



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA RED DE ACCESO DE COBRE  
CONSIDERANDO LA TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS EN  
SECTORES RURALES

AUTOR

Diego Alcides Imba Chontasi

AÑO

2020



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

ANÁLISIS DEL DESEMPEÑO DE LA RED DE ACCESO DE COBRE  
CONSIDERANDO LA TASA DE TRANSFERENCIA DE DATOS EN  
SECTORES RURALES

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

Profesor Guía  
MSc. Iván Ricardo Sánchez Salazar

Autor  
Diego Alcides Imba Chontasi

Año  
2020

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo, Análisis del desempeño de la red de acceso de cobre considerando la tasa de transferencia de datos en sectores rurales, a través de reuniones periódicas con el estudiante Diego Alcides Imba Chontasi, en el semestre 202010, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



---

Iván Ricardo Sánchez Salazar  
Magister en Calidad, Seguridad y Ambiente  
C.I. 180345614-2

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Análisis del desempeño de la red de acceso de cobre considerando la tasa de transferencia de datos en sectores rurales, del estudiante Diego Alcides Imba Chontasi, en el semestre 202010, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.



Carlos Enrique Carrión Betancourt

Máster en Ciencias en Telecomunicaciones y Telemática

C.I. 110373807-4

## DECLARACIÓN AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

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

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diego Alcides Imba Chontasi', is positioned above a horizontal line.

Diego Alcides Imba Chontasi

C.I. 1714783873

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su bendición, a mis Padres por apoyarme en este largo proceso, a mis profesores quienes contribuyeron con sus conocimientos para aplicarlos en este proyecto.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres:  
Andrés y Blanca por acompañarme en todas las etapas de mi vida, enseñándome constantemente el camino correcto, hacia la superación y culminación de metas.  
A mis hermanos que me han enseñado a no decaer ante ninguna circunstancia.

## RESUMEN

En la actualidad en el Ecuador las telecomunicaciones facilitan a las personas tener acceso a todo tipo de información y servicios digitales.

El Plan de Servicio Universal constituye una estrategia principal para eliminar las brechas que existe en la población ecuatoriana para acceder a las TIC (MINTEL 2018).

El artículo 89, de la carta magna indica que el “El Servicio Universal constituye la obligación de extender un conjunto definido de servicios de telecomunicaciones, a todos los habitantes del territorio nacional con condiciones mínimas de accesibilidad, calidad y precios equitativos, con independencia de condiciones económicas, sociales o ubicación geográfica de la población (MINTEL, 2018).

En sectores rurales uno de los mayores problemas para garantizar servicio de transmisión de datos ha sido siempre la disponibilidad del acceso o última milla.

En el Ecuador existen tres proveedores de telefonía fija con cobertura en las principales ciudades que son: CNT E.P, ETAPA E.P, SETEL S. A (ARCOTEL, Estadísticas, 2019).

El presente proyecto tiene por objeto realizar un análisis del desempeño de la red de acceso de cobre, considerando la tasa de transferencia de datos en sectores rurales y plantear una solución al problema.

Para lo cual se realizará experimentaciones prácticas en campo en el Cantón Pedro Moncayo, parroquia Tabacundo, en la comunidad de Picalquí, en el cual se determinará distancias máximas para diferentes tasas de transferencias ofrecidas por el proveedor, además se planteará una solución para solventar el problema encontrado.

## **ABSTRACT**

At present, telecommunications in Ecuador, telecommunications make it easier for people to have access to all kinds of information and digital services.

The Universal Service Plan constitutes a main strategy to eliminate the gaps that exist in the Ecuadorian population to access TIC (Mintel 2018).

Article 89 of the Magna Carta indicates that the “Universal Service constitutes the obligation to extend a defined set of telecommunications services to all inhabitants of the national territory with minimum conditions of accessibility, quality and fair prices, regardless of conditions economic, social or geographic location of the population (Mintel, 2018).

In rural sectors one of the biggest problems in guaranteeing data transmission service has always been the availability of access or last mile.

In Ecuador there are three fixed telephone providers with coverage in the main cities that are: CNT E.P, ETAPA E.P, SETEL S.A (ARCOTEL, 2018).

The purpose of this project is to analyze the performance of the copper access network, considering the data transfer rate in rural sectors and propose a solution to the problem.

For which practical experiments will be carried out in the field in the Pedro Moncayo Canton, Tabacundo Parish, in the community of Picalquí, in which maximum distances will be determined for different transfer rates offered by the provider, a solution will also be proposed to solve the problem found.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes.....	1
Alcance.....	2
Justificación .....	3
Objetivo General.....	3
Objetivos Específicos .....	3
1. CAPÍTULO I ANÁLISIS RED DE ACCESO COBRE.....	4
1.1. Red de acceso .....	4
1.1.1. Red de acceso cobre.....	4
1.2. Planta Interna.....	5
1.2.1. Central telefónica.....	5
1.3. Red Planta Externa .....	5
1.3.1. MDF- Distribuidor ( <i>Main Distribution Frame</i> ) .....	6
1.3.2. Galería de cables.....	7
1.3.3. Red Primaria.....	8
1.3.4. Distritos.....	8
1.4. Cables telefónicos .....	10
1.4.1. Cables telefónicos Multipar.....	11
1.4.2. Cables multipar interiores .....	11
1.4.3. Cables multipar exteriores .....	12
1.4.4. Cable Aéreo.....	12
1.5. Empalmes .....	16
1.5.1. Tipos de empalme .....	16
1.6. Mangas .....	18
1.6.1. Tipos de mangas .....	19
1.7. Conexión a tierra .....	19
1.7.1. Valor máximo normalizado en conexión a tierra.....	19
1.8. Parámetros de resistencia eléctrica de los conductores .....	20
1.8.1. Área del conductor.....	20
1.8.2. Cálculo Resistencia de bucle.....	20

1.9. Parámetros que intervienen en la transferencia de datos.....	21
1.9.1. Resistencia de bucle.....	21
1.9.2. SNR ( <i>Signal to Noise ratio</i> ).....	22
1.9.3. Ruido térmico.....	23
1.9.4. Diafonía .....	23
1.10. Internet.....	26
1.11. Tecnología ADSL .....	26
1.12. Topología .....	28
1.12.1. Isp ( <i>Internet service provider</i> ) .....	28
1.12.2. Bras ( <i>Broadband remote access server</i> ) .....	28
1.12.3. Dslam ( <i>Digital subscriber line access multiplexer</i> ).....	28
1.12.4. Router ( <i>ATU-R</i> ).....	29

## 2. CAPÍTULO II. INFRAESTRUCTURA

### TELECOMUNICACIONES CANTÓN PEDRO MONCAYO 29

2.1. Cantón Pedro Moncayo.....	29
2.2. Parroquia Tabacundo .....	30
2.2.1 Infraestructura de telecomunicaciones .....	31
2.2.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos.....	32
2.2.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos .....	34
2.2.4. Infraestructura de energía eléctrica .....	35
2.3. Parroquia Tupigachi .....	37
2.3.1. Infraestructura de telecomunicaciones .....	38
2.3.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos.....	38
2.3.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos .....	40
2.3.4. Infraestructura de energía eléctrica .....	41
2.4. Parroquia la Esperanza .....	42
2.4.1. Infraestructura de telecomunicaciones .....	43
2.4.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos.....	43
2.4.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos .....	45
2.4.4. Infraestructura de energía eléctrica .....	46
2.5. Parroquia Tocachi .....	47
2.5.1. Infraestructura de telecomunicaciones .....	47

2.5.2.	Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos.....	48
2.5.3.	Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos .....	50
2.5.4.	Infraestructura de energía eléctrica .....	51
2.6.	Parroquia Malchinguí.....	52
2.6.1.	Infraestructura de telecomunicaciones .....	52
2.6.2.	Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos.....	53
2.6.3.	Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos .....	55
2.6.4.	Infraestructura de energía eléctrica .....	56
<b>3.</b>	<b>CAPÍTULO III. DESEMPEÑO RED DE ACCESO EN MUESTRA DE USUARIOS .....</b>	<b>57</b>
3.1	Muestra de Usuarios.....	57
3.2	Mapa de Cobertura .....	58
3.3.	Parámetros de medición.....	60
3.3.1.	Armario 1 .....	60
3.3.2.	Armario 2 .....	61
3.3.3.	Armario 3 .....	61
3.3.4.	Armario 4 .....	62
3.4.	Mediciones de par de cobre .....	62
<b>4.</b>	<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE PRUEBAS TOMADAS EN CAMPO .....</b>	<b>82</b>
4.1.	Tabla de disponibilidad.....	83
4.2.	Tabla de aplicaciones utilizadas .....	83
4.3.	Disponibilidad por Armario .....	84
4.3.1.	Armario de distribución 1 .....	84
4.3.2.	Armario de distribución 2 .....	85
4.3.3.	Armario de distribución 3 .....	86
4.3.4.	Armario de distribución 4 .....	88
<b>5.</b>	<b>CAPÍTULO V. SOLUCIÓN AL PROBLEMA EN LA ZONA RURAL .....</b>	<b>91</b>
5.1.	Soluciones.....	91
5.2.	AMG (Access Media Gateway).....	92

5.3. Red de acceso FTTH GPON.....	92
5.3.1. Dimensionamiento poblacional.....	95
5.3.2. Arquitectura FTTH GPON.....	95
5.3.3. Diseño solución FTTH GPON.....	96
5.4. Presupuesto óptico.....	97
5.4.1. Presupuesto óptico cliente A .....	98
5.4.2. Presupuesto óptico B.....	98
5.5. Presupuesto referencial del proyecto .....	99
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
6.1. Conclusiones.....	101
6.2. Recomendaciones.....	102
REFERENCIAS.....	104
ANEXOS .....	108

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes**

Actualmente en el Ecuador las telecomunicaciones facilitan a las personas tener acceso a todo tipo de información y servicios digitales.

El Plan de Servicio Universal constituye una estrategia principal para eliminar las brechas que existe en la población ecuatoriana para acceder a las TIC. (MINTEL, 2018, p. 7).

Uno de los mayores problemas para garantizar servicio de transmisión de datos ha sido siempre la disponibilidad del acceso o última milla.

Cada día clientes solicitan un mayor ancho de banda, demandada por nuevas aplicaciones informáticas lo que implica tendencia a crear nuevas infraestructuras de planta externa, basadas en medios de transmisión como fibra óptica, soluciones inalámbricas, el cual implica costos demasiados altos de inversión para los proveedores.

En el Ecuador existen tres proveedores de telefonía fija con cobertura en las principales ciudades que son: CNT E.P, ETAPA E.P, SETEL S.A (ARCOTEL, Servicio de telefonía fija, 2019).

CNT E.P. es el proveedor que actualmente tiene mayor cobertura en sectores rurales a nivel nacional, brinda el servicio de telefonía fija, Internet, televisión satelital y telefonía móvil, por ubicaciones geográficas en algunos casos llegan a comunidades lejanas, pero con un servicio no óptimo ya que no se garantiza tasas de transferencia de datos adecuada, debido a la tecnología utilizada en zonas rurales y una no adecuada práctica de medición en el medio de transmisión, ya que no cumple la norma ITU-T L.19 que indica los valores mínimos aceptados para la red de cobre multipar que soporta servicios múltiples.

## **Alcance**

El alcance del presente trabajo es realizar el análisis del desempeño de la red de acceso cobre, considerando la tasa de transferencia de datos que se pueda ofrecer, para los usuarios en sectores rurales.

Las experimentaciones prácticas se las realizarán en el Cantón Pedro Moncayo ubicado al nororiente de la provincia de Pichincha y sus comunidades aledañas.

El estudio está basado en identificar parámetros físicos y lógicos que intervienen en el medio de transmisión establecido en la norma ITU-T L.19, al momento de obtener una tasa de transmisión de datos efectiva, esto permitirá definir si el medio de transmisión es óptimo para su uso en zonas rurales donde se debe recorrer grandes distancias entre el Nodo y el usuario final.

Con estos datos se pretende determinar la calidad de servicio en el abonado y en base a estas mediciones, establecer tasas de transferencia máximas y mínimas tomando en cuenta la longitud o distancia desde el nodo hacia el cliente, conjuntamente identificar los factores que condicionan a la red de acceso cobre, diafonía, inducción, atenuación, ruido, fallas resistivas, capacitivas y sus causas para no obtener un valor aceptado para un servicio óptimo.

Para cumplir con lo mencionado anteriormente, se realizará mediciones en campo, planta externa con equipos de medición Dynatel o Analizador de Redes y Multímetro, desde el nodo hasta el usuario final con el fin de identificar las posibles variables que afectarían al funcionamiento del servicio.

## **Justificación**

En los sectores rurales a nivel nacional los problemas comunes se dan en planta externa, se dificulta el acceso de alta velocidad siendo una limitante la distancia, entre proveedor y cliente.

Se plantea un documento, que sirva como pauta para destacar la causa limitante existente en la red de cobre, con este documento se obtendrá mediciones reales en campo para así proporcionar al cliente final un buen servicio, además se planteara soluciones a fin de solventar los problemas encontrados en la red de acceso cobre.

Para este análisis se utiliza la tecnología ADSL debido a que en el entorno rural se aprovecha la infraestructura desplegada.

## **Objetivo General**

Analizar el desempeño de la red de acceso cobre considerando la tasa de transferencia de datos en sectores rurales del Ecuador.

## **Objetivos Específicos**

Analizar la red de acceso de cobre y parámetros que intervienen en la transmisión de datos.

Levantar línea base del Cantón Pedro Moncayo en cuanto a la infraestructura actual de telecomunicaciones.

Analizar el desempeño de la red de acceso en una muestra de usuario del Cantón Pedro Moncayo, considerando los parámetros identificados.

Analizar las pruebas en base a los resultados experimentales tomados en campo.

Plantear soluciones a fin de solventar los problemas encontrados en la red de acceso de cobre.

## 1. CAPÍTULO I ANÁLISIS RED DE ACCESO COBRE

El presente capítulo contiene el fundamento teórico de conceptos y definiciones técnicos de la red de acceso cobre y los parámetros que intervienen en la transmisión de datos en las zonas rurales del Cantón Pedro Moncayo.

Además, hay que destacar que para este análisis se utiliza tecnología ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), debido a que en el entorno rural se aprovecha la infraestructura desplegada por el proveedor, ya que implicaría gastos sumamente elevados invertir en nuevas tecnologías como, fibra óptica, enlaces satelitales, enlaces dedicados.

### 1.1. Red de acceso

Una red de acceso representa, un conjunto de elementos que hacen posible ofrecer una conexión de servicio de telecomunicaciones, entre el usuario final y proveedor, se clasifica en redes de acceso alámbrico e inalámbrico.

#### 1.1.1. Red de acceso cobre

La red de acceso cobre o última milla, forma parte principal de la red de telefonía, por su característica de propagación, infraestructura desplegada es utilizado para proveer conexiones de voz y datos.

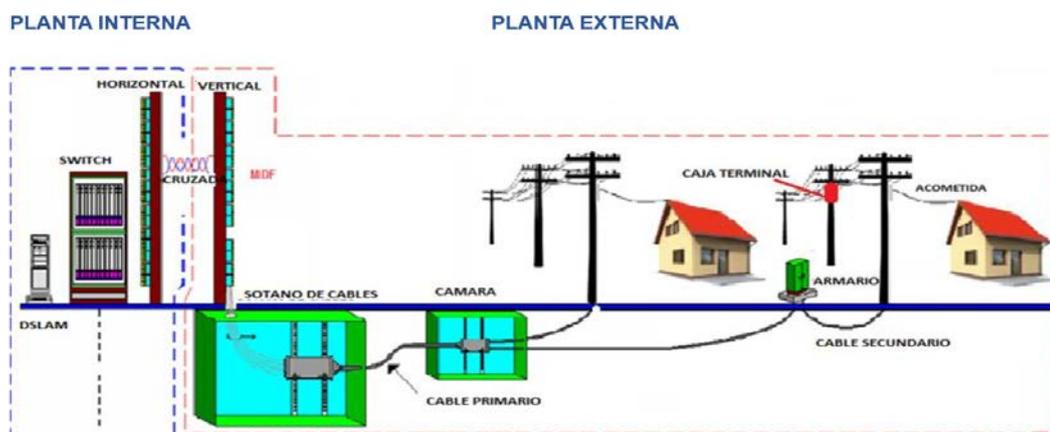


Figura 1. Red de acceso planta interna, planta externa.

Tomado de (Emcali, 2018, p. 3)

## 1.2. Planta Interna

### 1.2.1. Central telefónica

Se encuentra situada en el edificio del proveedor de servicios de telecomunicaciones, en este lugar funcionan los equipos de conmutación energía, transmisión y el MDF o repartidor.

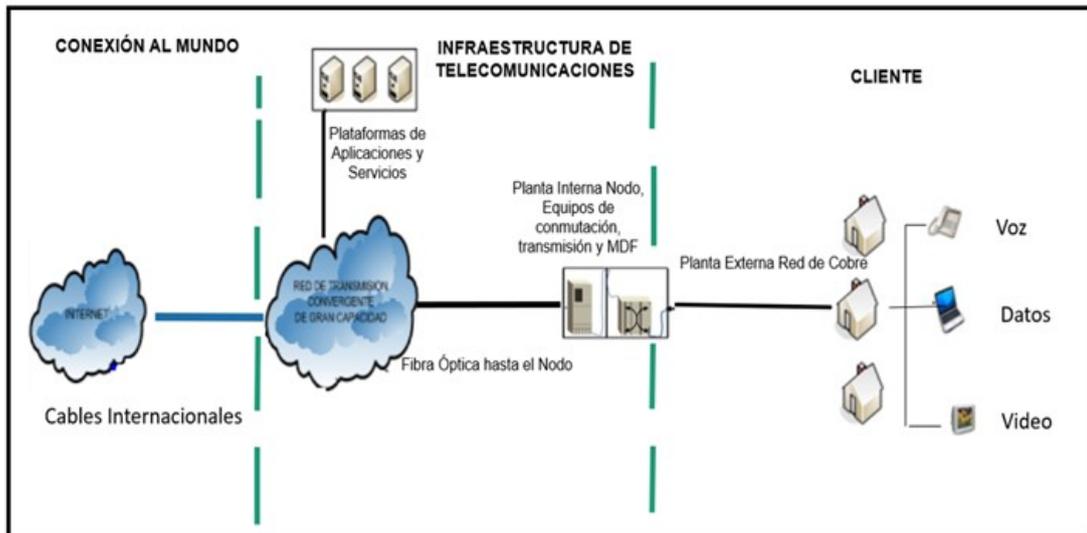


Figura 2. Planta Interna.

Adaptado de (CNT E.P, 2010)

### 1.3. Red Planta Externa

Planta externa está conformada por elementos que tienen por objeto transportar el servicio de telecomunicaciones desde la central telefónica hasta el usuario final o abonado.

Arquitectura planta externa.

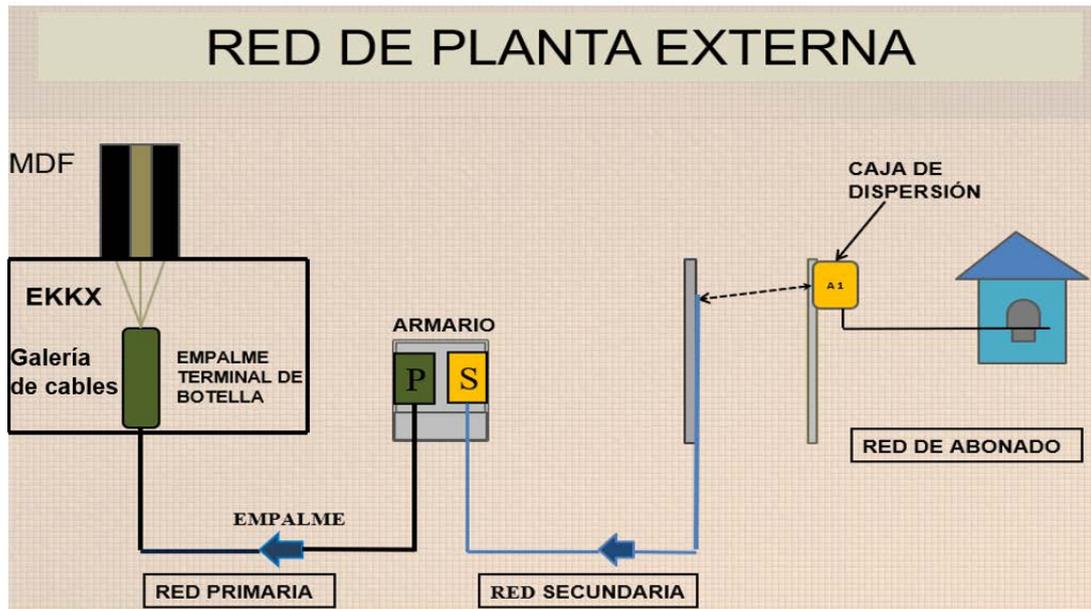


Figura 3. Red Planta Externa.

Adaptado de (CNT E.P, 2014, p.11)

### 1.3.1. MDF- Distribuidor (*Main Distribution Frame*)

Situado en la Central telefónica, zona donde se realiza la interconexión planta interna y planta externa, lugar donde se distribuye las líneas telefónicas hacia el usuario final, además se realizan pruebas de red, y se diagnostican daños hacia la red primaria. (Cárdenas, 2009).

Normalmente el MDF se encuentra situado en un área independiente con relación a los equipos de conmutación, transmisión y energía. (Cárdenas, 2009).



*Figura 4.* MDF Distribuidor.

Tomado de (Chaipattanawan, 2005)

### **1.3.2. Galería de cables**

Se encuentra situado en la parte inferior del MDF, área utilizada para ubicar los empalmes terminales tipo botella, dispone de un bastidor y una manga en la cual se encuentra el empalme del cable EKKX, proveniente del MDF y el multipar de alta capacidad exterior utilizado para la red primaria.

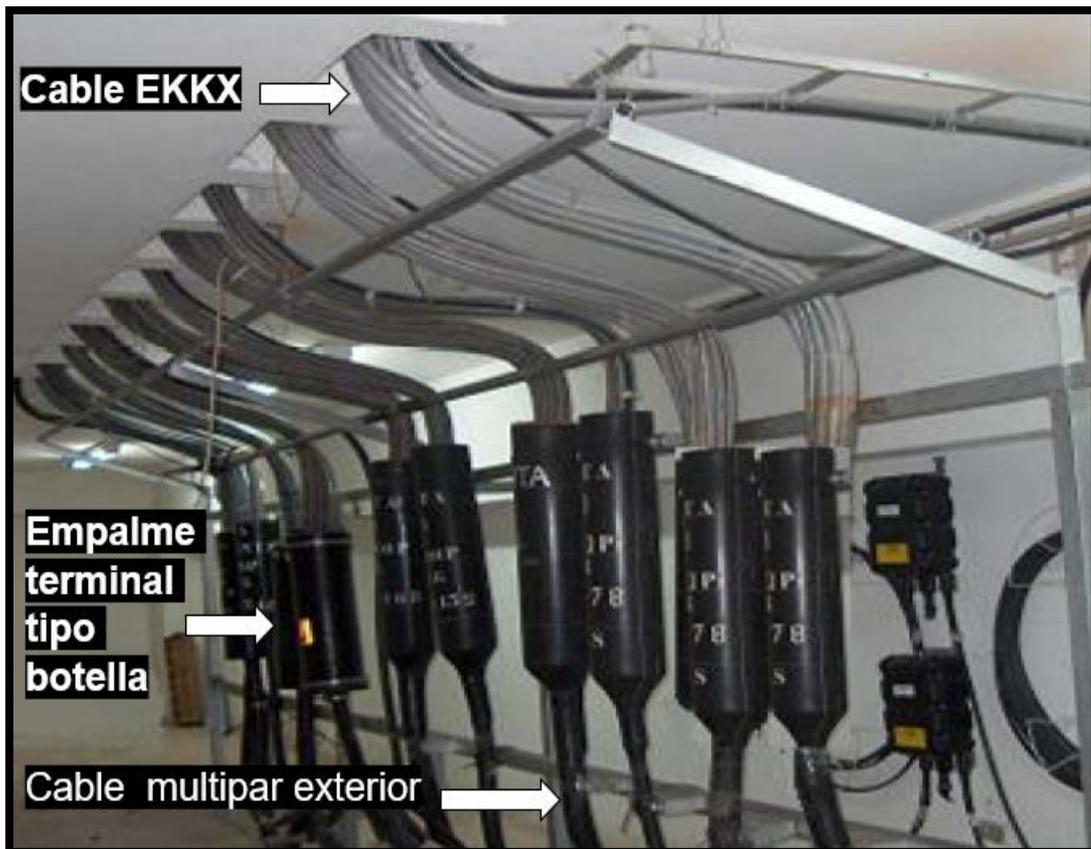


Figura 5. Galería de cables.

Adaptado de (CNT E.P, 2013)

### 1.3.3. Red Primaria

El perímetro de la central se encuentra dividido en armarios de distribución, la red primaria es encargada de unir el MDF o repartidor con los armarios de distribución, con cables telefónicos de alta capacidad.

### 1.3.4. Distritos

Zonas o áreas que geográficamente dividen la red en función de la ciudad cada área posee su armario de distribución. (CNT E.P, 2014).

### 1.3.5. Armarios de Distribución

Ubicados estratégicamente en un sitio del distrito, lugar en el cual se conectan los cables primarios y secundarios, mediante bloques de conexión de 50 o 100 pares.

En la actualidad existen armarios que tienen una capacidad de 1200 pares y 1800 pares, en base a un censo realizado previamente a posibles usuarios.



*Figura 6.* Armario de distribución.

Tomado de (Impelsa, 2006)

### **1.3.6. Red Secundaria**

La red secundaria se encarga de conectar un armario de distribución con las cajas de dispersión, se encuentra conformada por cables aéreos, cables canalizados, empalmes mangas y cajas de dispersión.

### **1.3.7. Cajas de dispersión**

Las cajas de dispersión se encargan de conectar la red secundaria con la red del cliente o abonado, están conformadas por 10 pares que proveen de servicio a 10 clientes.

Las cajas de dispersión están ubicadas de forma aérea en postes y tipo mural en paredes de inmuebles, vienen protegidas para corriente y voltajes deben tener conexión a tierra.

Su nomenclatura es alfanumérica tiene una letra y un número, cada serie va del 1 al 5.

E1, E2, E3, E4, E5

F1, F2, F3, F4, F5

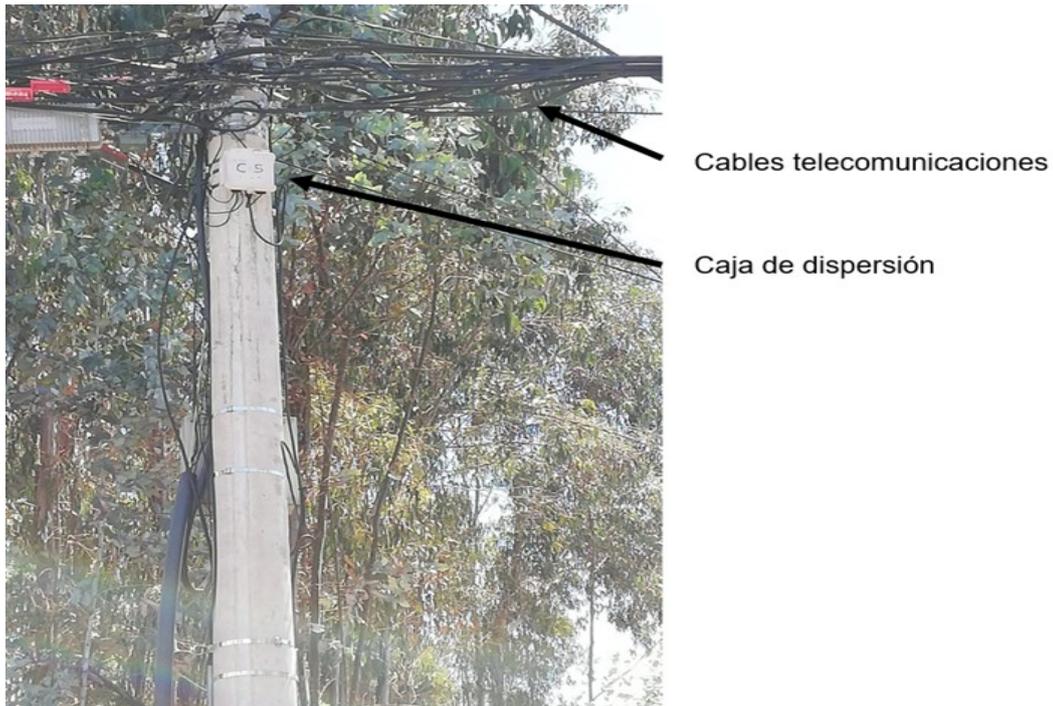


Figura 7. Caja de dispersión.

### 1.3.8. Red de abonado

La red de abonado constituye el cable que parte conectado desde la caja de dispersión hacia la red interna del cliente y este hacia la roseta, donde se encuentra el aparato terminal del usuario.

### 1.4. Cables telefónicos

En planta externa los cables telefónicos forman parte principal de toda la red de telefonía, debido a que es el medio por el cual viajan las señales de voz y datos.

Se dividen en dos grupos detallados a continuación en la siguiente figura.

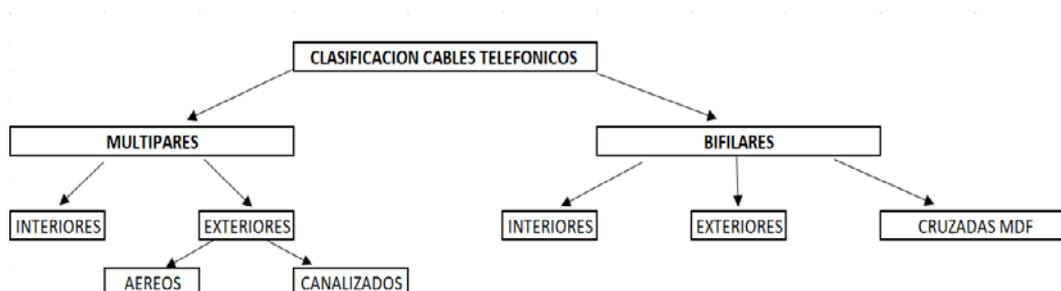


Figura 8. Tipos de Cables.

### 1.4.1. Cables telefónicos Multipar

Utilizado en la red telefónica es un conjunto de hilos de cobre que tiene un diámetro entre 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, y 0.9 mm pueden llegar a tener una capacidad de hasta 1800 pares de acuerdo con el tipo de cable multipar interior o exterior. (CNT E.P, 2014, p. 73).

### 1.4.2. Cables multipar interiores

EKKX, cable que se lo utiliza para la conexión entre los puntos de la regleta primaria situada en el MDF con el empalme terminal tipo botella.

Descripción:

- Este tipo de cable tiene una capacidad de 50 y 100 pares cuyos conductores tienen un diámetro de 0.5 mm.
- Es un tipo de cable seco no tiene petrolato, su distribución en los conductores viene con la codificación universal código REA.
- El conductor de este tipo de cable es cobre electrolítico suave, está compuesto su aislamiento por cloruro de polivinilo PVC, es resistente a la humedad y retardante al fuego. (CNT E.P, Cable multipar para interiores especificaciones técnicas, 2010, p. 1).



*Figura 9.* Cable EKKX.

Tomado de (Condumex, 2019)

### **1.4.3. Cables multipar exteriores**

Son cables de alta capacidad utilizados en tendido de redes de telefonía, como troncales primarias y secundarias se clasifican en cables aéreos y subterráneos canalizados.

### **1.4.4. Cable Aéreo**

Este tipo de cable se lo utiliza en tendido aéreo de redes secundarias exteriores en postes, tiene un mensajero de acero integrado a la cubierta, se los conoce también como cables auto-suspendidos.

Capacidad de 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200 pares. (CNT E.P, 2014, p. 73).

Descripción:

- Conductor de cobre suave
- Aislamiento de polietileno
- Blindaje de aluminio corrugado
- Calibre de cable AWG 26
- Conductores pareados y cableados
- Diámetro 0.04 mm
- Relleno interno de petrolato
- Cubierta de polietileno
- Mensajero de acero integrado a la cubierta



*Figura 10.* Cable aéreo.

Tomado de (Condumex, 2019)

#### **1.4.5. Cable canalizados o subterráneos**

Este tipo de cable se lo utiliza en tendido de redes troncales primarias y redes secundarias subterráneas, se lo realiza mediante ductos y cámaras telefónicas que son construidos previamente de acuerdo a la red de acceso diseñada.

Son cables que poseen relleno interno de petrolato, este impermeabiliza el interior del cable en áreas donde existe prolongada humedad.

Capacidad de 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 600, 900, 1200, 1500, 1800 pares. (CNT E.P, 2014, p. 73).

Descripción:

- Conductor de cobre suave
- Aislamiento de polietileno
- Blindaje de aluminio corrugado
- Calibre de cable AWG 26
- Conductores pareados y cableados
- Diámetro 0.04 mm
- Relleno interno de petrolato



*Figura 11.* Cable canalizado.

Tomado de (Condumex, 2019)

#### 1.4.6. Cables bifilares

Cable utilizado en instalación de líneas telefónicas, entre la caja principal exterior del cliente, hasta el punto principal interno.

#### 1.4.7. Cable bifilar exteriores

Utilizado para la conexión a partir de la caja de dispersión hasta la caja principal exterior del cliente, donde se realiza la acometida hasta el punto interno principal, está constituido por un par de hilos de cobre.

En la tabla 1, características detalladas del tipo de cables utilizados.

Tabla 1.

*Características cable*

DESCRIPCIÓN	CALIBRE AWG	DIAMETRO (mm)	CONDUCTOR	REVESTIMIENTO
Cable Neopren	2*20	0.812	Cobre	Polietileno
Cable Entorchado	2*17	1.150	Cobre	Polietileno



*Figura 12.* Cable bifilar exterior.

Tomado de (Electrocables, 2018)

#### 1.4.8. Cable bifilar interior

Utilizado para la instalación interna del cliente en residencia del cual se realiza derivaciones para sus respectivas extensiones.

Tabla 2.

*Característica cable*

DESCRIPCIÓN	CALIBRE AWG	DIAMETRO (mm)	CONDUCTOR	REVESTIMIENTO
Cable EKUA	2*22	0.643	Cobre	Polietileno



Figura 13. Cable bifilar interior.

Tomado de (Electrocables, 2018)

**1.4.9. Cable bifilar cruzadas MDF**

Utilizado en MDF para realizar cruzadas desde numeros hacia regletas primarias, constituido por un par de hilos de cobre, es utilizado en armarios de distribución para conexión entre red primaria y red secundaria.

Tabla 3.

*Característica cable*

DESCRIPCIÓN	CALIBRE AWG	DIAMETRO (mm)	CONDUCTOR	REVESTIMIENTO
Cable entorchado cruzada	2*23	0.573	Cobre	Polietileno



Figura 14. Cable cruzada.

Tomado de (Electrocables, 2018)

#### 1.4.10. Roseta terminal

Es el punto de conexión entre el cable EKUA y el terminal telefónico del cliente, la especificación técnica es RJ11 homologada por la CNT EP. (CNT E.P, 2014, p. 49).



*Figura 15.* Roseta terminal.

#### 1.5. Empalmes

Empalme es el proceso de unión entre dos cables siguiendo códigos de colores determinados por los fabricantes o de acuerdo a la numeración del mismo.

##### 1.5.1. Tipos de empalme

- **Empalme directo:** Es realizado de acuerdo al código de colores
- **Empalme con derivación:** Se lo realiza de acuerdo al código de colores, y probando la continuidad de sus conductores, dividiendo el total de la capacidad del cable para las diferentes derivaciones conectadas hacia los armarios o cajas de dispersión según sea el caso.



*Figura 16.* Empalme directo y derivación.

Tomado de (CNT E.P, 2013)

- **Empalme numerado:** Se realiza este empalme verificando el código de colores y probando la continuidad de sus conductores.

**Empalme en paralelo:** Este tipo de empalme se realiza de acuerdo al código de colores, utilizado para trabajos de mantenimiento preventivo evitando la suspensión del servicio. (CNT E.P, 2014, p. 53).

- **Empalme terminal (Tipo botella):** Se encuentra ubicado en la galería de Cables en la parte inferior del MDF, este empalme es realizado para enlazar el cable EKKX con el cable multipar primario.



*Figura 17.* Empalme tipo botella y numerado.

### **1.6. Mangas**

En una red de acceso de cobre, es primordial el uso de mangas o protección de empalmes debido a su deterioro, es indispensable impermeabilizar el empalme.



*Figura 18.* Manga.

### 1.6.1. Tipos de mangas

- **Mangas termo contráctiles:** Este tipo de manga proporciona hermeticidad al empalme a través de la acción de calor directo de un soplete o bombona, no son reutilizables.
- **Mangas Mecánicas:** Este tipo de mangas hermetiza un empalme por acción mecánica, estas mangas se las puede intervenir y se las puede cerrar sin cambiarlas.
- **Mangas Mecánicas ventiladas:** Utilizadas en la red secundaria tiene orificios en la manga para su ventilación, son reutilizables. (CNT E.P, 2014)

### 1.7. Conexión a tierra

Es un sistema que asegura la protección ante cualquier falla de aislamiento, evita el paso de corriente a la persona.

En una red telefónica se encuentran ubicados puntos de conexión a tierra a nivel de MDF, armario de distribución y caja de dispersión.

#### 1.7.1. Valor máximo normalizado en conexión a tierra

Para resguardar la red telefónica frente a descargas eléctricas e interferencias electromagnéticas, se encuentran instalados puntos de conexión a tierra en todos los armarios, y en el tendido de cables primarios y secundarios.

Tabla 4.

*Valores*

DESCRIPCION	VALOR
Distribuidor MDF	$\leq 3$ Ohmios
Armario	$\leq 5$ Ohmios
Caja de dispersión	$\leq 10$ Ohmios

Adaptado de (CNT E.P, 2014)

## 1.8. Parámetros de resistencia eléctrica de los conductores

La resistencia eléctrica es la oposición de los electrones al moverse mediante un conductor, a continuación detallaremos la fórmula para conseguir la resistencia de un conductor.

$$R = \frac{R_o * L}{S}$$

(Ecuación 1)

- R= Resistencia del material conductor expresada en Ohmios.
- Ro= Resistividad específica del material, en Ohmios, dada una temperatura.
- L= Longitud del conductor expresada en mts.
- S= Área transversal del conductor expresada en mm<sup>2</sup>.
- Nota la Ro para el cobre a 20°C es una constante de 0.0174 ohmios \*mm<sup>2</sup>/m. (CNT E.P, 2014, p. 7).

### 1.8.1. Área del conductor

$$A = \pi * r^2$$

(Ecuación 2)

- A= Área de la circunferencia del conductor.
- π= Constante Pi.
- r= radio de circunferencia que equivale a la mitad del diámetro.

### 1.8.2. Cálculo Resistencia de bucle

Para conocer la resistencia de bucle del conductor, que es utilizado en la red primaria y red secundaria a una distancia de 1 Km desde el MDF hasta el usuario final, el cálculo se realiza tomando en cuenta el conductor de cobre #26 AWG (0.4mm), que tiene una temperatura de 20°C.

Datos

- Resistividad del conductor a 20°C = 0.0174 ohmios\*mm<sup>2</sup>/m.

- Longitud= 1 Km.
- Diámetro del conductor= 0.4mm.

Área

$$A = \pi \times r^2$$

$$A = 3.14 \times (0.4/2)^2 = 0.125 \text{ mm}^2$$

(Ecuación 3)

Resistencia de bucle

$$R = \frac{R_o * L}{S}$$

$$R = 0.0174 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m} \times 2000\text{m} / 0.125\text{mm}^2 = 278.4 \Omega/\text{Km}$$

(Ecuación 4)

Determinamos con estos cálculos que para 1 Km de distancia entre el MDF y el usuario, se obtiene una resistencia de bucle de 278.4 ohmios, en un conductor que tiene un diámetro de 0.4mm.

Estos datos facilitarán posteriormente el análisis a realizar en campo, para determinar niveles de disponibilidad y confiabilidad en el medio de transmisión físico.

## 1.9. Parámetros que intervienen en la transferencia de datos

### 1.9.1. Resistencia de bucle

Es un parámetro que interviene en la transferencia de datos, ya que determina el límite hasta cual se puede obtener disponibilidad de un servicio, su medición se lo realiza con un ohmetro entre los hilos A y B de cada par, cortocircuitando en uno de los extremos a ser medido ayuda a indentificar si el par de cobre está abierto, la medición se la realiza como en la figura 19.

La resistencia del conductor depende del calibre y la temperatura ambiental.

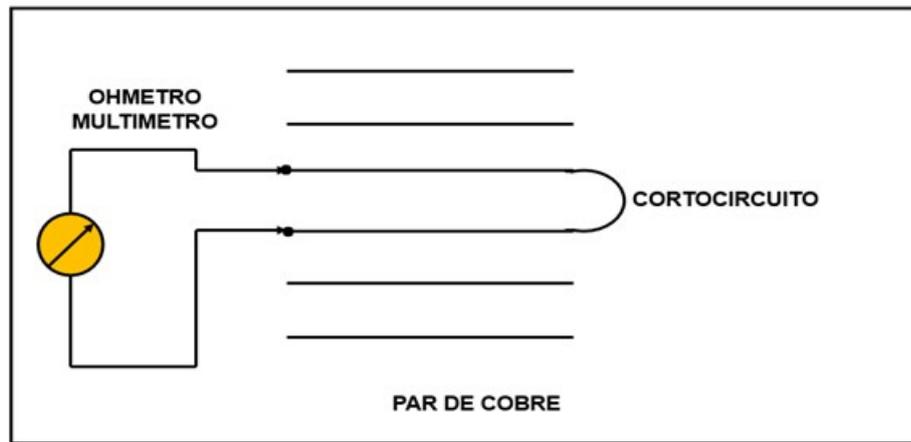


Figura 19. Resistencia de bucle.

### 1.9.2. SNR (*Signal to Noise ratio*)

Define la relación señal a ruido, equivalente a la potencia de la señal transmitida y la potencia de ruido que la corrompe.

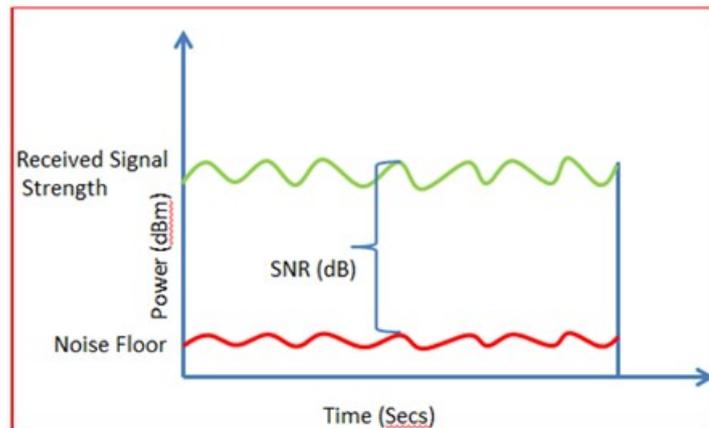


Figura 20. Señal a ruido.

Tomado de (Tecnología Informática, s.f.)

El valor de la señal a ruido es muy importante al momento de lograr determinar la capacidad teórica del canal mientras más alto mejor.

$$C = B \times \log_2 \left( 1 + \frac{S}{n} \right)$$

(Ecuación 5)

$C$ = capacidad del canal en bps

$B$ = el ancho de banda del canal en Hz

$S/N$ = la relación señal a ruido

### 1.9.3. Ruido térmico

Son todas las señales no deseables que se añaden a la señal transmitida, estas se deben por la agitación térmica de los electrones.

Se calcula con la ecuación.

$$N = 10 \log k + 10 \log T + 10 \log B \quad (\text{Ecuación 6})$$

$k$ = Boltzmann's constant =  $1.3803 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

$N$ = Ruido total del sistema

$T$ = Temperatura absoluta(K)

$B$ = ancho de banda

### 1.9.4. Diafonía

Es una interferencia electromagnética no deseada, ocasionada por un par adyacente estas se presentan por un bajo aislamiento del aislante del conductor. (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003, p. 7).

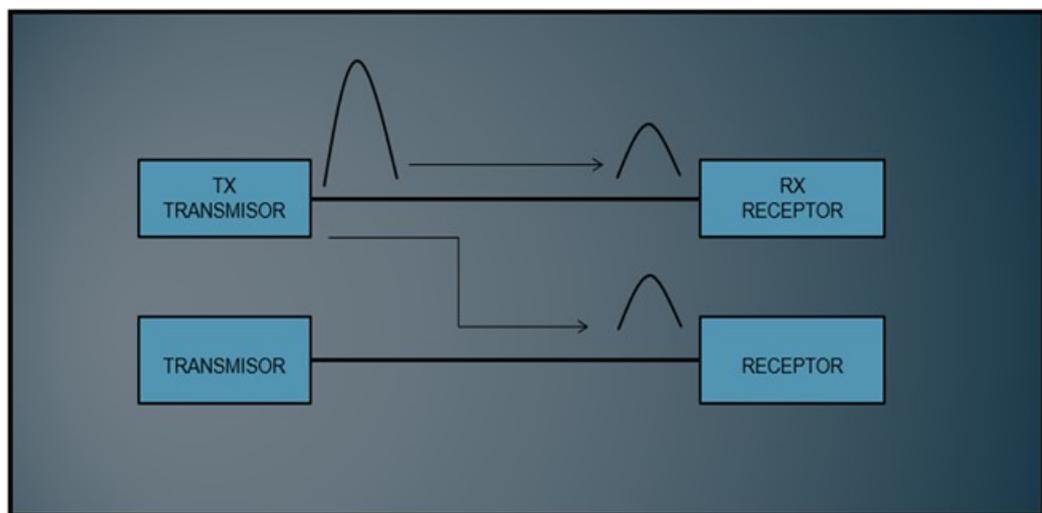


Figura 21. Diafonía.

Es provocada por la pérdida del material aislante y cuando existe humedad en la red, su medición se lo realiza con un óhmetro entre los hilos A y B, y con referencia a tierra cada hilo.

### 1.9.5. Aislamiento

Los valores mínimos normados en la CNT E.P. son los siguientes:

- Aislamiento a / tierra min. 30 MΩ
- Aislamiento b / tierra min. 30 MΩ
- Aislamiento a / b min. 30 MΩ

En la norma establecida por la (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2009, p. 318), establece los siguientes parámetros para un buen desempeño del servicio de banda ancha.

Tabla 5.

*Valores aislamiento*

Aislamiento	A- G	B- G	A- B
Valor	> 10 MΩ	> 10 MΩ	> 10 MΩ

### 1.9.6. Atenuación

- Es la pérdida de señal en la línea de transmisión cobre, debido a la resistencia de bucle.
- Es ocasionada por pérdidas en el dieléctrico debido a los materiales de aislamiento recubrimiento del cable su fórmula es:

$$A_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_{Rx}}{P_{Tx}} \right)$$

(Ecuación 7)

Prx: Potencia de recepción

Ptx: Potencia de transmisión

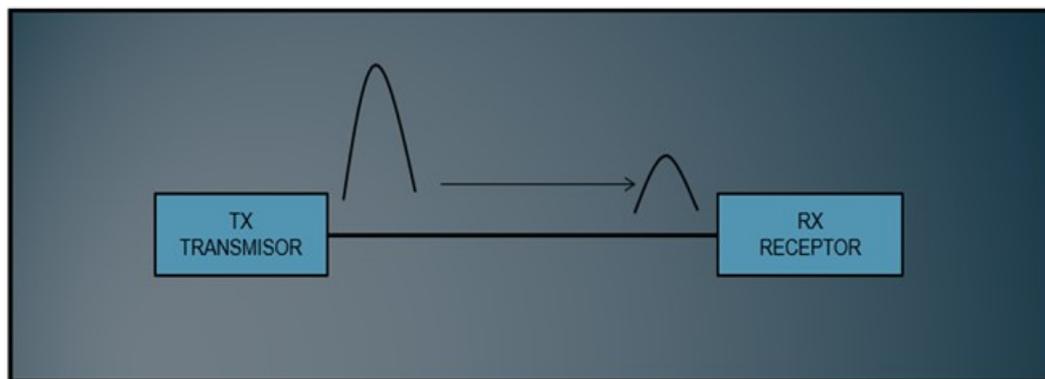
A continuación se detalla la resistencia de bucle por km y atenuación por km, los valores son tomados de Rec.UIT-T G.996.1.

Tabla 6.

*Valores atenuación*

Diámetro	Resistencia $\Omega/\text{km}$	Atenuación por inserción(dB/km)			
		40 kHz	150 kHz	200 kHz	300 kHz
0.4 mm	280	9.0	12.0	13.0	14.6
0.5 mm	177	6.2	8.5	9.5	11.0

Tomado de (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2003, p. 7).



*Figura 22. Atenuación.*

### 1.9.7. Inducción

Se debe a la inducción electromagnética provocada por voltajes AC o DC que circulan cerca de los conductores de cobre, este parámetro afecta a la transmisión de datos.

### 1.9.8. Voltajes

Los voltajes deber ser menores a 2 voltios, puesto que se tendrá de lo contrario inducción y ruido en el canal de transmisión (CNT E.P, 2013).

- Voltaje DC a / tierra 2 voltios max

- Voltaje DC b / tierra 2 voltios max
- Voltaje DC a / b 2 voltios max
- Voltaje AC a / tierra 2 voltios max
- Voltaje AC b/ tierra 2 voltios max
- Voltaje AC a / b 2 voltios max

### **1.10. Internet**

Internet es una herramienta global que conecta a millones de dispositivos fijos y móviles en todo el mundo, permite intercambiar información, está conformado por millones de redes de computadoras, servidores que se encuentran conectadas por cables, enlaces satelitales, enlaces de microondas, y enlaces de fibra óptica.

### **1.11. Tecnología ADSL**

Tecnología utilizada para la transmisión de datos utilizando la red de acceso cobre, digitaliza un par telefónico utilizando la infraestructura desplegada, esta tecnología no interfiere el servicio telefónico, ya que trabaja en diferentes banda de frecuencias su enlace es asimétrico, la voz es una señal de baja frecuencia 300 a 4kHz, y para el envío de datos al par telefónico se le inyecta una señal de alta frecuencia de 25 khz a 2.2 MHz.

A continuación se detalla las frecuencias que utiliza ADSL, ADSL2, ADSL2+ y velocidades de descarga y subida.

ADSL :Frecuencia 0,5 MHz *Download* 8 Mbps *Upload* 1 Mbps, norma ANSI T1.413.

ADSL2 :Frecuencia 1,1 MHz *Download* 12 Mbps *Upload* 1.5 Mbps, norma ITU G.992.3.

ADSL2+:Frecuencia 2,2 MHz *Download* 24 Mbps *Upload* 2 Mbps, norma ITU G.992.5. (Adslzone, s/f).

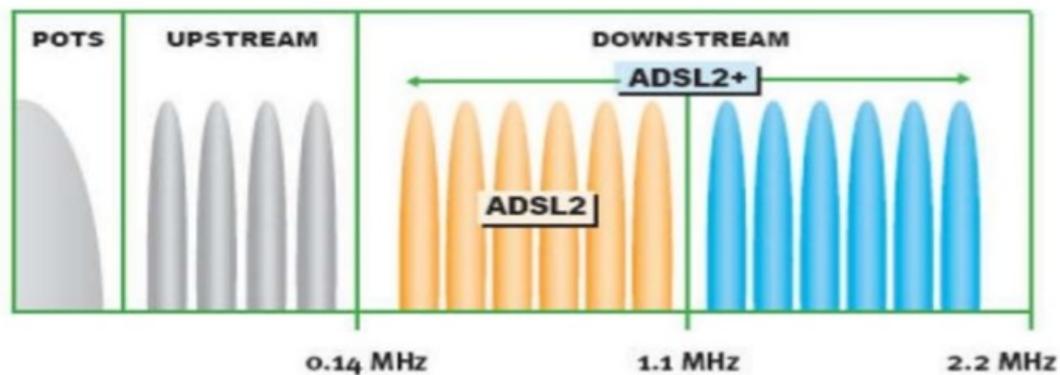


Figura 23. Frecuencias ADSL.

Tomado de (Martinez, 2018)

Adsl para su funcionamiento utiliza una pareja de modems, uno en la central telefónica y otro en el usuario final.

- ATU-C (*ADSL Transmission Unit Central*), ubicado en el lado del proveedor.
- ATU-R (*ADSL Transmission Unit Remote*), ubicado en el lado del cliente.
- SPLITTER : Es un dispositivo que separa las señales de alta frecuencia (datos) y baja frecuencia (voz) se encuentra ubicado por delante del Atu-c y Atu-r (Crespo, 2011).

Esta tecnología se acopla a los requerimientos de los usuarios que normalmente usan, una mayor cantidad de datos para recibir información que para enviarla.

En sectores rurales se ofrece esta tecnología por costos de implementación ya que se aprovecha la infraestructura existente de la red telefónica.

## 1.12. Topología

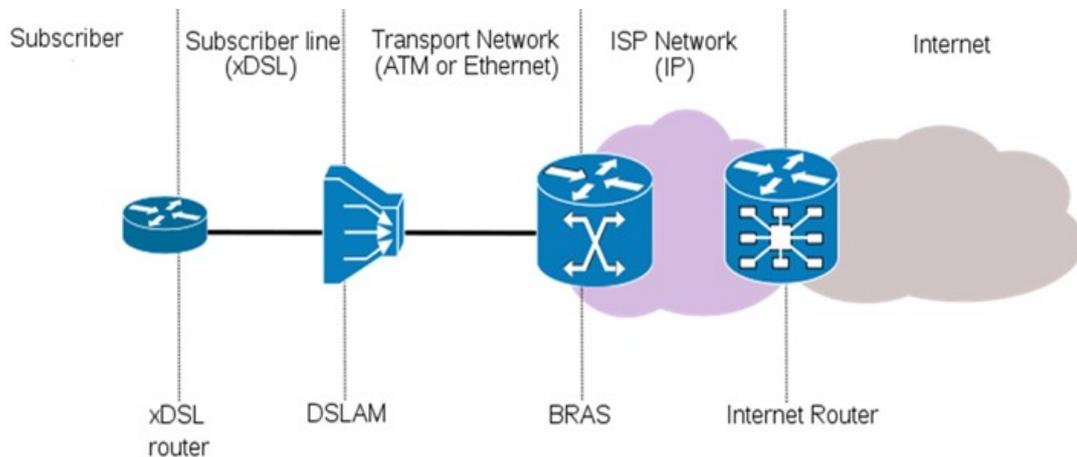


Figura 24. Topología.

Tomado de (Vaneiro, 2016)

### 1.12.1. Isp (*Internet service provider*)

Es un proveedor de servicios de Internet es el encargado de conectar usuarios finales al Internet, lo realiza mediante diferentes tecnologías.

### 1.12.2. Bras (*Broadband remote access server*)

El Bras se encuentra en el núcleo de la red del Isp, es un router de borde, se encarga de recibir las conexiones de los DSLAM que tiene conectados, el bras verifica el *usery password*, una vez que valida asigna la IP que se utiliza en el Internet.

El Bras realiza regulación de velocidad, autenticación, autorización y contabilidad. (Corletti, 2016, p. 21).

### 1.12.3. Dslam (*Digital subscriber line access multiplexer*)

Es un dispositivo multiplexor ubicado en la central telefónica, está conformado por un chasis que agrupa un determinado número de tarjetas ATU-C , su función radica en concentrar el tráfico ADSL y enviarlo hacia una red WAN (Crespo, 2011).

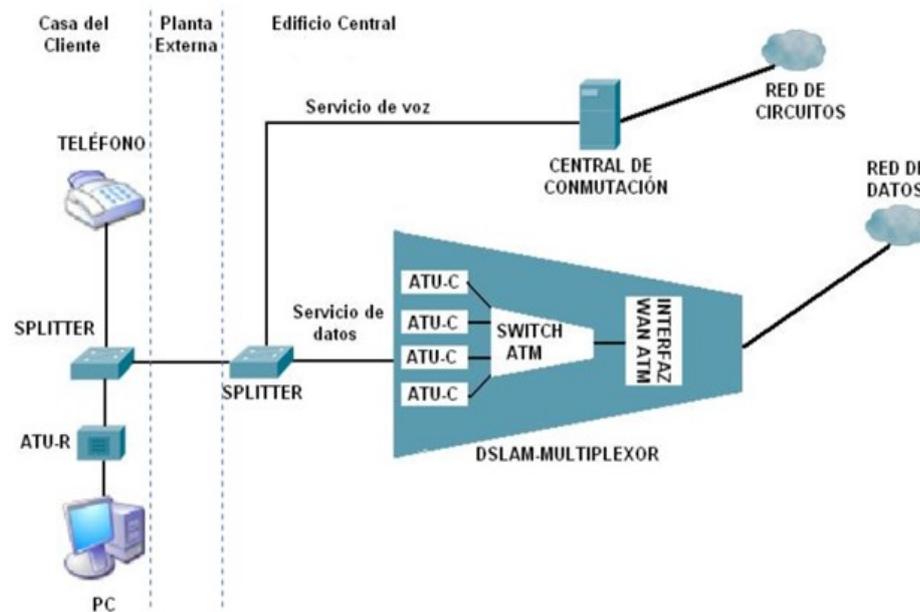


Figura 25. DSLAM.

Tomado de (Quesada, 2007)

#### 1.12.4. Router (ATU-R)

Es el equipo que sincroniza con el Atu-c y establece la conexión ADSL, se encuentra en el usuario final, este dispositivo utiliza un splitter que se separa la señal de voz y de datos. (Crespo, 2011).

## 2. CAPÍTULO II. INFRAESTRUCTURA TELECOMUNICACIONES CANTÓN PEDRO MONCAYO

En este capítulo se realiza un breve análisis de la situación actual del cantón Pedro Moncayo, además se levantara la línea base en cuanto a infraestructura actual de telecomunicaciones existente en el cantón.

### 2.1. Cantón Pedro Moncayo

Cantón ubicado al nororiente de la provincia de Pichincha en la hoya de guayllabamba, asentada en la vertiente sur del nudo de Mojanda. (GAD Pedro Moncayo, 2018).

Tiene una población de 38.700 mil habitantes y una superficie total de 339,10 km<sup>2</sup>. (INEC, 2015).

El cantón Pedro Moncayo tiene parroquias que sobresalen por su producción florícola, agrícola y ganadera siendo este un pilar en la economía del cantón, se encuentra dividida en 5 parroquias:

- Tabacundo
- Tupigachi
- La Esperanza
- Tocachi
- Malchinguí

El mapa político del cantón Pedro Moncayo se ilustra en la siguiente figura.

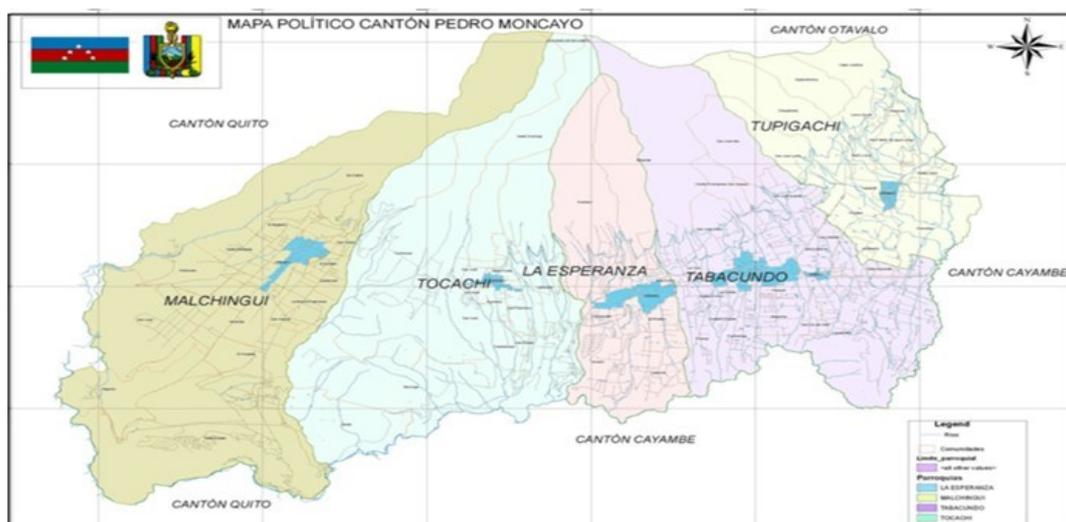


Figura 26. Mapa político.

Tomado de (GAD Pedro Moncayo, 2018)

El cantón Pedro Moncayo cuenta con parroquias que por su geografía se encuentran ubicados en sectores periféricos, estas cuentan con comunidades rurales que carecen de servicios óptimos de telecomunicaciones, tales como acceso a Internet, telefonía fija y servicio móvil avanzado.

## 2.2. Parroquia Tabacundo

La parroquia Tabacundo posee una población de 19.136 habitantes (INEC, 2015), como cabecera cantonal es el centro económico del cantón, su actividad se basa en la producción de flores, agricultura y ganadería, los

habitantes de la parroquia generan sus ingresos mediante el comercio formal e informal.

Sus límites son:

- Al sur: Distrito Metropolitano de Quito DMQ
- Al norte: Cantón Otavalo
- Este: Cantón Cayambe
- Oeste: Distrito Metropolitano de Quito DMQ

La parroquia cuenta con barrios urbanos y comunidades rurales a lo largo de su territorio, los cuales se detalla a continuación:

Tabla 7.

*Barrios y Comunidades Tabacundo*

<b>BARRIOS URBANOS</b>	La Quinta, Mama Nati 2, Pasquel, La Banda, San Rafael 1
	El Calvario, 18 de septiembre, Tabacundo Moderno, Carrera,
	Sucre, La Y, la Concepción, 13 de Abril, La Playita, El Tambo,
	San Nicolás, El Arenal, Santa Marianita, Luis Freile.
<b>COMUNIDADES RURALES</b>	San Luis de Ichisí, San José Grande, Cananvalle, Guayllaro Grande
	Picalquí, Puruhantag, Nuevo San José, San José Chico
	San José Alto, Luis Freile, Guallaro Chico, Nueva Esperanza de Cananvalle,
	Nuevo Amanecer, María Dolores, Simón Bolívar, La Libertad.

Adaptado de (GAD Pedro Moncayo, 2018, p. 76)

### 2.2.1 Infraestructura de telecomunicaciones

Tabacundo actualmente dispone de infraestructura desplegada por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, estos se encuentran en su mayoría en la zona donde existe mayor población en la parroquia.

En la siguiente tabla se ilustra la infraestructura de telecomunicaciones que existe en la parroquia.

Tabla 8.

*Infraestructura telecomunicaciones*

Parroquia	Nombre	Numero	Infraestructura telecomunicaciones
Tabacundo	Claro	1	Antena de telecomunicaciones
	Movistar	1	Antena de telecomunicaciones
	Arcotel	1	Antena Repetidora de radio
	Arcotel	2	Antena de telecomunicaciones de Internet
	Cnt	2	Antenas Repetidoras
	Cnt	1	Central telefónica

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

**2.2.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos**

Se detalla a continuación lo proveedores inalámbricos existentes del cantón.

Tabla 9.

*Proveedores inalámbricos*

INALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	SMA	2G/3G/CDMA450	Urbana - Rural
OTECCEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
CONECCEL S.A	SMA	2G/3G/4G	Urbana - Rural
Puntonet	Internet	Radio	Urbana
IPLANET	Internet	Radio	Urbana
SIMANTEC	Internet	Radio	Urbana - Rural
CLARO TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
CNT TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
DIRECTV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
TV CABLE SATELITAL	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

A continuación se detalla, el mapa de cobertura de servicio móvil disponible en la parroquia, se referenció al proveedor de telefonía móvil Claro, que tiene la mayor infraestructura desplegada.

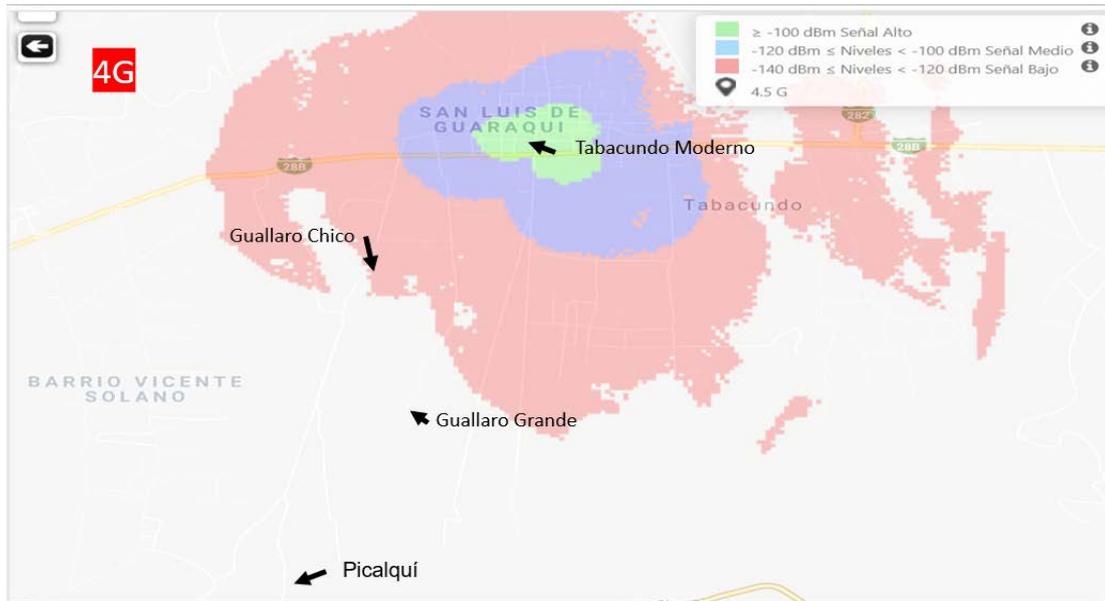


Figura 27. Cobertura 4G.

Adaptado de (Claro, 2019)

Como se puede observar en la imagen 27, la parroquia posee tecnología 4G en un porcentaje mínimo, la cobertura de la misma se encuentra focalizada en la parte urbana de la parroquia brindando el servicio al Tabacundo moderno.

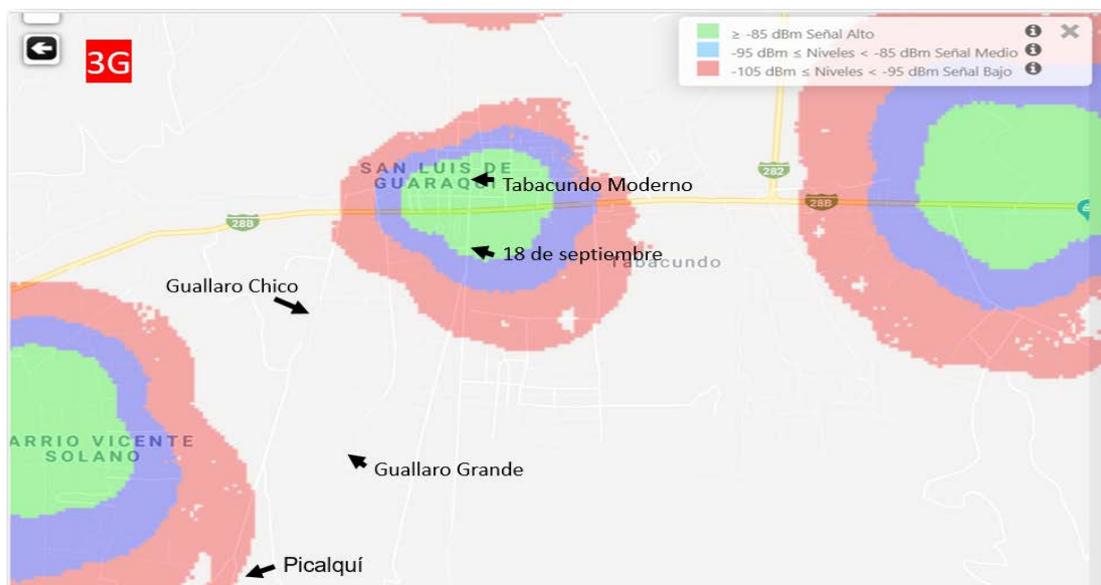


Figura 28. Cobertura 3G.

Adaptado de (Claro, 2019)

Observando la imagen 28, se puede analizar que la tecnología 3G tiene un radio de cobertura más amplio que 4G, brindando servicio a más barrios como 18 de septiembre y Tabacundo moderno.

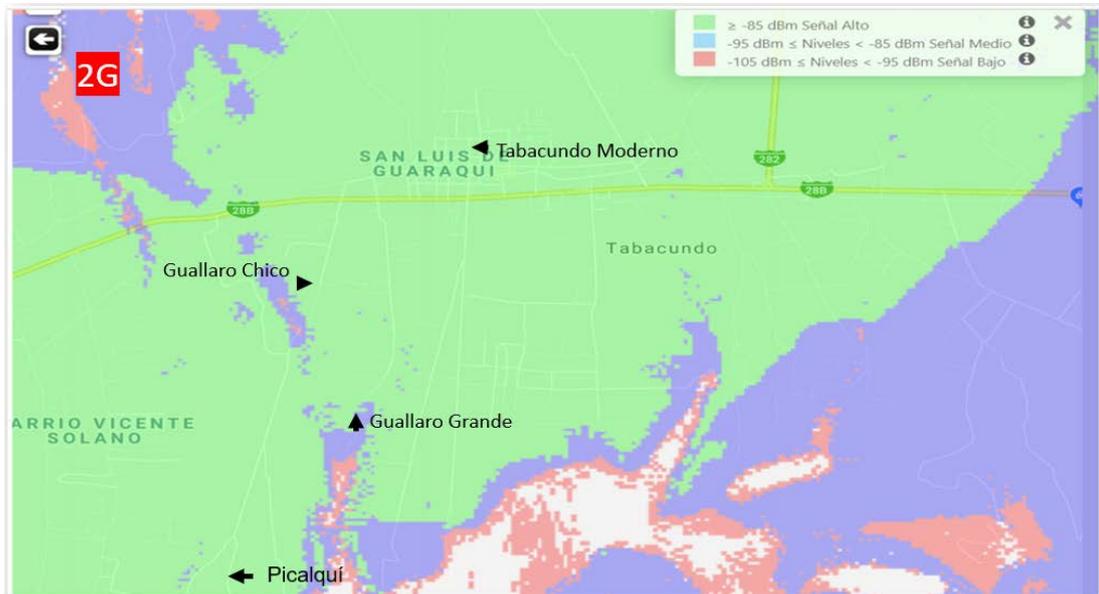


Figura 29. Cobertura 2G.

Adaptado de (Claro, 2019)

En la imagen 29, se puede apreciar que la tecnología 2G es la que mayor cobertura brinda en la parroquia, llegando a puntos rurales lejanos como las comunidades de Picalquí, Guallaro Grande, resaltar que esta tecnología prioriza más el servicio de voz que datos.

Además la parroquia cuenta con proveedores de servicio de Internet por radio, cobertura brindada en varias zonas rurales, pero por el medio de transmisión no es una buena opción para el cliente.

### 2.2.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos

Los servicios de telecomunicaciones en la parroquia se encuentra situado con mayor densidad en la zona urbana, a continuación se detalla los proveedores actuales existentes.

Tabla 10.

*Proveedores alámbricos*

ALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	MEDIO DE ACCESO	COBERTURA
SIMANTEC	Internet	Fibra	Centro-Urbana
IPLANET	Internet	Fibra	Centro-Urbana
FASTNETT	Internet	Fibra	Centro-Urbana
TELCONET S.A	Internet	Fibra	Centro-Urbana
CAYAMBE VISION	Tv Paga	Coaxial	Urbana
CNT E.P	Internet - TF	Cobre	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

Como se aprecia en la tabla para el servicio de telefonía fija en la parroquia cuenta con una central telefónica del operador CNT E.P. que brinda el servicio a toda la urbe y gran cantidad de usuarios en la zona rural.

Además cuenta con operadores que brindan servicio de Internet y tv paga con disponibilidad de cobertura sólo en el área del centro urbano de la parroquia.

El servicio de Internet en el área urbana de la parroquia tiene cobertura de proveedores mediante fibra y cobre, no obstante en las zonas rurales se brinda el servicio, por el medio de transmisión de cobre que es deficiente ya que por sus distancias no se consigue tasas de transferencias adecuadas para el cliente final.

#### **2.2.4. Infraestructura de energía eléctrica**

La parroquia de Tabacundo dispone de infraestructura eléctrica que forma parte del sistema nacional interconectado de energía eléctrica del país que suministra a una gran parte de la población ecuatoriana.

La siguiente tabla ilustra el porcentaje de cobertura e infraestructura.

Tabla 11.

*Infraestructura eléctrica*

UNIDAD TERRITORIAL	COBERTURA ENERGÍA ELÉCTRICA RED PÚBLICA %	INFRAESTRUCTURA ENERGÍA ELÉCTRICA
Tabacundo	96.20	Sublínea de transmisión eléctrica Tocachi - Tabacundo

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

### 2.2.5. Comuna Jurídica Picalquí

Ubicada en la zona rural del cantón a 5 kilómetros de la cabecera cantonal Tabacundo, tiene una población de 676 habitantes (Changoluisa, 2018), además indicar que actualmente se encuentra en construcción el proyecto inmobiliario Hacienda la Pradera con 305 lotes. (La Pradera, 2019).

Picalquí comunidad en la cual un porcentaje de la población se centra en la agricultura y el resto depende de fuentes de empleo generadas en el centro urbano de Tabacundo y florícolas aledañas.

Destacar a la Comuna Jurídica Picalquí ya que por su distancia a la cabecera cantonal el servicio de Internet es deficiente y necesario para sus habitantes, cuenta con un infocentro comunitario que no abastece las necesidades de la comunidad, por su capacidad y horario de atención y al no existir otro medio de acceso, se realizara un análisis de la red de acceso cobre y sus pruebas en campo, se planteara soluciones a fin de solventar el problema.

En la siguiente figura se ilustra el mapa político del cantón.



Tabla 12.

*Barrios y comunidades Tupigachi*

<b>BARRIOS</b>	Tupigachi (Centro Urbano), Pucalpa, Granobles, Santa Clara,
<b>COMUNIDADES RURALES</b>	Cajas Jurídico, San Pablito de Agualongo, Ñañoloma, Chaupiloma, San Juan Loma, Santa Mónica, Florencia, Bellavista, Loma Gorda.

Adaptado de (GAD Pedro Moncayo, 2018, p. 76)

**2.3.1. Infraestructura de telecomunicaciones**

Tupigachi actualmente dispone de infraestructura desplegada por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, estos brindan cobertura en mayor densidad en el área urbana de la parroquia.

A continuación se ilustra la infraestructura de telecomunicaciones de Tupigachi.

Tabla 13.

*Infraestructura de telecomunicaciones*

Parroquia	Nombre	Numero	Infraestructura telecomunicaciones
Tupigachi	Claro	1	Antena de telecomunicaciones
	Arcotel	2	Antena de telecomunicaciones de Internet
	Cnt	1	Antena de telecomunicaciones
	Cnt	1	Central telefónica

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

**2.3.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos**

Se detalla a continuación lo proveedores inalámbricos existentes en la parroquia.

Tabla 14.

*Proveedores inalámbricos*

INALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	SMA	2G/3.5G	Urbana - Rural
OTECEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
CONECEL S.A	SMA	2G	Urbana - Rural
IPLANET	Internet	Radio	Urbana -Rural
CLARO TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
CNT TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
DIRECTV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
TV CABLE SATELITAL	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

A continuación se detalla, el mapa de cobertura de servicio móvil disponible en la parroquia, se referencia al proveedor de telefonía móvil CNT E.P, que tiene la mayor cobertura en la parroquia.

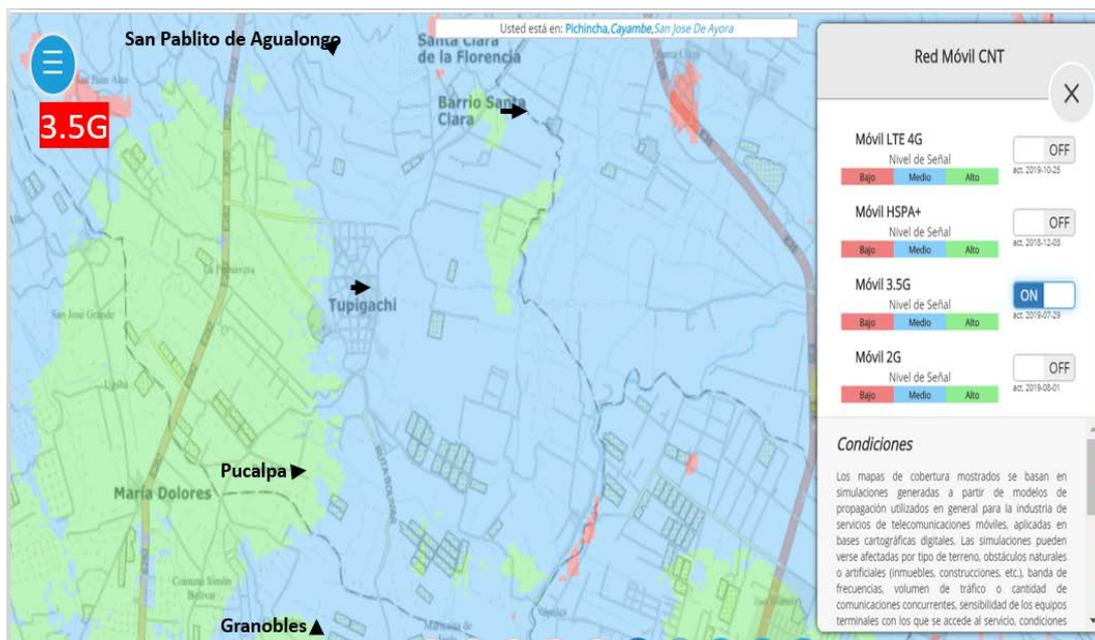


Figura 31. Cobertura 3.5G.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

Se puede observar en la imagen 31, que la parroquia Tupigachi posee cobertura de tecnología 3.5G en barrios donde existe mayor población como Pucalpa.

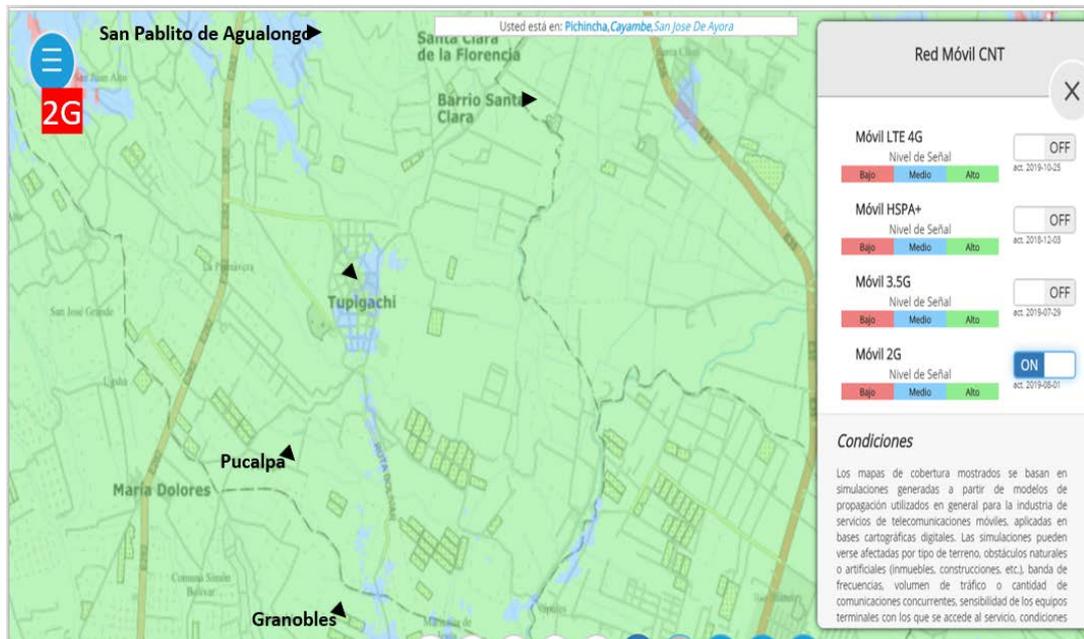


Figura 32. Cobertura 2G.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

Como se puede observar en la figura 32, la tecnología 2G brinda cobertura a gran parte de la parroquia, comunidades rurales y barrios centro urbanos se benefician de este servicio como el barrio Santa Clara, Granobles, Pucalpa, San Pablito de Agualongo.

De acuerdo al levantamiento de información de proveedores de la parroquia se puede determinar que existen servicios de Internet ofrecidos por acceso inalámbrico no muy garantizados por el medio que se transmite.

### 2.3.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos

Se detalla a continuación lo proveedores alámbricos disponibles en Tupigachi.

Tabla 15.

*Proveedores alámbricos*

ALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	MEDIO DE ACCESO	COBERTURA
FASTNETT	Internet	Fibra	Urbana
IPLANET	Internet	Fibra	Urbana
CNT E.P	Internet - TF	Cobre	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

En la tabla 15, se puede apreciar que el servicio de Internet ofrecido, mediante fibra óptica y cobre, se ubica en el área urbana de la parroquia y en la zona rural el servicio es deficiente.

El servicio de telefonía fija es ofrecido sólo por un operador la empresa pública CNT E.P. que tiene una central telefónica situada en la zona urbana de la parroquia, brinda cobertura a una gran parte de la parroquia.

#### **2.3.4. Infraestructura de energía eléctrica**

Por la parroquia Tupigachi atraviesan dos líneas de transmisión eléctrica que forma parte del sistema nacional interconectado de energía eléctrica del país suministra a una gran parte de la población. (Fundación Cimas del Ecuador, 2015, p. 153).

En las siguiente tabla se detalla cobertura e infraestructura.

Tabla 16.

*Infraestructura eléctrica*

UNIDAD TERRITORIAL	COBERTURA ENERGÍA ELÉCTRICA RED PÚBLICA %	INFRAESTRUCTURA ENERGÍA ELÉCTRICA
Tupigachi	93.60	Línea de transmisión eléctrica Tabacundo - Cayambe. Línea de transmisión eléctrica Malchingui - Otavalo

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

#### 2.4. Parroquia la Esperanza

La Esperanza posee una población de 4.650 habitantes (Fundación Cimas del Ecuador, 2015, p. 16), su principal eje económico es la producción agropecuaria, cultivación de granos, plantas medicinales, frutas.

Esta zona no desarrolla una importante actividad empresarial, se registran negocios pequeños como papelerías tiendas de abastos y viveres.

Sus límites son:

- Al sur: Distrito Metropolitano de Quito DMQ
- Al norte: Parroquia Tabacundo
- Este: Cantón Cayambe
- Oeste: Distrito Metropolitano de Quito DMQ

La parroquia está conformada por barrios y comunidades detalladas a continuación.

Tabla 17.

*Barrios y comunidades la Esperanza*

<b>BARRIOS</b>	El Rosario, Vicente Solano, La Mojanda, Centro, Seis de Enero
<b>COMUNIDADES RURALES</b>	Asociación Cubinche, Comuna Guaraquí, Tomalón.

Adaptado de (GAD Pedro Moncayo, 2018, p. 76)

**2.4.1. Infraestructura de telecomunicaciones**

La esperanza dispone poca infraestructura desplegada por operadores de servicios de telecomunicaciones, estos brindan cobertura en mayor densidad a la zona urbana de la parroquia.

En la siguiente tabla se ilustra la infraestructura de telecomunicaciones que existe en la parroquia.

Tabla 18.

*Infraestructura de telecomunicaciones*

Parroquia	Nombre	Numero	Infraestructura telecomunicaciones
La Esperanza	Claro	1	Antena de telecomunicaciones
	Arcotel	2	Antena de telecomunicaciones de Internet
	Cnt	1	Central telefónica Esperanza

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

**2.4.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos**

Se detalla a continuación lo proveedores inalámbricos existentes en la parroquia.

Tabla 19.

*Proveedores Inalámbricos*

INALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
OTECEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
CONECEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
SIMANTEC	Internet	Radio	Urbana -Rural
IPLANET	Internet	Radio	Urbana -Rural
CLARO TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
CNT TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
DIRECTV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
TV CABLE SATELITAL	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

A continuación se detalla, el mapa de cobertura de servicio móvil disponible en la parroquia, se referencia al proveedor de telefonía móvil Claro, que tiene la mayor cobertura.



Figura 33. Cobertura 3G.

Adaptado de (Claro, 2019)

En la parroquia la tecnología 3G tiene una cobertura en la que se benefician en su mayoría barrios del centro como el Rosario y Vicente Solano, lugares donde existe mayor población.



Figura 34. Cobertura 3G.

Adaptado de (Claro, 2019)

En cuanto a tecnología 2G la parroquia dispone de un alto porcentaje de cobertura de acuerdo al mapa, comunidades alejadas como Cubinche y Tomalon se benefician del servicio.

Realizado el levantamiento de información de proveedores de la parroquia se puede determinar que existen servicios de Internet ofrecidos por acceso inalámbrico no muy garantizados por el medio que se transmite.

#### 2.4.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos

Se detalla a continuación lo proveedores alámbricos disponibles en la parroquia.

Tabla 20.

*Proveedores alámbricos*

ALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	MEDIO DE ACCESO	COBERTURA
FASTNETT	Internet	Fibra	Urbana
CNT E.P	Internet - TF	Cobre	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

También mencionar que el servicio de Internet ofrecido, mediante conexiones alámbricas se concentra en la zona urbana y con disponibilidad menor en el área rural de la parroquia siendo un servicio deficiente.

El servicio de telefonía fija es ofrecido sólo por un operador la empresa pública CNT E.P. que tiene una central telefónica situada en el área urbana, brinda cobertura a una gran parte de la parroquia.

#### 2.4.4. Infraestructura de energía eléctrica

La parroquia la Esperanza dispone de infraestructura eléctrica que forma parte del sistema nacional interconectado de energía eléctrica del país suministra a una gran parte de la población.

En las siguiente tabla se detalla cobertura e infraestructura.

Tabla 21.

*Infraestructura eléctrica*

UNIDAD TERRITORIAL	COBERTURA ENERGÍA ELÉCTRICA RED PÚBLICA %	INFRAESTRUCTURA ENERGÍA ELÉCTRICA
La Esperanza	96.20	Subestación eléctrica La Esperanza

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

## 2.5. Parroquia Tocachi

La parroquia de Tocachi tiene una población total de 2.316 habitantes, su actividad económica consta de pilares que son agrícolas, artesanales, ganaderas y florícolas, siendo la última la más importante en cuanto a generación de empleo en la zona. (Fundación Cimas del Ecuador, 2015, p. 137).

Además destacar que en esta parroquia se encuentra ubicada el Parque arqueológico de Cochasquí.

Sus límites son:

- Al sur: Parroquia Otón, cantón Cayambe
- Al norte: Cantón Otavalo provincia de Imbabura
- Este: La Esperanza
- Oeste: Malchinguí

Tocachi está conformada por barrios y comunidades en todo su territorio, detalladas a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 22.

### *Barrios y comunidades Tocachi*

<b>BARRIOS</b>	San Francisco, Central, Sanja Punta, San Juan, Runitola, La Loma, San José, Pambahuasi.
<b>COMUNIDADES RURALES</b>	Cochasquí, Moronga, Tanda, Bellavista de Tocachi, Chimburlo

Adaptado de (GAD Pedro Moncayo, 2018, p. 76)

### 2.5.1. Infraestructura de telecomunicaciones

Tocachi dispone poca infraestructura de telecomunicaciones.

En la siguiente tabla se ilustra la infraestructura de telecomunicaciones que existe en la parroquia.

Tabla 23.

*Infraestructura de telecomunicaciones*

Parroquia	Nombre	Numero	Infraestructura telecomunicaciones
Tocachi	Arcotel	1	Antena de telecomunicaciones de Internet
	Arcotel	2	Antena repetidora telecomunicaciones Policia
	Cnt	1	Vdsl Tocachi Sip

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

**2.5.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos**

Se detalla a continuación lo proveedores inalámbricos existentes en la parroquia.

Tabla 24.

*Proveedores inalámbricos*

INALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	SMA	2G/3.5G/CDMA450	Urbana - Rural
OTECEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
CONECCEL S.A	SMA	2G	Rural
SIMANTEC	Internet	Radio	Urbana -Rural
IPLANET	Internet	Radio	Urbana -Rural
CLARO TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
CNT TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
DIRECTV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
TV CABLE SATELITAL	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

A continuación se detalla, el mapa de cobertura de servicio móvil disponible en la parroquia, se referencia al proveedor de telefonía móvil CNT E.P, que tiene la mayor cobertura.

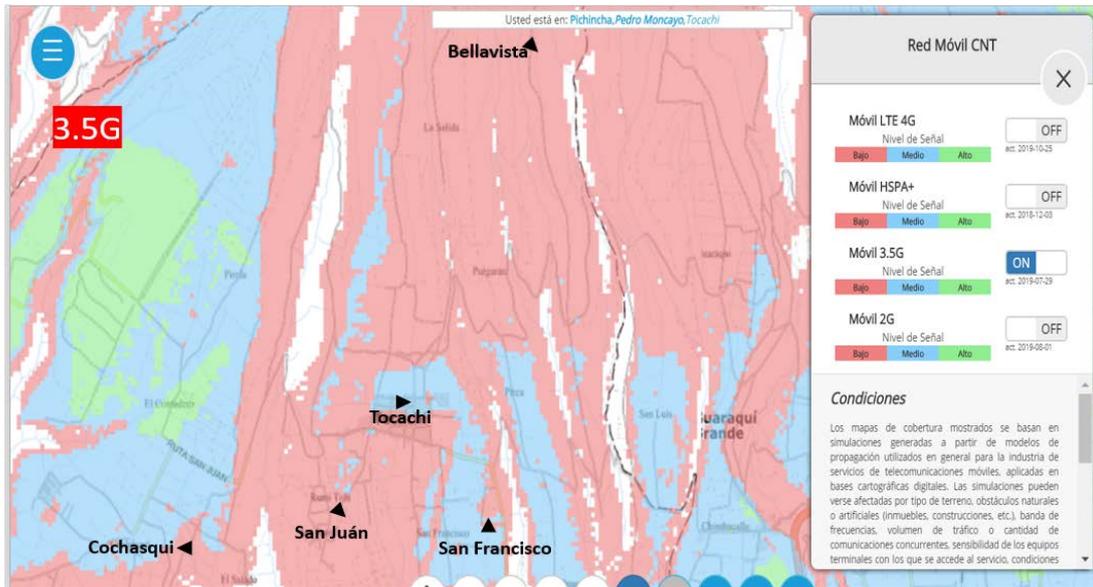


Figura 35. Cobertura 3.5G.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

En la parroquia Tocachi la tecnología 3.5G tiene una cobertura no adecuada para un óptimo servicio, el barrio San Francisco y el centro de Tocachi se benefician, medianamente ya que la cobertura es deficiente.

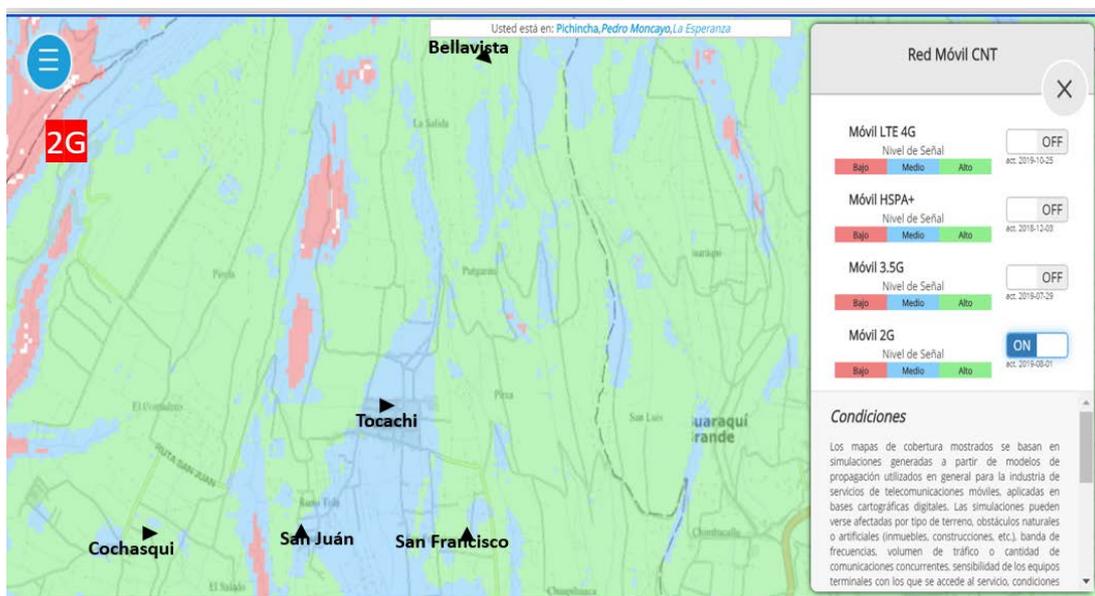


Figura 36. Cobertura 2G.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

En cuanto a tecnología 2G, la parroquia posee una señal de cobertura alto y medio del servicio, se benefician comunidades como, Bellavista, Cochasqui y con un porcentaje medio los barrios San Francisco y San Juan.

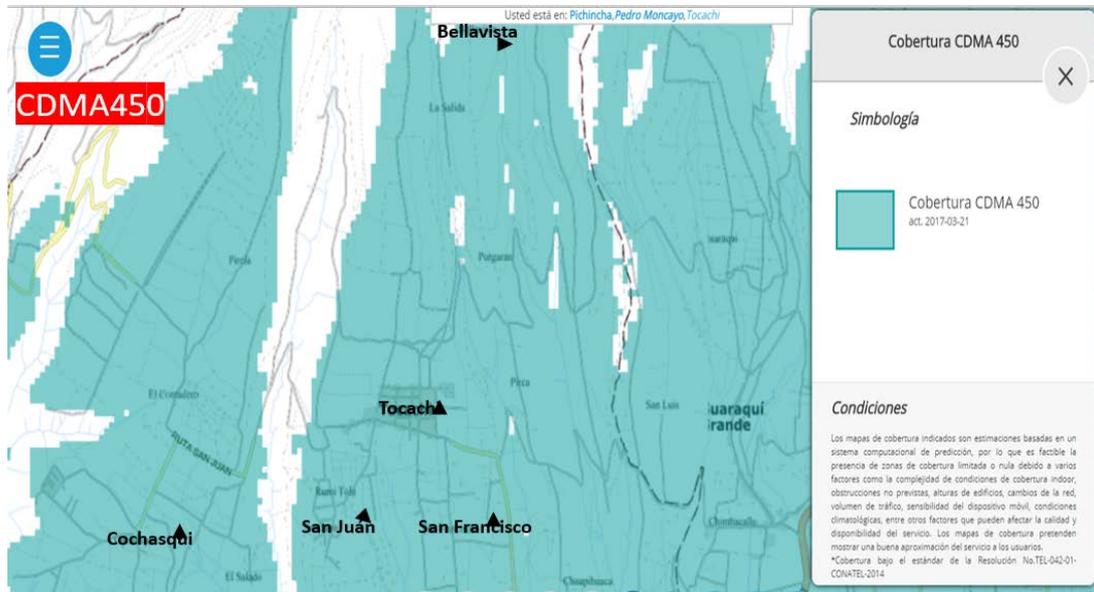


Figura 37. Cobertura CDMA450.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

Observando en la imagen 37, la tecnología CDMA450 existe en la parroquia el operador móvil CNT E.P. brinda el servicio, de acuerdo al mapa de cobertura dispone mayor penetración en los barrios y comunidades, destacar que el servicio es brindado solo para telefonía.

De acuerdo al levantamiento de información de proveedores de la parroquia, se puede determinar que existen servicios de Internet ofrecidos por acceso inalámbrico no muy garantizados por el medio que se transmite.

### 2.5.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos

Se detalla a continuación lo proveedores alámbricos disponibles en la parroquia.

Tabla 25.

*Proveedores alámbricos*

ALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	MEDIO DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	Internet - TF	Cobre	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

Además mencionar que el servicio de Internet entregado, mediante conexiones alámbricas se concentra en la zona urbana y con poca densidad en el área rural de la parroquia.

El servicio de telefonía fija es ofrecido sólo por un operador la empresa pública CNT E.P. que posee un Vdlsip para brindar el servicio telefónico, la zona de cobertura es urbana y un porcentaje de nivel mínimo en el área rural.

#### 2.5.4. Infraestructura de energía eléctrica

Por la parroquia Tocachi atraviesa una línea de transmisión eléctrica que forma parte del sistema nacional interconectado de energía eléctrica del país suministra a una gran parte de la población.

En la siguiente tabla se detalla cobertura e infraestructura.

Tabla 26.

*Infraestructura eléctrica*

UNIDAD TERRITORIAL	COBERTURA ENERGÍA ELÉCTRICA RED PÚBLICA %	INFRAESTRUCTURA ENERGÍA ELÉCTRICA
Tocachi	93.10	Línea de transmisión eléctrica San Vicente-Tabacundo.

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

## 2.6. Parroquia Malchinguí

Malchinguí es una parroquia que cuenta con una población de 5.395 habitantes, su economía está centrada en la producción agrícola, avicultura, apicultura, la parroquia no desarrolla actividad empresarial importante, existen negocios dedicados al comercio como tiendas de abastos de viveres y papelerías. (Fundación Cimas del Ecuador, 2015, p. 19).

Sus límites son:

- Al sur: Distrito metropolitano de Quito DMQ
- Al norte: Cantón Otavalo provincia de Imbabura
- Este: Cantón Cayambe
- Oeste: Distrito metropolitano de Quito DMQ

Malchinguí está conformada por barrios detallados a continuación.

Tabla 27.

### *Barrios Malchinguí*

<b>BARRIOS</b>	Santa Eulalia, El Hospital, San Vicente, San Juan, Oyagachi, Pichincha, La Buena Esperanza, La Merced, Quito Sur, El Rosario, Pedro Moncayo, La Concepción, Imbabura, García Moreno, 24 de mayo, Santa Rosa, San Carlos, Pedro Moncayo Beaterio, Venencia, Quito Norte.
----------------	---

Adaptado de (GAD Pedro Moncayo, 2018, p. 76)

### 2.6.1. Infraestructura de telecomunicaciones

Malchinguí actualmente dispone de infraestructura desplegada por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, estos se encuentran en su mayoría en la zona urbana de la parroquia.

En la siguiente tabla se ilustra la infraestructura de telecomunicaciones que existe en la parroquia.

Tabla 28.

*Infraestructura de telecomunicaciones*

Parroquia	Nombre	Numero	Infraestructura telecomunicaciones
Malchinguí	Claro	2	Antena de telecomunicaciones
	Cnt	1	Antena de telecomunicaciones
	Cnt	1	Central telefónica Malchinguí

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013)

**2.6.2. Acceso a servicios de telecomunicaciones inalámbricos**

Se detalla a continuación lo proveedores inalámbricos existentes en la parroquia.

Tabla 29.

*Proveedores inalámbricos*

INALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	TECNOLOGÍA DE ACCESO	COBERTURA
CNT E.P	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
OTECEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
CONECCEL S.A	SMA	2G/3G	Urbana - Rural
SIMANTEC	Internet	Radio	Urbana -Rural
IPLANET	Internet	Radio	Urbana -Rural
CLARO TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
CNT TV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
DIRECTV	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural
TV CABLE SATELITAL	Tv Paga	Satelital	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

En la figura 38 se detalla, el mapa de cobertura de servicio móvil disponible en la parroquia, se referencia al proveedor de telefonía móvil Claro, que tiene la mayor cobertura.

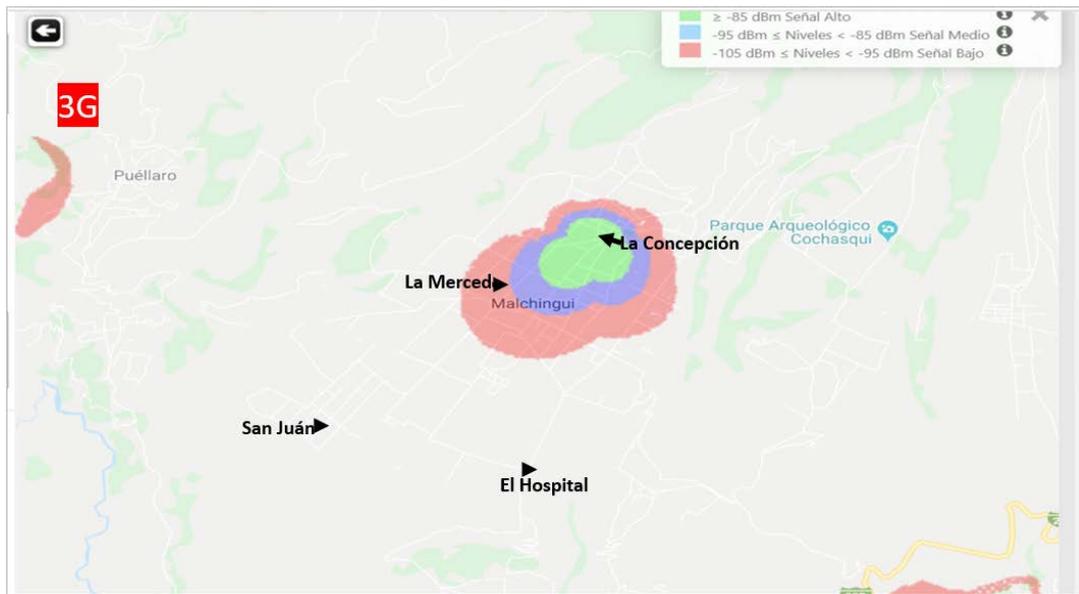


Figura 38. Cobertura 3G.

Adaptado de (Claro, 2019)

Malchinguí dispone de cobertura 3G, con un porcentaje de nivel mínimo en la zona más poblada de la parroquia, barrios como la Concepción se benefician del servicio.

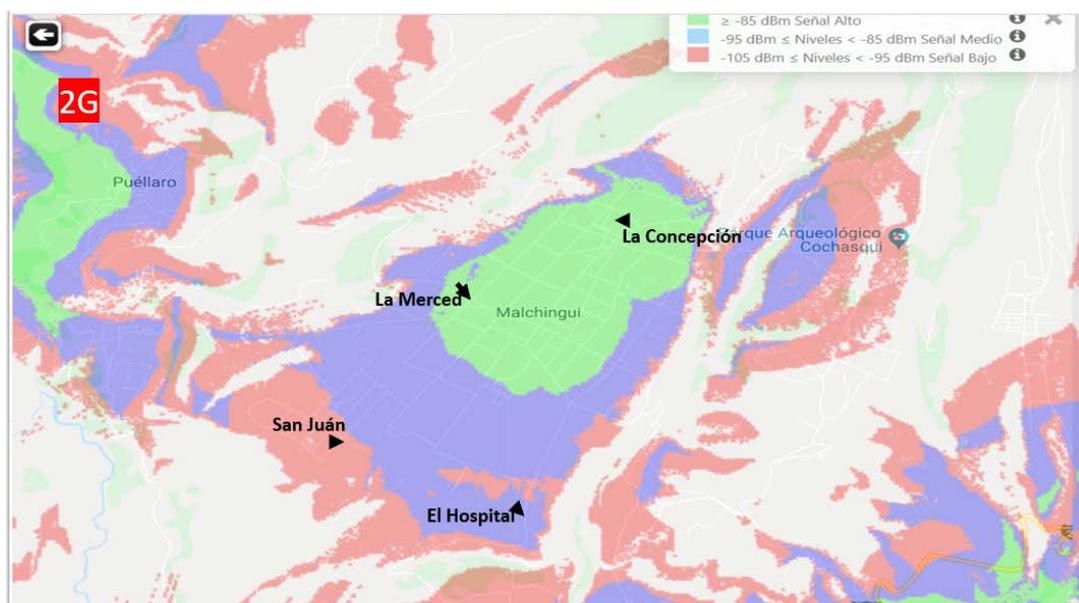


Figura 39. Cobertura 2G.

Adaptado de (Claro, 2019)

En cuanto a tecnología 2G, la cobertura es mayor a la 3G, ya que barrios como la Merced, la Concepción poseen el servicio óptimo y zonas como el Hospital y San Juan poseen un nivel de señal deficiente.

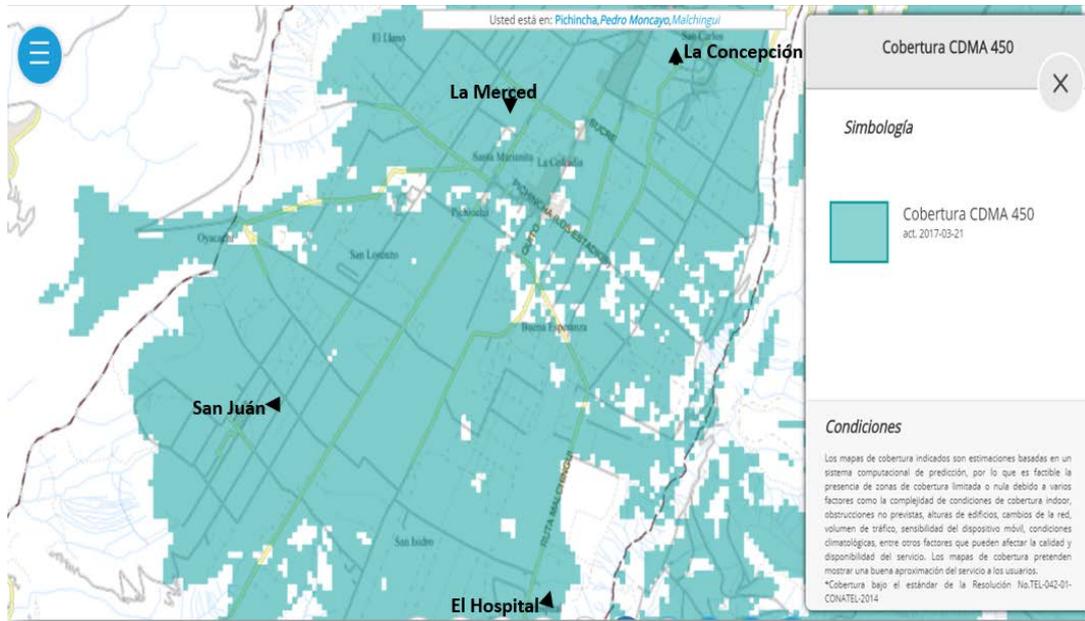


Figura 40. Cobertura CDMA450.

Adaptado de (CNT E.P, Cobertura de Red Móvil, 2019)

En la parroquia se cuenta con, tecnología CDMA450 el operador móvil CNT E.P. ofrece el servicio de acuerdo al mapa de cobertura dispone penetración alta en la mayoría de barrios, mencionar que el servicio es brindado sólo para telefonía.

De acuerdo al levantamiento de información de proveedores de la parroquia se pudo determinar que existen servicios de Internet y tv paga ofrecidos por acceso inalámbrico.

### 2.6.3. Acceso a servicios de telecomunicaciones alámbricos

Se detalla a continuación lo proveedores alámbricos disponibles en la parroquia.

Tabla 30.

*Proveedores alámbricos*

ALÁMBRICAS			
PROVEEDOR	SERVICIO	MEDIO DE ACCESO	COBERTURA
SIMANTEC	Internet	Fibra	Urbana
FASTNETT	Internet	Fibra	Urbana
CNT E.P	Internet - TF	Cobre	Urbana - Rural

Adaptado de (ARCOTEL, Estadísticas, 2019)

Además mencionar que el servicio de Internet ofrecido, mediante fibra óptica y cobre se concentra en la zona urbana y con poca densidad en el área rural de la parroquia.

El servicio de telefonía fija es ofrecido sólo por un operador la empresa pública CNT E.P. que tiene una central telefónica para brindar el servicio en el área urbana como rural.

#### 2.6.4. Infraestructura de energía eléctrica

La parroquia Malchinguí dispone de una línea de transmisión eléctrica que forma parte del sistema nacional interconectado de energía eléctrica del país suministra a una gran parte de la población.

En la siguiente tabla se detalla cobertura e infraestructura.

Tabla 31.

*Infraestructura eléctrica*

UNIDAD TERRITORIAL	COBERTURA ENERGÍA ELÉCTRICA RED PÚBLICA %	INFRAESTRUCTURA ENERGÍA ELÉCTRICA
Malchinguí	96.20	Línea de transmisión eléctrica Malchinguí-Otavalo

Adaptado de (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2013, p. 172)

### 3. CAPÍTULO III. DESEMPEÑO RED DE ACCESO EN MUESTRA DE USUARIOS

En el siguiente capítulo se realizará el análisis de la red de acceso cobre mediante muestra de usuarios.

#### 3.1 Muestra de Usuarios

La muestra de usuarios se realizó en base al cálculo de tamaño de muestra finita, la cual se utilizará al tener como dato la población de la parroquia para poder obtener el número de muestras a tomar.

A continuación, se detalla la fórmula para encontrar el tamaño de muestra.

Tabla 32.

*Tamaño muestra finita*

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

Nivel de confianza	Z alfa
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

(Ecuación 8)

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la población

Z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de confianza

e = Error de estimación máximo-aceptada

p = Probabilidad de que ocurra el evento

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

Adaptado de (Universo Formulas, 2019)

Parámetro	Valor
N	19136
Z	1,645
P	0,97
Q	0,03
e	0,1

Valor 1	1506,871
Valor 2	191,4287

T.Muestra	7,871705
-----------	----------

En la muestra estadística realizada se toma en cuenta la población de la parroquia Tabacundo 19.136, parámetro de nivel de confianza que fue de 90%, la probabilidad de que ocurra el evento con 97%, probabilidad de que no ocurra el evento de un 3%, el margen de error que se asigna por el 10 % y la muestra final se la dividió para 5 que son los armarios de distribución que dan cobertura a la parroquia, obteniendo el número de muestras por armario.

La muestra de usuarios se realizó en Tabacundo, en la zona urbana en el que se ubican los armarios de distribución que brindan servicio a la población y en el área rural la comunidad Picalquí, en el cual por su distancia hasta la central telefónica es deficiente el servicio.

### **3.2 Mapa de Cobertura**

En la siguiente figura se detalla el mapa de cobertura aproximada en la parroquia.



### 3.3. Parámetros de medición

Los parámetros de medición se los realiza en campo, determinarán si un par de cobre es apto para el servicio ADSL ofrecido en las zonas rurales.

Para las mediciones en campo se utilizará el Exfo MaxTester, equipo que muestra el estado del par de cobre, detecta daños en la red telefónica.

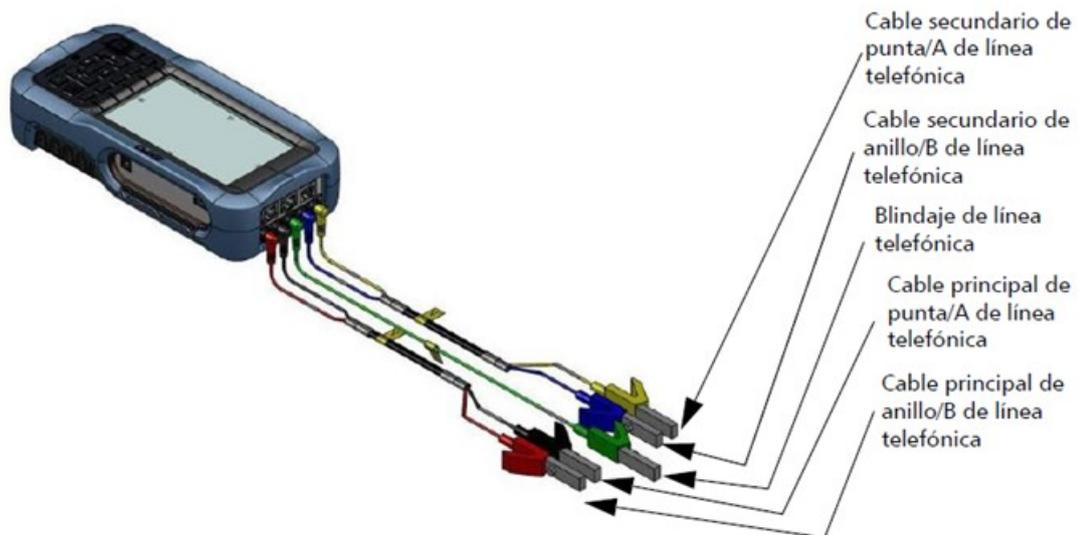


Figura 42. MaxTester.

Tomado de (Exfo, 2012, p. 7)

A continuación se detalla los valores obtenidos en campo.

#### 3.3.1. Armario 1

Tabla 33.

Valores AD 1

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido
1	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	54 $\Omega$	5.15 dB	-53.71 dBm

En la tabla 33, se ilustra los parámetros tomados con el equipo de medición de un par trenzado, perteneciente a un usuario en el armario de distribución

cercano a la central telefónica, se puede apreciar que el par de cobre cumple con los requerimientos para ofrecer un servicio ADSL.

### 3.3.2. Armario 2

Tabla 34.

*Valores AD 2*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido
2	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	64 $\Omega$	6.31 dB	-49.90 dBm
2	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	360 $\Omega$	33.63 dB	-42.15 dBm

En la tabla 34, se ilustra los parámetros tomados con el equipo de medición de dos pares trenzados, perteneciente a usuarios en el armario de distribución, reflejan un estado adecuado en el cual se puede ofrecer un servicio ADSL.

### 3.3.3. Armario 3

Tabla 35.

*Valores AD 3*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido
3	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	96 $\Omega$	10.95 dB	-53.09dBm
3	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	138 $\Omega$	13.67 dB	-53.66 dBm

En la tabla 35, se ilustra los parámetros tomados con el equipo de medición a dos pares trenzados perteneciente a usuarios en el armario de distribución.

### 3.3.4. Armario 4

Tabla 36.

*Valores AD 4*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido
4	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	160 $\Omega$	15.96 dB	-47.52 dBm
4	0.0 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	844 $\Omega$	56.17 dB	-57.09 dBm

En la tabla 36, se detalla los parámetros tomados con el equipo de medición a dos usuarios en el armario de distribución.

### 3.3.5. Armario 2A

Tabla 37.

*Valores AD 2A*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido
2A	0.2 V	0.0 V	$\geq 100 \text{ M}\Omega$	580 $\Omega$	60.06 dB	-47.28 dBm

En la tabla 37, se ilustra los parámetros tomados con el equipo de medición de un par trenzado, que pertenece a un usuario en el armario de distribución, mencionar que es el armario más distante desde la central.

A continuación, se detalla las muestras tomadas a dos clientes, uno en la parte urbana de la parroquia y otro en la zona rural.

### 3.4. Mediciones de par de cobre

A continuación, se muestra los parámetros obtenidos con el analizador de redes, Exfo Maxtester que establecen los valores relevantes por usuario, para un servicio aceptable de voz y datos.

### 3.4.1. Cliente A

La prueba realizada es a un cliente que se encuentra ubicado en la zona urbana, pertenece al armario de distribución AD 3, se encuentra a una distancia de 138 ohmios desde la central telefónica al domicilio.

Las pruebas más relevantes a realizar son:

- Voltajes
- Resistencia
- Aislación
- TDR
- Capacitancia
- Atenuación
- Ruido

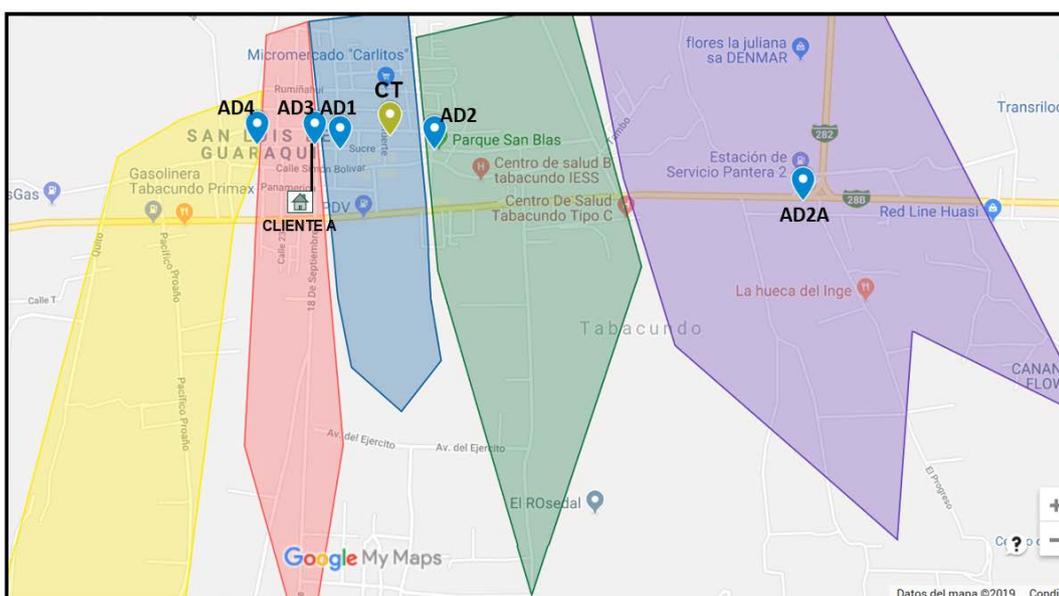


Figura 43. Ubicación Cliente A.

## Prueba de Voltajes

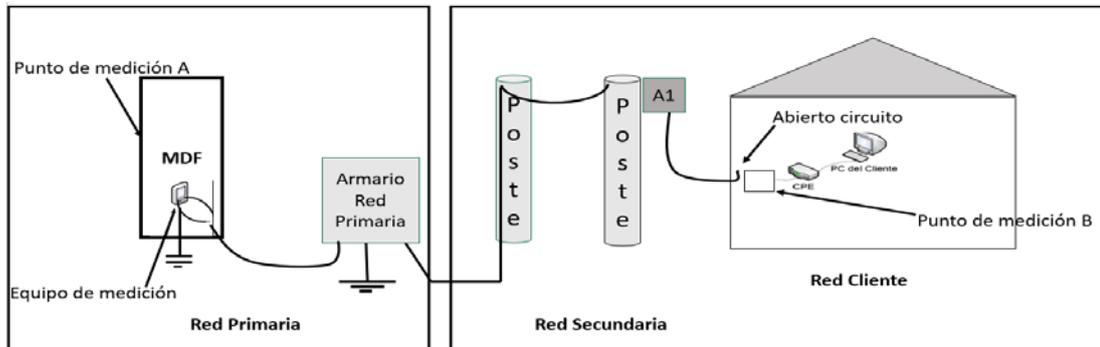


Figura 44. Diagrama red planta externa voltajes cliente A.

Adaptado de (Ramírez, 2011)

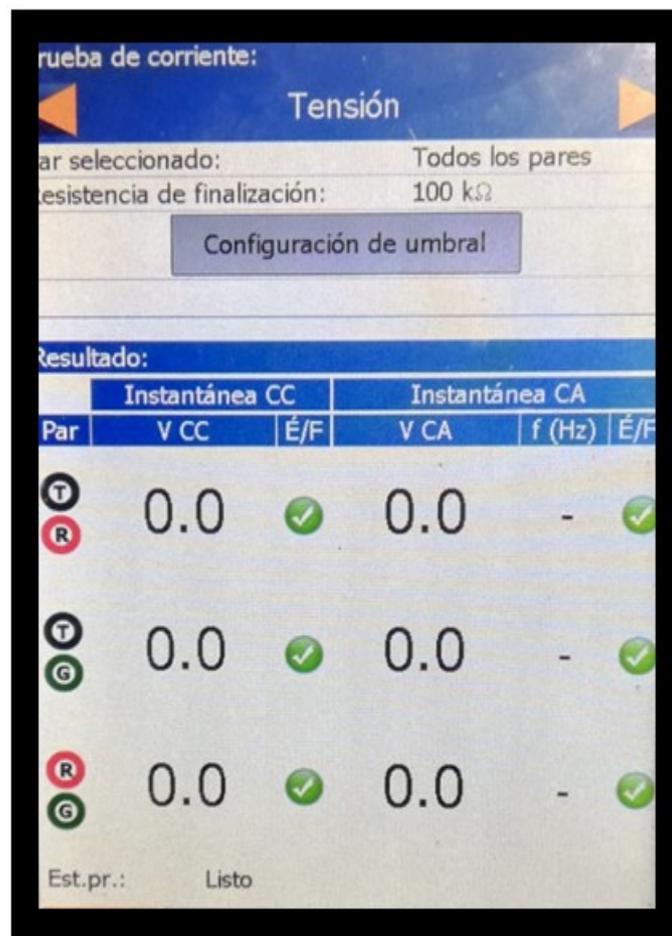
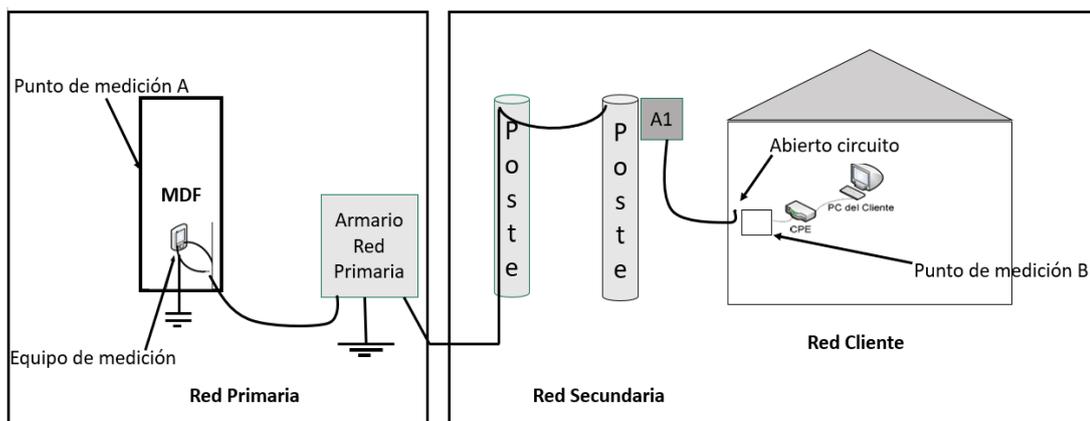


Figura 45. Voltajes.

En la figura 45, se puede apreciar los voltajes CC y CA del par medido, con respecto a tierra que tiene un valor de 0 Voltios, que es muy óptimo, en redes telefónicas, se acepta valores no mayores a 2 Voltios, de lo contrario provocará inducción en el par de cobre.

- T – R (A-B)
- T GND (A-G)
- R GND (B-G)

## Resistencia



*Figura 46. Diagrama de medición Resistencia cliente A.*

Adaptado de (Ramírez, 2011)

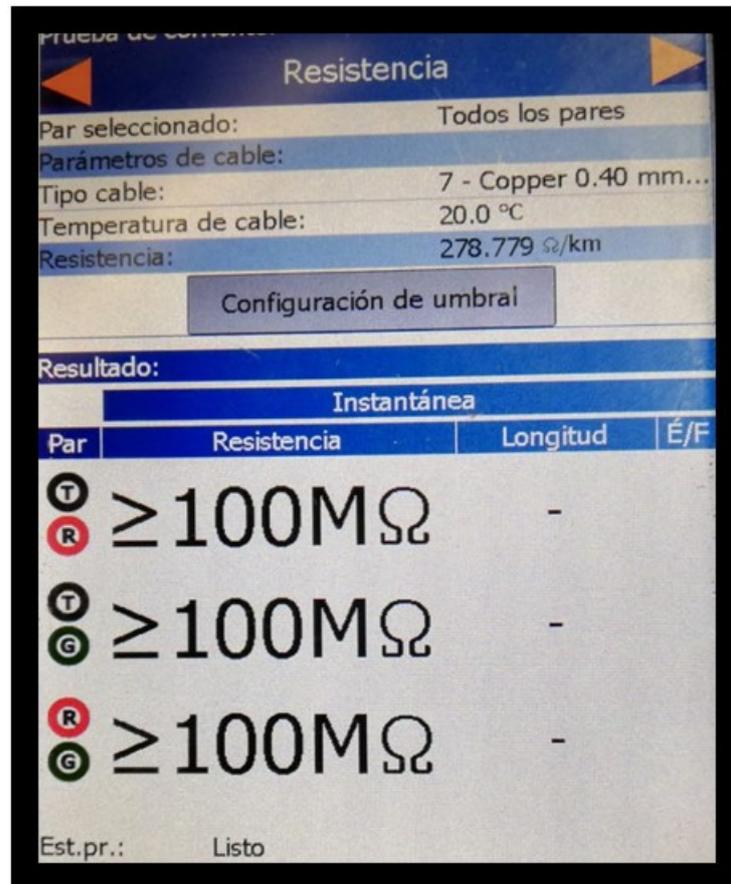


Figura 47. Resistencia del par de cobre.

En la figura 47, se observa la prueba para medir la resistencia del par, esta prueba identifica cortocircuitos y descargas a tierra, mientras más alto sea el valor es mejor.

Pero de obtener un valor de menos de 1 Megaohmio se puede determinar que hay un fallo a tierra. Un valor aceptable para garantizar un buen servicio de banda ancha es que sea mayor a 10 MΩ según la norma G.992.3 UIT-T, los hilos a medir son:

- T – R (A-B) = > 100 MΩ
- T GND (A-G) = > 100 MΩ
- R GND (B-G) = > 100 MΩ

## Aislamiento

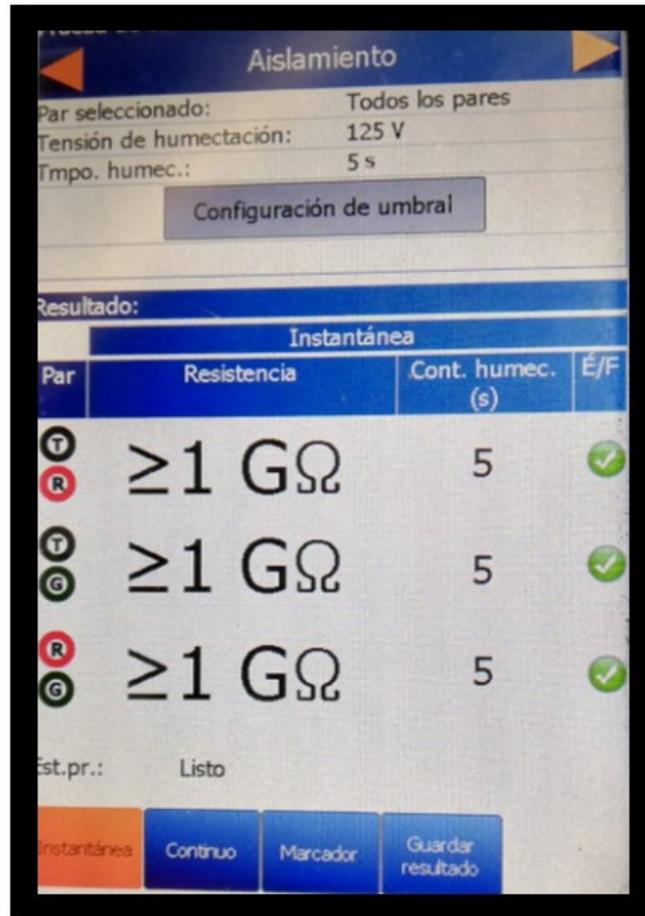


Figura 48. Aislamiento del par de cobre.

En la figura 48, se observa la prueba que se realiza para verificar fallas de resistencia, en esta prueba se aplica un voltaje de 125 V, durante un tiempo de 1 a 60 segundos, el propósito de esta medición es aplicar voltaje y este se filtra por fallos de corrosión, y determinar el bajo valor de resistencia medido, como se puede apreciar el par medido es óptimo y no existe fallos de resistencia.

### TDR (Reflectometría en el dominio del tiempo)

Esta opción determina en el cable a que distancia se encuentra abierto el circuito.

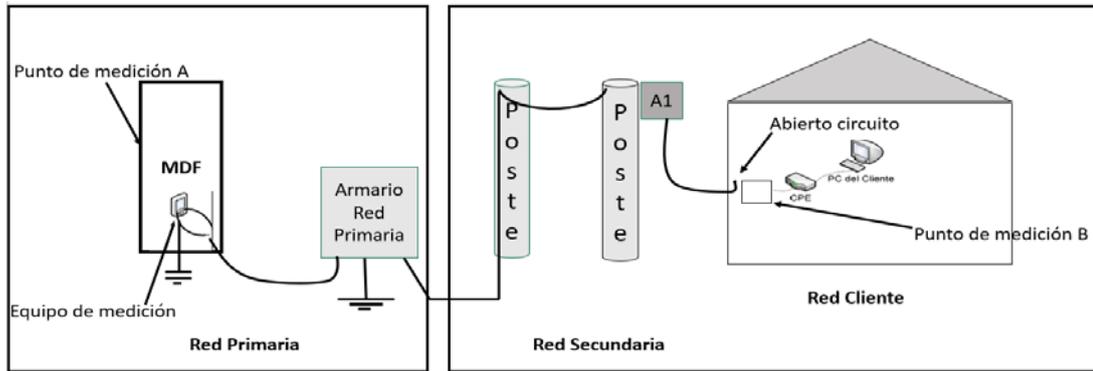


Figura 49. TDR cliente A.

Adaptado de (Ramírez, 2011)



Figura 50. TDR.

En la imagen se puede apreciar que desde la central existe un evento a 496.9 metros, significa que el circuito se encuentra abierto a esa distancia, esta opción ayuda a identificar daños en la red, esta prueba se realiza al cliente desde la central telefónica para detectar posibles daños, si el pico se tuviera hacia abajo se interpreta un corto circuito.

### Capacitancia

Esta opción se la utiliza para calcular la longitud del cable, se la debe realizar y mide la capacitancia eléctrica del bucle, la norma de la (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2001) define la capacitancia para una red telefónica un valor constante de 50nF/Km.

Esta prueba se la realiza en el extremo lejano del cable en circuito abierto.

Abre			
Par seleccionado:	Todos los pares		
Parámetros de cable:			
Tipo cable:	7 - Copper 0.40 mm...		
Capacitancia T-R:	50.0000 nF/km		
Capacitancia de T/R a GND:	77.0000 nF/km		
Configuración de umbral			
Resultado:			
Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares
			É/F
T R	26.36 nF	527 m	✓
T G	27.01 nF	351 m	Balance capacitivo
R G	27.00 nF	351 m	99%
Est.pr.: Medición en curso			

Figura 51. Capacitancia.

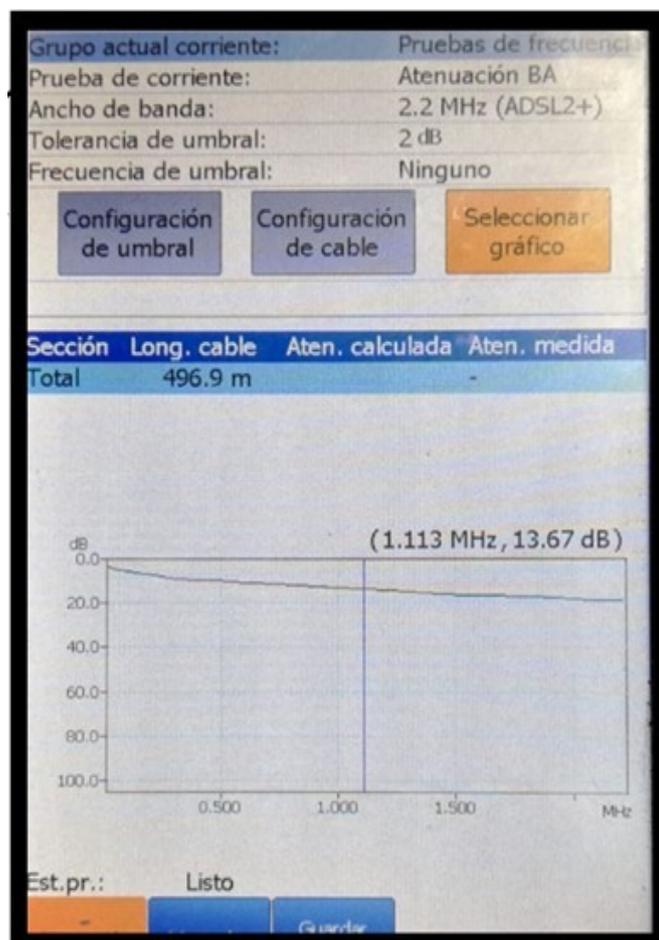
En la imagen se puede apreciar la capacitancia del par de cobre, el balance

capacitivo es óptimo se encuentra en el 99%, el balance por lo general no debería variar más del 5%, entre hilos, esta prueba se realiza entre los hilos.

- T – R (A-B)
- T GND (A-G)
- R GND (B-G)

En esta prueba los daños de humedad pueden hacer variar el resultado.

### Atenuación



*Figura 52. Atenuación.*

La prueba realizada muestra la atenuación del par a una distancia de 496.9 metros, que es de 13.67 dB.

Esta prueba se realiza desde un extremo del cable, para realizar la prueba el par tiene que estar en buenas condiciones y fuera de servicio.

## Ruido



Figura 53. Ruido.

Esta prueba mide la energía de ruido RMS que es de -53.66 dBm, en la frecuencia de 0.858 MHz, la misma no debe sobrepasar el umbral de los -40 dBm según la norma ANSI T1.413, ya que afecta a la transmisión de datos, directamente al SNR.

### SNR (*Signal to noise ratio*)

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	17.40 dB
Margen de US SNR	15.80 dB

Figura 54. SNR.

El margen de SNR determina la calidad del enlace y la capacidad del canal de transmisión, se lo obtiene en el modem del cliente o con el analizador de redes.

El valor mínimo aceptado para un buen rendimiento en el enlace es de 14 dB de *Downstream* y 14 dB de *Upstream* según (CNT E.P, 2014), de lo contrario con un margen menor se obtiene caídas en el enlace y navegación lenta.

#### 3.4.2. Cliente B

La prueba realizada es a un cliente que pertenece al armario de distribución AD 4, que provee de servicio a la zona rural de la parroquia, ubicado a una distancia de 844 ohmios desde la central telefónica al domicilio.

Las pruebas más relevantes a realizar son:

- Voltajes
- Resistencia
- Aislación
- TDR
- Capacitancia
- Atenuación
- Ruido

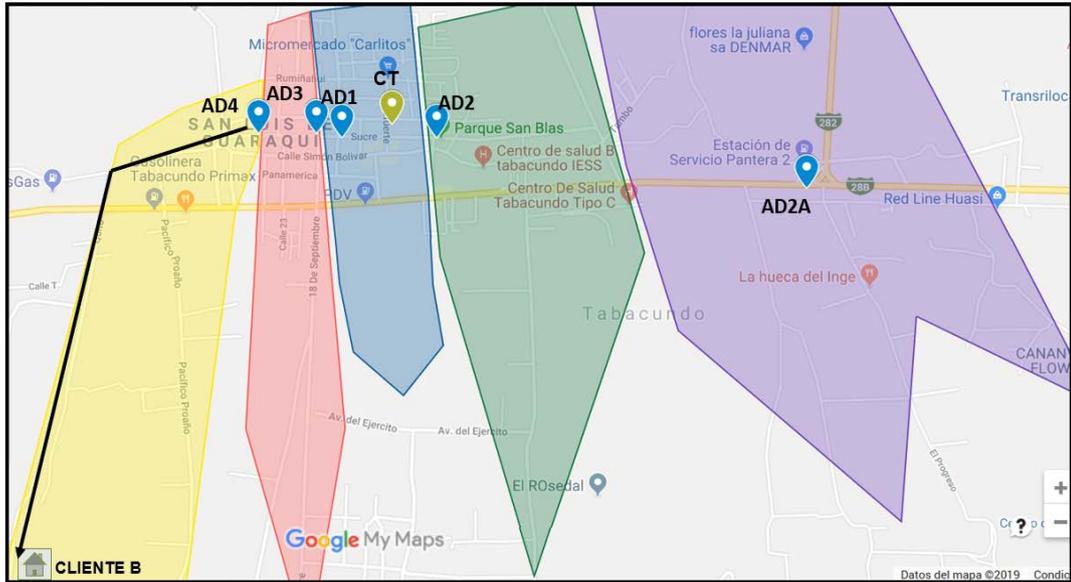


Figura 55. Ubicación cliente B.

## Voltajes

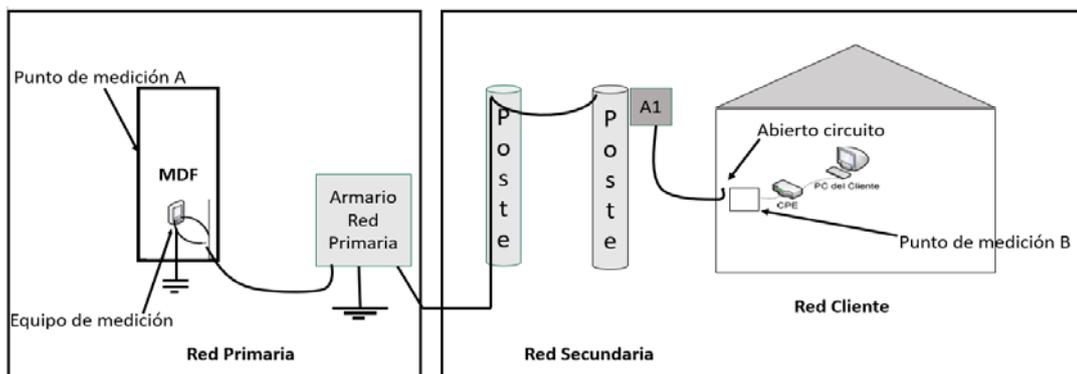


Figura 56. Diagrama de medición planta externa voltajes cliente B.

Adaptado de (Ramírez, 2011)

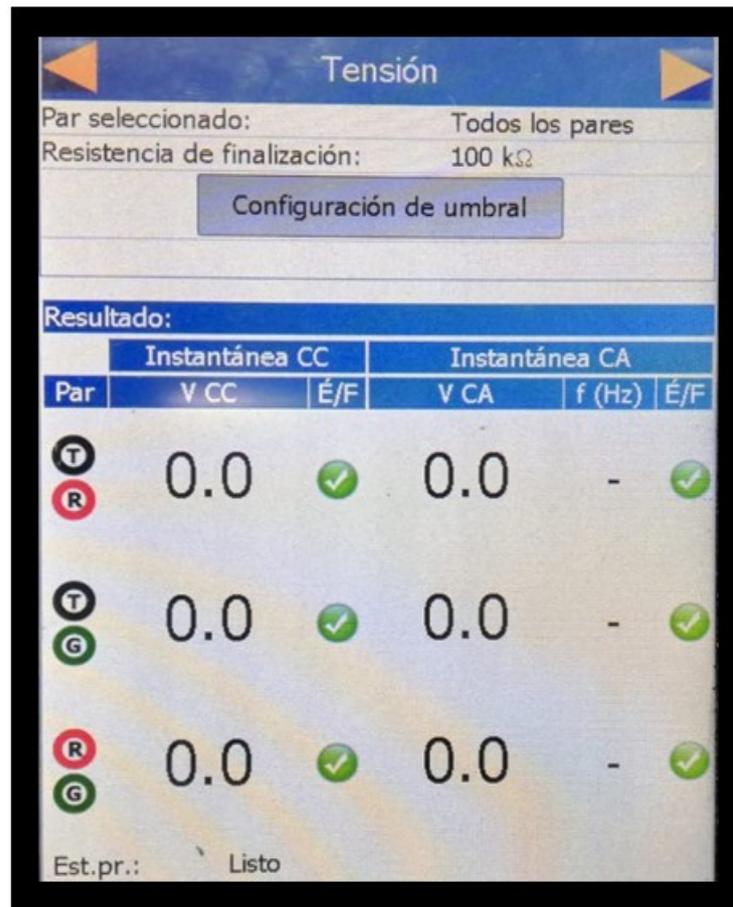


Figura 57. Voltajes.

En la figura 57, se puede apreciar los voltajes CC y CA del par medido, con respecto a tierra que tiene un valor de 0 Voltios, que es muy óptimo en redes telefónicas, se acepta valores no mayores a 2 voltios de lo contrario provocará inducción en el par de cobre.

- T – R (A-B)
- T GND (A-G)
- R GND (B-G)

## Resistencia

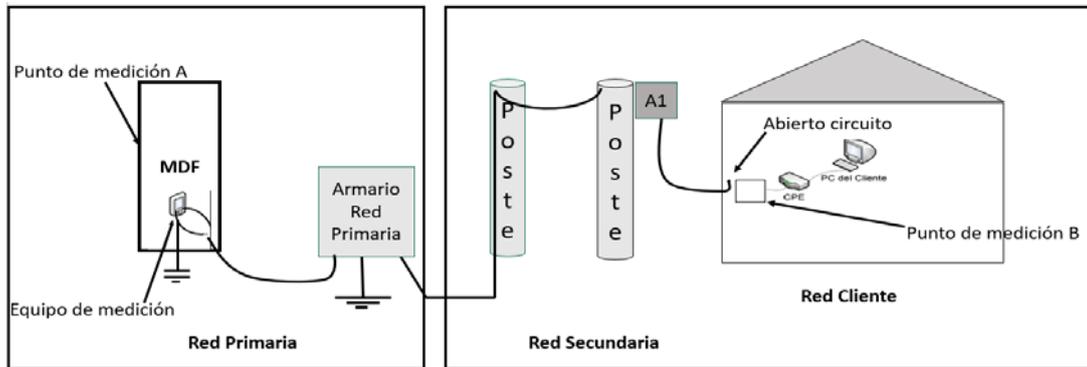


Figura 58. Diagrama de medición Resistencia cliente B.

Adaptado de (Ramírez, 2011)



Figura 59. Resistencia.

Se realiza la prueba para medir la resistencia del par, esta prueba identifica cortocircuitos y descargas a tierra, mientras más alto sea el valor es mejor.

Pero si se tiene un valor menor a 1 Megaohmio, se puede determinar que hay un fallo a tierra.

Un valor aceptable para garantizar un buen servicio de banda ancha es que sea mayor a 10 MΩ, según la norma G.992.3 UIT-T.

- T – R (A-B) = > 100 MΩ
- T GND (A-G) = > 100 MΩ
- R GND (B-G) = > 100 MΩ

### Aislamiento

Resultado:			
Instantánea			
Par	Resistencia	Cont. humec. (s)	É/F
T R	351 MΩ	5	✓
T G	187 MΩ	5	✓
R G	83.1 MΩ	5	✓

Est. pr.: Listo

Figura 60. Aislamiento.

En la figura 60, se observa la medición que se realiza para verificar fallas de resistencia, en esta prueba se aplica un voltaje de 125 V durante un tiempo de 1 a 60 segundos, el propósito de la medición es aplicar voltaje y este se

filtre por fallos de corrosión, y determinar el bajo valor de resistencia medido, como se puede apreciar el par es bueno pero no óptimo, no existe fallos de resistencia.

### TDR (Reflectometría en el dominio del tiempo)

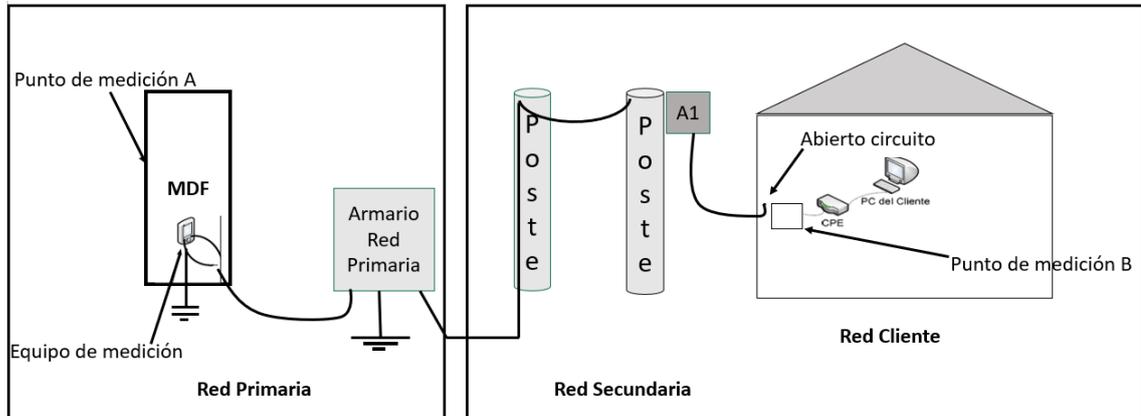


Figura 61. TDR cliente B.

Adaptado de (Ramírez, 2011)



Figura 62. TDR.

En la imagen se puede apreciar que desde la central existe un evento a 3110.8 metros, significa que el circuito se encuentra abierto a esa distancia, esta opción ayuda a identificar daños en la red, si el pico se tuviera hacia abajo se interpreta un corto circuito.

### Capacitancia

Esta opción se la utiliza para calcular la longitud del cable se la debe realizar y mide la capacitancia eléctrica del bucle, la norma de la UIT- T G.996.1 define la capacitancia para una red telefónica un valor constante de 50nF/Km.

Esta prueba se la realiza en el extremo lejano del cable en circuito abierto.



Figura 63. Capacitancia.

En la imagen se puede apreciar que la capacitancia aumento, debido a la distancia a la que se localiza, el balance capacitivo es óptimo ya que se encuentra en el 99%, el balance por lo general no debería variar más del 5%, entre hilos, esta prueba se realiza entre los hilos:

- T – R (A-B)
- T GND (A-G)
- R GND (B-G)

En esta prueba los daños de humedad pueden hacer variar el resultado.

## Atenuación

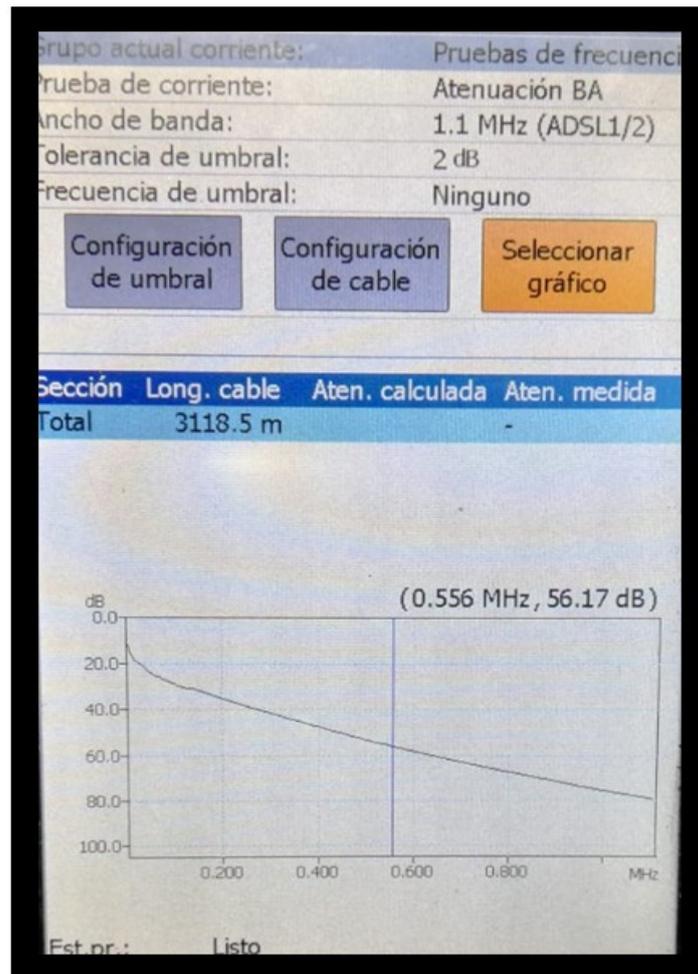


Figura 64. Atenuación.

La prueba realizada muestra la atenuación del par a una distancia de 3118.5 metros, que es de 56.17 dB esta prueba se realiza desde un extremo del cable, para realizar la prueba el par tiene que estar en buenas condiciones y fuera de servicio.

## Ruido

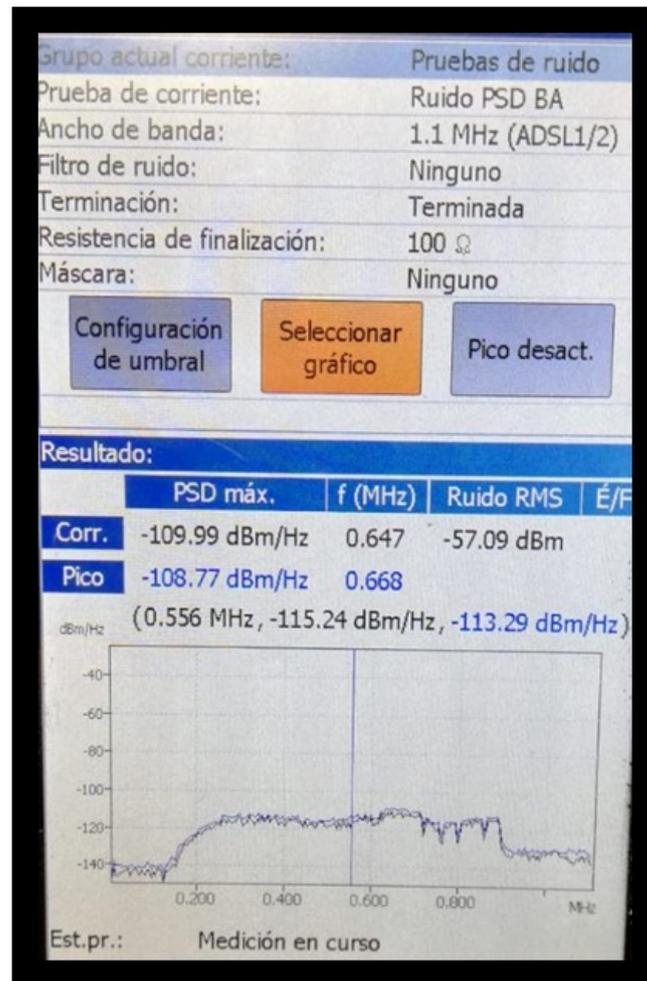


Figura 65. Ruido.

Esta prueba mide la energía de ruido RMS que es -57.09 dBm, en la frecuencia de los 0.647 MHz, la misma que no debe sobrepasar el umbral de los -40 dBm según la norma ANSI T1.413, ya que afecta a la transmisión de datos directamente al SNR.

**SNR(Signal to noise ratio)**

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A G.DMT
Margen de DS SNR	27.80 dB
Margen de US SNR	31.00 dB

Figura 66. SNR.

El margen de SNR determina la calidad del enlace y la capacidad del canal de transmisión, se lo obtiene en el modem del cliente o con el analizador de redes.

El valor mínimo aceptado para un buen rendimiento en el enlace es de 14 dB de *Downstream* y 14 dB de *Upstream* según (CNT E.P, 2014), de lo contrario, con un margen menor se obtiene caídas en el enlace y navegación lenta.

#### 4. CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE PRUEBAS TOMADAS EN CAMPO

En el siguiente capítulo se realizará el análisis de las pruebas en base a los resultados experimentales tomados en campo.

El valor de la señal a ruido o *SNR* es muy importante al momento de lograr determinar la distancia máxima y la capacidad teórica del canal, mientras más alto mejor, el *SNR* se lo obtiene con el analizador de redes o el modem del cliente, la señal a ruido mínima es de 14 dB, para una buena transmisión de datos. (CNT E.P, 2014).

$$C = B \times \log_2 \left( 1 + \frac{S}{n} \right)$$

(Ecuación 9)

C= capacidad del canal en bps

B= el ancho de banda del canal en Hz

S/N= la relación señal a ruido

#### 4.1. Tabla de disponibilidad

Tabla 38.

*Disponibilidad de velocidades por distancia*

VELOCIDAD	DISPONIBILIDAD	BUCLE [Ω]	DISTANCIA[m]
10 Mbps	Cumple disponibilidad	54 a 160	574
5 Mbps	Cumple disponibilidad	54 a 360	1293
3 Mbps	Cumple disponibilidad	54 a 580	2083
1 Mbps	Cumple disponibilidad	54 a 844	3031

De acuerdo a las pruebas realizadas se determinó la disponibilidad de velocidad en cuanto a distancias establecidas, las pruebas se las realizó en campo en los 5 armarios de la parroquia.

#### 4.2. Tabla de aplicaciones utilizadas

A continuación se detalla la tabla que ilustra las velocidades requeridas para la reproducción de diferentes aplicaciones multimedia, tales como *streaming*, video llamadas, reproducción de videos en la web, correo y redes sociales.

Tabla 39.

*Aplicaciones y velocidades requeridas*

	APLICACIÓN	VELOCIDAD
	OBSERVAR NETFLIX EN 4K	20 Mbps
	OBSERVAR NETFLIX EN HD	5 Mbps
	REALIZAR VIDEO LLAMADA EN SKIPE	1.5 Mbps
	JUGAR EN LÍNEA CON PC	3 - 6 Mbps
	REPRODUCIR VIDEO EN YOUTUBE	3 - 6 Mbps
	REALIZAR VIDEO LLAMADA EN WHATSAPP	3 Mbps
	NAVEGACIÓN WEB, REDES SOCIALES, CORREO	1 Mbps

Adaptado de (Tigo, 2018)

### 4.3. Disponibilidad por Armario

#### 4.3.1. Armario de distribución 1

Se determinó en las mediciones realizadas en campo a la red de acceso cobre con los parámetros analizados anteriormente, que la atenuación de todas las línea de transmisión obtenidas en campo, incrementan de acuerdo a la distancia y frecuencia utilizada, además se pudo establecer que un cliente con una velocidad de 10 Mbps, a una distancia de 54 ohmios, a una frecuencia de 2.2 MHz en la que trabaja ADSL2+, el margen de *SNR* es óptimo y no experimentará problemas de caída de enlace en el equipo receptor.

Tabla 40.

*Valores obtenidos AD 1*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
1	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	54 Ω	5.15 dB	-53.71 dBm	25.30 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 338.844) = 18.499 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Destacar que el puerto se encuentra configurado a 10Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 18.499 Mbps de acuerdo al margen de SNR, los clientes de este armario puede recibir esta tasa de transferencia ya que se encuentran en las cercanías de la central telefónica.

En función de lo mencionado y considerando la tabla 39, a esta velocidad pueden navegar aplicaciones Netflix HD y todas las redes sociales utilizadas por el cliente.

#### 4.3.2. Armario de distribución 2

##### Cliente A

Se estableció que un cliente con una velocidad de 10 Mbps a una distancia de 64 ohmios y a una frecuencia de 2.2 MHz en la cual trabaja ADSL2+, el margen de SNR es óptimo y no experimentará, problemas de caída de enlace en el equipo receptor.

Tabla 41.

*Valores obtenidos AD 2*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A-B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A-B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
2	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	64 Ω	6.31 dB	-49.90 dBm	22.60 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 181.970) = 16.534 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Mencionar que el puerto se encuentra configurado a 10 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 16.534 Mbps.

Con lo mencionado y considerando la tabla 39, a esta velocidad se puede navegar aplicaciones Netflix HD, Youtube y todas las redes sociales utilizadas por el cliente.

## Ciente B

En el cliente B se pudo establecer que con una velocidad de 5 Mbps a una distancia de 360 ohmios y a una frecuencia de 2.2 MHz en la que trabaja ADSL2+, el margen de *SNR* es óptimo pero está en el límite, no obtendrá problemas de caída de enlace siempre y cuando el par de cobre este en óptimas condiciones y la distancia no incremente, es la velocidad máxima que se puede ofrecer.

Tabla 42.

*Valores obtenidos AD 2*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A-B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A-B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
2	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	360 Ω	33.63 dB	-42.15 dBm	14.60 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 28.8403) = 10.778 \text{ Mbps} \quad \text{Ecuación 12)}$$

Mencionar que el puerto se encuentra configurado a 5 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 10.778 Mbps, al incrementar la velocidad se experimentó caídas de enlace y navegación lenta, debido a que la señal se atenúa con la distancia, ya que el par de cobre posee buenos parámetros técnicos, como se aprecia en la tabla 42.

Con lo mencionado y considerando la tabla 39, a esta velocidad se puede navegar aplicaciones Netflix HD, y todas las redes sociales existentes utilizadas por el cliente.

### 4.3.3. Armario de distribución 3

En el armario de distribución 3 se realizó la toma de muestras a dos clientes, cliente A y el cliente B en la zona que brinda cobertura el armario determinando los siguientes resultados.

### Cliente A

Se determinó en mediciones en campo que el cliente A, ubicado en el armario 3, a una velocidad de 10 Mbps a una distancia de 96 ohmios y a una frecuencia de 2.2 MHz (ADSL2+), el margen de *SNR* es óptimo y no tendría problemas de caída de enlace en el equipo receptor.

Tabla 43.

*Valores obtenidos AD 3*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
3	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	96 Ω	10.95 dB	-53.09dBm	23.10 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 \cdot \log_2(1 + 204,173) = 16.897 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Destacar que el puerto se encuentra configurado a 10Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 16.897 Mbps.

En función de lo mencionado y considerando la tabla 39, a esta velocidad se puede navegar aplicaciones Netflix HD, Youtube y todas las redes sociales utilizadas por el cliente.

### Cliente B

Se pudo establecer que un cliente ubicado en el armario 3, con una velocidad de 10 Mbps a una distancia de 138 ohmios y a una frecuencia utilizada de 2.2 MHz (ADSL2+), el margen de *SNR* es óptimo y no tendría problemas de caída de enlace.

Tabla 44.

Valores obtenidos AD 3

Armario	Voltaje DC A T, BT, A-B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A-B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
3	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	138 Ω	13.67 dB	-53.66 dBm	17.40 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 54.954) = 12.773 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Mencionar que el puerto se encuentra configurado a 10 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 12.773 Mbps.

Con lo mencionado y considerando la tabla 39, a esta velocidad se puede navegar aplicaciones Netflix HD, Youtube y todas las redes sociales utilizadas por el cliente.

#### 4.3.4. Armario de distribución 4

En el armario de distribución 4 se realizó la toma de muestras a dos clientes, cliente A en la parte urbana de la parroquia, y el cliente B en la parte rural estableciendo los siguientes resultados.

##### Cliente A

En las mediciones realizadas se estableció que el cliente A, ubicado en la parte urbana y cerca de la central telefónica navega sin problema alguno, con una velocidad de 10 Mbps a una distancia de 160 ohmios, y a una frecuencia utilizada de 2.2 MHz (ADSL 2+), el margen de SNR es óptimo y no tendría problemas de caída de enlace.

Tabla 45.

Valores obtenidos AD 4

Armario	Voltaje DC A T, BT, A-B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A-B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
4	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	160 Ω	15.96 dB	-47.52 dBm	20.29 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 106,905) = 14.857 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 15})$$

Destacar que el puerto se encuentra configurado a 10 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 14.857 Mbps.

Con lo mencionado y considerando la tabla 39, el cliente A puede navegar aplicaciones Netflix HD, Youtube y todas las redes sociales existentes utilizadas por el cliente.

### **Cliente B**

En otro usuario del armario 4 que se encuentra en la parte rural de la parroquia, se estableció que el cliente puede navegar con una velocidad de 1 Mbps a una distancia de 844 ohmios y una frecuencia de 0.5 MHz en la que trabaja ADSL, el margen de SNR se mantiene estable y no tendrá problemas de caída de enlace, siempre y cuando la distancia no incremente y el par de cobre se encuentre en óptimas condiciones, es la velocidad máxima al cual se puede ofrecer el servicio.

Tabla 46.

*Valores obtenidos AD 4*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A- B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A- B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
4	0.0 V	0.0 V	>= 100 MΩ	844 Ω	56.17 dB	-57.09 dBm	27.80 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 0.5 * \log_2(1 + 602.559) = 4.618 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Mencionar que el puerto se encuentra configurado a 1 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 4.618 Mbps, debido a que la señal se atenúa con la distancia, no se puede alcanzar esta velocidad, indicar que el par de cobre posee buenos parámetros técnicos, como se muestra en la tabla 46.

En función de lo mencionado y considerando la tabla 39, el cliente B puede navegar aplicaciones Facebook, redes sociales y correo, se requiere más velocidad para navegar Youtube, Netflix lo cual no es posible por la distancia del cliente.

#### 4.3.5. Armario de distribución 2A

En las mediciones realizadas se estableció que un cliente ubicado en el armario 2A, con una velocidad de 3 Mbps, a una distancia de 580 ohmios y a una frecuencia de 2.2 MHz (ADSL2+), el margen de *SNR* esta en el límite y no tendría problemas de caída de enlace siempre y cuando no se incremente la distancia, ni velocidad y el par de cobre se encuentre en óptimas condiciones.

Tabla 47.

*Valores obtenidos AD 2A*

Armario	Voltaje DC A T, BT, A-B	Voltaje AC A T, BT, A-B	Resistencia A T, BT, A-B	R. de bucle	Atenuación	Ruido	SNR
2A	0.2 V	0.0 V	>= 100 MΩ	580 Ω	60.06 dB	-47.28 dBm	13.80 dB

La capacidad máxima del canal de transmisión se detalla a continuación.

$$C = 2.2 * \log_2(1 + 23.988) = 10.214 \text{ Mbps} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Destacar que el puerto se encuentra configurado a 3 Mbps y su capacidad máxima de canal de transmisión es 10.214 Mbps, siendo el límite por el parametro de *SNR* reflejado, no se puede incrementar la velocidad ya que tendrá caídas en el enlace y pérdida de paquetes.

Se realizó como prueba de campo el incremento a 5 Mbps y la señal a ruido disminuyo, la calidad del enlace empezó a decaer y además como resultado se obtuvo problemas en navegación lenta, debido a que la señal se atenúa con la distancia, ya que el par de cobre se encuentra en buenas condiciones técnicas como se aprecia en la tabla 47.

En función de lo mencionado y considerando la tabla 39, el cliente puede navegar aplicaciones como Facebook realizar video llamadas por Whatsapp, Skype y redes sociales.

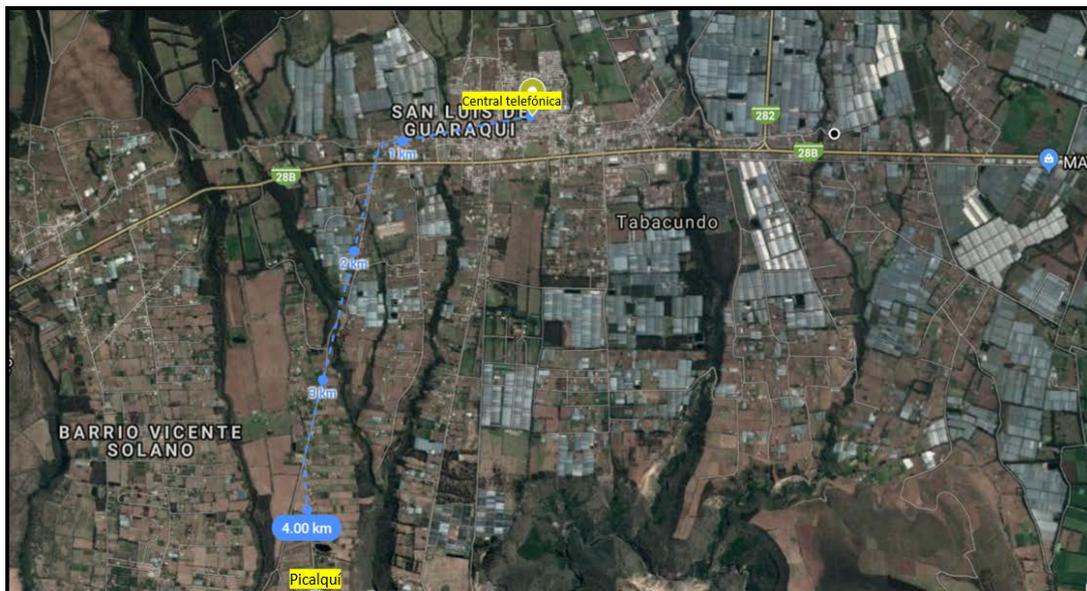
Con las mediciones realizadas en campo se pudo establecer velocidades máximas aceptadas mediante el bucle de abonado y los parámetros analizados anteriormente, para proveer al cliente final un servicio óptimo.

## 5. CAPÍTULO V. SOLUCIÓN AL PROBLEMA EN LA ZONA RURAL

En este capítulo se planteará soluciones en el área rural en donde se realizó el análisis, a fin de solventar los problemas encontrados en la red de acceso de cobre.

### 5.1. Soluciones

- Diseño AMG
- Diseño Red acceso FTTH GPON



*Figura 67.* Distancia central telefónica comunidad Picalquí.

De acuerdo a los problemas encontrados en las mediciones en campo en la red de cobre, el servicio de Internet ofrecido a la comunidad de Picalquí es deficiente, por lo que se realizará un análisis de posibles diseños de infraestructura de telecomunicaciones.



## Elementos de una red FTTH GPON

- OLT: *Optical line terminal*, equipo de central
- ODN: *Optical distribution network*, Red distribución óptica
- ONT: *Optical network terminal*, equipo terminal de cliente

### **ODN**

Red de distribución óptica está constituida por el cable feeder o troncal que conecta al ODF y la red de distribución, cajas de distribución, cables tipo drop y la ONT ubicada en el cliente.

### **OLT**

Terminal de línea óptico conecta la red ODN con la red MPLS del proveedor.

### **ODF**

Situado en la central de telecomunicaciones, el ODF conecta los hilos de fibra óptica de la planta externa con los dispositivos de acceso OLT.

### **Red Feeder**

Red troncal que conecta el ODF con armarios y manga armario, está compuesta de cables de fibra óptica que inicia de la central, la red es tendida por ductos canalizados.

### **Red de Distribución**

Interconecta el armario de distribución FDH y las cajas de distribución NAP está conformada por cables de fibra óptica subterráneos y aéreos, splitters, cajas de distribución y empalmes.

### **Red Dispersión**

Red constituida por cables tipo DROP conecta la caja de distribución hasta la roseta óptica situada en el domicilio del cliente.

**Armarios FDH (*Fiber distribution home*)**

Ubicados estratégicamente en un determinado punto del distrito, lugar en el cual se conecta la red de distribución y la red feeder.

**Cajas NAP (*Network access point*)**

Cajas de distribución óptica punto en el cual se conectan la red de distribución y la red del cliente mediante cable drop.

**ONT (*Optical network terminal*)**

Es el equipo terminal de red óptico se interconecta con la ODN, es la interfaz de servicio al usuario final.

**Cables fibra óptica**

La norma ITU-T G.652D indica que los cables de fibra óptica a utilizar bajo esta normativa son para el:

- Feeder o red troncal
- Red de distribución

La norma (Unión Internacional de Telecomunicaciones, 2016), G.657.A1 – G.657.A2 indica que los cables de fibra óptica a utilizar bajo esta normativa son para la:

- Red de dispersión
- Distribución interna de edificios.

Identificación de las fibras ópticas de acuerdo a la norma TIA/EIA 598 se detalla a continuación.

Posición	Colores
1	Azul
2	Anaranjado
3	Verde
4	Café
5	Plateado (Gris)
6	Bianco
7	Rojo
8	Negro
9	Amarillo
10	Violeta
11	Rosa (Rosado)
12	Aqua (Celeste)

Figura 69. Identificación fibras ópticas.

Tomado de (CNT E.P, 2016)

### 5.3.1. Dimensionamiento poblacional

De acuerdo a la población existente en la comunidad Picalquí 99 familias y 676 habitantes, esta realizado el criterio de modelo a utilizar para el diseño de la solución es un modelo con manga porta splitter de 1:8, el cual brindará el servicio requerido a todos los habitantes, además mencionar que el diseño a realizar también proveerá el servicio a urbanización en construcción hacienda la Pradera que cuenta con 305 lotes. (La Pradera, 2019).

### 5.3.2. Arquitectura FTTH GPON

Modelo con manga porta splitter, dos niveles de splitter y presupuesto óptico.

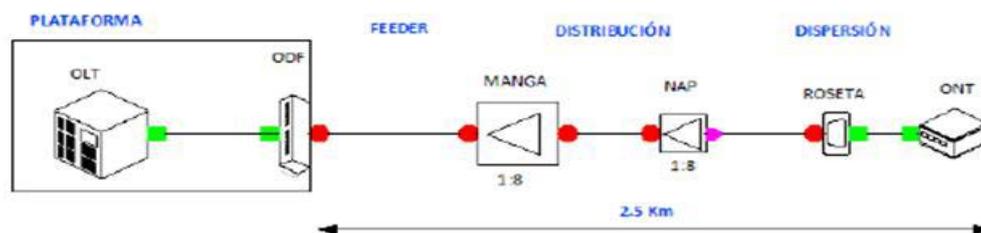


Figura 70. Modelo manga porta splitter.

Tomado de (CNT E.P, Norma Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica, 2016, p. 129)

El modelo a utilizar en la solución es el manga porta splitter con dos niveles de splitter de 1:8, ya que utilizar un armario FDH implicaría un presupuesto más elevado.

### 5.3.3. Diseño solución FTTH GPON

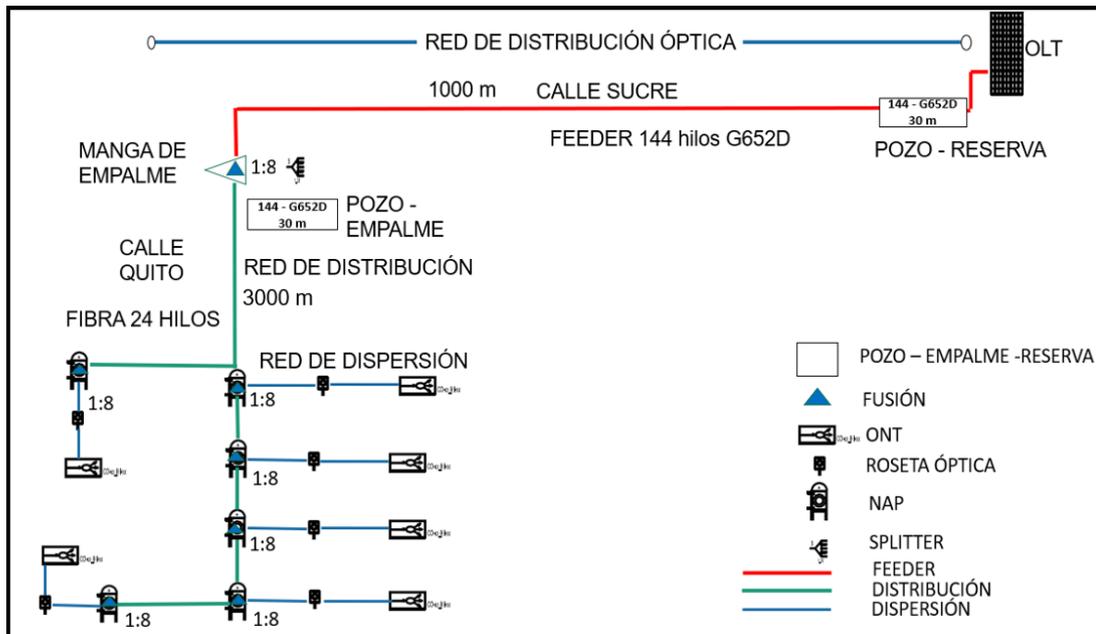


Figura 71. Diseño FTTH GPON.

En la figura 71, se describe el diseño solución propuesto, que está basado en una red de acceso FTTH GPON que brinda servicios de voz, datos, IPTV, el diseño de red se encuentra constituido por un cable Feeder de 144 hilos, tendido mediante ductería existente de la CNT E.P, este cable de fibra óptica está conectado hacia la red de distribución por una manga armario que se encuentra con un nivel de splitter de 1:8, la red de distribución se encuentra desplegada mediante postes con un cable de fibra óptica autosoportado de 24 hilos que distribuirá el servicio hacia las 6 cajas de distribución (NAP), en cada caja se realiza un nivel de splitter de 1:8, para brindar servicio a 8 clientes por caja, el diseño se encuentra realizado para proveer de servicio hasta 48 clientes y un máximo a futuro de 192 clientes.

Los elementos a utilizar son:

- Feeder 144 hilos
- Cable fibra óptica distribución 24 hilos
- Splitter 1:8 de fusión
- Splitter 1:8 conectorizado
- 6 Cajas de distribución Nap
- 1 Manga de distribución de 288 hilos

#### 5.4. Presupuesto óptico

El presupuesto óptico se lo realiza para encontrar los valores de atenuación en la red y determinar que estos se encuentren dentro del rango de valores permitidos según la norma vigente de CNT E.P. para una red GPON.

PLANTILLA PARA PRESUPUESTO ÓPTICO CNT EP			
Elementos de la Red de Fibra Óptica	Cantidad	Pérdida típica del elemento (dB)	Pérdida Total (dB)
Conectores (mated) ITU 671=0.5dB	4	0,50	2,00
Empalmes de fusión ITU751=0.1dB average	5	0,10	0,50
Empalmes mecánicos ITU 751=0,1dB average		0,20	0,00
Conector Mecánico Armado en Campo	1	0,60	0,60
Splitters	1x2	3,50	0,00
	1x4	7,00	0,00
	1x8	10,50	21,00
	1x16	14,00	0,00
	1x32	17,50	0,00
	1x64	21,00	0,00
	2x4	7,90	0,00
	2x8	11,50	0,00
	2x16	14,80	0,00
	2x32	18,50	0,00
Longitud de Fibra (Km) / longitudes de onda	1310nm	2,5	0,35
	1490nm		0,30
	1550nm		0,25
<b>GRAND TOTAL (dB)</b>			<b>24,98</b>

Figura 72. Presupuesto óptico.

Tomado de (CNT E.P, Norma Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica, 2016)

### 5.4.1. Presupuesto óptico cliente A

Tabla 48.

*Presupuesto óptico A*

PRESUPUESTO ÓPTICO			
ELEMENTO DE LA RED	CANTIDAD	PÉRDIDA POR ELEMENTO	PÉRDIDA TOTAL
Empalmes de fusión ITU751=0.1dB	5	0,1	0,5
Conectores ITU 671=0.5 dB	4	0,5	2
Splitter 1*8	2	10,5	21
Conector mecánico	1	0,6	0,6
Km de fibra optica 1310 nm ITU G.652	3,3	0,35	1,155
Pérdida Total			25,255

Adaptado de (CNT E.P 2016)

Como se puede observar el presupuesto óptico es de 25.2 dB, el cual es aceptable para el diseño propuesto, lo permitido por la CNT E.P. no debe sobrepasar los 25 dB.

### 5.4.2. Presupuesto óptico B

A continuación se detalla el presupuesto óptico más lejano hacia la OLT.

Tabla 49.

*Presupuesto óptico B*

PRESUPUESTO ÓPTICO			
ELEMENTO DE LA RED	CANTIDAD	PÉRDIDA POR ELEMENTO	PÉRDIDA TOTAL
Empalmes de fusión ITU751=0.1dB	5	0,1	0,5
Conectores ITU 671=0.5 dB	4	0,5	2
Splitter 1*8	2	10,5	21
Conector mecánico	1	0,6	0,6
Km de fibra optica 1310 nm ITU G.652	4	0,35	1,4
Pérdida Total			25,5

Adaptado de (CNT E.P 2016)

Como se puede observar el presupuesto óptico es de 25.5 dB, el cual es aceptable para el diseño propuesto, lo permitido por la CNT E.P. no debe sobrepasar los 25 dB.

### 5.5. Presupuesto referencial del proyecto

Se ha optado por las mejores recomendaciones de funcionamiento y costos del equipamiento necesario para la solución propuesta, se procede a presentar el costo total.

Las empresas que ofrecen soluciones para el despliegue de infraestructura FTTH GPON, establecen la ejecución del proyecto en función al tiempo, se determina un costo horas-hombre, el salario utilizado para el cálculo es de USD 400, que es un SMBU (salario mínimo básico unificado) y un número de 40 horas a la semana laboradas dan un total de 160 horas por mes, con estos datos se determina la relación:

- Horas hombre=  $400/160$
- Horas= 2,50 USD por hora (Ecuación 18)

Tabla 50.

*Costo hora persona*

HORAS /DIA	DIAS/SEMANA	SEMANAS	COSTO/HORA	PERSONAS	TOTAL
8	5	4	2,5	4	1600

En la tabla 51, se detalla los costos aproximados para la implementación del proyecto, el diseño está considerado para proveer a 1024 clientes por las características de la OLT y escalable, ya que según Arcotel existe un promedio de 1200 clientes de telefonía e Internet en la parroquia de Tabacundo (ARCOTEL, Servicio de telefonía fija, 2019).

Tabla 51.

*Presupuesto aproximado*

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>PRECIO UNITARIO USD</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
1	OLT HUAWEIMA5608T-16P	3100	3100
1000	CABLE FO 144 H MONOMODO	4,89	4890
3000	CABLE FO 24H ADSS G.652D	0,77	2310
1	PLC SPLITTER 1*8 PARA FUSIÓN	10	10
6	PLC SPLITTER 1*8 CONECTORIZADO SC/APC	13	78
6	CAJAS FTTH NAP ÁEREA 08 P SC/APC	55	330
1	MANGA FO 288 H PORTA SPLITTER	341	341
1	ODF 96 PUERTOS SC/APC HENGHUI	360	360
	<b>TOTAL</b>		<b>11.419</b>

En la siguiente tabla se detalla el costo total del proyecto.

Tabla 52.

*Costo total*

<b>COSTO TOTAL</b>	
PRESUPUESTO	11419
HORAS-HOMBRE	1600
<b>TOTAL</b>	<b>13019</b>

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el proyecto se puede concluir lo siguiente:

### 6.1. Conclusiones

Como primera conclusión se puede indicar que los parámetros analizados son causados por daños físicos en la planta externa ya que comparten infraestructura con otros operadores de telecomunicaciones en la zona urbana, de la cual se desplaza la red al sector rural.

En el cantón Pedro Moncayo de acuerdo con el levantamiento de infraestructura existente de telecomunicaciones, se pudo apreciar que el área de cobertura está situada en su mayoría en las zonas urbanas de cada parroquia, abandonando a los sectores más necesitados del Cantón.

En las zonas rurales la red de acceso cobre es un medio muy importante en lugares en el cual no existe otra forma de acceso a Internet.

La distancia desde la central telefónica al usuario final es una limitante al brindar el servicio ya que depende mucho al momento de ofrecer una tasa de transferencia al cliente final.

En clientes con parámetros de medición no muy óptimos se pudo establecer que el servicio se vuelve intermitente, obteniendo una disminución en la señal a ruido, que es la referencia para obtener un servicio aceptable, como fue determinado en las mediciones a través del equipo Exfo Maxtester 635, que fueron plasmadas en el capítulo III, en la página 61.

Con las mediciones realizadas en campo se determinaron tasas de transferencias de datos a adecuadas al momento de ofrecer un servicio ADSL.

El análisis en cuanto a las tasas de transferencia de datos soportadas por la red de cobre, se determinó que la distancia y la frecuencia utilizada atenua la línea de transmisión, afectando en la navegación que se torna lenta y se experimenta caídas de enlace cuando la red no se encuentra en óptimas

condiciones, esto fue determinado en las mediciones que se realizarón página 88, del capítulo IV.

La red de acceso cobre en el sector rural donde se realizó el análisis es un medio aún muy importante, con velocidades de 1 Mbps se determinó que es posible una navegación por la web, correo y redes sociales, facilitando en cierto porcentaje los problemas presentados en la red de acceso cobre en zonas rurales.

Para la zona rural donde se realizó el análisis de la red de acceso cobre y sus problemáticas, se diseñó una arquitectura FTTH GPON con la cual se pretende mejorar los servicios de telecomunicaciones en el sector ya que está tecnología soporta todo tipo de tráfico permitiendo ofrecer servicios triple play, el diseño se realizó de acuerdo al dimensionamiento poblacional existente en la comunidad y de acuerdo a la petición de las autoridades locales, que prevén un crecimiento suburbano, especialmente de ciudadanos que precisamente no son campesinos o moradores fijos del sector, sino más bien habitantes de ciudades aledañas, que buscan descanso los fines de semana, y necesitan por trabajo o placer experimentar de una conexión a Internet de alta funcionalidad.

## **6.2. Recomendaciones**

Para proveer un servicio de Internet y de voz se recomienda realizar una comprobación de medición de los parámetros óptima, ya que de no ser así se presentarían a futuro problemas en la red.

Se recomienda un mantenimiento preventivo en la red de acceso cobre a los cables de alta capacidad, que consiste en realizar mediciones periódicas de la red, con el fin de disminuir la problemática existente en el medio de transmisión.

Se recomienda un análisis de sectores rurales más necesitados en el Cantón con el fin de solventar con soluciones de despliegue de telecomunicaciones.

Para zonas rurales se recomienda un censo poblacional por comunidades existentes en el cantón Pedro Moncayo, para poder resolver los problemas

con soluciones de implementación de infraestructura GPON o creación de AMG o nuevas tecnologías.

Siempre antes de realizar el presupuesto técnico, ya sea para buscar la mejor solución, es necesario conversar con los moradores y autoridades del lugar, para conocer las necesidades de primera mano de los mismos. Recordando por ejemplo, que muchas de estas comunidades tienen sus familiares ausentes ya sea en las ciudades o migrantes fuera del país, por lo que sus necesidades de comunicación son de igual manera elevadas, para hacer video llamadas, o enviar videos a sus familiares. Por lo que extender una red de comunicaciones de buena calidad, asegura en cierta forma de un bienestar en estas comunidades, y puede ser sostenido a nivel económico en el tiempo.

Para el diseño de la Red FTTH GPON se recomienda realizar un dimensionamiento previo de crecimiento de la población en el sector donde se va desplegar la red y así determinar la capacidad del Feeder, la red de distribución y cajas Nap a implementar. Generalmente se recomienda usar como red troncal un cable de fibra de tipo monomodo, y para la distribución en la zona se puede utilizar fibra de tipo multi-modo, esto debido a los costos, con lo que se logra implementar redes de altas prestaciones, a un costo más bajo.

## REFERENCIAS

- Adslzone. (s/f). Datos técnicos sobre ADSL/ADSL2+. Recuperado el 25 de Octubre de 2019, de <https://www.adslzone.net/adsl2-ventajas.html>
- Altamirano, J. (2010). Diseño de Planta Externa Plataforma Multiservicios Triple Play. Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Recuperado el 29 de Noviembre de 2019, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10912>
- ARCOTEL. (2019). Estadísticas. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de <https://www.arcotel.gob.ec/estadisticas-2/>
- ARCOTEL. (2019). Servicio de telefonía fija. Recuperado el 3 de Noviembre de 2019, de <https://www.arcotel.gob.ec/servicio-de-telefonía-fija/>
- Cárdenas, J. (2009). Redes de Planta Externa. Recuperado el 20 de Octubre de 2019, de [https://www.academia.edu/11900935/Tecnolog%C3%ADas\\_de\\_Red es\\_de\\_Planta\\_Externa](https://www.academia.edu/11900935/Tecnolog%C3%ADas_de_Red es_de_Planta_Externa)
- Chaipattanawan, K. (2005). Central Telefónica. Recuperado el 22 de octubre de 2019, de [https://es.123rf.com/photo\\_66799650\\_fusible-de-central-telefónica-y-cable-de-puente-número-de-teléfono-enfoque-services-selective.html](https://es.123rf.com/photo_66799650_fusible-de-central-telefónica-y-cable-de-puente-número-de-teléfono-enfoque-services-selective.html).
- Changoluisa, S. (2018). Bodas de Plata.
- Claro. (2019). Claro Cobertura. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <http://www.claro.com.ec/personas/servicios/servicios-moviles/cobertura/>
- CNT E.P. (Abril de 2010). Cable multipar para interiores especificaciones técnicas. Recuperado el 01 de Noviembre de 2019, de <https://corporativo.cnt.gob.ec/wp-content/uploads/2018/07/40000450-cable-multipar-interiores-ekkx-100x2x05.pdf>
- CNT E.P. (2010). Seminario Internacional UIT-ASETA. Recuperado el 2 de Noviembre de 2019, de [http://www.imaginar.org/taller/brecha\\_mintel/5\\_CNT-CesarRegalado.pdf](http://www.imaginar.org/taller/brecha_mintel/5_CNT-CesarRegalado.pdf)
- CNT E.P. (2013). Normas de Construcción de Planta Externa. Quito, Ecuador.
- CNT E.P. (2014). Escuela Técnico Integral. Quito.
- CNT E.P. (16 de julio de 2016). Norma Técnica de Diseño de Planta Externa con Fibra Óptica. Quito, Ecuador.

- CNT E.P. (2019). Cobertura de Red Móvil. Recuperado el 18 de Noviembre de 2019, de <https://gis.cnt.gob.ec/appgeoportal/?u=-78.18051,0.07576,15>
- Condumex. (2019). Catálogo sistemas de comunicaciones. Recuperado el 1 de Noviembre de 2019, de <http://www.condumex.com.mx/Paginas/Telecomunicaciones.aspx>
- Corletti, A. (2016). Seguridad en redes. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019, de <https://www.docsity.com/es/seguridad-en-redes-comunicacionales/782045/>
- Crespo, A. (26 de Julio de 2011). Elementos que intervienen en la conexión xDSL. Recuperado el 11 de Noviembre de 2019, de <https://www.redeszone.net/2011/07/26/elementos-que-intervienen-en-la-conexion-xdsl/>
- Electrocables. (2018). Electrocables. Recuperado 29 de Octubre de 2019, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>
- Emcali. (25 de 05 de 2018). Portafolio de Telecomunicaciones. Recuperado el 26 de Noviembre de <https://www.emcali.com.co/web/telco/portafolio-de-servicios>
- Exfo. (2012). *Exfo Maxtester 635*. Recuperado 13 de Noviembre de 2019, de [https://documents.exfo.com/Products/UserGuides/User%20Guide%20MAX-635%20English%20\(1063679\).pdf](https://documents.exfo.com/Products/UserGuides/User%20Guide%20MAX-635%20English%20(1063679).pdf)
- Fundación Cimas del Ecuador. (Junio de 2015). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) de la parroquia la Esperanza Cantón Pedro Moncayo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fundación Cimas del Ecuador. (Junio de 2015). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) de la parroquia Tocachi del Cantón Pedro Moncayo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fundación Cimas del Ecuador. (Junio de 2015). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) parroquia Tupigachi del Cantón Pedro Moncayo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Fundación Cimas del Ecuador. (Octubre de 2015). Actualización Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Malchinguí Cantón Pedro Moncayo. Quito, Pichincha, Ecuador.
- GAD Pedro Moncayo. (15 de Marzo de 2018). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Tabacundo, Quito.
- Hanze, Pazmay, C. (2006). Diseño de una red Adsl de Banda Ancha para la Urbanización Samanes con acceso a internet a través del cable

- panamericano. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 27 de Noviembre de 2019, de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/128481/D-83944.pdf>
- Impelsa. (2006). Telecomunicaciones Planta Externa. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de <http://www.impelsa.com/producto/526>
- INEC. (2015). Ecuador en Cifras. Recuperado el 4 de Noviembre de 2019, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/proyecciones-poblacionales/>
- Instituto Ecuatoriano Espacial. (Abril de 2013). "Generación de Geoinformación para la Gestión del Territorio a Nivel Nacional, Escala 1:25.000". Quito, Pichincha, Ecuador.
- La Pradera. (2019). Hacienda la Pradera. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de <https://www.haciendalapradera.com.ec/>
- Martínez, V. (Julio de 2018). Estudio y Diseño de una Red ADSL2+ aplicado a la ciudad de Guayaquil. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado el 31 de Octubre de 2019, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/40778>
- MINTEL. (Octubre de 2018). Plan de Servicio Universal. Quito, Ecuador.
- Ramírez, M. (2011). Consideraciones Técnicas de Redes de planta externa de cobre. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado el 28 de Octubre de 2019, de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0293\\_EO.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0293_EO.pdf)
- Rodríguez, P. (2013). Curso de Adsl. Recuperado el 17 de Octubre de 2019, de <https://es.slideshare.net/tifon84/presentacion-curso-redes-de-acceso-xdsl-16980260>
- Tecnología Informática. (s.f.). Conceptos Radiocomunicaciones. Recuperado el 16 de Octubre de 2019, de <https://www.tecnologia-informatica.es/conceptos-radiocomunicaciones/>
- Tigo. (2018). Aplicaciones Utilizadas. Recuperado el 1 de Diciembre de 2019, de <https://ayuda.tigo.com.co/hc/es/articles/360009383094--Cómo-puedo-mejorar-la-velocidad-del-Internet-Tigo-Empresas>
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2001). ITU-T G.996.1 Procedimientos de prueba para Transceptores de líneas de abonado digitales. Ginebra, Suiza.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2010). ITU-T L.19 Red de cobre multipar que soporta servicios múltiples compartidos tales como telefonía tradicional, RDSI y xDSL. Ginebra, Suiza.

- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2008). ITU-T G.984.1 *Gigabit-capable passive optical networks (GPON): General characteristics*. Ginebra, Suiza.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). ITU-T G.652 *Characteristics of a single-mode optical fibre and cable*. Ginebra, Suiza.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). ITU-T G.657 *Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable*. Ginebra, Suiza.
- Unión Internacional de Telecomunicaciones (2009). ITU-T G.992.3 *Asymmetric digital subscriber line transceivers 2 (ADSL2)*. Ginebra, Suiza.
- Universo Formulas. (2019). Tamaño de la Muestra. Recuperado el 26 de Noviembre de 2019, de <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/tamano-muestra/>
- Vaneiro, J. (2016). Redes de Acceso. Recuperado el 10 de Octubre de 2019, de <https://docplayer.es/44792230-Redes-de-acces-autores-ing-juan-vanerio-ing-claudio-avallone.html>

## **ANEXOS**

# Anexo 1. Mediciones de Usuarios

## Armario 1

### Resistencia

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable: 7 - Copper 0.40 mm...

Tipo cable: 20.0 °C

Resistencia: 278.779 Ω/km

Configuración de umbral

### Aislamiento

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V

Tmpo. humec.: 5 s

Configuración de umbral

### Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:		Continuo		Instantánea		Instantánea CA				
Par	Resistencia	Resistencia	Longitud	Resistencia	Cont. humec. (s)	V CC	É/F	V CA	f (Hz)	É/F
T	≥100MΩ		-	≥1 GΩ	5	0.0	✓	0.0	-	✓
R										
T	≥100MΩ		-	≥1 GΩ	5	0.0	✓	0.0	-	✓
G										
R	≥100MΩ		-	176 MΩ	5	0.0	✓	0.0	-	✓
G										

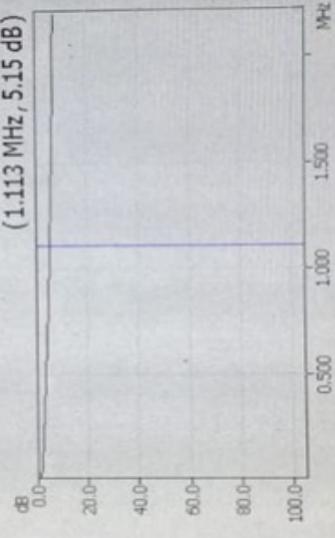
Est.pr.: Medición en curso

Est.pr.: Listo

Prueba de corriente: Atenuación BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Tolerancia de umbral: 2 dB  
 Frecuencia de umbral: Ninguno

Configuración de umbral  
 Configuración de cable  
 Seleccionar gráfico

Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida  
 Total 186.4 m

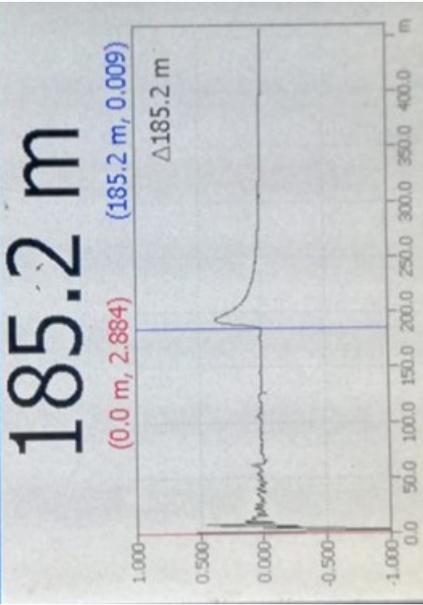


Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: TDR  
 Prueba de corriente: TDR automática  
 Intervalo: 450 m  
 Sanancia: 18 dB  
 Sanancia variable: Desactivado  
 Ancho de pulso: 22 ns  
 Desplazam. Seguimiento dual: 0.50  
 VOP: 0.640

Config. cable  
 Seleccionar gráfico

Resultado: Evento mayor



Est.pr.: Medición en curso

Prueba de corriente: Abre

Par seleccionado: Todos los pares  
 Parámetros de cable: 7 - Copper 0.40 mm...  
 Tipo cable: 50.0000 nF/km  
 Capacitancia T-R: 77.0000 nF/km  
 Capacitancia de T/R a GND:

Configuración de umbral

Resultado: Par Capacitancia Longitud dos los pares É/F

Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares	É/F
T	9.76 nF	195 m		Balance capacitivo
R	16.46 nF	214 m		
G	16.64 nF	216 m		

Est.pr.: Medición en curso

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	25.30 dB
Margen de US SNR	21.40 dB

Grupo actual corriente: Pruebas de ruido  
 Prueba de corriente: Ruido PSD BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Filtro de ruido: Ninguno  
 Terminación: Terminada  
 Resistencia de finalización: 100 Ω  
 Máscara: Ninguno

Configuración de umbral    Seleccionar gráfico    Pico activado

Resultado:

PSD máx.	f (MHz)	Ruido RMS	É/F
Corr. -96.96 dBm/Hz	0.919	-53.71 dBm	
Pico			

(1.117 MHz, -120.43 dBm/Hz)

Grupo actual corriente: Multímetro

Prueba de corriente: **Resistencia**

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable: 7 - Copper 0.40 mm...

Tipo cable: 20.0 °C

Temperatura de cable: 278.779 Ω/km

Resistencia: Configuración de umbral

Resultado:

Instantánea		Longitud	É/F
Par	Resistencia		
T	≥100MΩ	-	
R			
T	≥100MΩ	-	
G			
R	≥100MΩ	-	
G			

Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: Multímetro

Prueba de corriente: **Aislamiento**

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V

Tiempo, humec.: 5 s

Configuración de umbral

Resultado:

Instantánea		Cont. humec. (s)	É/F
Par	Resistencia		
T	480 MΩ	5	
R			
T	238 MΩ	5	
G			
R	791 MΩ	5	
G			

Est.pr.: Listo

Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:

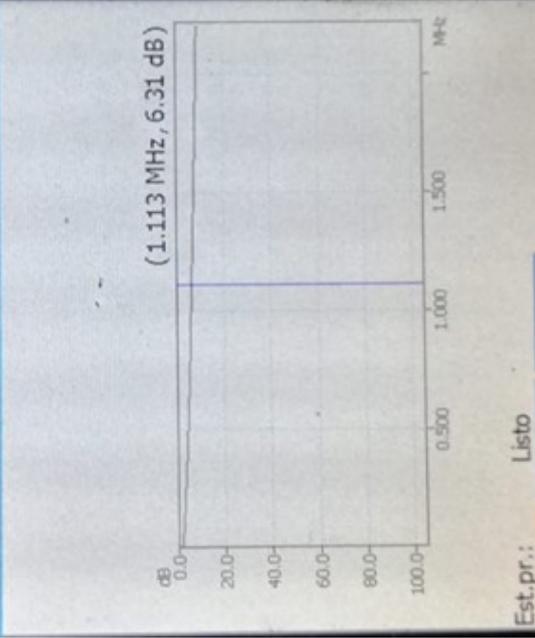
Instantánea CC		Instantánea CA	f (Hz)	É/F
Par	V CC	V CA		
T	0.0	0.0	-	
R				
T	0.0	0.0	-	
G				
R	0.0	0.0	-	
G				

Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: Pruebas de frecuencia  
 Prueba de corriente: Atenuación BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Tolerancia de umbral: 2 dB  
 Frecuencia de umbral: Ninguno

Configuración de umbral  
 Configuración de cable  
 Seleccionar gráfico

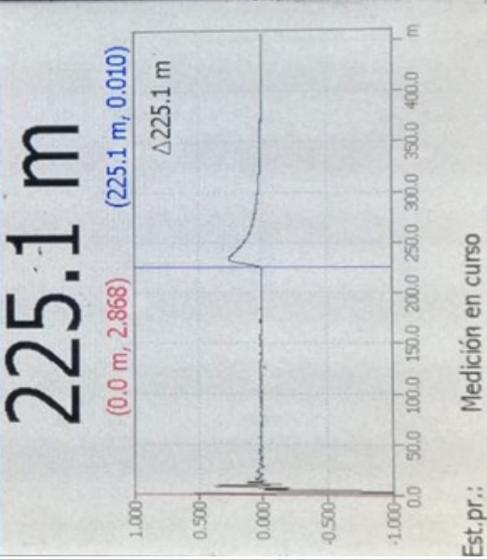
Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida  
 Total 226.4 m



Grupo actual corriente: TDR  
 Prueba de corriente: TDR automática  
 Intervalo: 450 m  
 Ganancia: 18 dB  
 Ganancia variable: Desactivado  
 Ancho de pulso: 22 ns  
 Desplazam. Seguimiento dual: 0.50  
 VOP: 0.640

Config. cable  
 Seleccionar gráfico

Resultado: Evento mayor



Grupo actual corriente: Multímetro  
 Prueba de corriente: Abre

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable:  
 Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm...  
 Capacitancia T-R: 50.0000 nF/km  
 Capacitancia de T/R a GND: 77.0000 nF/km

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares	É/F
T	12.03 nF	240 m		Balance capacitivo 99%
R	19.53 nF	253 m		
T	19.45 nF	252 m		

Est.pr.: Medición en curso

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	22.60 dB
Margen de US SNR	21.40 dB

Grupo actual corriente: Pruebas de ruido

Prueba de corriente: Ruido PSD BA

Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)

Filtro de ruido: Ninguno

Terminación: Terminada

Resistencia de finalización: 100  $\Omega$

Máscara: Ninguno

Configuración de umbral

Seleccionar gráfico

Pico activado

---

Resultado:

	PSD máx.	f (MHz)	Ruido RMS	É/F
Corr.	-106.03 dBm/Hz	0.837	-49.90 dBm	
Pico		(1.117 MHz, -115.91 dBm/Hz)		

Armario 2 Cliente B

### Resistencia

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable: 7 - Copper 0.40 mm...

Tipo cable: 20.0 °C

Temperatura de cable: 278.779 Ω/km

Resistencia: Configuración de umbral

Resultado:	
Par	Continuo
T	≥ 100 MΩ
R	≥ 100 MΩ
T	≥ 100 MΩ
G	≥ 100 MΩ
R	≥ 100 MΩ
G	≥ 100 MΩ

### Aislamiento

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V

Tmpo. humec.: 5 s

Configuración de umbral

Resultado:			
Par	Resistencia	Cont. humec. (s)	É/F
T	435 MΩ	5	✓
R	160 MΩ	5	✓
T	159 MΩ	5	✓
G			
R			
G			

Est.pr.: Listo

### Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:					
Par	Instantánea CC	Instantánea CA			
	V CC	É/F	V CA	f (Hz)	É/F
T	0.0	✓	0.0	-	✓
R	0.0	✓	0.0	-	✓
T	0.0	✓	0.0	-	✓
G					
R	0.0	✓	0.0	-	✓
G					

Est.pr.: Listo

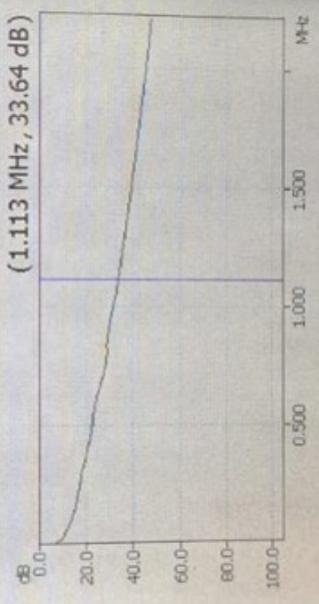
Prueba de corriente: Atenuación BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Tolerancia de umbral: 2 dB  
 Frecuencia de umbral: Ninguno

Configuración de umbral

Configuración de cable

Selección gráfico

Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida  
 Total 1299.6 m



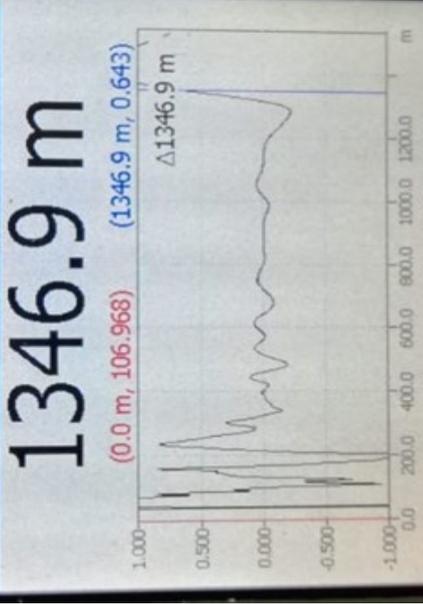
Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: TDR  
 Prueba de corriente: TDR automática  
 Intervalo: 1500 m  
 Ganancia: 42 dB  
 Ganancia variable: Desactivado  
 Ancho de pulso: 400 ns  
 Desplazam. Seguimiento dual: 0.50  
 VOP: 0.640

Config. cable

Selección gráfico

Resultado: Evento mayor



Abre

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable:

Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm.  
 Capacitancia T-R: 50.0000 nF/km  
 Capacitancia de T/R a GND: 77.0000 nF/km

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares	É/F
T	65.33 nF	1.31 km		
R	106.1 nF	1.38 km		
T	105.4 nF	1.37 km		Balance capacitivo <b>99%</b>
R	105.4 nF	1.37 km		

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Arreglo A ADSL2+
Margen de DS SNR	14.60 dB
Margen de US SNR	25.00 dB

Prueba de corriente: Ruido PSD BA

Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)

Filtro de ruido: Ninguno

Terminación: Terminada

Resistencia de finalización: 100  $\Omega$

Máscara: Ninguno

Configuración de umbral

Seleccionar gráfico

Pico activado

Resultado:

	PSD máx.	f (MHz)	Ruido RMS	É/F
Corr.	-96.83 dBm/Hz	1.225	-42.15 dBm	
Pico				

(1.117 MHz, -97.74 dBm/Hz)

Armario 3 Cliente A

### Resistencia

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable:

Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm.

Temperatura de cable: 20.0 °C

Resistencia: 278.779 Ω/km

Configuración de umbral

Resultado:

Instantánea		Longitud	É/F
Par	Resistencia		
T	≥100MΩ	-	
R			
T	≥100MΩ	-	
G			
R	≥100MΩ	-	
G			

Est.pr.: Listo

### Aislamiento

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V

Tmpo. humec.: 5 s

Configuración de umbral

Resultado:

Instantánea		Cont. humec. (s)	É/F
Par	Resistencia		
T	166 MΩ	5	
R			
T	≥1 GΩ	5	
G			
R	≥1 GΩ	5	
G			

Est.pr.: Listo

### Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:

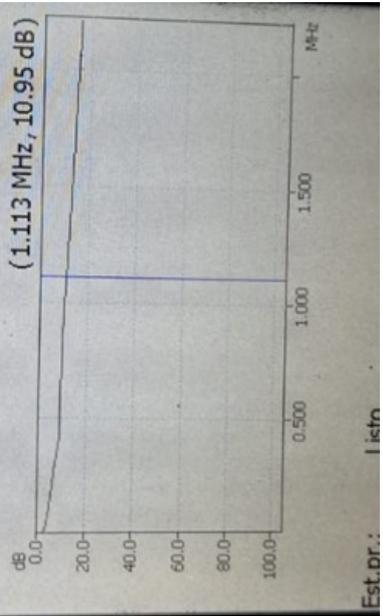
Instantánea CC		Instantánea CA	É/F
Par	V CC	V CA	f (Hz)
T	0.0	0.0	-
R			
T	0.0	0.0	-
G			
R	0.0	0.0	-
G			

Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: Pruebas de frecuencia  
 Prueba de corriente: Atenuación BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Tolerancia de umbral: 2 dB  
 Frecuencia de umbral: Ninguno

Configuración de umbral  
 Configuración de cable  
 Seleccionar gráfico

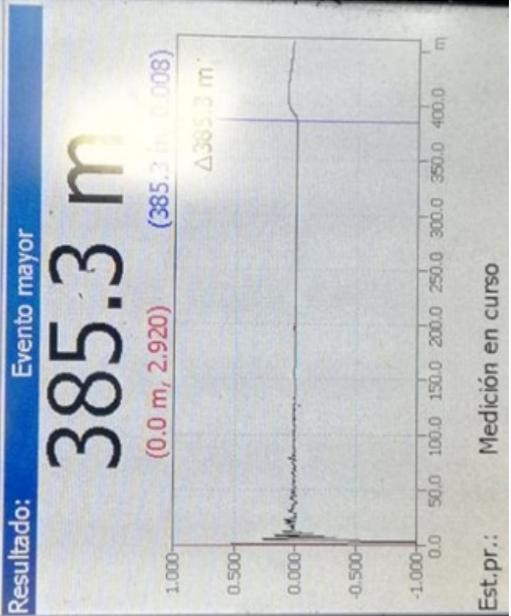
Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida  
 Total 388.9 m



Grupo actual corriente: TDR  
 Prueba de corriente: TDR automática  
 Intervalo: 450 m  
 Ganancia: 18 dB  
 Ganancia variable: Desactivado  
 Ancho de pulso: 22 ns  
 Desplazam. Seguimiento dual: 0.50  
 VOP: 0.640

Config. cable  
 Seleccionar gráfico

Resultado: Evento mayor  
**385.3 m**  
 (0.0 m, 2.920) (385.3 m, 0.008)



Abre

Par seleccionado: Todos los pares  
 Parámetros de cable:  
 Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm...  
 Capacitancia T-R: 50.0000 nF/km  
 Capacitancia de T/R a GND: 77.0000 nF/km

Configuración de umbral

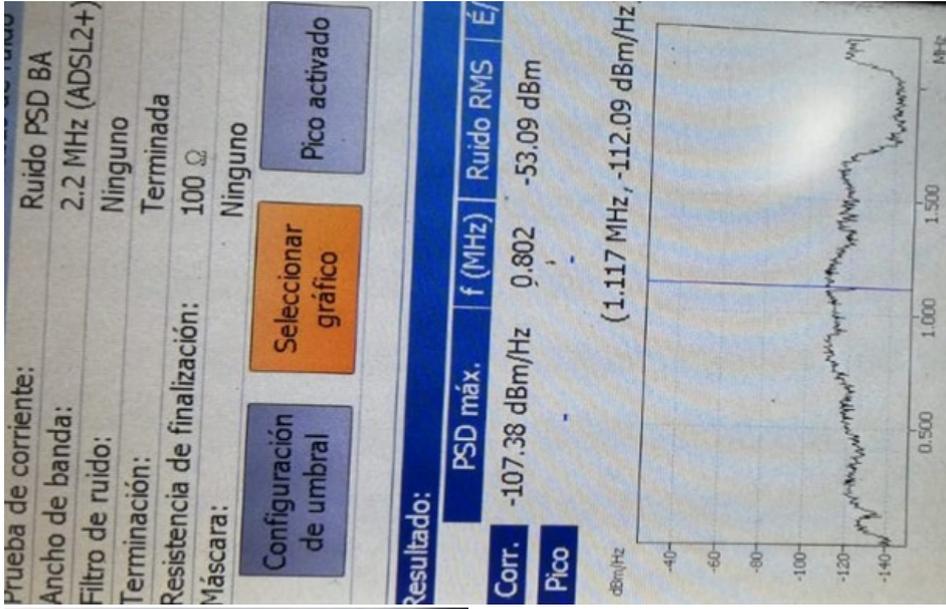
Resultado:

Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares	É/F
T	21.91 nF	438 m		
R				
T	35.21 nF	457 m		
G				
R	35.49 nF	461 m		
G				

Balance capacitivo  
**99%**

Est.pr.: Medición en curso

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	23.10 dB
Margen de US SNR	21.40 dB



Armario 4 Cliente A

### Resistencia

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable: 7 - Copper 0.40 mm., 20.0 °C

Tipo cable: 278.779 Ω/km

Resistencia: Configuración de umbral

Resultado:

Par	Resistencia	Longitud	É/F
T	$\geq 100M\Omega$	-	
R	$\geq 100M\Omega$	-	
T	$\geq 100M\Omega$	-	
G	$\geq 100M\Omega$	-	
R	$\geq 100M\Omega$	-	
G	$\geq 100M\Omega$	-	

Est.pr.: Listo

### Aislamiento

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V

Tmpo. humec.: 5 s

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Resistencia	Cont. humec. (s)	É/F
T	637 MΩ	5	
R	637 MΩ	5	
T	156 MΩ	5	
G	156 MΩ	5	
R	$\geq 1 G\Omega$	5	
G	$\geq 1 G\Omega$	5	

Est.pr.: Listo

### Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:

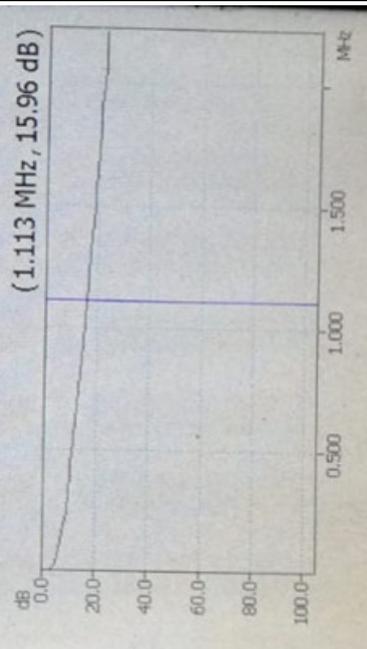
Par	V CC	É/F	V CA	f (Hz)	É/F
T	0.0		0.0	-	
R	0.0		0.0	-	
T	0.0		0.0	-	
G	0.0		0.0	-	
R	0.0		0.0	-	
G	0.0		0.0	-	

Est.pr.: Listo

Prueba de corriente: Atenuación BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Tolerancia de umbral: 2 dB  
 Frecuencia de umbral: Ninguno

Configuración de umbral  
 Configuración de cable  
 Seleccionar gráfico

Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida  
 Total 583.3 m



Grupo actual corriente: TDR  
 Prueba de corriente: TDR automática  
 Intervalo: 1000 m  
 Ganancia: 24 dB  
 Ganancia variable: Desactivado  
 Ancho de pulso: 100 ns  
 Desplazam. Seguimiento dual: 0.50  
 VOP: 0.640

Config. cable  
 Seleccionar gráfico

Resultado: Evento mayor



Abre

Par seleccionado: Todos los pares  
 Parámetros de cable:  
 Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm...  
 Capacitancia T-R: 50.0000 nF/km  
 Capacitancia de T/R a GND: 77.0000 nF/km

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Capacitancia	Longitud	dos los pares	É/F
T	31.30 nF	626 m		Balance capacitivo 99%
R				
T	31.28 nF	406 m		
R				
T	31.29 nF	406 m		
R				

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	20.29 dB
Margen de US SNR	13.20 dB

Prueba de corriente: Ruido PSD BA  
 Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)  
 Filtro de ruido: Ninguno  
 Terminación: Terminada  
 Resistencia de finalización: 100  $\Omega$   
 Máscara: Ninguno

Configuración de umbral      Seleccionar gráfico      Pico activado

**Resultado:**

PSD máx.	f (MHz)	Ruido RMS	É/F
Corr. -103.43 dBm/Hz	1.074	-47.52 dBm	
Pico	(1.117 MHz, -110.27 dBm/Hz)		

Armario 2 A

### Resistencia

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable:  
 Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm.  
 Temperatura de cable: 20.0 °C  
 Resistencia: 278.779 Ω/km

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Resistencia	Longitud	É/F
T	≥ 100MΩ	-	
R	≥ 100MΩ	-	
T	≥ 100MΩ	-	
G	≥ 100MΩ	-	
R	≥ 100MΩ	-	
G	≥ 100MΩ	-	

Est.pr.: Listo

### Aislamiento

Par seleccionado: Todos los pares

Tensión de humectación: 125 V  
 Tmpo. humec.: 5 s

Configuración de umbral

Resultado:

Par	Resistencia	Cont. humec. (s)	É/F
T	556 MΩ	5	
R	301 MΩ	5	
T	165 MΩ	5	
G	165 MΩ	5	
R	165 MΩ	5	
G	165 MΩ	5	

### Tensión

Par seleccionado: Todos los pares

Resistencia de finalización: 100 kΩ

Configuración de umbral

Resultado:

Par	V CC	É/F	V CA	f (Hz)	É/F
T	0.2		0.0	-	
R	0.2		0.0	-	
T	-0.2		0.1	-	
G	-0.2		0.1	-	
R	-0.3		0.1	-	
G	-0.3		0.1	-	

Est.pr.: Listo

Grupo actual corriente: Pruebas de frecuencia

Prueba de corriente: Atenuación BA

Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)

Tolerancia de umbral: 2 dB

Frecuencia de umbral: Ninguno

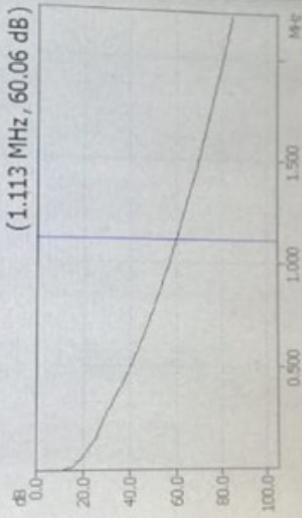
Configuración de umbral

Configuración de cable

Seleccionar gráfico

Sección Long. cable Aten. calculada Aten. medida

Total 2156.6 m



Grupo actual corriente: TDR

Prueba de corriente: TDR automática

Intervalo: 3000 m

Ganancia: 42 dB

Ganancia variable: Desactivado

Ancho de pulso: 1 µs

Desplazam. Seguimiento dual: 0.50

VOP: 0.640

Config. cable

Seleccionar gráfico

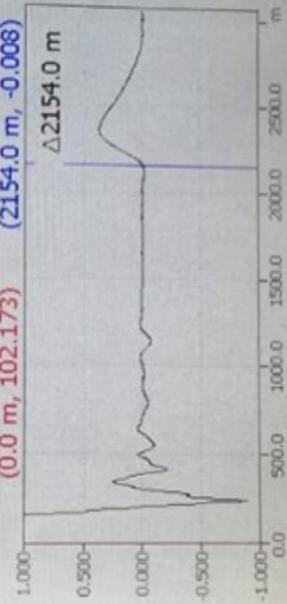
Resultado: Evento mayor

2154.0 m

(0.0 m, 102.173)

(2154.0 m, -0.008)

Δ2154.0 m



Est.pr.: Medición en curso

Abre

Par seleccionado: Todos los pares

Parámetros de cable:

Tipo cable: 7 - Copper 0.40 mm...

Capacitancia T-R: 50.0000 nF/km

Capacitancia de T/R a GND: 77.0000 nF/km

Configuración de umbral

Resultado:

Par Capacitancia Longitud dos los pares

É/F



T 106.3 nF 2.13 km

R 176.7 nF 2.29 km

T 176.3 nF 2.29 km

G

R 176.3 nF 2.29 km

G

Balace capacitivo

99%

Est.pr.: Listo

Estado de línea	Sincronizada
Modo de funcionamiento	Anexo A ADSL2+
Margen de DS SNR	13.80 dB
Margen de US SNR	13.80 dB

Prueba de corriente: Ruido PSD BA

Ancho de banda: 2.2 MHz (ADSL2+)

Filtro de ruido: Ninguno

Terminación: Terminada

Resistencia de finalización: 100  $\Omega$

Máscara: Ninguno

Configuración de umbral

Seleccionar gráfico

Pico activado

---

**Resultado:**

	PSD máx.	f (MHz)	Ruido RMS	É/F
Corr.	-103.62 dBm/Hz	0.983	-47.28 dBm	
Pico				

(1.117 MHz, -109.66 dBm/Hz)

Est.pr.: Medición en curso

