomendar.

En las últimas combinaciones cuando nos tenemos línea de vista ni postería, el sistema recomendará al usuario la posibilidad de construir postes en caso que se desea implementar tecnología Fibra Óptica o repetidores en caso de tecnología Inalámbrica.

Perfil de Elevación	Postería	Canalización	ARPU	Abonados	Tecnología de Última Milla
Existe	Existe	Existe	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	Existe	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	Existe	Bueno	Bajo	INALÁMBRICA

Existe	Existe	Existe	Malo	Alto	INALÁMBRICA
Existe	Existe	Existe	Malo	Medio	INALÁMBRICA
Existe	Existe	Existe	Malo	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	Existe	NoExiste	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	NoExiste	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	NoExiste	Bueno	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	Existe	NoExiste	Malo	Alto	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	NoExiste	Malo	Medio	FIBRA ÓPTICA
Existe	Existe	NoExiste	Malo	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Bueno	Alto	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Bueno	Medio	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Bueno	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Malo	Alto	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Malo	Medio	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	Existe	Malo	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	NoExiste	Bueno	Alto	INALÁMBRICA

Existe	NoExiste	NoExiste	Bueno	Medio	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	NoExiste	Bueno	Bajo	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	NoExiste	Malo	Alto	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	NoExiste	Malo	Medio	INALÁMBRICA
Existe	NoExiste	NoExiste	Malo	Bajo	INALÁMBRICA
NoExiste	Existe	Existe	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	Existe	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	Existe	Bueno	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	Existe	Malo	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	Existe	Malo	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	Existe	Malo	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	NoExiste	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	NoExiste	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	NoExiste	Bueno	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	NoExiste	Malo	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	Existe	NoExiste	Malo	Medio	FIBRA ÓPTICA

NoExiste	Existe	NoExiste	Malo	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Bueno	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Malo	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Malo	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	Existe	Malo	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Bueno	Alto	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Bueno	Medio	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Bueno	Bajo	FIBRA ÓPTICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Malo	Alto	INALÁMBRICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Malo	Medio	INALÁMBRICA
NoExiste	NoExiste	NoExiste	Malo	Bajo	INALÁMBRICA

Tabla 15 Datos de posibles combinaciones.

2.6.1 PARÁMETROS PARA UTILIZAR

El sistema experto cuenta con ciertos parámetros que deberá ingresar el usuario:

- Tipo de Zona: Un factor para analizar las variables, el usuario deberá escoger entre zona urbana y zona rural.

- Ubicación: Se pondrá la ubicación en grados decimales (longitud y latitud) del lugar donde estará su nodo principal.
- Distancia: La distancia en kilómetros para analizar parámetros en su radio.
- Número de abonados: Número de personas a quienes va a brindar el servicio de internet.
- Altura de antena: Este dato sirve para analizar el perfil de elevación desde el nodo principal al punto final de acuerdo a la distancia.

2.6.2 DIAGRAMA DE FLUJO

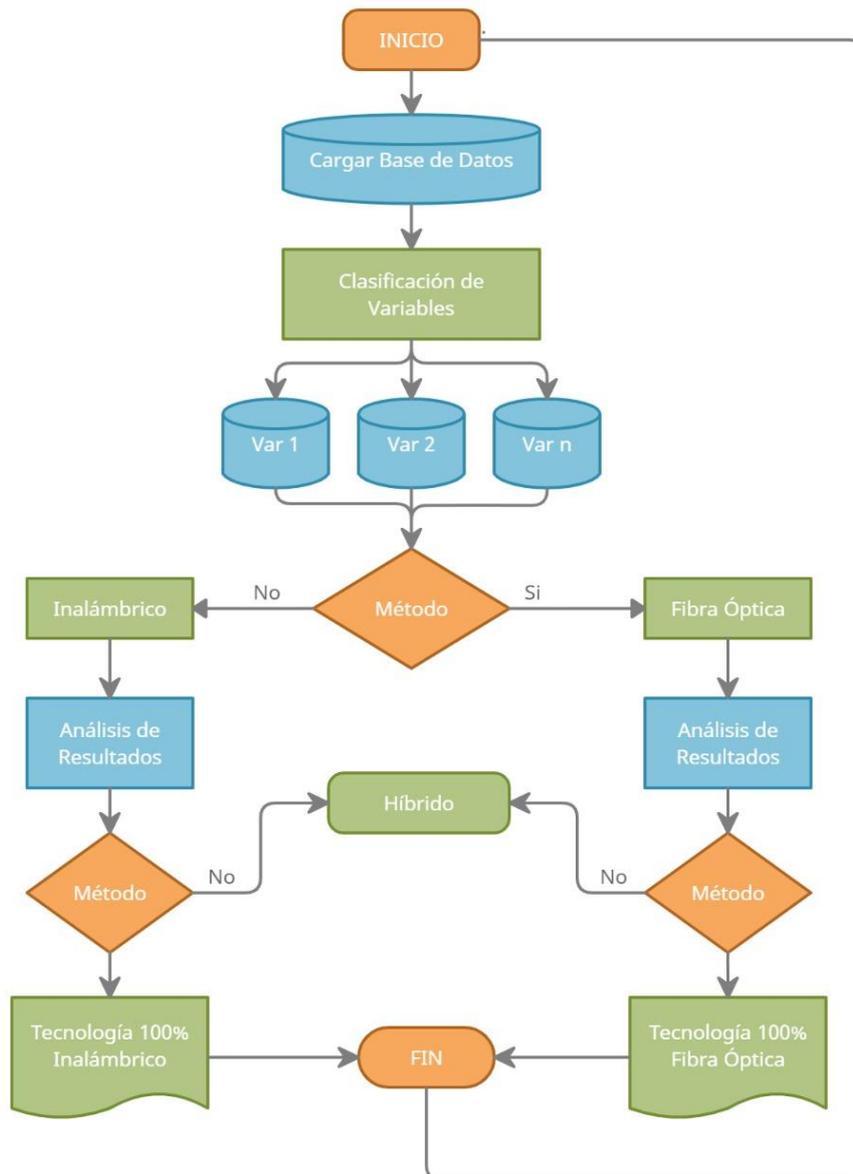


Figura 18 Diagrama de flujo de la programación.

Fuente: Autores.

CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE RESULTADOS

A fin de validar el análisis matemático descrito en cada variable, se ejecutó el sistema en diferentes lugares del cantón Azuay, con la ayuda de expertos de la Universidad Politécnica Salesiana se ha verificado la veracidad del sistema.

La tecnología híbrida queda a disposición del usuario, mostrando el porcentaje de la red Fibra Óptica y red Inalámbrica, se visualiza la aproximación del costo de infraestructura, dando un total de las dos redes en caso que se desee implementar una red Híbrida.

En cada lugar se mostrará su ubicación en grados decimales, el tipo de zona, la distancia a analizar y el número de abonados. La distancia de la antena fue de 24 metros para calcular el perfil de elevación ya que en el costo de infraestructura para una red inalámbrica esa fue la que se puso.

Los resultados obtenidos del sistema fueron los siguientes:

- **Icto Cruz (Cuenca):**

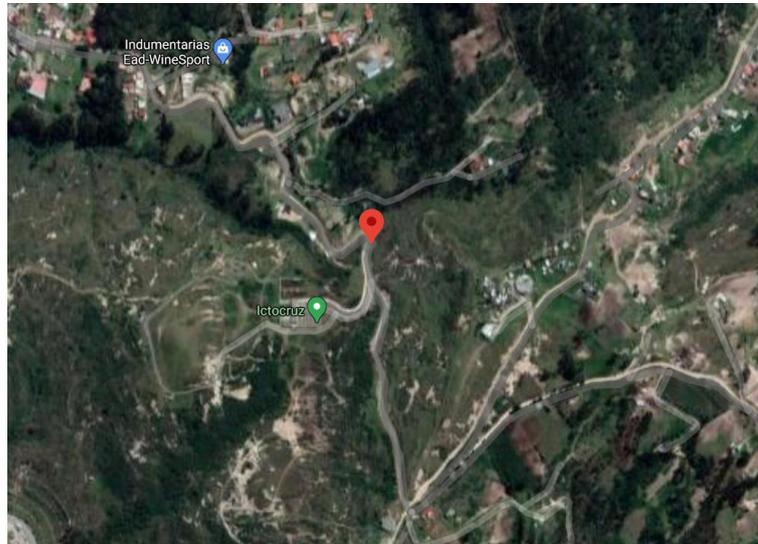


Figura 19 Imagen Satelital de Icto Cruz (Azuay).

Fuente: [37]

- Datos:

Tipo de Zona: Rural

Ubicación: -2.9298957,-78.9992924

Distancia: 1km

Abonados: 1000

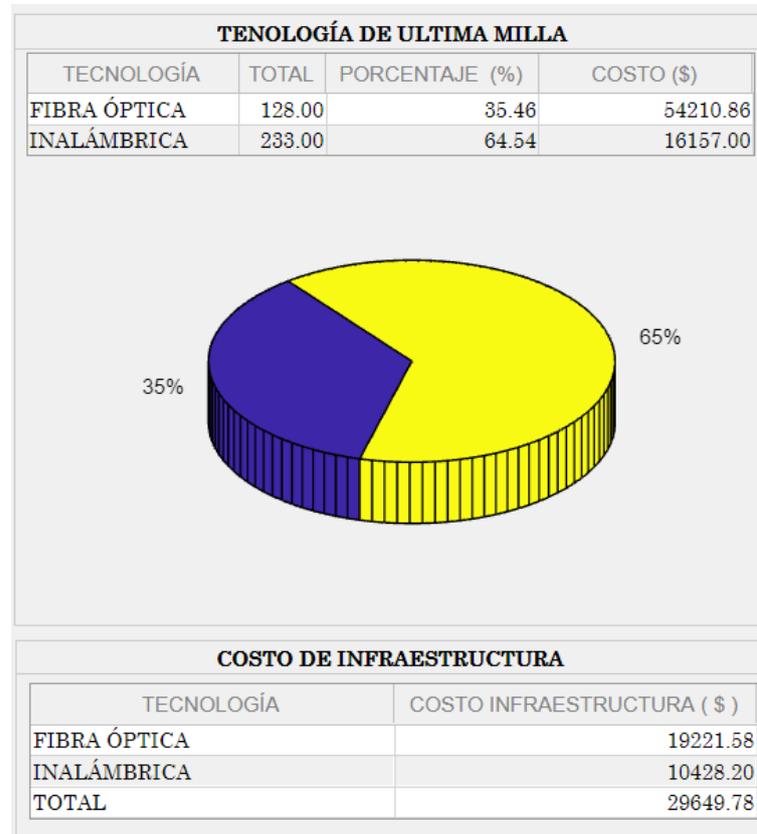


Figura 20 Resultados Obtenidos de Icto Cruz (Azúay).

Fuente: Autores.

En este caso no existen suficientes postes para el servicio de telecomunicaciones, por lo que el sistema favorece la tecnología Inalámbrica un 65%, en los casos que no existe línea de vista se puede implementar la tecnología de Fibra Óptica con la recomendación de construir sus propios postes para brindar el servicio.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 10.428,20 para una red Inalámbrica y 19.221,58\$ para una red de Fibra Óptica, en caso de querer implementar las dos como una red híbrida sería su costo de \$ 29649,78. En caso de querer implementar una sola red, en la parte superior podemos ver los costos para el número de abonados estimados por el usuario.

- **Cuenca (Centro) - (Azuay):**



Figura 21 Imagen Satelital de Cuenca centro (Azuay).

Fuente: [38]

- Datos:

Tipo de Zona: Urbana

Ubicación: -2.897470, -79.004922

Distancia: 1 km

Abonados: 1000

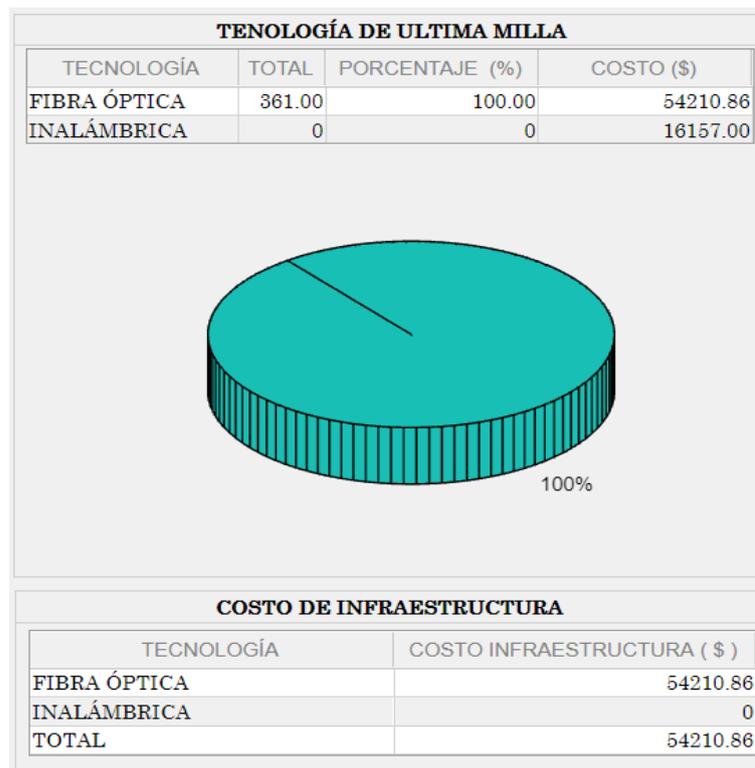


Figura 22 Resultados Obtenidos de Cuenca centro (Azúay).

Fuente: Autores.

En este caso no existen suficientes postes, ya que es la zona céntrica de la ciudad y existe regeneración urbana, que todo el cableado es mediante subterráneo, es un caso especial por estar en el centro, el sistema nos dice que se debe implementar 100% una red de Fibra Óptica ya que existe una canalización subterránea, por estar situado en una zona céntrica no tenemos línea de vista ya que existen muchas viviendas y edificios dificultando una red Inalámbrica.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 54.210,86 para una red de Fibra Óptica.

- **Monay (Cuenca)**

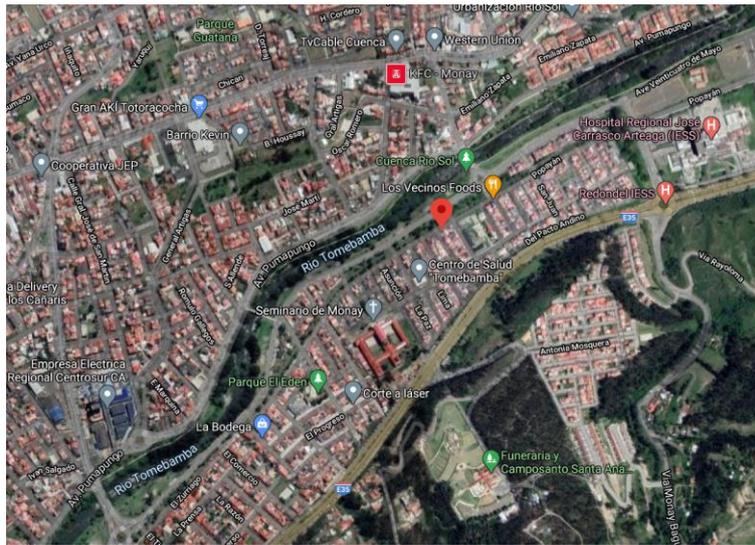


Figura 23 Imagen Satelital de Monay-Cuenca (Azuay).

Fuente: [39]

- Datos:

Tipo de Zona: Urbana

Ubicación: -2.900658, -78.976019

Distancia: 2 km

Abonados: 1000

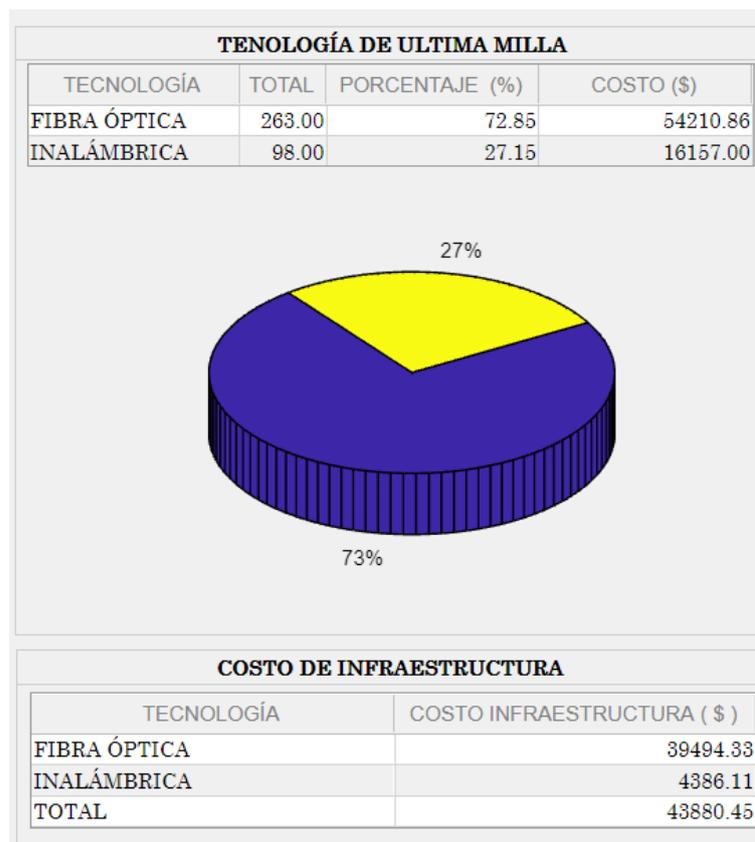


Figura 24 Resultados Obtenidos de Monay-Cuenca (Azúay).

Fuente: Autores.

En este caso es una zona de la ciudad de Cuenca, pero está alejada del centro, el sistema recomienda un 73% la red de Fibra Óptica, mientras que la red Inalámbrica un 27%, ya que la red de Fibra Óptica muestra un porcentaje mayor al 50% es recomendable implementar una sola tecnología, pero ya quedaría a consideración del usuario.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 4.386,11 para una red Inalámbrica y \$ 39.494,33 para una red de Fibra Óptica, en caso de querer implementar las dos como una red híbrida sería su costo de \$ 43.880,45. En caso de querer implementar una sola red, en la parte superior podemos ver los costos para el número de abonados estimados por el usuario.

- **Gualaceo (Azuay):**

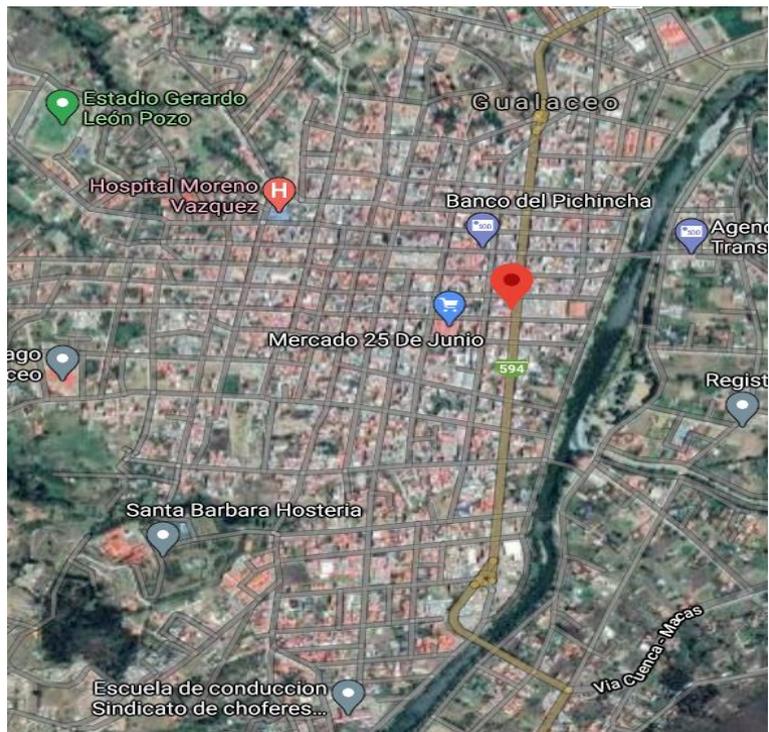


Figura 25 Imagen Satelital de Gualaceo (Azuay).

Fuente: [40]

- Datos:

Tipo de Zona: Urbana

Ubicación: -2.891596, -78.776615

Distancia: 2 km

Abonados: 1000

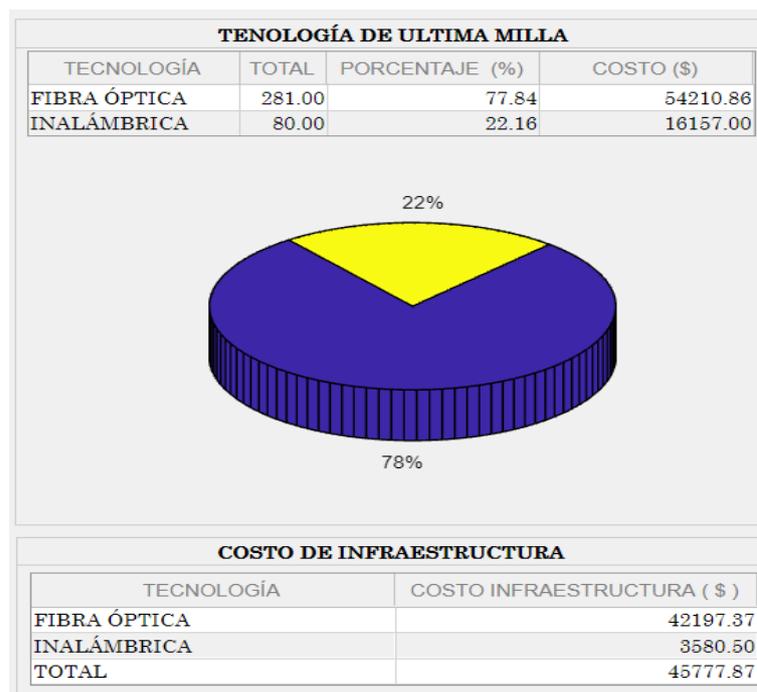


Figura 26 Resultados Obtenidos de Gualaceo (Azuay).

Fuente: Autores.

En el cantón de Gualaceo provincia del Azuay, el sistema recomienda un 78% la red de Fibra Óptica, mientras que para la red Inalámbrica un 22%, ya que la red de Fibra Óptica muestra un porcentaje mayor al 50% es recomendable implementar una sola tecnología, pero ya quedaría a consideración del usuario.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 3.580,50 para una red Inalámbrica y \$ 42.197,37 para una red de Fibra Óptica, en caso de querer implementar las dos como una red híbrida sería su costo de \$ 45.777,87. En caso de querer implementar una sola red, en la parte superior podemos ver los costos para el número de abonados estimados por el usuario.

- **Paute (Azuay)**

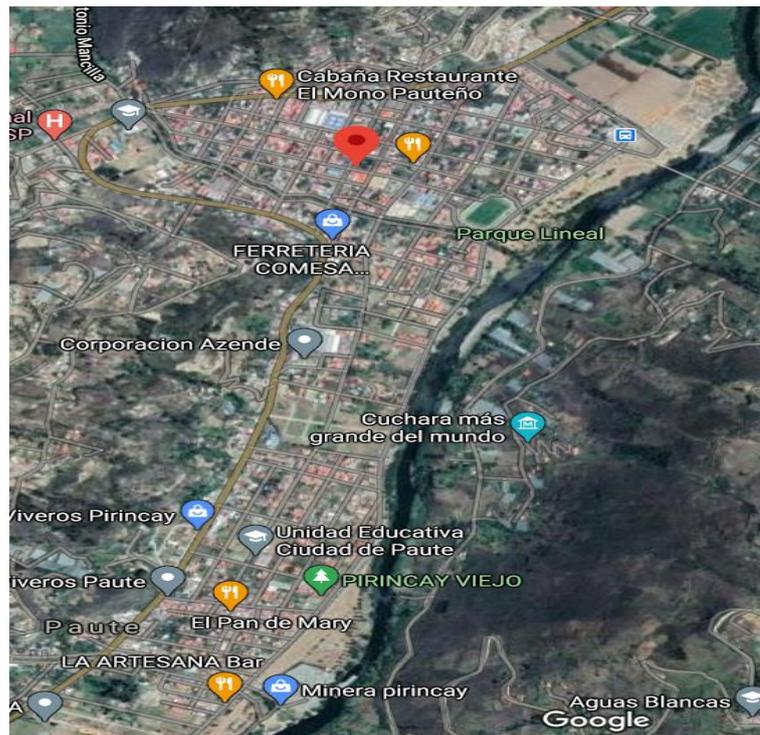


Figura 27 Imagen Satelital de Paute (Azuay).

Fuente: [41]

- Datos:

Tipo de Zona: Urbana

Ubicación: -2.779643, -78.761695

Distancia: 2 km

Abonados: 1000

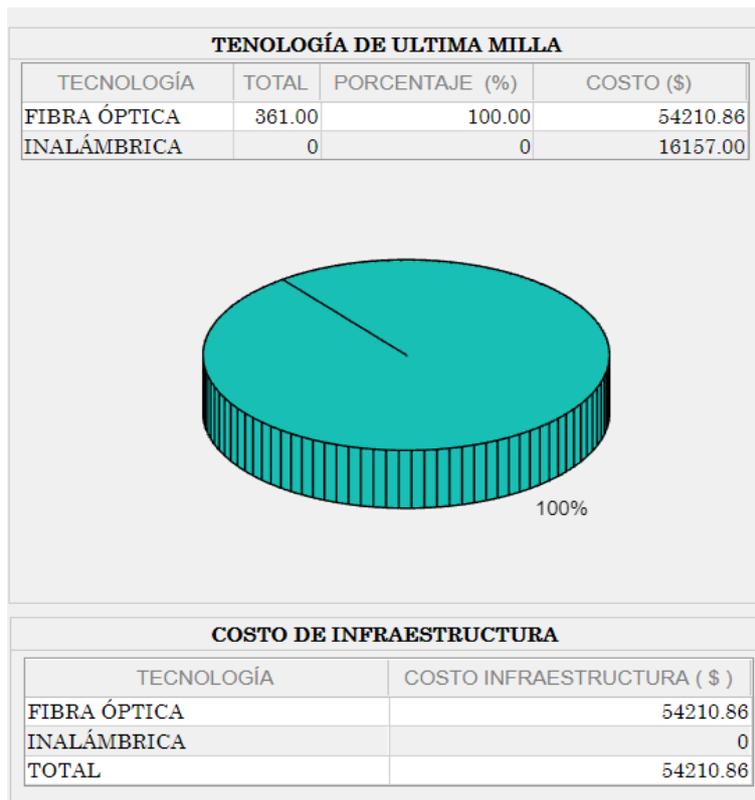


Figura 28 Resultados Obtenidos de Paute (Azuay).

Fuente: Autores.

En el cantón Paute provincia del Azuay, el sistema recomienda un 100% la red de Fibra Óptica, las condiciones y variables son favorables para la tecnología en el cada uno de sus ángulos.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 54.210,86 para la tecnología de Fibra Óptica.

- **Sígsig (Azuay)**

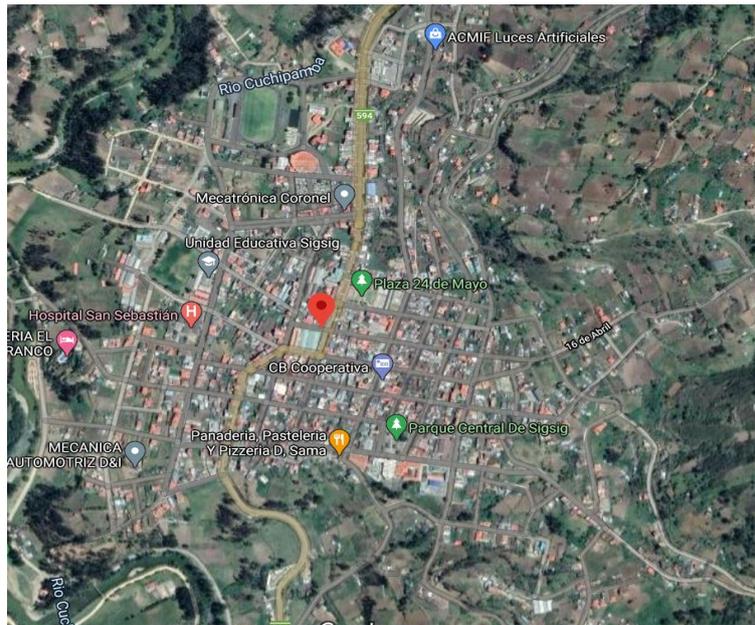


Figura 29 Imagen Satelital de Sígsig (Azuay).

Fuente: [42]

- Datos:

Tipo de Zona: Urbana

Ubicación: -3.050461, -78.794932

Distancia: 2 km

Abonados: 1000

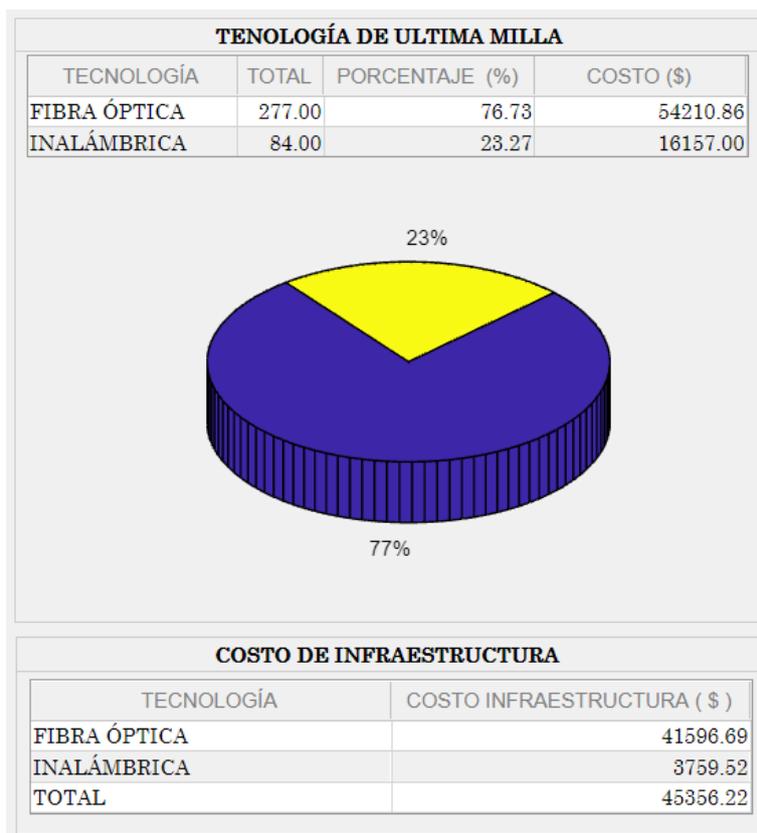


Figura 30 Resultados Obtenidos de Sigsig (Azuay).

Fuente: Autores.

En el cantón de Sígsg provincia del Azuay, el sistema recomienda un 77% para la red de Fibra Óptica, mientras que para la red Inalámbrica un 23%, teniendo las mejores condiciones con su postería, canalización, ARPU y habitantes es recomendable implementar en su totalidad una red de Fibra Óptica.

El costo de infraestructura en 1000 abonados es de \$ 3.759,52 para una red Inalámbrica y \$ 42.197,37 para una red de Fibra Óptica, en caso de querer implementar las dos como una red híbrida sería su costo de \$ 41.596,69. En caso de querer implementar una sola red, en la parte superior podemos ver los costos para el número de abonados estimados por el usuario.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La realización de este proyecto técnico, será de gran ayuda para los futuros inversionistas que desean implementar un ISP y no tienen la certeza que tecnología de última milla usar en un lugar específico o no están seguros de la tecnología implementada en su ISP. El sistema permite ser una herramienta de apoyo para conocer la tecnología de última milla necesaria en un ISP. Para el desarrollo del proyecto técnico fue importante contar con la ayuda de profesionales en el área de telecomunicaciones, de esta forma no solo se trabajó de forma investigativa, sino, descartando condiciones banales y condiciones indispensables, para la implementación a través de la experiencia y conocimiento de los expertos. También se contó con el apoyo de Ingenieros en Sistemas de la Universidad Politécnica Salesiana, para el desarrollo del sistema experto, de esta manera se trabajó en conjunto para obtener el mejor resultado del proyecto técnico.

En el proceso de selección de variables indispensables para el sistema experto, se mantuvo reuniones con los ingenieros involucrados en este proyecto técnico, el cual, permitió que se trabaje de una manera óptima y satisfactoria, para que se cumplan los requerimientos planteados.

Fue indispensable trabajar con las variables matemáticamente para poder obtener resultados numéricos y así ingresarlos al sistema experto.

Tener un programa donde se obtiene la tecnología de última milla para la implementación de un ISP, resulta de gran ayuda para pequeños o grandes inversionistas, que tienen poco conocimiento en el área de telecomunicaciones. El sistema les brinda las características necesarias para la toma de una decisión, ya no deben buscar en distintos sitios web que proporcionen la información necesaria, simplemente, usar este sistema experto.

Recomendaciones

Se recomienda tener claros los datos de donde se va a implementar el ISP, es decir, los datos geográficos del nodo (coordenadas decimales), la distancia radial o por sector que se desea dar cobertura, el número de posibles abonados.

Los titulares de licencias de servicios de valor agregado deben cumplir con los parámetros de calidad establecidos en las normas técnicas, para que se garantice un nivel de calidad aceptable para los usuarios, para que los inversionistas de los ISP puedan instalar su propia infraestructura y acceder a la red.

Es importante ejecutar el sistema en el programa MatLAB, ya que toda la interfaz esta realizada en el AppDesigner, además de tener cargadas todas las bases de datos necesarias para la ejecución del sistema.

En cuanto a la tecnología de última milla obtenida, es importante analizar los resultados, así como su costo de infraestructura, ya que son aproximaciones como se explica en el capítulo 2.

Realizar una actualización constante de las variables que se describen en el capítulo 2, con la finalidad de que el usuario cuente con información actual.

Se despliega una ventana de información para el usuario, donde se muestra el número de viviendas por zonas de cada ciudad del Ecuador, ayuda a tener aproximación de la cantidad de abonados que se puede tener en la zona seleccionada, además, también se visualiza la dirección y números telefónicos de prestadores de servicio de internet, que son quienes se encargan de vender paquetes grandes de internet para finalmente revenderlo en ISP locales.

REFERENCIAS

- [1] H Suarez, J Velastequi, «Proyecto de inversión de un Proveedor de Internet Inalámbrico con enlaces de alta velocidad en la ciudad de Guayaquil», p. 64,70, 2013.
- [2] Reyes Jara, Jhon Henry, «Estudio de factibilidad para el diseño de un proveedor de servicio de internet inalámbrico para los sectores rurales del cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay.», sep. 2016, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/6398>.
- [3] Londoño Villegas, F., & Mesa Martínez y Mesa Martínez, «Estudio de la responsabilidad de los proveedores de internet (ISP) y de los proveedores de contenido. Protección jurídica de los derechos patrimoniales de autor (puesta en disposición y reproducción)», 2014.
- [4] «Agencia de regulacion y control de telecomunicaciones», pp. 5-10, 2015.
- [5] «Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información "Libro Blanco de Territorios Digitales en Ecuador "». 2018, [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2019/08/Libro-Blanco-Territorio-Digital-v3-30-Mayo-2018.pdf>.
- [6] «Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información “Notable crecimiento de la Banda Ancha en Ecuador”». 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/notable-crecimiento-de-la-banda-ancha-en-ecuador/>.
- [7] Wilson, M., «Estudio de factibilidad para la creación de un proveedor de servicios de internet con cobertura en la ciudad de Quito», 2014, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8168>.
- [8] Chanaluisa S. Ruben P, «Estudio de factibilidad para la implementacion de un proveedor de servicio de internet (ISP) basado en tecnologia inalambrica en la cooperativa nueva esperanza sector 1 y2 del canton SAN JACINTO DE BUENA FE.», 2017, [En línea]. Disponible en: <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/7190>.

- [9] A. Mendoza y D. Andres, «Estudio para la implementacion de una red Gpon de TELCONET S.A en la comunidad de juan gomez rendon (progreso)», 2015, [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/6970>.
- [10] Carrion T. Walter y Cevallos C. Diego, «Estudio y diseño de la red de fibra óptica para el transporte de aplicación triple play en el trayecto Cuenca - Girón - Pasaje», 2011, [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1081>.
- [11] Tinoco A. Juan D., «Estudio y diseño de una red de fibra óptica FTTH para brindar servicio de voz, video y datos para la urbanización Los Olivos ubicada el sector Toctesol en la parroquia Borrero de la ciudad de Azogues», 2011, [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1076>.
- [12] Arguello O. Paulina E., «Diseño e implementación de la red FTTH en la Mitad del Mundo y Carcelén Bajo utilizando tecnología GPON para la empresa PUNTONET S.A», 2016, [En línea]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13076>.
- [13] R. D. Singh, «Wireless for Communities: Empowering Communities through Wireless Connectivity», *IEEE Internet Comput.*, vol. 16, n.º 3, pp. 77-79, may 2012, doi: 10.1109/MIC.2012.58.
- [14] M. Wei, C. Li, y C. Li, «An IPv6 Internet Accessing Architecture and Approach for Industrial Wireless Network», en *2020 14th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)*, Taichung, Taiwan, ene. 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/IMCOM48794.2020.9001684.
- [15] O. Dandash, X. Wu, y P. D. Le, «Wireless Internet payment system using smart cards», en *International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'05) - Volume II*, Las Vegas, NV, USA, 2005, pp. 16-21 Vol. 2, doi: 10.1109/ITCC.2005.298.
- [16] Angulo B. Fredis y Polo O. Harmenson, «Diseño de una red de acceso HFC (HIBRIDO FIBRA COAXIAL) para la prestacion de servicios triple play», 2011, [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.utb.edu.co/handle/20.500.12585/3200>.

- [17] Angel V. Sarabia, «Estudio y diseño de una red de última milla HFC (Hybrid fiber Coaxial), utilizando tecnología Docsis para brindar servicios triple play para el sector sur este de la ciudad de Quito», 2009, [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4184>.
- [18] M. Babita Jain, M. B. Srinivas, y A. Jain, «A novel Web based Expert System Architecture for on-line and off-line fault diagnosis and control (FDC) of transformers», en *TENCON 2008 - 2008 IEEE Region 10 Conference*, Hyderabad, India, nov. 2008, pp. 1-5, doi: 10.1109/TENCON.2008.4766606.
- [19] T. Guan, D. Zhao, y Z. Mei, «Design and Implementation of a Knowledge-Based Expert System Shell», en *2019 12th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, Hangzhou, China, dic. 2019, pp. 204-207, doi: 10.1109/ISCID.2019.10130.
- [20] M. R. Wick y J. R. Slagle, «An explanation facility for today's expert systems», *IEEE Expert*, vol. 4, n.º 1, pp. 26-36, 1989, doi: 10.1109/64.21897.
- [21] S. N. Islam, «ShellAg: Expert System Shell for Agricultural Crops», en *2013 International Conference on Cloud & Ubiquitous Computing & Emerging Technologies*, Pune, India, nov. 2013, pp. 83-86, doi: 10.1109/CUBE.2013.24.
- [22] M. B. Jain, M. B. Srinivas, y A. Jain, «A Novel Web based Expert System Architecture for On-line and Off-line Fault Diagnosis and Control (FDC) of Power System Equipment», en *2008 Joint International Conference on Power System Technology and IEEE Power India Conference*, New Delhi, India, oct. 2008, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICPST.2008.4745378.
- [23] K. Robindro y S. K. Sarma, «JESS Based Expert System Architecture for Diagnosis of Rice Plant Diseases: Design and Prototype Development», en *2013 4th International Conference on Intelligent Systems, Modelling and Simulation*, Bangkok, ene. 2013, pp. 674-676, doi: 10.1109/ISMS.2013.54.
- [24] E. S. Khorasani, S. Rahimi, P. Patel, y D. Houle, «CWJess: An expert system shell for computing with words», en *2011 IEEE International Conference on Information Reuse & Integration*, Las Vegas, NV, ago. 2011, pp. 396-399, doi: 10.1109/IRI.2011.6009580.

- [25] C. R. Pamplona Filho, M. J. Cunha, F. M. de Azevedo, y G. L. Ferrari, «Intellec System: Shell for expert systems creation with fuzzy inference machine developed in prolog», en *2010 International Conference on System Science and Engineering*, Taipei, Taiwan, jul. 2010, pp. 521-524, doi: 10.1109/ICSSE.2010.5551819.
- [26] C. R. Pamplona Filho, M. J. Cunha, F. M. de Azevedo, y G. L. Ferrari, «Intellec System: Shell for expert systems creation with fuzzy inference machine developed in prolog», en *2010 International Conference on System Science and Engineering*, Taipei, Taiwan, jul. 2010, pp. 521-524, doi: 10.1109/ICSSE.2010.5551819.
- [27] Tan Loc Le y M. Negnevitsky, «Expert system application for voltage and VAR control in power transmission and distribution systems», *IEEE Trans. Power Delivery*, vol. 12, n.º 3, pp. 1392-1397, jul. 1997, doi: 10.1109/61.637020.
- [28] D. Aulestia, “MEDIOS DE VIDA URBANOS Y VIVIENDA EN ECUADOR.” 2005, Accessed: Mar. 13, 2021. [En línea]. Disponible: https://www.flacsoandes.edu.ec/sites/default/files/agora/files/1218664030.ponencia_final_de_diego_aulestia_v_2.pdf.
- [29] A. Varela and S. Ron, “Geografía y Clima del Ecuador.” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2018, Accessed: Jan. 20, 2021. [En línea]. Disponible: <https://bioweb.bio/faunaweb/amphibiaweb/GeografiaClima/>.
- [30] OpenTopography, «OpenTopography». OpenTopography.org, Accedido: nov. 18, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://portal.opentopography.org/datasets>.
- [31] EERCS, «Archivos Gis». ene. 10, 2020, Accedido: dic. 10, 2020. [En línea]. Disponible: <https://geoportal.centrosur.gob.ec/geoinformacion/index.php/servicios-externos/module-variations-13>.
- [32] H. Del Pozo, “LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES.” Feb. 12, 2015, Accessed: Mar. 14, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>.

- [33] W. Monteros, "TOTAL DE VIVIENDAS PARTICULARES CON PERSONAS PRESENTES POR AREA; SEGÚN PROVINCIA Y CANTÓN." Censo de Población y Vivienda-CPV 2010, 2010, Accessed: Mar. 14, 2021. [En línea].
- [34] S. K. Park, J. H. Kwak, y B. G. Lee, «Is ARPU¹; the right choice for wireless data-based communication services?», en *2012 Fourth International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN)*, Sao Carlos, Brazil, nov. 2012, pp. 81-86, doi: 10.1109/CASoN.2012.6412382.
- [35] «Ministerio de Telecomunicaciones y de la sociedad de la información».[En línea]. Disponible: <https://www.gob.ec/mintel>
- [36] Moreno. Enrique y Moran Luis, «Diseño de una red FTTH en Urbanización Villas del Rey etapa Carlos mejorando el servicio de internet».
- [37] Google Maps, «Icto Cruz», Ecuador, ene. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/2%C2%B055'47.6%22S+78%C2%B059'57.5%22W/@-2.9301587,-79.0023087,1076m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.9298957!4d-78.9992924>
- [38] Google Maps, «Cuenca», Ecuador, ene. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/2%C2%B053'50.9%22S+79%C2%B000'17.7%22W/@-2.89747,-79.0071107,898m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.89747!4d-79.004922>
- [39] Google Maps , «Monay», Ecuador, abr. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/2%C2%B054'02.4%22S+78%C2%B058'33.7%22W/@-2.9017873,-78.9809979,1544m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.900658!4d-78.976019>
- [40] Google Maps, «Gualaceo», Ecuador, abr. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/2%C2%B053'29.8%22S+78%C2%B046'35.8%22W/@-2.8931732,-78.7813721,2653m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.891596!4d-78.776615>
- [41] Google Maps «Paute», Ecuador, abr. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/2%C2%B046'46.7%22S+78%C2%B045'42.1%22>

W/@-2.7858835,-78.7642032,3179m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-2.779643!4d-78.761695

[42] Google Maps «Sigsig», Ecuador, abr. 18, 2021. [En línea]. Disponible: <https://www.google.com/maps/place/3%C2%B003'01.7%22S+78%C2%B047'41.8%22W/@-3.050461,-78.7971207,898m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d-3.050461!4d-78.794932>

ANEXOS:

1. Información adicional para el usuario.

En el sistema existe una ventana de información para el usuario donde se visualiza el total de viviendas particulares con personas presentes por provincia de acuerdo al censo del Instituto Nacional de Estadística y Censos realizado en el 2010, con el fin, de que el usuario tenga el conocimiento de cuantos abonados puede tener en cada cantón del Ecuador, ya sea en un área urbana o rural.

TOTAL, DE VIVIENDAS PARTICULARES CON PERSONAS PRESENTES POR AREA; SEGÚN PROVINCIA Y CANTÓN.				
Provincia	Nombre del Cantón	Área Urbana o Rural		
		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
1. Azuay	CAMILO PONCE ENRIQUEZ	1.289	4.013	5.302
	CHORDELEG	1.043	2.242	3.285
	CUENCA	86.317	43.859	130.176
	EL PAN	123	824	947
	GIRON	1.095	2.323	3.418
	GUACHAPALA	307	647	954
	GUALACEO	3.569	7.197	10.766
	NABON	341	3.781	4.122
	OÑA	244	827	1.071
	PAUTE	1.943	4.850	6.793
	PUCARA	225	2.224	2.449
	SAN FERNANDO	419	667	1.086
	SANTA ISABEL	1.508	3.382	4.890
	SEVILLA DE ORO	222	1.358	1.580
	SIGSIG	959	6.119	7.078
	Total	99.604	84.313	183.917
2. Bolívar		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	CALUMA	1.744	1.814	3.558
	CHILLANES	779	3.748	4.527

	ECHEANDIA	1.721	1.567	3.288
	GUARANDA	6.464	16.422	22.886
	LAS NAVES	399	1.127	1.526
	SAN JOSE DE CHIMBO	1.107	3.002	4.109
	SAN MIGUEL	1.927	5.289	7.216
	Total	14.141	32.969	47.110
3. Cañar		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	AZOGUES	8.127	9.643	17.770
	BIBLIAN	1.535	4.255	5.790
	CAÑAR	3.122	11.479	14.601
	DELEG	188	1.903	2.091
	EL TAMBO	1.118	1.237	2.355
	LA TRONCAL	8.795	4.652	13.447
	SUSCAL	320	1.003	1.323
	Total	23.205	34.172	57.377
4. Carchi		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	BOLIVAR	859	3.155	4.014
	ESPEJO	1.192	2.425	3.617
	MIRA	946	2.323	3.269
	MONTUFAR	3.742	4.204	7.946
	SAN PEDRO DE HUACA	979	968	1.947
	TULCAN	14.198	7.909	22.107
	Total	21.916	20.984	42.900
5. Cotopaxi		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	LA MANA	6.524	4.489	11.013
	LATACUNGA	16.927	25.460	42.387
	PANGUA	472	5.031	5.503
	PUJILI	2.560	14.059	16.619
	SALCEDO	3.379	11.874	15.253
	SAQUISILI	1.799	4.037	5.836

	SIGCHOS	573	4.616	5.189
	Total	32.234	69.566	101.800
6.		1. Área	2. Área	Total
Chimborazo		Urbana	Rural	
	ALAUSI	1.695	9.519	11.214
	CHAMBO	1.130	1.931	3.061
	CHUNCHI	1.006	2.315	3.321
	COLTA	643	13.745	14.388
	CUMANDA	2.308	1.118	3.426
	GUAMOTE	743	10.269	11.012
	GUANO	1.958	9.433	11.391
	PALLATANGA	1.041	1.932	2.973
	PENIPE	308	1.791	2.099
	RIOBAMBA	38.322	21.838	60.160
	Total	49.154	73.891	123.045
7. El Oro		1. Área	2. Área	Total
		Urbana	Rural	
	ARENILLAS	4.490	2.576	7.066
	ATAHUALPA	448	1.161	1.609
	BALSAS	1.048	740	1.788
	CHILLA	310	417	727
	EL GUABO	5.846	7.268	13.114
	HUAQUILLAS	12.559	199	12.758
	LAS LAJAS	296	987	1.283
	MACHALA	60.319	3.841	64.160
	MARCABELI	936	454	1.390
	PASAJE	14.139	5.388	19.527
	PIÑAS	4.247	2.926	7.173
	PORTOVELO	2.207	1.240	3.447
	SANTA ROSA	13.081	5.304	18.385
	ZARUMA	2.745	3.844	6.589
	Total	122.671	36.345	159.016

8. Esmeraldas		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	ATACAMES	3.945	6.304	10.249
	ELOY ALFARO	1.169	7.698	8.867
	ESMERALDAS	38.816	8.641	47.457
	LA CONCORDIA	7.194	3.468	10.662
	MUISNE	1.511	5.117	6.628
	QUININDE	7.200	22.188	29.388
	RIOVERDE	739	5.398	6.137
	SAN LORENZO	5.231	4.291	9.522
	Total	65.805	63.105	128.910
9. Guayas		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	2.198	4.557	6.755
	BALAO	2.242	2.996	5.238
	BALZAR	7.073	6.258	13.331
	COLIMES	1.715	4.637	6.352
	CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	1.893	1.280	3.173
	DAULE	16.926	14.547	31.473
	DURAN	61.357	1.363	62.720
	EL EMPALME	8.802	9.547	18.349
	EL TRIUNFO	8.721	2.533	11.254
	GENERAL ANTONIO ELIZALDE	1.711	1.152	2.863
	GUAYAQUIL	582.537	18.278	600.815
	ISIDRO AYORA	1.584	1.375	2.959
	LOMAS DE SARGENTILLO	3.568	1.245	4.813
	MILAGRO	35.717	9.035	44.752
	NARANJAL	7.272	10.307	17.579
	NARANJITO	7.720	2.260	9.980
	NOBOL	2.078	2.970	5.048

	PALESTINA	2.299	2.080	4.379
	PEDRO CARBO	5.390	6.766	12.156
	PLAYAS	8.715	1.793	10.508
	SAMBORONDON	11.005	6.504	17.509
	SANTA LUCIA	2.352	8.291	10.643
	SIMON BOLIVAR	2.009	5.037	7.046
	URBINA JADO	2.857	12.318	15.175
	YAGUACHI	4.578	11.264	15.842
	Total	792.319	148.393	940.712
10. Imbabura		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	ANTONIO ANTE	5.471	5.397	10.868
	COTACACHI	2.387	7.342	9.729
	IBARRA	35.122	12.399	47.521
	OTAVALO	9.901	15.288	25.189
	PIMAMPIRO	1.521	2.184	3.705
	SAN MIGUEL DE URCUQUI	853	3.221	4.074
	Total	55.255	45.831	101.086
11. Loja		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	CALVAS	3.125	3.643	6.768
	CATAMAYO	5.492	2.097	7.589
	CELICA	1.002	2.481	3.483
	CHAGUARPAMBA	270	1.713	1.983
	ESPINDOLA	407	3.036	3.443
	GONZANAMA	391	3.215	3.606
	LOJA	43.187	11.542	54.729
	MACARA	3.113	1.583	4.696
	OLMEDO	174	1.199	1.373
	PALTAS	1.676	4.520	6.196
	PINDAL	457	1.551	2.008
	PUYANGO	1.266	2.748	4.014
	QUILANGA	240	902	1.142

	SARAGURO	995	6.649	7.644
	SOZORANGA	238	1.600	1.838
	ZAPOTILLO	692	2.504	3.196
	Total	62.725	50.983	113.708
12. Los Ríos		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	BABA	1.342	9.015	10.357
	BABAHOYO	23.758	17.201	40.959
	BUENA FE	9.162	5.915	15.077
	MOCACHE	2.057	7.836	9.893
	MONTALVO	3.523	3.126	6.649
	PALENQUE	1.674	4.203	5.877
	PUEBLOVIEJO	2.052	7.379	9.431
	QUEVEDO	38.271	5.613	43.884
	QUINSALOMA	1.186	3.035	4.221
	URDANETA	1.560	6.003	7.563
	VALENCIA	4.253	6.175	10.428
	VENTANAS	9.615	7.268	16.883
	VINCES	7.846	10.868	18.714
	Total	106.299	93.637	199.936
13. Manabí		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	24 DE MAYO	1.242	6.250	7.492
	BOLIVAR	4.257	5.298	9.555
	CHONE	12.976	17.567	30.543
	EL CARMEN	11.019	10.111	21.130
	FLAVIO ALFARO	1.557	4.432	5.989
	JAMA	1.255	2.549	3.804
	JARAMIJO	4.120	253	4.373
	JIPIJAPA	10.023	8.819	18.842
	JUNIN	1.378	3.385	4.763
	MANTA	54.299	2.274	56.573
	MONTECRISTI	11.525	6.216	17.741

	OLMEDO	579	1.947	2.526
	PAJAN	1.947	8.204	10.151
	PEDERNALES	4.902	7.019	11.921
	PICHINCHA	925	5.983	6.908
	PORTOVIEJO	51.851	18.577	70.428
	PUERTO LOPEZ	2.403	2.620	5.023
	ROCAFUERTE	2.297	6.443	8.740
	SAN VICENTE	2.594	3.082	5.676
	SANTA ANA	2.331	8.963	11.294
	SUCRE	5.431	9.618	15.049
	TOSAGUA	2.656	6.793	9.449
	Total	191.567	146.403	337.970
14. Morona Santiago		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	GUALAQUIZA	1.763	2.215	3.978
	HUAMBOYA	211	1.387	1.598
	LIMON INDANZA	909	1.438	2.347
	LOGROÑO	363	806	1.169
	MORONA	4.957	4.681	9.638
	PABLO VI	185	231	416
	PALORA	781	865	1.646
	SAN JUAN BOSCO	332	582	914
	SANTIAGO	621	1.559	2.180
	SUCUA	1.937	2.240	4.177
	TAISHA	225	3.269	3.494
	TIWINTZA	225	1.009	1.234
	Total	12.509	20.282	32.791
15. Napo		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	ARCHIDONA	1.309	3.638	4.947
	CARLOS JULIO AROSEMENA	237	569	806
	EL CHACO	1.037	967	2.004

	QUIJOS	455	1.143	1.598
	TENA	6.119	6.864	12.983
	Total	9.157	13.181	22.338
16. Pastaza		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	ARAJUNO	231	910	1.141
	MERA	217	2.545	2.762
	PASTAZA	8.857	5.914	14.771
	SANTA CLARA	313	475	788
	Total	9.618	9.844	19.462
17. Pichincha		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	CAYAMBE	10.336	11.282	21.618
	MEJIA	4.385	16.543	20.928
	PEDRO MONCAYO	2.766	5.867	8.633
	PEDRO VICENTE MALDONADO	1.465	1.774	3.239
	PUERTO QUITO	812	4.225	5.037
	QUITO	463.981	170.630	634.611
	RUMIÑAHUI	20.469	2.836	23.305
	SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	1.148	2.411	3.559
	Total	505.362	215.568	720.930
18. Tungurahua		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	AMBATO	45.733	43.584	89.317
	BAÑOS	3.645	2.046	5.691
	CEVALLOS	690	1.577	2.267
	MOCHA	328	1.663	1.991
	PATATE	618	3.036	3.654
	QUERO	733	4.599	5.332
	SAN PEDRO DE PELILEO	2.464	12.440	14.904
	SANTIAGO DE PILLARO	2.083	8.902	10.985

	TISALEO	330	2.963	3.293
	Total	56.624	80.810	137.434
19. Zamora		1. Área	2. Área	Total
Chinchipe		Urbana	Rural	
	CENTINELA DEL CONDOR	498	887	1.385
	CHINCHIPE	808	1.356	2.164
	EL PANGUI	732	1.208	1.940
	NANGARITZA	432	718	1.150
	PALANDA	468	1.317	1.785
	PAQUISHA	238	611	849
	YACUAMBI	314	974	1.288
	YANTZAZA	2.229	2.032	4.261
	ZAMORA	3.046	3.117	6.163
	Total	8.765	12.220	20.985
20.		1. Área	2. Área	Total
Galápagos		Urbana	Rural	
	ISABELA	611	54	665
	SAN CRISTOBAL	1.895	228	2.123
	SANTA CRUZ	3.552	821	4.373
	Total	6.058	1.103	7.161
21.		1. Área	2. Área	Total
Sucumbíos		Urbana	Rural	
	CASCALES	526	1.916	2.442
	CUYABENO	339	1.201	1.540
	GONZALO PIZARRO	552	1.446	1.998
	LAGO AGRIO	13.656	9.908	23.564
	PUTUMAYO	558	1.643	2.201
	SHUSHUFINDI	4.335	5.842	10.177
	SUCUMBIOS	150	710	860
	Total	20.116	22.666	42.782
22. Orellana		1. Área	2. Área	Total
		Urbana	Rural	
	AGUARICO	97	801	898

	LA JOYA DE LOS SACHAS	3.189	5.823	9.012
	LORETO	846	3.390	4.236
	ORELLANA	10.803	6.428	17.231
	Total	14.935	16.442	31.377
23. Santo Domingo		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	69.863	24.160	94.023
	Total	69.863	24.160	94.023
24. Santa Elena		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	LIBERTAD	23.579	-	23.579
	SALINAS	8.085	8.087	16.172
	SANTA ELENA	9.933	24.631	34.564
	Total	41.597	32.718	74.315
90. Zonas No Delimitadas		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	EL PIEDRERO	-	1.607	1.607
	LAS GOLONDRINAS	-	1.266	1.266
	MANGA DEL CURA	-	4.961	4.961
	Total	-	7.834	7.834
Total		1. Área Urbana	2. Área Rural	Total
	24 DE MAYO	1.242	6.250	7.492
	AGUARICO	97	801	898
	ALAUSI	1.695	9.519	11.214
	ALFREDO BAQUERIZO MORENO	2.198	4.557	6.755
	AMBATO	45.733	43.584	89.317
	ANTONIO ANTE	5.471	5.397	10.868
	ARAJUNO	231	910	1.141
	ARCHIDONA	1.309	3.638	4.947

ARENILLAS	4.490	2.576	7.066
ATACAMES	3.945	6.304	10.249
ATAHUALPA	448	1.161	1.609
AZOGUES	8.127	9.643	17.770
BABA	1.342	9.015	10.357
BABAHOYO	23.758	17.201	40.959
BALAO	2.242	2.996	5.238
BALSAS	1.048	740	1.788
BALZAR	7.073	6.258	13.331
BAÑOS	3.645	2.046	5.691
BIBLIAN	1.535	4.255	5.790
BOLIVAR	5.116	8.453	13.569
BUENA FE	9.162	5.915	15.077
CALUMA	1.744	1.814	3.558
CALVAS	3.125	3.643	6.768
CAMILO PONCE ENRIQUEZ	1.289	4.013	5.302
CAÑAR	3.122	11.479	14.601
CARLOS JULIO AROSEMENA	237	569	806
CASCALES	526	1.916	2.442
CATAMAYO	5.492	2.097	7.589
CAYAMBE	10.336	11.282	21.618
CELICA	1.002	2.481	3.483
CENTINELA DEL CONDOR	498	887	1.385
CEVALLOS	690	1.577	2.267
CHAGUARPAMBA	270	1.713	1.983
CHAMBO	1.130	1.931	3.061
CHILLA	310	417	727
CHILLANES	779	3.748	4.527
CHINCHIPE	808	1.356	2.164
CHONE	12.976	17.567	30.543
CHORDELEG	1.043	2.242	3.285
CHUNCHI	1.006	2.315	3.321

COLIMES	1.715	4.637	6.352
COLTA	643	13.745	14.388
CORONEL MARCELINO MARIDUEÑA	1.893	1.280	3.173
COTACACHI	2.387	7.342	9.729
CUENCA	86.317	43.859	130.176
CUMANDA	2.308	1.118	3.426
CUYABENO	339	1.201	1.540
DAULE	16.926	14.547	31.473
DELEG	188	1.903	2.091
DURAN	61.357	1.363	62.720
ECHEANDIA	1.721	1.567	3.288
EL CARMEN	11.019	10.111	21.130
EL CHACO	1.037	967	2.004
EL EMPALME	8.802	9.547	18.349
EL GUABO	5.846	7.268	13.114
EL PAN	123	824	947
EL PANGUI	732	1.208	1.940
EL PIEDRERO	-	1.607	1.607
EL TAMBO	1.118	1.237	2.355
EL TRIUNFO	8.721	2.533	11.254
ELOY ALFARO	1.169	7.698	8.867
ESMERALDAS	38.816	8.641	47.457
ESPEJO	1.192	2.425	3.617
ESPINDOLA	407	3.036	3.443
FLAVIO ALFARO	1.557	4.432	5.989
GENERAL ANTONIO ELIZALDE	1.711	1.152	2.863
GIRON	1.095	2.323	3.418
GONZALO PIZARRO	552	1.446	1.998
GONZANAMA	391	3.215	3.606
GUACHAPALA	307	647	954
GUALACEO	3.569	7.197	10.766

GUALAQUIZA	1.763	2.215	3.978
GUAMOTE	743	10.269	11.012
GUANO	1.958	9.433	11.391
GUARANDA	6.464	16.422	22.886
GUAYAQUIL	582.537	18.278	600.815
HUAMBOYA	211	1.387	1.598
HUAQUILLAS	12.559	199	12.758
IBARRA	35.122	12.399	47.521
ISABELA	611	54	665
ISIDRO AYORA	1.584	1.375	2.959
JAMA	1.255	2.549	3.804
JARAMIJO	4.120	253	4.373
JIPIJAPA	10.023	8.819	18.842
JUNIN	1.378	3.385	4.763
LA CONCORDIA	7.194	3.468	10.662
LA JOYA DE LOS SACHAS	3.189	5.823	9.012
LA MANA	6.524	4.489	11.013
LA TRONCAL	8.795	4.652	13.447
LAGO AGRIO	13.656	9.908	23.564
LAS GOLONDRINAS	-	1.266	1.266
LAS LAJAS	296	987	1.283
LAS NAVES	399	1.127	1.526
LATACUNGA	16.927	25.460	42.387
LIBERTAD	23.579	-	23.579
LIMON INDANZA	909	1.438	2.347
LOGROÑO	363	806	1.169
LOJA	43.187	11.542	54.729
LOMAS DE SARGENTILLO	3.568	1.245	4.813
LORETO	846	3.390	4.236
MACARA	3.113	1.583	4.696
MACHALA	60.319	3.841	64.160
MANGA DEL CURA	-	4.961	4.961
MANTA	54.299	2.274	56.573

MARCABELI	936	454	1.390
MEJIA	4.385	16.543	20.928
MERA	217	2.545	2.762
MILAGRO	35.717	9.035	44.752
MIRA	946	2.323	3.269
MOCACHE	2.057	7.836	9.893
MOCHA	328	1.663	1.991
MONTALVO	3.523	3.126	6.649
MONTECRISTI	11.525	6.216	17.741
MONTUFAR	3.742	4.204	7.946
MORONA	4.957	4.681	9.638
MUISNE	1.511	5.117	6.628
NABON	341	3.781	4.122
NANGARITZA	432	718	1.150
NARANJAL	7.272	10.307	17.579
NARANJITO	7.720	2.260	9.980
NOBOL	2.078	2.970	5.048
OLMEDO	753	3.146	3.899
OÑA	244	827	1.071
ORELLANA	10.803	6.428	17.231
OTAVALO	9.901	15.288	25.189
PABLO VI	185	231	416
PAJAN	1.947	8.204	10.151
PALANDA	468	1.317	1.785
PALENQUE	1.674	4.203	5.877
PALESTINA	2.299	2.080	4.379
PALLATANGA	1.041	1.932	2.973
PALORA	781	865	1.646
PALTAS	1.676	4.520	6.196
PANGUA	472	5.031	5.503
PAQUISHA	238	611	849
PASAJE	14.139	5.388	19.527
PASTAZA	8.857	5.914	14.771

PATATE	618	3.036	3.654
PAUTE	1.943	4.850	6.793
PEDERNALES	4.902	7.019	11.921
PEDRO CARBO	5.390	6.766	12.156
PEDRO MONCAYO	2.766	5.867	8.633
PEDRO VICENTE MALDONADO	1.465	1.774	3.239
PENIPE	308	1.791	2.099
PICHINCHA	925	5.983	6.908
PIMAMPIRO	1.521	2.184	3.705
PINDAL	457	1.551	2.008
PIÑAS	4.247	2.926	7.173
PLAYAS	8.715	1.793	10.508
PORTOVELO	2.207	1.240	3.447
PORTOVIEJO	51.851	18.577	70.428
PUCARA	225	2.224	2.449
PUEBLOVIEJO	2.052	7.379	9.431
PUERTO LOPEZ	2.403	2.620	5.023
PUERTO QUITO	812	4.225	5.037
PUJILI	2.560	14.059	16.619
PUTUMAYO	558	1.643	2.201
PUYANGO	1.266	2.748	4.014
QUERO	733	4.599	5.332
QUEVEDO	38.271	5.613	43.884
QUIJOS	455	1.143	1.598
QUILANGA	240	902	1.142
QUININDE	7.200	22.188	29.388
QUINSALOMA	1.186	3.035	4.221
QUITO	463.981	170.630	634.611
RIOBAMBA	38.322	21.838	60.160
RIOVERDE	739	5.398	6.137
ROCAFUERTE	2.297	6.443	8.740
RUMIÑAHUI	20.469	2.836	23.305

SALCEDO	3.379	11.874	15.253
SALINAS	8.085	8.087	16.172
SAMBORONDON	11.005	6.504	17.509
SAN CRISTOBAL	1.895	228	2.123
SAN FERNANDO	419	667	1.086
SAN JOSE DE CHIMBO	1.107	3.002	4.109
SAN JUAN BOSCO	332	582	914
SAN LORENZO	5.231	4.291	9.522
SAN MIGUEL	1.927	5.289	7.216
SAN MIGUEL DE LOS BANCOS	1.148	2.411	3.559
SAN MIGUEL DE URCUQUI	853	3.221	4.074
SAN PEDRO DE HUACA	979	968	1.947
SAN PEDRO DE PELILEO	2.464	12.440	14.904
SAN VICENTE	2.594	3.082	5.676
SANTA ANA	2.331	8.963	11.294
SANTA CLARA	313	475	788
SANTA CRUZ	3.552	821	4.373
SANTA ELENA	9.933	24.631	34.564
SANTA ISABEL	1.508	3.382	4.890
SANTA LUCIA	2.352	8.291	10.643
SANTA ROSA	13.081	5.304	18.385
SANTIAGO	621	1.559	2.180
SANTIAGO DE PILLARO	2.083	8.902	10.985
SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS	69.863	24.160	94.023
SAQUISILI	1.799	4.037	5.836
SARAGURO	995	6.649	7.644
SEVILLA DE ORO	222	1.358	1.580
SHUSHUFINDI	4.335	5.842	10.177
SIGCHOS	573	4.616	5.189
SIGSIG	959	6.119	7.078
SIMON BOLIVAR	2.009	5.037	7.046

SOZORANGA	238	1.600	1.838
SUCRE	5.431	9.618	15.049
SUCUA	1.937	2.240	4.177
SUCUMBIOS	150	710	860
SUSCAL	320	1.003	1.323
TAISHA	225	3.269	3.494
TENA	6.119	6.864	12.983
TISALEO	330	2.963	3.293
TIWINTZA	225	1.009	1.234
TOSAGUA	2.656	6.793	9.449
TULCAN	14.198	7.909	22.107
URBINA JADO	2.857	12.318	15.175
URDANETA	1.560	6.003	7.563
VALENCIA	4.253	6.175	10.428
VENTANAS	9.615	7.268	16.883
VINCES	7.846	10.868	18.714
YACUAMBI	314	974	1.288
YAGUACHI	4.578	11.264	15.842
YANTZAZA	2.229	2.032	4.261
ZAMORA	3.046	3.117	6.163
ZAPOTILLO	692	2.504	3.196
ZARUMA	2.745	3.844	6.589
Total, Nacional	2.391.499	1.357.420	3.748.919

Tabla 16 Número de viviendas particulares según provincia y cantón.

Los prestadores de servicio de internet son quienes nos ofrecen el servicio de internet para revenderlo, por ello se ha realizado una tabla de información de los prestadores de este servicio con su información de contacto y su dirección.

PRESTADOR	TELÉFONO	DIRECCIÓN
BROADBAND COMUNICACIONES S.A.	593-4010500	Av. Naciones Unidas No. E6-99, Quito – Pichincha.

CABLERED S.A.	4 - 390 - 0800	Numa Ponpilio Llona 42-B Laureles-3 The Point Guayaquil – Guayas.
CELEC EP	370 0190	Panamericana Norte, Capulispamba, Azuay.
CENTURYLINK ECUADOR S.A.	400-4040	Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), Guayaquil.
CNT EP.	373-1700	Todo el país
COLUMBUSNETWORKS DE ECUADOR S.A.		
CONECCEL S.A.	+593-4-2693693 +593-4-5004040	Avda. Francisco de Orellana y Alberto Borgues, Edif. Centrum, Guayaquil
CONECCEL (ex ECUADORTELECOM S.A.)	+593-4-2693693 +593-4-5004040	Avda. Francisco de Orellana y Alberto Borgues, Edif. Centrum, Guayaquil
EMPRESA ELÉCTRICA CENTRO SUR C.A.	(07) 4135 136	MAX UHLE Y PUMAPUNGO, Azuay
ETAPA EP	(07) 283-1900	Avenida Diez de Agosto, Cuenca
GILAUCO S.A.	(+593) 4 - 390 - 2200 (+593) 4 - 500 - 6006	Av. Francisco de Orellana 1- 4-20-27, Edif. Centrum Guayaquil; Guayas;
GRUPO BRAVCO CIA. LTDA.	(2) 2464045	Jose Maria Ayora N39 162 Quito; Pichincha;
MEDIA COMMERCE MEDCOMM S.A	(+593) 2 - 290 - 6831	Av. 18 de Septiembre E7-05 Quito; Pichincha;
MEGADATOS S.A.	2-2265050	Nuñez de Vela E3-13, Edif. Torre del Puente Quito; Pichincha;

NEDETEL S.A.	02-3825597 / 2825611	Av. de los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro Edificio Parque Central Ofi 410, Quito, Pichincha
OTECCEL S.A.	593-2 947 800	Av. Diego de Almagro entre Whymper y Alpallana, Quito
PUNTONET S.A.	1 700 78 68 66 0963360070	Av. Francisco de Orellana 234, Guayaquil
SAITEL	062609177 / 062610330 / Ext: 201-202-203-204.	José Joaquín Olmedo, Ibarra
SETEL S.A.	(02) 600-2400	El Batán Avenida Eloy Alfaro N44-406 y De las Higueras Quito - Ecuador
SURATEL S.A.	(02) 600-4000	Norte Av. Eloy Alfaro 44- 106 y de las Higueras Quito - Ecuador
TELCONET S.A.	07-4134501	Av. De Las Américas 16-10 y Miguel Heredia, Cuenca, AZUAY
TRANSNEXA S.A.	(02) 381-9952	Avenidas Orellana E9-175 y 6 de diciembre, Quito
UNIVISA S.A.	+593 (04) 37 31 360	José Santiago Castillo y Miguel H. Alcívar, Guayaquil.
ZENIX S.A.	04 370 7130	Edificio Business Center Av. M1 entre calles 23 y 24, Manta.

Tabla 17 Prestadores de servicio de Internet.

2. Algoritmo

```
% Perfil de elevacion
EnlacesBroadcast = {};% Celda que guarada cada vector {[zi,ri,lat,lon]} dentro una
misma variable.
% para cada perfil de elevación.
Vectores = {};% Celda que guarada cada vector
{[xq',alt',Latit,Longit,RectaLineaVista']}
Validos = {}; % Analisis de Datos Válidos
Novalidos = {}; % Analisis de Datos no válidos
% Limites del mapa
latlim = R.LatitudeLimits; % Limites de Latitud
lonlim = R.LongitudeLimits; % Limites de Longitud

% Vecotres de Cooredenadas de lat y lon
ejeLat = linspace(latlim(end),latlim(1),length(mapa));
ejeLon = linspace(lonlim(1),lonlim(end),length(mapa));

% Escalimientto para visualizacion:
mapa_escalado = imresize(mapa,[600 600]);
ejeLat_escalado = imresize(ejeLat,[1 600]);
ejeLon_escalado = imresize(ejeLon,[1 600]);

% Elimina valores negativos:
zneg = find(mapa_escalado<0);
mapa_escalado(zneg) = 0;
% Mallado para el mapa
[X,Y] = meshgrid(ejeLon_escalado,ejeLat_escalado);

% Nodo para analizar el broadcast:
latCen = -2.930555555555556; % Lat centro del circulo.
lonCen = -78.99694444444445;% Lon centro del circulo.
D = 4; % Km Distancia ingeresada para el broadcast.
elavAntA =30 ; % [m]
mini=30;
max=60;
VecLa=[0]; % Vector de Latitud para cada grado
VecLon=[0]; % Vector de Longitud para cada grado
LinVista=[0];
AnguloDivisiones =1; % [°] Cada cuantos grados se divide el circulo.
% AngRequerido = 0; % °
ValidosCont=0; %Contador de Ángulos con Línea de vista.
NoValidosCont=0; %Contador de Ángulos sin Línea de vista.
latRad = latCen;% Para el calculo se considera que la latitud del segundo punto Rx es
el Punto al extremo del circulo.

% Calculo del la longitud del segundo punto lon2, al extremo del circulo a
% una distancia D [km].
syms x
```

```

ecu = eval(6378.137*acos(cos((pi/180)*(90-latCen))*cos((pi/180)*(90-latRad)) +
sin((pi/180)*(90-latCen))*sin((pi/180)*(90-latRad))*cos((pi/180)*(lonCen-x)) -
D)==0 ;
lon2 = solve(ecu,x);
lon2=double(min(lon2(1)));

% Calculas los puntos de latitud y longitud en el circulo:
radio = abs(lon2-lonCen); % Radio en unidades grados.
alpha = 0:AnguloDivisiones:360; % Vector de angulos para cada grado.
vLon = lonCen + radio.*cos((alpha.*pi)/180);% Puntos de longitud doble el circulo
de radio D.
vLat = latCen + radio.*sin((alpha.*pi)/180);% Puntos de latitud doble el circulo de
radio D.

for m = 1:length(alpha)
    % Obtencion del Perfil de elevación:
    [zi,ri,lat,lon] = mapprofile(mapa,R,[latCen vLat(m)] ,[lonCen vLon(m)]);
    EnlacesBroadcast{m} = {zi,ri,lat,lon};
end
for AngRequerido = mini:max
n = AngRequerido;
LineaVista=n;
Validacion=0;
% Para graficar el Perfil de elevacion en un angulo especificado:
zi = EnlacesBroadcast{n}{1}; % EnlacesBroadcast{numero de perfil de
elevacion}{1-para zi, 2-para ri, 3-para lat, 4-para lon}
ri = EnlacesBroadcast{n}{2};
lat = EnlacesBroadcast{n}{3};
lon = EnlacesBroadcast{n}{4};

% Define los valres de lat y lon del punto Tx
latTx = latCen; % Latitud real
lonTx = lonCen; % Longitud real

% Define los valres de lat y lon del punto Rx
latRx = vLat(n); % Latitud real
VecLa=[VecLa,latRx]; % Guardar dato del vector latitud para cada grado
Latit= VecLa'; % Tranporner Vector
lonRx = vLon(n); % Longitud real
VecLon=[VecLon,lonRx]; % Guardar dato del vector longitud para cada grado
Longit=VecLon'; % Tranporner Vector

% Distancia entre los puntos
Rt = 6378.137; % Radio de la tierra en km
dLat = ( latRx - latTx )*pi/180;
dLong = ( lonRx - lonTx )*pi/180;
a = sin(dLat/2) * sin(dLat/2) + cos(latTx*pi/180) * cos(latRx*pi/180) * sin(dLong/2)
* sin(dLong/2);
c = 2 * atan2(sqrt(a), sqrt(1-a));
distanciaKm = Rt * c;

```

```
% Interpola la curva de elevacion (Para tener mas puntos en la curva del perfil de elevación)
```

```
x = linspace(0,distanciaKm,length(zi)); % Vector del eje x (Corresponde a la distancia desde Tx a Rx)
```

```
xq = linspace(0,distanciaKm,length(zi)); % 2 Veces mas muestras (cambiar si es necesario)
```

```
alt = spline(x,zi,xq); % Vector de puntos de altitud.
```

```
% Perfil de elevación con ajuste de altura de antena:
```

```
elvA = alt(1) + elavAntA; % Altura en Tx mas altura de la antena.
```

```
elvB = alt(end); % Altura en Tx.
```

```
% Recta de la linea de vista.
```

```
pendiente = (elvB-elvA)/(distanciaKm);
```

```
RectaLineaVista = pendiente.*(xq) + elvA;
```

```
% Guardar Vectores de Muestras, Longitud, Latitud y Linea de vista de cada Grado
```

```
Vectores {n}={xq',alt',Latit,Longit,RectaLineaVista'};
```

```
% Vectores Reales para los 360°:
```

```
MuestrasX = Vectores {n}{1};
```

```
MuestrasY = Vectores {n}{2};
```

```
Latitud = Vectores {n}{3};
```

```
Longitud = Vectores {n}{4};
```

```
RectaVista = Vectores {n}{5};
```

```
% Analisis de los Datos para verificar si existe linea de vista de cada angulo:
```

```
for Z=1:25
```

```
    if(LineaVista == n);
```

```
        if (RectaVista(Z) > MuestrasY(Z));
```

```
            Validacion=Validacion+1;
```

```
        else
```

```
            LineaVista =n+1;
```

```
        end
```

```
    else
```

```
    end
```

```
end
```

```
% Condición para guardar datos validos y novalidos según la línea de vista.
```

```
if (Validacion == 25);
```

```
    fprintf('Angulo %d Si tine linea de vista\n',n);
```

```
    LinVista=[LinVista,"Si"];
```

```
% Validos {n}={Latitud(n),Longitud(n)};
```

```
ValidosCont=ValidosCont+1;
```

```
else
```

```
    fprintf('Angulo %d No tine linea de vista\n',n);
```

```
    LinVista=[LinVista,"No"];
```

```

%       Novalidos {n}= {Latitud(n),Longitud(n)};
       NoValidosCont=NoValidosCont+1;

end
end
Linea_Vista=[LinVista]';
%Mostrar resultados de los 360 grados analizados
PorcentajeVa=(ValidosCont*100)/(ValidosCont+NoValidosCont);
fprintf('\nTotal de Ángulos con línea de vista %d \n',ValidosCont);
fprintf('\nRepresenta el : %d Por ciento\n',PorcentajeVa);
app.Validos.Value= PorcentajeVa;
PorcentajeNo=(NoValidosCont*100)/(ValidosCont+NoValidosCont);
fprintf('\nTotal de Ángulos sin línea de vista %d \n',NoValidosCont);
fprintf('\nRepresenta el : %d Por ciento\n',PorcentajeNo);
app.NoValidos.Value= PorcentajeNo;
app.NValidos.Value= ValidosCont;
app.NNoValidos.Value=NoValidosCont;
%Contar Postes dentro de la zona
Vali=0;
for J=1:23649
    if (Pozo(J,1)<=Latitud(2));
        if (Pozo(J,1)>=latCen);
            if (Pozo(J,2)<=Longitud(2));
                if (Pozo(J,2)>=Longitud(max-mini+2));
                    Vali=Vali+1;
                end
            end
        end
    end
end
fprintf('\nTotal de Pozos en la zona: %d \n',Vali)

%Contar Postes dentro de la zona

ValiPos=0;
for K=1:257686
    if (Postes(K,1)<=Latitud(2));
        if (Postes(K,1)>=latCen);
            if (Postes(K,2)<=Longitud(2));
                if (Postes(K,2)>=Longitud(max-mini+2));
                    ValiPos=ValiPos+1;
                end
            end
        end
    end
end
fprintf('\nTotal de postes en la zona: %d \n',ValiPos)

```