



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



TESIS

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA MEJORAR LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA EN LAS ESTACIONES BASES DE LA EMPRESA VIETTEL PERÚ SAC EN LA CIUDAD DE PUNO

PRESENTADA POR:

YONY ALCIDES MAMANI MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS**

PUNO, PERÚ

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

TESIS

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN PARA MEJORAR LA
RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA EN LAS ESTACIONES BASES
DE LA EMPRESA VIETTEL PERÚ SAC EN LA CIUDAD DE PUNO**

PRESENTADA POR:

YONY ALCIDES MAMANI MAMANI

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

**MAGISTER SCIENTIAE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA
CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE
SISTEMAS ELÉCTRICOS**



APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE


.....
Dr. MATEO ALEJANDRO SALINAS MENA

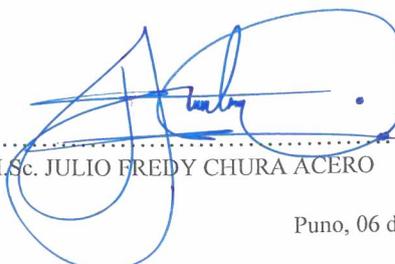
PRIMER MIEMBRO


.....
M.Sc. HENRY SHUTA LLOCLLA

SEGUNDO MIEMBRO


.....
M.Sc. OMAR CHAYÑA VELÁSQUEZ

ASESOR DE TESIS


.....
M.Sc. JULIO FREDY CHURA ACERO

Puno, 06 de mayo de 2022

ÁREA: Ciencias de la Ingeniería Mecánica Eléctrica

TEMA: Implementación del Sistema de Protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la Ciudad de Puno

LÍNEA: Sistemas Avanzados de Medida y Protección de Sistemas Eléctricos



DEDICATORIA

A Dios y mis padres Celso y Gabina por su ejemplo y apoyo incondicional

.



AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional del Altiplano por la oportunidad de ser parte de mi formación profesional, a la Escuela de posgrado al programa CARELEC del Ministerio de Energía y Minas, a mis jurados, por sus orientaciones para la elaboración de esta tesis. En especial a mi asesor de tesis apoyarme de manera incondicional con sus conocimientos y experiencias para culminar la presente investigación.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Sistema de puesta a tierra	3
1.1.1.1. Componentes Básicos de un Sistema de Puesta a Tierra	3
1.1.1.2. Funciones básicas de los sistemas de puesta a tierra	4
1.1.2. Protección Exterior	5
1.1.3. Sistemas de Captación	5
1.1.3.1. Método de la esfera rodante para protección contra rayos	5
1.1.3.2. Método de Ángulo de Protección	8
1.1.3.3. Método de Enmallado para Protección contra Rayos	9
1.1.4. Sistemas de conductores bajantes	11
1.1.4.1. Construcción de las bajantes	13
1.1.5. Sistemas de Puesta a Tierra	14
1.1.6. Resistividad aparente y estratificación del terreno.	14
1.1.6.1. Requisitos Mínimos	15
1.1.6.2. Funciones	15
1.1.7. Protección Interior	16
1.1.8. Dispositivo contra Sobretensiones (DPS)	17
	iii



1.1.9. Sistemas Equipotenciales	17
1.1.10. Aislamiento eléctrico de los sistemas de protección	18
1.2. Antecedentes	19

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	24
2.2. Enunciados del problema	27
2.2.1. Problema General	27
2.2.2. Problema Específico	28
2.3. Justificación	28
2.4. Objetivos	29
2.4.1. Objetivo general	29
2.4.2. Objetivo específico	29
2.5. Hipótesis	29
2.5.1. Hipótesis General	29
2.5.2. Hipótesis Específicas.	29

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio	31
3.2. Población.	31
3.3. Muestra	31
3.4. Método de investigación.	32
3.4.1. Tipo de investigación	32
3.4.2. Materiales y equipos	32
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.	32



CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados del tratamiento y análisis	34
4.1.1.	Resultados para lograr explicar el objetivo específico 1	35
4.1.2.	Resultados para lograr el objetivo específico 2	36
4.1.3.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 3	37
4.1.4.	Resultado para lograr explicar el objetivo específico 4	38
4.1.5.	Resultado que explica el objetivo general	40
4.2.	Prueba de hipótesis	41
4.2.1.	Hipótesis general	41
4.2.2.	Hipótesis específica	46
4.3.	Discusión de resultados	50
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES	53
	BIBLIOGRAFÍA	54
	ANEXOS	61

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Radio de la esfera rodante	6
2. Nivel de protección contra Rayos	9
3. Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo a	10
4. Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo b	10
5. Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo c	11
6. Cuadro de Ubicación de bajantes	12
7. Distancia de separación promedio para las bajantes de acuerdo con el nivel de protección	12
8. Nivel de protección contra rayos	18
9. Dependencia del aislamiento	19
10. Información de coordenadas UTM – Estaciones Bases Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.	26
11. Resumen de reporte de interrupciones del año 2015 al 2020	27
12. Valores de resistencia de PAT antes de realizar la mejora	35
13. Resumen de valores de resistividad aparente del terreno	36
14. Resultados de resistividad equivalente por capa	37
15. Calculo de la Resistencia PAT	38
16. Valores de resistencia de PAT después de la mejora	39
17. Valores de resistencia de PAT antes y después de la mejora	40
18. Resumen del procesamiento de casos SPPS- V22	42
19. Valores descriptivos de casos SPPS- V22	43
20. Prueba de normalidad de datos Shapiro-Wilk SPPS- V22	44
21. Estadístico de muestras emparejadas SPPS- V22	44
22. Correlación de muestras emparejadas SPPS- V22	45
23. Prueba de muestras emparejadas SPPS- V22	45
24. Valores de resistividad aparente del terreno	47
25. Tipos de terreno aparente	48
26. Valores de resistividad equivalente, extraídos de la estratificación del terreno	49



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
1. Componentes de un sistema de aterramiento	4
2. Importancia del sistema de aterramiento eléctrico	4
3. Aplicación del Método de la Esfera	6
4. Zona Protegida	6
5. Descripción de los elementos de protección	7
6. Radio esfera rodante	7
7. Área sombreada de protección	8
8. Angulo de protección	8
9. Radio de protección aérea	9
10. Esquema para colocar las bajantes	13
11. Detalle de bajante	13
12. Curva de conductores	13
13. Medición de Resistividad por el método de Wenner	14
14. Electrodo de tierra independientes	15
15. Electrodo de tierra independientes	16
16. Múltiples Electrodo de puesta a tierra	16
17. Dispositivo contra sobretensiones	17
18. Resistencia de puesta a tierra antes y después de la mejora	41
19. Cantidad de terrenos aparentes por su naturaleza	48
20. Valores resistividad equivalente del terreno	50



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Registro fotográfico de estructuras y mediciones de PAT	62
2. Resultados de estratificación de terreno	72
3. Protocolos de Medición de PAT	82
4. Protocolos de Medición de Resistividad Aparente	84



RESUMEN

Se investigó mediante un diseño experimental, se tiene como objetivo la implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. La muestra estuvo constituida por 30 Estaciones Bases. Se emplearon como instrumentos: protocolos de medición, hojas de cálculo Excel, un Telurómetro digital - Megabras MTD-20 kWe. Los resultados indican que la implementación del sistema de protección mejora la resistencia de puesta a tierra, lográndose una reducción en promedio de 41.51 Ohm a 4.63 Ohm después de la mejora. Mediante el método Wenner se obtuvo los valores de la resistividad aparente del terreno adyacente a las estaciones bases de acuerdo a la Norma IEEE Std.80-2000. Se determinó la resistividad equivalente por el método de curvas características que son necesarios para el modelamiento del sistema de puesta a tierra. Se midió y calculó la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases después de la mejora demostrándose que no existe una diferencia significativa por medio de la prueba t de student para muestras independientes.

Palabras clave: Antenas, estaciones bases, resistencia de Puesta a tierra, sistema de protección, telecomunicaciones.



ABSTRACT

It was investigated through an experimental design; the objective is the implementation of the protection system to improve the grounding resistance in the Base Stations of the Viettel Peru SAC Company in the city of Puno. The sample consisted of 30 Base Stations. The following instruments were used: measurement protocols, Excel spreadsheets, a digital Earth Meter - Megabras MTD-20 kWe. The results indicate that the implementation of the protection system improves the grounding resistance, achieving an average reduction of 41.51 Ohm to 4.63 Ohm after the improvement. Through the Wenner method, the values of the apparent resistivity of the ground adjacent to the base stations were obtained according to the Standard IEEE Std.80-2000. The equivalent resistivity was determined by the method of characteristic curves that are necessary for the modeling of the grounding system. The grounding resistance in the base stations was measured and calculated after the improvement, showing that there is no significant difference by means of the student's t-test for independent samples.

Keywords: Antennas, base stations, grounding resistance, protection system, telecommunications.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación sobre la Implementación del Sistema de Protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la Ciudad de Puno. Efectuada desde enero de 2020 hasta mayo de 2021, se justifica la implementación del sistema de protección, debido a que en estado normal se producía una buena cantidad de fallas en las Estaciones Bases, debido a descargas atmosféricas en su mayoría según el reporte de fallas proporcionado por Osiptel. Por tanto, tener un valor de resistencia de sistema menor a 25 Ohm contribuiría a reducir las fallas por impacto de rayo.

La Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno consta de un total de 81 Estaciones Bases, las cuales fueron revisadas por personal de Viettel Perú SAC encontrándose buena cantidad de deficiencias en los aterramientos eléctricos, como corrosión en varillas y cables de contrapesos, en algunos sitios se encontró robo de conductores de cobre. Se asigna al personal de la Empresa del área de emergencias para efectuar el mantenimiento correctivo de las Estaciones Bases que lo necesiten mediante una inspección y medición de valores de resistencia de puesta a tierra que se encuentren con valores altos por encima de los 25 Ohm, encontrándose las siguientes estaciones bases con mediciones muy elevadas como son: PUN96, PUN100, PUN107, PUN108, PUN110, PUN111, PUN121, PUN122, PUN123, PUN124, PUN125, PUN126, PUN131, PUN132, PUN134, PUN135, PUN141, PUN145, PUN146, PUN147, PUN149, PUN155, PUN157, PUN158, PUN159, PUN160, PUN169, PUN170, PUN173 y PUN174.

Se realizó el mejoramiento de las resistencias de puesta a tierra de las estaciones bases, para lo cual se emplearon, varilla de cobre, conductor de cobre desnudo, de sección 50 mm², y contrapesos de conductor de cobre cubiertos con cemento conductor, bentonita, tierra negra de cultivo, según el caso lo requiera. Para el diseño del sistema de puesta a tierra, se efectuaron cálculo para determinar la longitud del conductor para cada estación base, el metrado de los materiales por estación base, todo esto dependerá de la resistividad del terreno, que se midió en la inspección realizada a las estaciones bases.

Siendo el objetivo general de la investigación: Implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta de tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Y los objetivos específicos son: Primero, medir y evaluar



la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno antes de la Implementación del sistema de protección. Segundo, determinar los valores de la resistividad aparente del terreno por el método de Wenner para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Tercero, determinar la resistividad equivalente, mediante la estratificación de terreno, para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Cuarto, medir y calcular la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno después de la Implementación del sistema de protección. La hipótesis general es: La Implementación del sistema de protección lograra mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Y las hipótesis específicas son: Primero, los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso. Segundo, los valores de la resistividad equivalente del terreno calculados por la estratificación del terreno para la implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran menores a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Sistema de puesta a tierra

Poma (2020) Dice:

“Un sistema de puesta a tierra (SPAT) es aquella instalación eléctrica que tiene como misión fundamental derivar corrientes de falla hacia tierra y así establecer un contacto con la misma; en tal sentido las corrientes involucradas en una descarga atmosférica pueden ser de naturaleza estacionaria o casi estacionaria, de alta frecuencia o electromagnética en forma de impulsos, dichas corrientes que pueden ser originadas durante el funcionamiento de un sistema técnico el cual puede ser hecho por el hombre o causado por un fenómeno natural”. Por otra parte, se demuestra que un sistema de puesta a tierra más elemental satisface los requisitos para considerársele sistema; por lo tanto, se establece que es una instalación de puesta a tierra. (Agulleiro, 2005).

1.1.1.1. Componentes Básicos de un Sistema de Puesta a Tierra

Como diferentes componentes básicos de un sistema de puesta a tierra comprenden partes básicas, entre ellas se pueden apreciar dos grandes bloques denotados de la siguiente manera: el sistema de aterramiento, el cual se da bajo el nivel del suelo (enterrado) y por otro lado los que se dan sobre el suelo como son los cableados o red equipotencial (Serrano & Villagrán, 2008).

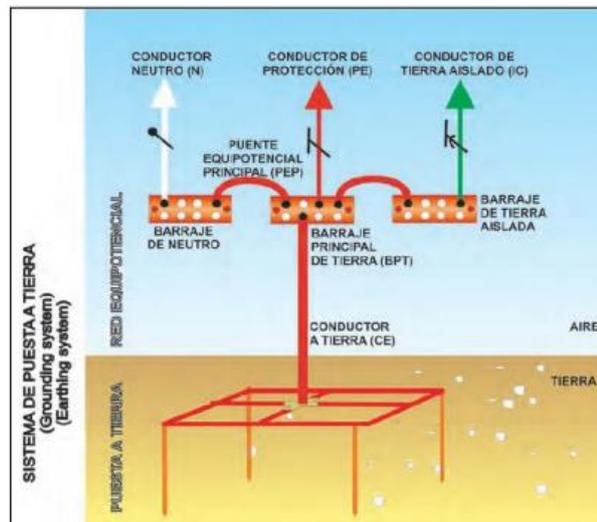


Figura 1. Componentes de un sistema de aterramiento

Fuente: (Casas, 2005)

1.1.1.2. Funciones básicas de los sistemas de puesta a tierra

La principal función de un sistema de PAT, en una determinada instalación eléctrica, es desviar intensidades de corriente de falla producidas por cualquier tipo de naturaleza, las cuales pueden ser por ejemplo de baja frecuencia industrial, de alta frecuencia producida por descargas atmosféricas o pueden darse en muchos casos de carácter pulsional. (Pérez, 2006).

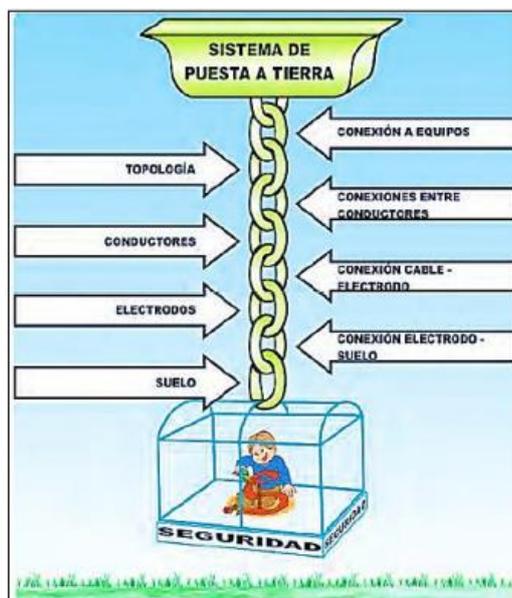


Figura 2. Importancia del sistema de aterramiento eléctrico

Fuente: (Casas, 2005)

1.1.2. Protección Exterior

Tiene como fin proteger de manera directa e indirecta de las descargas atmosféricas que se dirigen hacia la estructura y alrededores, para que puedan hacer descargar dicha corriente en falla en tierra (Vásquez, 2018).

Sobre qué tipo utilizar, dependerá de los riesgos de efectos térmicos o explosivos en el punto de impacto del rayo y del tipo de elementos almacenados en la estructura (Vásquez, 2018). Algunos ejemplos típicos para usar una protección aislada son estructuras con paredes combustibles y en áreas con peligro de explosión. (Beltrán & Salguero, 2002).

1.1.2.1. Componentes:

Sus componentes son: sistemas de captación, sistemas de conductores bajantes y sistemas de puesta a tierra (Beltrán & Salguero, 2002).

1.1.3. Sistemas de Captación

La interceptación de rayos se hace con un elemento conductor o grupo de elementos conductores en contacto eléctrico con las bajantes, cuya función es la de interceptar los rayos que pueden impactar en cercanías o directamente sobre la instalación a proteger (Roig, 2021). Un sistema de captación puede estar compuesto por (Roig, 2021):

- Varillas tipo Franklin (incluyendo los mástiles)
- Cables colgantes
- Mallas de conductores

Se determina la posición de acuerdo a los siguientes métodos:

1.1.3.1. Método de la esfera rodante para protección contra rayos

Método que se emplea para estructuras con alturas menores a 60 m, posee un sistema de terminación aérea. El radio de la esfera se diseña de acuerdo al nivel de protección (Noe, 2009):

Tabla 1.

Radio de la esfera rodante

Circuito de Interceptación			Nivel de Protección contra Rayos (NPR)			
Parámetro	Símbolo	Unidad	I	II	III	IV
Corriente pico mínima	I	kA	3	5	10	16
Radio de la esfera rodante	R	M	20	30	45	60

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Según los niveles de corriente seleccionados le corresponde un radio de protección de la esfera, para que cualquier corriente igual o mayor que impacte la estructura logre protegerla como ve en la figura 3.

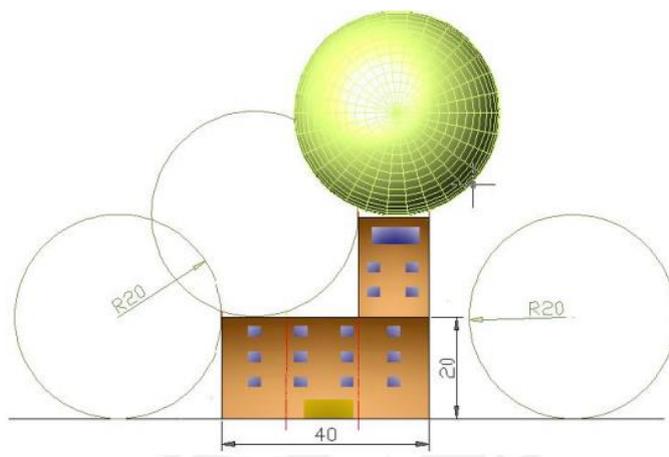


Figura 3. Aplicación del Método de la Esfera

Fuente: (IEC 62305, 2006)

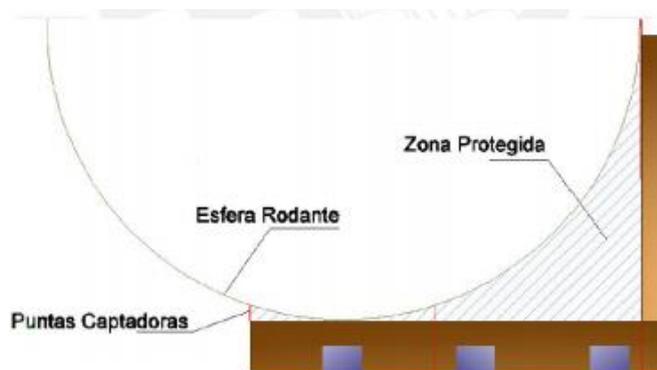


Figura 4. Zona Protegida

Fuente: (IEC 62305, 2006)

En estructuras más altas que el radio de la esfera rodante pueden existir rayos que impacten los costados de éstas. Cada punto lateral de la estructura tocado por la esfera rodante es un punto factible a ser impactado (Arcioni, 2015). Sin embargo, la posibilidad que el rayo impacte los costados es prácticamente despreciable para estructuras menores a 60 m. (Arcioni, 2015).

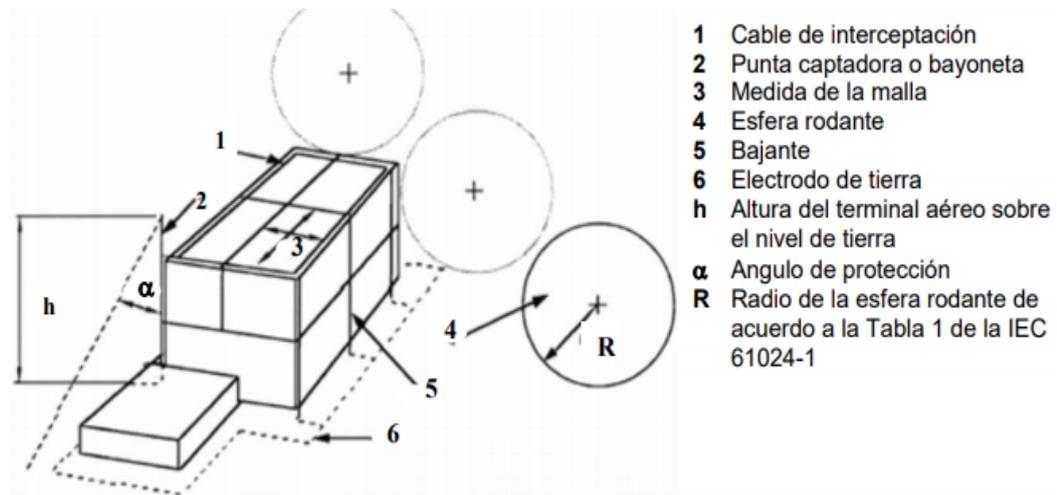


Figura 5. Descripción de los elementos de protección

Fuente: (IEC 61024-1, 1990)

En las figuras 5, 6 y 7, podremos observar la aplicación directa del método enunciado, donde la parte a proteger de los posibles impactos directos de rayo son recorridos por una esfera de radio calculado según la tabla 1. (Noe, 2009).

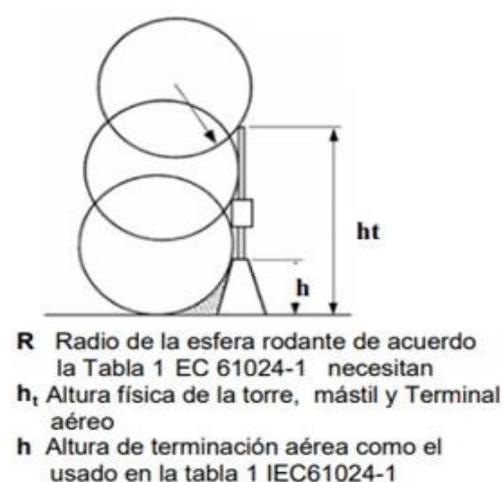
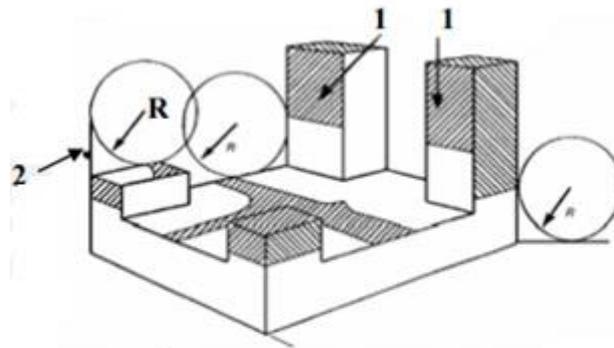


Figura 6. Radio esfera rodante

Fuente: (IEC 61024-1, 1990)



- 1 Área sombreada, son zonas de la a interceptación de rayos y protección de acuerdo a la tabla 1 de la IEC 61024-1
- 2 Mástil o punta captadora en la estructura

Figura 7. Área sombreada de protección

Fuente: (IEC 61024-1, 1990)

1.1.3.2. Método de Ángulo de Protección

Aplicable a edificaciones simples con limitantes de altura y tamaño del terminal aereo, en donde para una altura existe un angulo de proteccion que se calcula según la figura8 (Noe, 2009).

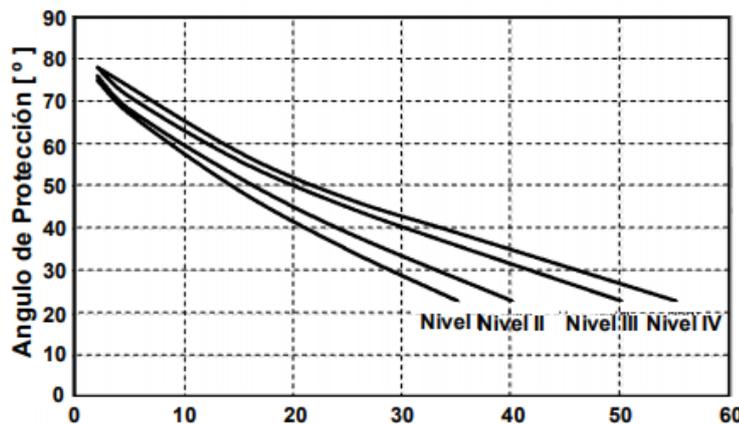
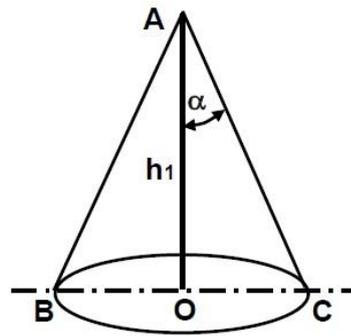


Figura 8. Ángulo de protección

Fuente: (IEC 62305, 2006)

“Se considera que la ubicación del sistema de captación es adecuada, si la estructura completa a ser protegida está dentro del volumen de protección. La altura se escoge a partir de la altura relativa que tiene el elemento con la superficie a proteger. Un solo punto genera un cono, el espacio protegido es generado por los diversos conductores de terminación aérea (Rivero, 2015).



- A Tipo de una terminación aérea
- B Plano de referencia
- OC Radio de Protección aérea
- h_1 Altura de la terminación aérea, sobre la referencia del plano
- α Ángulo de protección, cumpliendo con el valor de protección de la tabla 1 de la IEC 61024-1

Figura 9. Radio de protección aérea

Fuente: (IEC 61024-1, 1990)

1.1.3.3. Método de Enmallado para Protección contra Rayos

Es un método empleable en superficies planas, como techos y terrazas, donde los conductores externos se colocan en los bordes de la estructura cuya finalidad es que la corriente de falla tenga varios puntos de liberación; las medidas de las mallas para los diferentes niveles de protección se muestra en la tabla 2 (Noe, 2009).

Tabla 2

Nivel de protección contra Rayos

Nivel de Protección contra Rayos	Malla (m)
I	5x5
II	10x10
III	15x15
IV	20x20

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Para el caso de estructuras metálicas grandes que cumplan con las siguientes tablas:

Tabla 3.

Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo a

Clase de Nivel de Protección	Material	Grosor [a] (mm)	Grosor [b] (mm)
I, II, III, IV	Plomo	-	2
	Acero (Inoxidable galvanizado)	4	0.5
	Titanio	4	0.5
	Cobre	5	0.5
	Aluminio	7	0.65
	Zinc	-	0.7

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Donde:

[a]: Previene perforaciones, puntos calientes o ignición

[b]: Solo para láminas metálicas si no es importante prevenir perforaciones, puntos calientes o ignición.

Tabla 4.

Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo b

Material	Configuración	Mínima área (mm ²) [8]	Comentarios
Cobre	Cinta solida	50	2 mm mínimo de grosor
	Alambre [7]	50	8 mm de grosor
	Trenzado	50	1.7 mm mínimo de diámetro por hilo
	Alambre [3] y [4]	200	16 mm de diámetro
Cobre recubierto de plata [1]	Cinta solida	50	2 mm mínimo de grosor
	Alambre	50	8 mm de grosor
	Trenzado	50	1.7 mm mínimo de diámetro por hilo

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Tabla 5.

Mínimo espesor para estructuras en sistemas de captación aérea tipo c

Material	Configuración	Mínima área (mm ²) [8]	Comentarios
Aluminio	Cinta solida	70	3 mm mínimo de grosor
	Alambre	50	8 mm de grosor 1.7 mm mínimo de diámetro por hilo
	Trenzado	50	
Alambre de aluminio	Cinta solida	50	2.5 mm mínimo de grosor
	Alambre	50	8 mm de grosor 1.7 mm mínimo de diámetro por hilo
	Trenzado	50	
	Alambre [3]	200	16 mm de diámetro
Acero galvanizado en caliente [2]	Cinta solida	50	2.5 mm mínimo de grosor
	Alambre	50	8 mm de grosor 1.7 mm mínimo de diámetro por hilo
	Trenzado	50	
	Alambre [3]	200	16 mm de diámetro
Acero inoxidable [5]	Cinta solida	50	2.5 mm mínimo de grosor
	Alambre	50	8 mm de grosor 1.7 mm mínimo de diámetro por hilo
	Trenzado	70	
	Alambre [3]	200	16 mm de diámetro

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Las estructuras metálicas trabajan como terminales de captación, que cumplen con la norma IEC 61024-1 e IEC 62305-3, que manifiesta que cualquier elemento metálico expuesto al medio ambiente debe ser equipotencializado. (García & Cadena, 2013).

1.1.4. Sistemas de conductores bajantes

(Villa *et al.*, 2009) Dice:

“Las bajantes son un grupo de conductores sin fusibles ni interrupciones, en contacto eléctrico con los elementos de interceptación de rayos y en lo posible, que lleguen directamente y sin curvas a la puesta a tierra; su función es encaminar las corrientes de rayo y disminuir los efectos a nivel interno del campo magnético que pueden incidir sobre la instalación a proteger, en forma segura a tierra”.

En la siguiente tabla se muestran las características de las bajantes según su ubicación: (Diaz *et al.*, 2008).

Tabla 6.

Cuadro de Ubicación de bajantes

Ubicación en sistemas:	Características	N° de bajantes
Aislados	Sistema de captación tipo varillas Instaladas en postes o mástiles no metálicos o de madera	Al menos una por cada estructura
	Instaladas en postes o mástiles metálicos que contenga acero	No es necesario bajantes
	Sistema de captación tipo Cables colgantes	Es necesario al menos una bajante en cada soporte de los cables
No aislados	Sistema de captación tipo Red de conductores	Es necesario al menos una bajante en cada soporte del terminal
	Sistema de Protección externo	En sistemas mínimo 2 y distribuido en el perímetro de la estructura con limitaciones arquitectónicas y prácticas.

Fuente: (IEC 62305, 2006)

La distancia de separación entre bajantes se determina según la tabla siguiente:

Tabla 7.

Distancia de separación promedio para las bajantes de acuerdo con el nivel de protección

Nivel de Protección contra Rayos	Distancia típica promedio (m)
I	10
II	10
III	15
IV	20

Fuente: (IEC 62305, 2006)

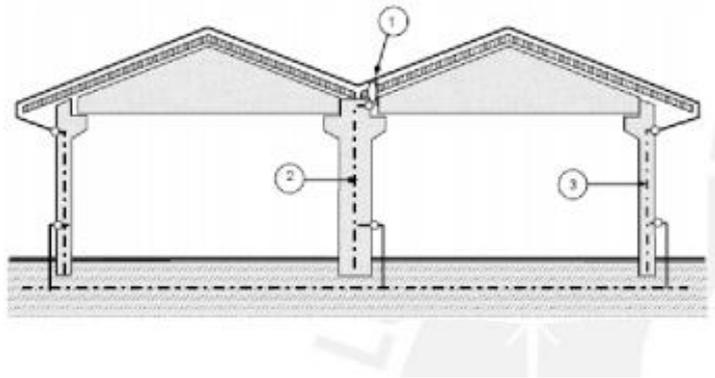


Figura 10. Esquema para colocar las bajantes

Fuente: (IEC 62305, 2006)

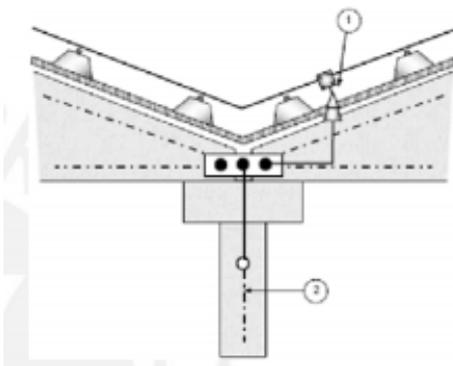


Figura 11. Detalle de bajante

Fuente: (IEC 62305, 2006)

1.1.4.1. Construcción de las bajantes

La longitud de las bajantes debe de ser lo menor posible, evitando la formación de lazos o curvaturas en su trayectoria, si esto no es posible, tener en cuenta las recomendaciones de la NFPA – 780 en las siguientes figuras (Díaz et al., 2008):

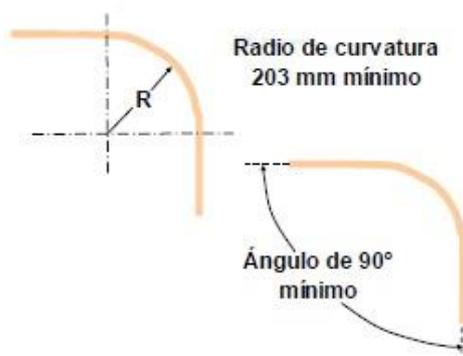


Figura 12. Curva de conductores

Fuente: (NFPA – 780, 2020)

1.1.5. Sistemas de Puesta a Tierra

El propósito de aterrizar los sistemas eléctricos es limitar cualquier corriente elevada que pueda resultar de descargas atmosféricas, fenómenos de inducción o de contactos no intencionales con cables de alto voltajes (Duche & Miñán, 2013). Este propósito se logra uniendo físicamente un conductor eléctrico apropiado a la tierra, suelo o terreno, de manera que se cree un camino seguro por donde se descarguen estas corrientes de falla del sistema, precautelando la integridad de las personas y equipos eléctricos. (Castaño & Plata, 2010).

Una puesta a tierra además de resistencia, presenta una capacitancia e inductancia debido a su configuración; cada uno de estos parámetros R, L, C, influyen en la capacidad de conducción de corriente en el suelo (Noe, 2009). Dicha situación se valora en el diseño de la puesta a tierra ya que cuando se inyecta una corriente tipo rayo, ésta sufre la oposición de la impedancia característica de la puesta a tierra (Noe, 2009). Todo terreno tiene características inherentes a él, por ejemplo, las capas que la conforman, el PH, humedad, etc., las cuales hacen que cada lugar sea distinto a otro (Noe, 2009). Algunas de las características que nos interesan para poder diseñar una puesta a tierra son las siguientes: (Manani, 2013).

Resistividad, humedad, PH, las características físicas y topología general del suelo (Manani, 2013).

1.1.6. Resistividad aparente y estratificación del terreno.

Existen varios métodos para medir la resistividad del terreno en análisis, de las cuales se describe el más usado que es el método de Wenner (Noe, 2009).

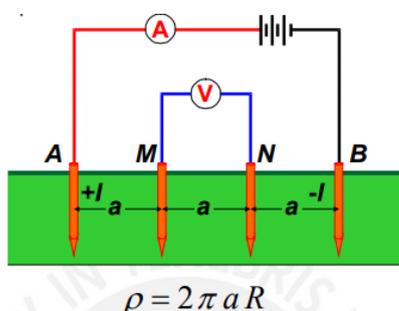


Figura 13. Medición de Resistividad por el método de Wenner

Fuente: (IEEE Std 80-2000, 2000)

1.1.6.1. Requisitos Mínimos

Cumplir los requerimientos de las normas y especificaciones, un adecuado valor de la resistencia para cada tipo de instalación (de acuerdo a normas), mínima variación de resistencia a cambios climáticos, resistente a la corrosión, costos razonables, sin comprometer la seguridad, permitir su mantenimiento periódico. (IEEE Std 80-2000, 2000)

1.1.6.2. Funciones

Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos, permitir a los equipos de protección despejar rápidamente las fallas, servir de referencia al sistema eléctrico, conducir y disipar las corrientes de falla, eliminar ruidos eléctricos, en algunos casos, servir como conductor de retorno, transmitir señales de RF en onda media (Cruz, 2019).

De acuerdo con IEC 61000-5-2/1997, todas las puestas a tierra deben estar interconectadas a través de bajas impedancias (Cruz, 2019). En las siguientes figuras se aprecia la disposición normativa (Cruz, 2019).

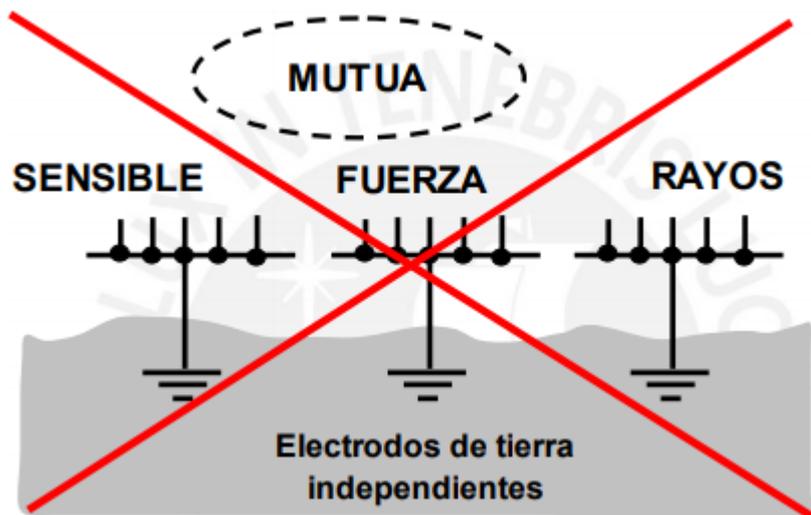


Figura 14. Electrodo de tierra independientes

Fuente: (NFPA – 780, 2020)

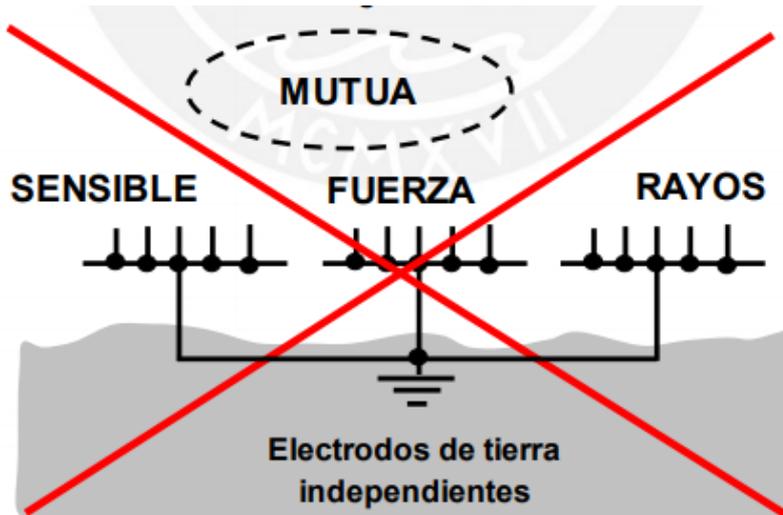


Figura 15. Electrodos de tierra independientes

Fuente: (NFPA – 780, 2020)

En la figura 14 y 15 se muestran los esquemas no aceptados por las normas y en la figura 14 se expone la disposición recomendada (Márquez, 1999).

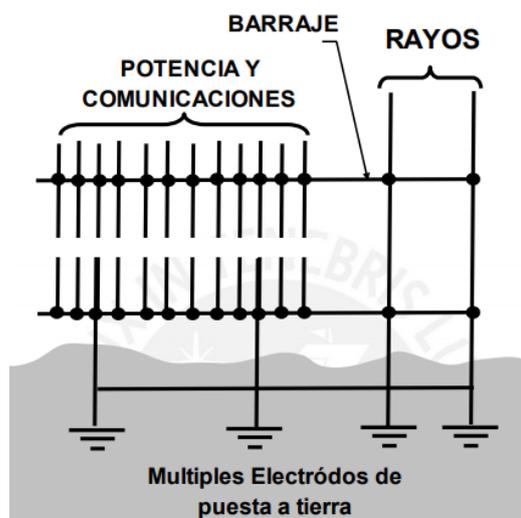


Figura 16. Múltiples Electrodos de puesta a tierra

Fuente: (NFPA – 780, 2020)

1.1.7. Protección Interior

La protección interior es un tema que muy poco se trata en nuestro país, debido a que la mayoría de diseñadores y especialistas asumen que con una protección exterior es suficiente (Un buen pararrayos), sin embargo, cuando los componentes más sensibles fallan o se “queman” recién pensamos en colocar algún “filtro” y si con ello no se arregla el problema entonces definitivamente la culpa es de la puesta a tierra (Noe, 2009). Para

que las instalaciones tengan una efectiva protección integral debemos considerar cada parte involucrada (Protección interior, exterior, bajantes, puesta a tierra, etc.), de lo contrario el sistema no cumplirá con su labor de protección (Noe, 2009).

El sistema de Protección interior evita que ocurran descargas eléctricas peligrosas que podrían presentarse en el interior de la estructura a causa de la circulación de corrientes de rayo en el sistema de protección interno o en otras partes conductoras de la estructura. (Rodríguez, 2015).

Para evitar estas descargas peligrosas hacemos uso de los sistemas equipotenciales y aislamiento eléctrico entre las partes (Rodríguez, 2015). Algunos de los medios de utilización para dicho fin son (Rodríguez, 2015):

1.1.8. Dispositivo contra Sobretensiones (DPS)

Tiene por finalidad limitar las sobretensiones, absorbiendo los transitorios que se presentan en el sistema eléctrico, limitando su ingreso a los equipos y la red interior, en la figura 17 se muestra el esquema (Noe, 2009).

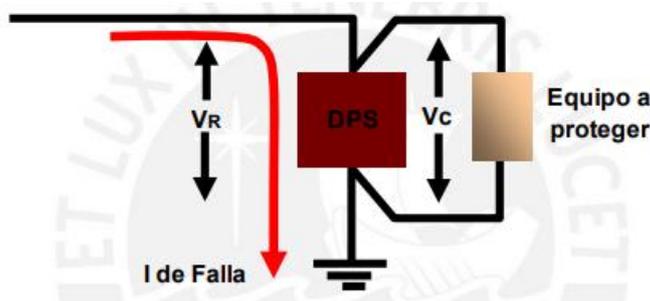


Figura 17. Dispositivo contra sobretensiones

Fuente: (NFPA – 780, 2020)

Se utilizan cuando la unión con conductores equipotenciales no es conveniente, estos se deben colocar de tal manera que puedan ser inspeccionados (Medina, 2012).

1.1.9. Sistemas Equipotenciales

Las ferreterías, canalizaciones metálicas, bandejas porta cables, encerramientos, marcos, herrajes y otras componentes metálicas no portadoras de corriente, deben ser conectados equipotencialmente para asegurar la descarga de cualquier corriente de falla (Noe, 2009). Se deben quitar de las roscas, puntos y superficies de contacto todas las pinturas,

barnices o recubrimientos similares no conductores o bien conectarlos por medio de accesorios diseñados de tal manera que hagan innecesario dicho proceso (Castillo, 2008).

Los puentes de conexión equipotencial deben ser de cobre u otro material resistente a la corrosión. (Chóez & Barrezueta, 2012).

1.1.10. Aislamiento eléctrico de los sistemas de protección

NOE (2009) Dice:

“El aislamiento eléctrico respecto a partes metálicas internas, sistemas eléctricos, líneas de telecomunicaciones protegidas, puede ser logrado mediante la separación “S” de las partes”:

$$S > k_i \frac{k_c}{k_m} l \quad (m)$$

Ki: Nivel de protección del sistema contra rayos

Kc: Depende del flujo de corriente por los conductores bajantes

Km: Depende del aislamiento entre las partes

l: Longitud en metros a lo largo del Terminal captador, o del conductor bajante, medido desde el punto de distancia de separación bajo consideración y la unión equipotencial más cercana (Noe, 2009).

En el caso de líneas o partes conductoras externas conectadas a la estructura, es siempre necesario asegurar la unión equipotencial (por conexión directa o por medio de DPS) en el punto más cercano del ingreso a la estructura. En estructuras metálicas conectadas a estructuras de concreto reforzados con continuidad eléctrica interrumpida, las distancias de separación no son necesarias (Quiñonez, 2014).

Tabla 8.

Nivel de protección contra rayos

Clase de SIPRA	Ki
I	0.08
II	0.06
III	0.04
IV	0.04

Fuente: (IEC 62305, 2006)

Tabla 9.

Dependencia del aislamiento

Material	Km
Aire	1
Concreto	0.5

Fuente: (IEC 62305, 2006)

1.2. Antecedentes

Noe (2009), en su investigación: “Propuesta de Diseño del Sistema de Protección contra fallas de origen atmosférico en Estaciones de Comunicaciones”. Los sistemas de protección contra fallas de origen atmosféricos; provocados principalmente por los rayos deben ser diseñados para evitar daños a las personas y sus propiedades (Noe, 2009). Estos sistemas de protección también tienen mucha importancia debido al incremento en el uso de equipos que son cada vez más sofisticados, de alto costo y gran valor intrínseco (Noe, 2009). Equipos de cómputo, sistemas de voz y datos, que no pueden dejar de funcionar porque esto redundaría en grandes pérdidas tanto económicas como de confiabilidad para sus usuarios (Bedoya, 2010). La idea de protección contra fallos de origen atmosférico está comúnmente asociada a colocar un pararrayo con su propia puesta a tierra (Bedoya, 2010). Siendo estos sistemas de gran importancia, en muchos casos son implementados sin la realización de los estudios que los justifiquen, razón por la cual cuando deben actuar como protección no lo hacen; produciéndose consecuencias funestas, que no solo traen la falla de equipos, sino también, pérdida de vidas humanas en el peor de los casos (Bedoya, 2010). Estas malas prácticas felizmente ya están cambiando y mejorando, la presente tesis se plantea como objetivo mostrar el diseño y la implementación adecuada de un Sistema de protección contra fallos de origen atmosférico para estaciones de comunicación, basado en la Normatividad Nacional e internacional (Escobar, 2017).

Crisóstomo (2014), en su tesis titulada: “Sistema puesta a tierra menor a 02 ohmios para protección de equipos electrónicos, contra descargas eléctricas, en entidades financieras”. La presente tesis tuvo como objetivo principal el diseño e implementación del sistema de puesta a tierra menor a 2 ohmios. Para protección a personas, equipos electrónicos, antenas satelitales, torres de alta tensión, edificios, entre otros. Se empleó el método aplicativo, experimental y cuasi – experimental. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios porque se logró obtener una resistencia de 1.78 ohmios en el pozo a tierra.

Quispe & Gutierrez (2018), en su tesis titulada: “Diseño e implementación de diferentes sistemas de puestas a tierra para los laboratorios de ingeniería mecánica eléctrica de la una – puno”. Se realizó un análisis comparativo de los diferentes métodos de instalación para la reducción de la resistencia de puesta a tierra por el método de varilla vertical enterrado directamente cuyo valor medido fue 11.14 (Ω), para un terreno con resistividad promedio de 34.97 (Ω -m). La adición de tratamiento químico sobre la varilla con cemento conductor, gel y cemento conductor más bentonita lograron reducir la resistencia de puesta a tierra en 62%, 59.61% y 69.30% respectivamente.

Siñani (2018), en su tesis titulada: “Re-diseño del sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra tormentas eléctricas sobo S.A.”. Cuya meta es realizar una propuesta de rediseño del sistema de puesta a tierra y el sistema de protección contra tormentas eléctricas. Se realizó un diagnóstico a la malla de puesta a tierra encontrándose que durante dos años la resistencia subió de 0.75 Ω a 2.7 Ω . En cuanto al sistema de protección contra tormentas eléctricas, el ángulo de protección no cubre en su totalidad el edificio. Se sugiere: Elevar el terminal aéreo 2 metros para ampliar el ángulo de protección, adicionar otras bajantes, ampliar las distancias mínimas de seguridad, se sugiere un conductor en malla de 120 mm² en lugar del conductor de 95 mm². Con estas mejoras se obtendrá una seguridad de personas y equipos del 80%, se realizó un presupuesto general del costo del rediseño.

Yujra (2018), en su tesis titulada: “Mejora del mantenimiento de sistemas de puesta a tierra en redes de terminal de apertura muy pequeña utilizadas en comunicación de telefonía rural satelital”. El trabajo tiene por objetivo realizar el estudio de los sistemas de puesta a tierra en las redes VSAT. Un efecto estudiado es la corrosión de la varilla de puesta a tierra expuesta a los diferentes tipos de suelo, para ello se utilizó el método de análisis químico por absorción atómica. Se demostró que la corrosión es uno de los factores que afecta la resistencia de puesta a tierra en función al tiempo y tipo de suelo que está expuesto. Se recomienda el cambio de los sistemas de puesta a tierra en las redes VSAT.

Duche & Miñán (2013), en su tesis titulada: “Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora El Alisal para sistemas de telecomunicaciones de Movistar”. Este trabajo de investigación tiene por objetivo la implementación de la estación repetidora el Alisal que se conecta a la red celular local. Se utilizaron instrumentos de medición de

precisión para medir la resistividad del terreno, resistencia de puesta a tierra y un multímetro digital, además de los procedimientos establecidos por la normativa vigente.

Chiriboga (2008), en su tesis titulada: “Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del Nuevo Aeropuerto de Quito parroquia de Tababela”. Cuyo objetivo es determinar la influencia del suelo en el funcionamiento de los sistemas eléctricos. Además en este proyecto se establecen los procedimientos para diseñar sistemas de puesta a tierra para dos casos diferentes uno para un pequeño sistema de puesta a tierra y otro para una malla, ambos situados en el sector del nuevo Aeropuerto de Quito.

Intriago & Zambrano (2017), en su tesis titulada: “Análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la Empresa SISTELVYCOM CIA LTDA”. Este trabajo de investigación se realizó mediante la documentación y ejecución de encuestas a los clientes de la empresa SISTELVYCOM CIA LTDA, también se empleó el instrumento de la ficha de observaciones. Se diagnosticó el problema sobre las fallas del sistema de protección de puesta a tierra. La investigación fue posible gracias a la colaboración del gerente y la disposición de los empleados.

Arévalo & Viena (2019), en su tesis titulada: “Sistema de puesta a tierra y las tensiones de toque y paso en la estación de telecomunicaciones Antares - Tarapoto 2019”. Este estudio de investigación tiene por objetivo proponer un sistema de puesta a tierra en las tensiones de toque y paso en la estación de telecomunicaciones Antares de Tarapoto 2019. Se proponen tres alternativas de diseño e implementación para las configuraciones como son: uso de bentonita, uso de cemento conductor, y empleo de thor gel. Primero se realizó la medición de la resistividad del terreno por el método de wernner con el teluómetro digital SONEL modelo MRU-200, posteriormente se realizó el procesamiento y determinar la resistividad aparente del terreno se empleó el modelo biestratificado, obteniéndose un valor alto de 198.06Ω . Luego se procedió a calcular la resistencia promedio de 77.67Ω , luego se realizó en mejoramiento por tratamiento químico, observándose que los tres tipos de tratamientos químicos dan valores de resistencia de puesta a tierra acorde a la normativa.

López (2019) en su tesis titulada: El propósito de la investigación fue determinar la influencia del diseño e implementación de un sistema fotovoltaico aislado en la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú S.A.C, en las zonas rurales de la provincia de Huancayo.

Monterroso (2013) se propone un sistema de protección eléctrica de las radios bases en las cuales se ubican estas antenas.

Cáceres (2019) en su tesis: Propuesta de plan de mejora del mantenimiento a las estaciones de radiofrecuencia del servicio de telefonía celular y fija de Entel Perú en la zona de Lima Sur. Cuyo objetivo es optimizar el plan de mantenimiento preventivo para las estaciones de radiofrecuencia y así optimizar la calidad de servicio de los usuarios.

Amoloto (1997), en su tesis titulada: Planificación y diseño de protecciones contra descargas atmosféricas, transitorios y puesta a tierra de los sistemas de telecomunicaciones de Quito – Centro. La presente investigación establece la importancia de los sistemas de protección dentro de las telecomunicaciones.

El objetivo principal es el diseño de un software amigable para el cálculo de los diversos parámetros de los electrodos, placas, anillos y mallas de puesta tierra (Viloria & Dávila, 2009).

Vallejos (2021) en su tesis: Diseño de una red integral de telecomunicaciones según las normas ANSI/TIA/EIA 568 C, 569C, 606 B, 607 B para el instituto técnico tecnológico superior “Cotacachi” (ITTS) en cuyo resumen se tiene: proyecto de titulación se ha diseñado una red integral de telecomunicaciones para el Instituto Técnico Tecnológico Superior “COTACACHI” (ITTS) para una infraestructura física nueva y en construcción.

Este trabajo representa el desempeño de un sistema de puesta a tierra (SPT), además se hace énfasis en su respectivo análisis semestral o anual tanto en mediciones con el Telurómetro como en la observación, en cualquier estación de telecomunicaciones, con la finalidad de mantenerlo en excelentes condiciones. (Quezada, 2017). El enfoque de este proyecto es evaluar las condiciones actuales de la red eléctrica y de telecomunicaciones del Instituto Tecnológico Dosquebradas, informar acerca del estado de las mismas y hacer los cambios requeridos en el diseño de estas, presentando una



propuesta de mejoramiento que cumpla con las normas vigentes establecidas. (Jiménez & Peña, 2013).

El presente proyecto tiene el propósito de realizar el diseño y la implementación, de sistemas de protección contra descargas atmosféricas a través del análisis de la resistividad del terreno, y la aplicación de las normas de IEC 62305, para de esta manera solventar los problemas que son producidos a través del impacto de una descarga atmosférica en los nodos de telecomunicaciones de Cotacachi e Ilinizas. (García, 2017).

Se diseño y construyo un sistema de puesta a tierra para el laboratorio de máquinas eléctricas de la escuela de ingeniería electrónica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con la finalidad de proteger a las personas de contactos eléctricos directos e indirectos (Tiuquina, 2011).

Este proyecto se encuentra el diseño de la red eléctrica y de sistemas de comunicaciones de la institución educativa Boyacá de Pereira, el cual cumple con la normatividad vigente como lo son la NTC2050, RETIE, RETILAP (Hoyos & Paternina, 2012). También se observa algunas imágenes que describen el estado actual de estas redes. (Hoyos & Paternina, 2012).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

En el mundo entero sucede que los Sistemas de Protección en Estaciones Base Celular no se encuentran diseñados según la normatividad Nacional e Internacional, es por ellos que ocasionan daños a personas y propiedades.

En América Latina está en proceso de implementación de los Sistemas de Protección en Estaciones Base Celular. Siendo estos sistemas de gran importancia, en muchos casos son implementados sin la realización de los estudios que los justifiquen, razón por la cual cuando deben actuar como protección no lo hacen; produciéndose consecuencias funestas, que no solo traen la falla de equipos, sino también, pérdida de vidas humanas en el peor de los casos. (Noe, 2009).

La falta de mantenimiento ocasiona que la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Base Celular se encuentran elevadas y no cumplan su función de aislar las fallas.

En el Perú, años atrás a los Sistemas de Protección en Estaciones Base Celular no se le ha dado la importancia necesaria, en la actualidad recientemente se le está dando importancia debido a las fallas de origen atmosférico, ocasionando mala calidad de servicio y disconformidad con los usuarios.

En la Ciudad de Puno, los Sistemas de Protección de las Estaciones Base Celular de la Empresa Viettel Perú SAC han sido construidas sin tomar en cuenta las normativas Nacionales e Internacionales es por ello que la resistencia de puesta a tierra se encuentra muy elevadas y no protegen a los equipos y personas que lo operan.



Una Estación Base Celular debe contar con un sistema de protección eléctrico para proteger a los equipos de ruido y darles mayor tiempo de vida, además de protegerlos contra sobre voltajes; las fluctuaciones en los niveles de voltaje pueden deberse a variaciones propias del origen de la fuente de energía, a variaciones inducidas por arranques de motores y/o compresores; es el caso de aires acondicionados o a factores externos como puede ser la caída de un poste de la línea de acometida por causas externas y/o causas atmosféricas, el sistema de protección eléctrico está conformado por Sistema de pararrayos, sistema de tierra, supresores de pico. (Guerra Amaya, 2006)

La falta de mantenimiento periódico, las fallas de origen atmosférico, las perturbaciones en el subsistema de distribución eléctrico son algunas de las causas que lo originan.

Si el problema persiste se tendrá Estaciones Base Celular con fallas continuas ocasionaran mayores pérdidas económicas a la Empresa y el malestar de los usuarios de los servicios de telefonía celular.

Así mismo, Viettel Perú SAC cuenta con 81 Estaciones Bases alrededor de la Ciudad de Puno que serán evaluadas en este estudio, como se aprecia en sus coordenadas geográficas en la siguiente tabla.

Tabla 10. *Información de coordenadas UTM – Estaciones Bases Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.*

Nro. BTS	Coordenadas										
	LATITUD	LONJITUD									
PUN95	-15.8406	-70.0280	PUN116	-15.7634	-70.0537	PUN137	-16.0057	-69.7702	PUN158	-15.9886	-69.8052
PUN96	-15.8282	-69.9933	PUN117	-15.7682	-70.0601	PUN138	-16.1342	-69.6960	PUN159	-15.9857	-69.7579
PUN97	-15.8078	-70.0513	PUN118	-15.7591	-70.0685	PUN139	-15.9740	-69.7776	PUN160	-16.0077	-69.7749
PUN98	-15.8160	-70.0444	PUN119	-15.7534	-70.0929	PUN140	-16.1621	-69.7110	PUN161	-15.9991	-69.7913
PUN99	-15.8210	-70.0513	PUN120	-15.9291	-69.8812	PUN141	-15.7685	-70.0670	PUN162	-16.1298	-69.6937
PUN100	-15.8708	-70.0222	PUN121	-15.9388	-69.8845	PUN142	-15.7401	-70.0806	PUN163	-16.1525	-69.7275
PUN101	-15.8771	-69.9597	PUN122	-15.8998	-69.8925	PUN143	-16.2756	-69.1775	PUN164	-15.7452	-70.0562
PUN102	-15.8897	-69.9636	PUN123	-15.7050	-70.1012	PUN144	-15.9398	-69.7661	PUN165	-15.7062	-70.0461
PUN103	-15.8788	-69.9751	PUN124	-15.7494	-70.0730	PUN145	-15.9487	-69.8332	PUN166	-15.7148	-70.0585
PUN104	-15.8212	-69.9849	PUN125	-15.7724	-70.0573	PUN146	-15.9371	-69.8648	PUN167	-15.7207	-70.0729
PUN105	-15.8945	-69.8984	PUN126	-15.7724	-70.0701	PUN147	-15.9441	-69.8638	PUN168	-15.7116	-70.0661
PUN106	-15.8180	-69.9903	PUN127	-15.7568	-70.0617	PUN148	-15.9559	-69.8305	PUN169	-15.7118	-70.0834
PUN107	-15.8959	-69.9956	PUN128	-15.7556	-70.0561	PUN149	-15.9445	-69.7748	PUN170	-15.7074	-70.0956
PUN108	-15.8162	-70.0520	PUN129	-15.6993	-70.0659	PUN150	-15.9377	-69.8195	PUN171	-15.7192	-70.0681
PUN109	-15.9062	-69.8873	PUN130	-15.7323	-70.0763	PUN151	-15.9331	-69.8294	PUN172	-15.7167	-70.0722
PUN110	-15.8116	-70.0332	PUN131	-15.6820	-70.0625	PUN152	-15.9220	-69.8454	PUN173	-15.7303	-70.0690
PUN111	-15.9091	-69.8939	PUN132	-15.7264	-70.0577	PUN153	-15.9736	-69.7976	PUN174	-15.7222	-70.0462
PUN112	-15.9118	-69.8842	PUN133	-15.6890	-70.0631	PUN154	-15.9585	-69.7552	PUN175	-15.7423	-70.0456
PUN113	-15.9160	-69.8738	PUN134	-15.9543	-69.7536	PUN155	-15.9547	-69.7895			
PUN114	-15.9242	-69.8886	PUN135	-16.0002	-69.7880	PUN156	-15.9554	-69.8057			
PUN115	-15.9198	-69.8808	PUN136	-16.0003	-69.7681	PUN157	-15.9769	-69.7680			

Cada año se realiza en mantenimiento preventivo de las estaciones bases como la limpieza de la caseta de control, medición de los valores de resistencia de puesta a tierra, para mantener en su estado normal y operativo los diferentes puntos de la red de telecomunicaciones.

Se han producido caídas del servicio de las estaciones bases en la ciudad de Puno, en su mayoría por fuertes tormentas eléctricas que generalmente se presenta en periodo de

lluvias; generando caída de las estaciones repetidoras y nodos principales que son reportadas al órgano supervisor de Osiptel.

Tabla 11.

Resumen de reporte de interrupciones del año 2015 al 2020

Año	Interrupción de Estación Base
2015	8
2016	6
2017	9
2018	7
2019	9
2020	5

En la Tabla 11 se aprecia el total de interrupciones en las Estaciones Bases en la ciudad de Puno por año desde el 2015 al 2020.

Las caídas temporales de las estaciones de radio enlace ocasiona malestar a los usuarios, pérdidas económicas, deterioro de los equipos electrónicos, que influyen negativamente en las fallas que se traduce en penalidades por parte de Osiptel.

Por lo cual, esta investigación se centra en implementar un Sistema de Protección Eléctrico para mejorar la resistencia de puesta a tierra de las Estaciones Bases Celular, las cuales serán evaluadas 30 de las 81 que se encuentran alrededor de la ciudad de Puno, que se encuentran con gran cantidad de fallas, como corrosión de varillas, y claves de contrapeso, en algunas zonas se encontró hurto de conductor de cobre.

2.2. Enunciados del problema

Se tienen como planteamiento mejorar la resistencia de puesta a tierra, al implementar un sistema de protección en las estaciones bases de la empresa de telecomunicaciones Viettel Perú, en la ciudad de Puno, para el cual es conveniente realizar la siguiente interrogante:

2.2.1. Problema General

¿Cómo podemos implementar el sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno?

2.2.2. Problema Específico

¿Cuánto miden las resistencias de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno antes de la Implementación del sistema de protección?

¿Cuáles son los valores de resistividad aparente del terreno necesarios para la implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno?

¿Cuáles son los valores de resistividad equivalente calculados para la implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno?

¿Cuáles son los valores medidos y calculados de la resistencia de puesta a tierra en la Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno después de la Implementación del sistema de protección?

2.3. Justificación

Se justifica teóricamente porque resume los aportes teóricos de los autores mencionados en la presente investigación, y refiere las variables involucradas.

Se justifica de manera práctica ya que ayuda a solucionar este problema de la protección del sistema eléctrico en las Estaciones Base al implementar el sistema de protección.

De igual manera presenta una justificación económica puesto que ayuda a reducir costo de reemplazo de los equipos sofisticados y caros que se cuenta actualmente en las Estaciones Bases.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta de tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

2.4.2. Objetivo específico

- Medir y evaluar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno antes de la Implementación del sistema de protección.
- Determinar los valores de la resistividad aparente del terreno por el método de Wenner, para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.
- Determinar la resistividad equivalente, mediante la estratificación de terreno, para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.
- Medir y calcular la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno después de la Implementación del sistema de protección.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis General

H1. La implementación del sistema de protección lograra mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

2.5.2. Hipótesis Específicas.

- H2 Los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones



Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

- H3 Los valores de la resistividad equivalente del terreno calculados por la estratificación del terreno para la implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran menores a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El campo de investigación se definió las estaciones bases de la empresa de telecomunicaciones Viettel en la ciudad de Puno se halla ubicado en la Provincia y Departamento de Puno. Puno se localiza dentro de las fronteras de San Román, El Collao y con la Región de Moquegua, con una altitud de 3827 msnm, está dividida en 04 zonas.

3.2. Población.

Se cuenta con una población de 81 estaciones bases en la Ciudad de Puno y alrededores.

Población N= 81 estaciones bases

Se cuenta con una muestra de 30 estaciones bases en la Ciudad de Puno y alrededores.

Se asumió un muestreo no probabilístico o muestra dirigida, debido a que se restringió de acuerdo a los intereses de la investigación; en este caso según los valores de resistencia de puesta a tierra que no cumplen según el Código Nacional de Electricidad (mayores a 25 Ω).

3.3. Muestra

En esta investigación se estableció una muestra dirigida, pues se tomaron los valores altos de las mediciones de los valores de resistencia de puesta a tierra, por encima de 25 Ohm que comprende las 30 Estaciones Bases alrededor de la Ciudad de Puno.

3.4. Método de investigación.

3.4.1. Tipo de investigación

Este estudio es de tipo Aplicado porque es con un diseño experimental.

El término experimento tiene al menos dos acepciones, una general y otra particular (Babbie, 2014). La general se refiere a “elegir o realizar una acción” y después observar las consecuencias (Babbie, 2014). Este uso del término es bastante coloquial; así, hablamos de “experimentar” cuando mezclamos sustancias químicas y vemos la reacción provocada, o cuando nos cambiamos de peinado y observamos el efecto que causa en nuestras amistades (Sampieri, 2014). La esencia de esta concepción de experimento es que requiere la manipulación intencional de una acción para analizar sus posibles resultados. (Sampieri, 2014).

3.4.2. Materiales y equipos

La observación directa fue la técnica utilizada, ya que se obtuvieron los datos por la observación de las variables estudiadas.

Para el experimento se utilizaron las técnicas como: registro de datos, mediciones de parámetros, hojas de cálculo, etc.

Los instrumentos empleados en esta investigación son: registro de resistividad de terreno, registro de resistencia de puesta a tierra. Un telurómetro digital Megabras MTD-20 kWe.

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos.

3.5.1. Objetivo general

Implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

Se realizará la implementación del sistema de protección en las estaciones bases en la ciudad de Puno de la empresa Viettel Perú. Para este trabajo de investigación se instalarán pozos a tierra, un pararrayo tipo franklin, las respectivas conexiones a los tableros de control, pruebas y puesta en servicio en las estaciones bases observadas, la

misma que corresponde al enfoque: Investigación Cuantitativo, cuyo diseño de investigación es de tipo experimental (Sampieri 2014).

3.5.2. Objetivo específico 1

Medir y evaluar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno antes de la Implementación del sistema de protección.

Se tomarán mediciones de la resistencia de puesta a tierra, resistividad del terreno, para luego procesar con ayuda de la hoja de cálculo Excel.

3.5.3. Objetivo específico 2

Determinar los valores de la resistividad aparente del terreno por el método de Wenner para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

Se realizarán cálculos para obtener la resistividad aparente del terreno.

3.5.4. Objetivo específico 3

Determinar la resistividad equivalente, mediante la estratificación de terreno, para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

Se realizarán cálculos con las curvas de estratificación de terreno para así poder obtener la resistividad equivalente que nos servirá para el dimensionamiento y configuración de la puesta a tierra.

3.5.5. Objetivo específico 4

Medir y calcular la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno después de la Implementación del sistema de protección.

Se tomarán mediciones de la resistencia de puesta a tierra, resistividad del terreno, para luego procesar con ayuda de la hoja de cálculo Excel, después de la implementación del sistema de protección.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis

Para el proceso de mejora de la resistencia de puesta a tierra de las Estaciones Bases, se ha implementado un diseño en anillo, con contrapesos en los casos que lo requiera, debido a la corrosión en varillas y conductores bañados en cobre, dimensionamiento deficiente del sistema de puesta a tierra, entre otros, para ellos se procedió de la siguiente manera:

- Primeramente, en una inspección realizada a campo se procedió a realizar las mediciones de resistencia de puesta a tierra por el método de caída de potencial en las 81 Estaciones Bases alrededor de la ciudad de Puno con el telurómetro digital y se registró en protocolos de medición.
- Segundo, de los resultados de las mediciones de resistencia de puesta a tierra se encontraron 30 Estaciones Bases observadas por encontrarse con valores altos de resistencia de puesta a tierras superiores a 25Ω (según Código Nacional de Electricidad utilización 2006), se efectuaron las mediciones de resistividad del terreno paralelo a dichas Estaciones Bases por el método Wenner, con el telurómetro digital y se registraron en los protocolos de medición.
- Tercero, se realizó el procesamiento en gabinete con los valores de resistividad obtenidos de las mediciones; para calcular la resistividad por capas, y con ellos calcular la resistividad equivalente del terreno.
- Cuarto, se calcularon las resistencias de puesta a tierra, con los valores de resistividad equivalente, los cuales deben ser aceptables; así mismo, los metros de materiales de las estaciones bases observadas.

- Quinto, se realizaron los trabajos de mantenimiento correctivo, según el procedimiento de instalación de puesta a tierra en anillo y con contrapesos horizontales en las estaciones bases que lo requieran.
- Finalmente, se efectuó la medición de resistencia de puesta a tierra de las 30 estaciones bases que se encontraban observadas, por el método de caída de potencial, como indica la norma la IEEE Std 80-2000, con la ayuda de un Telurómetro Megabras TMD-20 kWe, se registraron en protocolos dichas valores.

4.1.1. Resultados para lograr explicar el objetivo específico 1

Se tiene como resultado del objetivo específico 1: Medir y evaluar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno antes de la Implementación del sistema de protección. Por el método de caída de potencial se obtuvo la medición de la resistencia de puesta a tierra con la ayuda el Telurómetro Megabras TMD-20 kWe según los establece la norma IEEE Std 80-2000, se registró en los protocolos de medición, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 12.

Valores de resistencia de PAT antes de realizar la mejora

Ítem	Nro. BTS	Resistencia(Ω)	Ítem	Nro. BTS	Resistencia(Ω)	Ítem	Nro. BTS	Resistencia(Ω)
1	PUN96	59.15	11	PUN125	57.42	21	PUN149	26.77
2	PUN100	59.02	12	PUN126	55.36	22	PUN155	26.74
3	PUN107	28.39	13	PUN131	45.15	23	PUN157	28.96
4	PUN108	33.82	14	PUN132	58.31	24	PUN158	36.31
5	PUN110	28.59	15	PUN134	56.63	25	PUN159	56.18
6	PUN111	25.27	16	PUN135	27.11	26	PUN160	32.79
7	PUN121	52.73	17	PUN141	47.08	27	PUN169	25.97
8	PUN122	53.08	18	PUN145	32.9	28	PUN170	46.94
9	PUN123	43.97	19	PUN146	32.67	29	PUN173	59.12
10	PUN124	25.74	20	PUN147	26.26	30	PUN174	56.93

En la Tabla 12, se aprecia los valores de la resistencia de puesta a tierra medidos antes de la mejora del sistema en total se tiene 30 mediciones, se tuvo como valor máximo de 59.15 Ohm.

4.1.2. Resultados para lograr el objetivo específico 2

Se obtuvo los resultados para el objetivo específico 2: Determinar los valores de la resistividad aparente del terreno por el método de Wenner para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Se efectuaron mediciones de resistividad del terreno paralelo a las Estaciones Bases, con la ayuda del telurómetro digital - Megabras MTD-20 kWe, acorde a los procedimientos de la norma IEEE Std.80 – 2000, donde se llenaron los protocolos de medición.

Tabla 13.

Resumen de valores de resistividad aparente del terreno

Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado	Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado	Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado
	(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)		(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)		(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)
PUN96	1	180.12	1131.73	PUN125	1	72.22	453.77	PUN149	1	118.38	743.80
	2	168.02	2111.40		2	100.25	1259.78		2	122.68	1541.64
	4	105.87	2660.80		4	130.77	3286.61		4	127.14	3195.38
	8	148.74	7476.49		8	151.33	7606.68		8	132.52	6661.18
PUN100	1	140.23	881.09	PUN126	1	110.45	693.98	PUN155	1	65.42	411.05
	2	147.98	1859.57		2	130.8	1643.68		2	75.55	949.39
	4	160.23	4027.02		4	126.54	3180.30		4	92.58	2326.79
	8	164.05	8246.05		8	140.29	7051.74		8	130.58	6563.67
PUN107	1	162.66	1022.02	PUN131	1	105.45	662.56	PUN157	1	120.58	757.63
	2	159.04	1998.56		2	120.8	1518.02		2	130.84	1644.18
	4	138.46	3479.88		4	128.54	3230.56		4	150.66	3786.50
	8	132.95	6682.80		8	141.29	7102.01		8	170.64	8577.30
PUN108	1	160.35	1007.51	PUN132	1	125.2	786.65	PUN158	1	190.78	1198.71
	2	151.22	1900.29		2	138.32	1738.18		2	177.11	2225.63
	4	100.01	2513.53		4	125.44	3152.65		4	165.22	4152.43
	8	56.65	2847.54		8	180.6	9077.95		8	134.66	6768.75
PUN110	1	205.21	1289.37	PUN134	1	129.06	810.91	PUN159	1	257.8	1619.81
	2	190.9	2398.92		2	110.34	1386.57		2	235.7	2961.89
	4	160.92	4044.36		4	98.56	2477.08		4	201.28	5058.72
	8	100.23	5038.11		8	79.12	3977.00		8	200.12	10059.13
PUN111	1	62.45	392.38	PUN135	1	153.01	961.39	PUN160	1	135.87	853.70
	2	83.58	1050.30		2	133.89	1682.51		2	127.78	1605.73
	4	109.27	2746.25		4	108.76	2733.44		4	105.44	2650.00
	8	123.3	6197.73		8	89.52	4499.77		8	78.24	3932.77
PUN121	1	200.23	1258.08	PUN141	1	187.59	1178.66	PUN169	1	186.1	1169.30
	2	178.56	2243.85		2	168.54	2117.94		2	154.65	1943.39
	4	125.45	3152.90		4	146.75	3688.23		4	125.36	3150.64
	8	122.54	6159.53		8	125.87	6326.92		8	112.36	5647.83
PUN122	1	136.84	859.79	PUN145	1	172.5	1083.85	PUN170	1	148.53	933.24
	2	129.42	1626.34		2	166.25	2089.16		2	152.88	1921.15
	4	111.51	2802.55		4	148.33	3727.94		4	187.54	4713.39
	8	105.11	5283.40		8	140.11	7042.70		8	222.8	11199.15

Según la Tabla 13 se aprecian los valores de las mediciones de resistividad aparente, efectuados paralelamente a los terrenos de las estaciones bases, con un telurómetro digital. Como se aprecia en dichas tablas se efectuaron mediciones a 1, 2, 4 y 8 metros los cuales fueron anotados en los protocolos de medición respectivo.

4.1.3. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 3

Se obtuvieron los resultados del objetivo específico 3: Determinar la resistividad equivalente, mediante la estratificación de terreno, para mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Se emplearon las mediciones de resistividad aparente de los terrenos para efectuar en gabinete los cálculos y así obtener el cálculo de la resistividad equivalente usando las tablas de las curvas características que se encuentran en los anexos de esta investigación, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 14.

Resultados de resistividad equivalente por capa

Nro. BTS	Valores de resistividad del terreno			Resistividad equivalente ρ_e ($\Omega.m$)	Nro. BTS	Valores de resistividad del terreno			Resistividad equivalente ρ_e ($\Omega.m$)
	ρ_1 ($\Omega.m$)	$h_1(m)$	ρ_2 ($\Omega.m$)			ρ_1 ($\Omega.m$)	$h_1(m)$	ρ_2 ($\Omega.m$)	
PUN96	192.2	2.54	33.9	151.00	PUN135	172.1	0.93	100.7	158.79
PUN100	132.5	0.87	161.3	150.67	PUN141	206.6	0.48	154.4	194.08
PUN107	166.3	3.38	70.5	166.28	PUN145	178.8	1.93	114.2	149.28
PUN108	169.5	2.87	27.5	198.11	PUN146	90.76	2.45	228.1	120.17
PUN110	219.5	1.17	141.8	167.48	PUN147	202	0.03	152.7	191.35
PUN111	41.32	0.45	110.3	146.81	PUN149	90.76	2.45	228.1	153.82
PUN121	221.9	1.92	68.2	134.60	PUN155	55.29	1.58	193.1	156.83
PUN122	144.3	1.42	91	135.50	PUN157	110.3	0.94	168.4	156.61
PUN123	204.2	1.42	146.1	257.55	PUN158	204.5	0.78	158.6	169.63
PUN124	55.97	0.48	41.8	65.71	PUN159	279.9	0.79	193.5	212.65
PUN125	44.19	0.41	138.7	146.58	PUN160	144	1.59	82.7	143.41
PUN126	90.1	0.09	119.8	141.31	PUN169	217.6	0.58	135.8	192.04
PUN131	90.1	0.22	318.9	264.47	PUN170	144.2	2.42	289.6	152.11
PUN132	112.1	0.73	169.6	148.85	PUN173	258.1	0.2	185.7	274.93
PUN134	147.8	0.47	101.2	144.57	PUN174	53.16	1.78	476.2	150.92

En la Tabla 14 se tienen los resultados de las resistividades equivalentes de los terrenos calculados para las 30 estaciones estudiadas, donde se aprecia el mayor valor es de 274.93

Ohm.m en la estación base PUN173. Estos resultados serán necesarios para obtener los valores calculados de resistencia de puesta a tierra ultimo.

4.1.4. Resultado para lograr explicar el objetivo específico 4

Se tienen los resultados del objetivo específico 4: Medir y calcular la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno después de la Implementación del sistema de protección.

Se calcularon los valores de resistencia de puesta a tierra como se muestra en la tabla 15, con los valores obtenidos de la resistencia homogénea obtenidos según la tabla 14, de igual manera se calculó la longitud de conductor y la configuración del tipo de puesta a tierra. Seguidamente se instaló el sistema de puesta tierra en anillo y con contrapesos horizontales. Para finalmente medir la resistencia del sistema de puesta a tierra y registrarlo en el protocolo de medición de resistencia de puesta a tierra.

Tabla 15.

Cálculo de la Resistencia PAT

Ítem	Medición Realizada		Procesamiento			Cálculo de resistencia PAT		
	Numero de Estación Base BTS	Resistencia	ρ_1	h_1	ρ_2	Resistividad equivalente	Resistencia PAT	Tipo de PAT
		R (Ω)	($\Omega.m$)	(m)	($\Omega.m$)	ρ_e ($\Omega.m$)	(Ω)	Diseño
1	PUN96	59.15	192.2	2.54	33.9	151.00	6.73	A-1
2	PUN100	59.02	132.5	0.87	161.3	150.67	6.71	A-1
3	PUN107	28.39	166.3	3.38	70.5	166.28	5.81	A-1
4	PUN108	33.82	169.5	2.87	27.5	198.11	6.92	A-1
5	PUN110	28.59	219.5	1.17	141.8	167.48	5.85	A-1
6	PUN111	25.27	41.32	0.45	110.3	146.81	2.83	A-2
7	PUN121	52.73	221.9	1.92	68.2	134.60	3.33	A-2
8	PUN122	53.08	144.3	1.42	91	135.50	4.73	A-2
9	PUN123	43.97	204.2	1.42	146.1	257.55	4.97	A-2
10	PUN124	25.74	55.97	0.48	41.8	65.71	3.53	A-1
11	PUN125	57.42	44.19	0.41	138.7	146.58	3.62	A-2
12	PUN126	55.36	90.1	0.09	119.8	141.31	4.08	A-2
13	PUN131	45.15	90.1	0.22	318.9	264.47	4.21	A-3
14	PUN132	58.31	112.1	0.73	169.6	148.85	6.63	A-1
15	PUN134	56.63	147.8	0.47	101.2	144.57	5.05	A-2
16	PUN135	27.11	172.1	0.93	100.7	158.79	5.55	A-2
17	PUN141	47.08	206.6	0.48	154.4	194.08	4.80	A-2
18	PUN145	32.9	178.8	1.93	114.2	149.28	4.31	A-2
19	PUN146	32.67	90.76	2.45	228.1	120.17	4.20	A-2
20	PUN147	26.26	202	0.03	152.7	191.35	4.73	A-2
21	PUN149	26.77	90.76	2.45	228.1	153.82	4.45	A-2
22	PUN155	26.74	55.29	1.58	193.1	156.83	6.99	A-1
23	PUN157	28.96	110.3	0.94	168.4	156.61	3.87	A-2
24	PUN158	36.31	204.5	0.78	158.6	169.63	4.19	A-2
25	PUN159	56.18	279.9	0.79	193.5	212.65	5.26	A-2
26	PUN160	32.79	144	1.59	82.7	143.41	3.55	A-2
27	PUN169	25.97	217.6	0.58	135.8	192.04	3.71	A-2
28	PUN170	46.94	144.2	2.42	289.6	152.11	3.29	A-2
29	PUN173	59.12	258.1	0.2	185.7	274.93	2.91	A-4
30	PUN174	56.93	53.16	1.78	476.2	150.92	5.27	A-2

En la Tabla 15 se ven los resultados del cálculo de resistencia de puesta a tierra para las 30 estaciones bases, obteniéndose un valor mínimo de 2.83 Ohm para un tipo A-2 y un valor máximo de 6.99 Ohm para un tipo A-2.

Tabla 16.

Valores de resistencia de PAT después de la mejora

Ítem	Numero de Estación Base BTS	Resistividad equivalente
		R (Ω)
1	PUN96	6.30
2	PUN100	6.20
3	PUN107	5.60
4	PUN108	5.90
5	PUN110	5.80
6	PUN111	2.30
7	PUN121	3.70
8	PUN122	4.90
9	PUN123	4.30
10	PUN124	3.80
11	PUN125	3.70
12	PUN126	4.70
13	PUN131	4.20
14	PUN132	6.10
15	PUN134	5.30
16	PUN135	5.70
17	PUN141	4.40
18	PUN145	4.90
19	PUN146	4.80
20	PUN147	4.80
21	PUN149	4.80
22	PUN155	6.70
23	PUN157	3.70
24	PUN158	4.60
25	PUN159	5.20
26	PUN160	3.00
27	PUN169	3.30
28	PUN170	3.10
29	PUN173	2.20
30	PUN174	5.00

En la Tabla 16 se ven los resultados de los valores medidos de las resistencias de puesta a tierra después de la mejora, para las treinta estaciones bases observándose un valor

mínimo de 2.20 Ohm en la estación base PUN173 y un valor máximo de 6.70 Ohm en la estación PUN155, para lo cual se empleó un telurómetro Megabras TDM 20We, siendo registrados en protocolo de medición.

4.1.5. Resultado que explica el objetivo general

Se obtuvo el resultado del objetivo general: Implementación del sistema de protección para mejorar la resistencia de puesta de tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno. Se realizó la comparación de la medición realizada antes y después de la mejora y se aprecia que si hubo un cambio positivo.

Tabla 17.

Valores de resistencia de PAT antes y después de la mejora

Nro. BTS	Resistencia antes mejora(Ω)	Resistencia después mejora(Ω)	Nro. BTS	Resistencia(Ω)	Resistencia después mejora(Ω)	Nro. BTS	Resistencia(Ω)	Resistencia después mejora(Ω)
PUN96	59.15	6.30	PUN125	57.42	3.70	PUN149	26.77	4.80
PUN100	59.02	6.20	PUN126	55.36	4.70	PUN155	26.74	6.70
PUN107	28.39	5.60	PUN131	45.15	4.20	PUN157	28.96	3.70
PUN108	33.82	5.90	PUN132	58.31	6.10	PUN158	36.31	4.60
PUN110	28.59	5.80	PUN134	56.63	5.30	PUN159	56.18	5.20
PUN111	25.27	2.30	PUN135	27.11	5.70	PUN160	32.79	3.00
PUN121	52.73	3.70	PUN141	47.08	4.40	PUN169	25.97	3.30
PUN122	53.08	4.90	PUN145	32.9	4.90	PUN170	46.94	3.10
PUN123	43.97	4.30	PUN146	32.67	4.80	PUN173	59.12	2.20
PUN124	25.74	3.80	PUN147	26.26	4.80	PUN174	56.93	5.00

En la Tabla 17 se aprecia los resultados de la medición de la resistencia del sistema de puesta a tierra antes y después de la mejora, que son en total 30 han sido obtenidos de la medición final con el telurómetro Megabras TDM 20We , empleando el método de Wenner, se aprecia una reducción del 11.15% en promedio de la resistencia de puesta a tierra, con lo cual se cumple con lo establecido en el código nacional de electricidad.

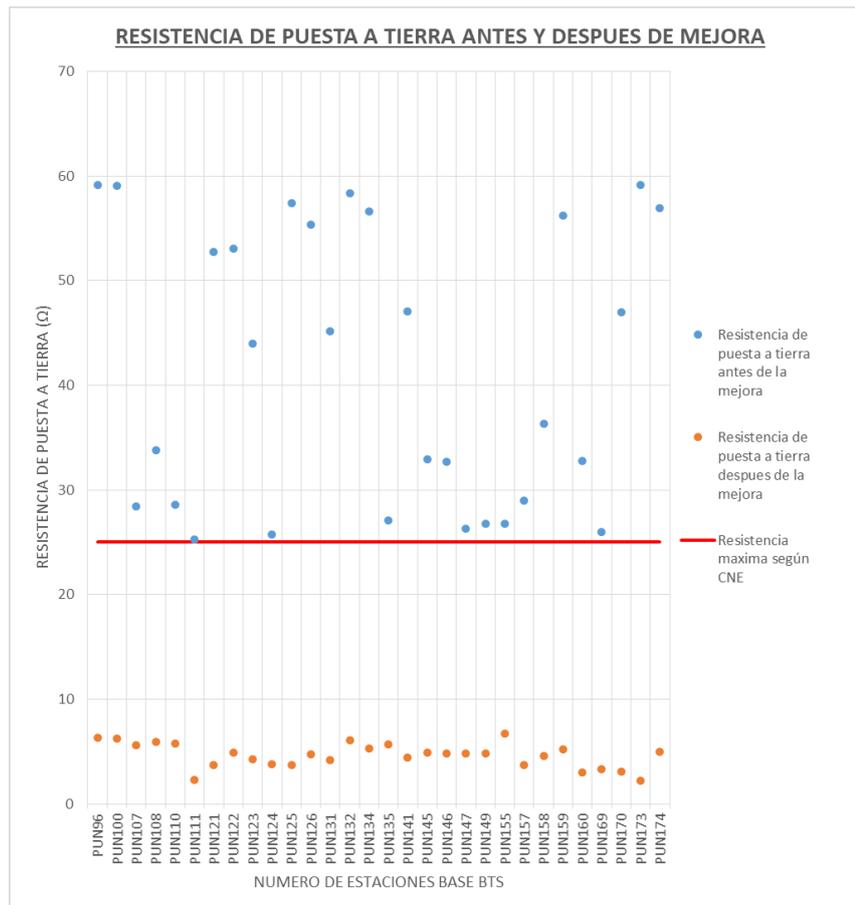


Figura 18. Resistencia de puesta a tierra antes y después de la mejora

En la Figura 18, en cuyo gráfico se observa que los valores de resistencia antes de la mejora (puntos en color azul), se encuentran por encima del valor máximo según el código nacional de electricidad (línea horizontal color rojo), de igual manera las mediciones de resistencia de puesta a tierra posteriores a la mejora (puntos en color naranja) se encuentran debajo del valor máximo (línea horizontal color rojo) con lo cual se muestra una mejora positiva en el sistema de puesta a tierra.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

Hi: La Implementación del sistema de protección lograra mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

Ho: La Implementación del sistema de protección no lograra mejorar la resistencia de puesta a tierra en las estaciones bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.

Se comprobará mediante la prueba de normalidad si la variable resistencia de puesta a tierra se comporta de manera normal, se verificará el supuesto de normalidad, para lo cual se tienen las pruebas de Kolmogorov-Smirnova, cuando nuestros datos son mayores a treinta y Shapiro-Wilk, cuando nuestros datos son menores a treinta.

De la Tabla 17 se emplearán estos los valores de resistencia de puesta a tierra antes y después de la mejora para la prueba de hipótesis general por medio de la prueba, t de Student para muestras relacionadas, que consiste en evaluar la hipótesis alrededor de la media y así comprobar si existe una mejora en el sistema de puesta a tierra.

Tabla 18.

Resumen del procesamiento de casos SPSS- V22

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Validos		Perdidos		Total	
	N	%	N	%	N	%
Resistencia antes de la mejora	30	100	0	0	30	100
Resistencia después de la mejora	30	100	0	0	30	100

En la Tabla 18, se aprecia el resumen de los casos procesados con el software SPSS - V22, donde se considera el 100% válidos y los casos perdidos 0%, esto muestra que ningún dato se discrimino.

Tabla 19.

Valores descriptivos de casos SPPS- V22

		Estadístico	Error estándar	
Resistencia PAT antes de mejora	Media	41.512	2.4251	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	36.5521	
		Límite superior	46.4719	
	Media recortada al 5%	41.4263		
	Mediana	40.14		
	Varianza	176.433		
	Desviación estándar	13.28281		
	Mínimo	25.27		
	Máximo	59.15		
	Rango	33.88		
	Rango intercuartil	28.22		
	Asimetría	0.118	0.427	
	Curtosis	-1.778	0.833	
Resistencia PAT después de mejora	Media	4.6333	0.21347	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	4.1967	
		Límite superior	5.0699	
	Media recortada al 5%	4.6593		
	Mediana	4.8		
	Varianza	1.367		
	Desviación estándar	1.16924		
	Mínimo	2.2		
	Máximo	6.7		
	Rango	4.5		
	Rango intercuartil	1.92		
	Asimetría	-0.319	0.427	
	Curtosis	-0.458	0.833	

En la Tabla 19 se aprecia los resultados de los descriptivos, como la media, mediana, desviación estándar entre otros, antes y después del tratamiento de puesta a tierra.

Tabla 20.

Prueba de normalidad de datos Shapiro-Wilk SPSS- V22

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Resistencia PAT antes de mejora	0.185	30.000	0.010	0.843	30.000	0.000
Resistencia PAT después de mejora	0.090	30.000	0.200	0.975	30.000	0.673

En la Tabla 20 se tiene una muestra de 30 valores por tanto se aplicará la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smimov, además los valores de la significancia antes y después de la mejora son 0.010, 0.200 respectivamente.

En conclusión, los valores medidos de resistencia de puesta a tierra antes y después de la mejora tienen una distribución normal ya que ambos valores con mayores a 0.05 y se puede aplicar las pruebas paramétricas.

Para demostrar la hipótesis general se aplicó la prueba de t student, esta prueba consiste en evalúa la hipótesis alrededor de una media, puesto que nuestro estudio es de tipo longitudinal, se realizan medidas en diferentes tiempos, y se compararan sus valores.

Tabla 21.

Estadístico de muestras emparejadas SPSS- V22

	<i>Media</i>	<i>N</i>	<i>Desv. desviación</i>	<i>Desv. error promedio</i>
Part 1 Resistencia antes de la mejorar	41.512	30	13.28281	2.4251
Resistencia después de la mejora	4.6333	30	1.16924	0.21347

En la Tabla 21 se aprecia los valores de la media, antes de la mejora de 41,5120 y después de la mejora con 4,6333.

Tabla 22.

Correlación de muestras emparejadas SPSS- V22

	N	Correlación	Sig.
Part 1			
Resistencia antes de la mejorar			
Resistencia después de la mejorar	30	0.116	0.549

En la Tabla 22 se tienen los resultados de la correlación de 0.116, y una significancia de 0.549.

Tabla 23.

Prueba de muestras emparejadas SPSS- V22

	Diferencias emparejadas							
	Media	Desv. Desviación	Desv. error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig(bilateral)
				Inferior	Superior			
Part1								
Resistencia antes de la mejorar								
Resistencia después de la mejorar	31.2603	13.07927	2.42876	26.286	36.23578	12.871	29	0.000023

De la Tabla 23, se tiene el resultado de la significancia bilateral de 0.000023 con lo cual se analizará si se acepta o rechaza la hipótesis nula.

Por lo cual, según la tabla 23 se aprecia los resultados según la prueba de t student, con lo cual analizamos la resistencia de puesta a tierra, para una confianza de 95% se tiene que la significancia bilateral es 0.000023 que es menor que 0.05 por tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, el sistema se protección mejorar la resistencia de puesta a tierra de las estaciones bases de la empresa Viettel Perú en la ciudad de Puno.

4.2.2. Hipótesis específica

- **Hipótesis específica 1**

Hi: Los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

Ho: Los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno no se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

De los resultados del cálculo de la resistividad equivalente y con la clasificación según tablas de resistividades; de 0 – 100, para suelos arcillosos; de 100 – 300, para suelos tipo turbas; de 300 – 800, para suelos tipo cascajo; de 800 – 3000, para suelos tipo pedregoso; de 3000 – 8000, para suelos tipo rocoso; de 8000 – a más, para suelos tipo granitos y otros; cuyas unidades son en Ohm/m.

Tabla 24.

Valores de resistividad aparente del terreno

Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado	Tipo terreno	Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado	Tipo terreno	Nro. BTS	Distancia "a"	Valor medido "R"	Resultado	Tipo terreno
	(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)			(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)			(m)	(Ω)	$2\pi aR$ ($\Omega.m$)	
PUN96	1	180.12	1131.73	Pedregoso	PUN125	1	72.22	453.77	Cascajo	PUN149	1	118.38	743.80	Cascajo
	2	168.02	2111.40	Pedregoso		2	100.25	1259.78	Pedregoso		2	122.68	1541.64	Pedregoso
	4	105.87	2660.80	Pedregoso		4	130.77	3286.61	Rocoso		4	127.14	3195.38	Pedregoso
	8	148.74	7476.49	Rocoso		8	151.33	7606.68	Rocoso		8	132.52	6661.18	Rocoso
PUN100	1	140.23	881.09	Pedregoso	PUN126	1	110.45	693.98	Cascajo	PUN155	1	65.42	411.05	Cascajo
	2	147.98	1859.57	Pedregoso		2	130.8	1643.68	Pedregoso		2	75.55	949.39	Pedregoso
	4	160.23	4027.02	Rocoso		4	126.54	3180.30	Rocoso		4	92.58	2326.79	Pedregoso
	8	164.05	8246.05	Granito		8	140.29	7051.74	Rocoso		8	130.58	6563.67	Rocoso
PUN107	1	162.66	1022.02	Pedregoso	PUN131	1	105.45	662.56	Cascajo	PUN157	1	120.58	757.63	Cascajo
	2	159.04	1998.56	Pedregoso		2	120.8	1518.02	Pedregoso		2	130.84	1644.18	Pedregoso
	4	138.46	3479.88	Rocoso		4	128.54	3230.56	Rocoso		4	150.66	3786.50	Rocoso
	8	132.95	6682.80	Rocoso		8	141.29	7102.01	Rocoso		8	170.64	8577.30	Granito
PUN108	1	160.35	1007.51	Pedregoso	PUN132	1	125.2	786.65	Cascajo	PUN158	1	190.78	1198.71	Pedregoso
	2	151.22	1900.29	Pedregoso		2	138.32	1738.18	Pedregoso		2	177.11	2225.63	Pedregoso
	4	100.01	2513.53	Pedregoso		4	125.44	3152.65	Rocoso		4	165.22	4152.43	Rocoso
	8	56.65	2847.54	Pedregoso		8	180.6	9077.95	Granito		8	134.66	6768.75	Rocoso
PUN110	1	205.21	1289.37	Pedregoso	PUN134	1	129.06	810.91	Pedregoso	PUN159	1	257.8	1619.81	Pedregoso
	2	190.9	2398.92	Pedregoso		2	110.34	1386.57	Pedregoso		2	235.7	2961.89	Pedregoso
	4	160.92	4044.36	Rocoso		4	98.56	2477.08	Pedregoso		4	201.28	5058.72	Rocoso
	8	100.23	5038.11	Rocoso		8	79.12	3977.00	Rocoso		8	200.12	10059.13	Granito
PUN111	1	62.45	392.38	Cascajo	PUN135	1	153.01	961.39	Pedregoso	PUN160	1	135.87	853.70	Pedregoso
	2	83.58	1050.30	Pedregoso		2	133.89	1682.51	Pedregoso		2	127.78	1605.73	Pedregoso
	4	109.27	2746.25	Pedregoso		4	108.76	2733.44	Pedregoso		4	105.44	2650.00	Pedregoso
	8	123.3	6197.73	Rocoso		8	89.52	4499.77	Rocoso		8	78.24	3932.77	Rocoso
PUN121	1	200.23	1258.08	Pedregoso	PUN141	1	187.59	1178.66	Pedregoso	PUN169	1	186.1	1169.30	Pedregoso
	2	178.56	2243.85	Pedregoso		2	168.54	2117.94	Pedregoso		2	154.65	1943.39	Pedregoso
	4	125.45	3152.90	Rocoso		4	146.75	3688.23	Rocoso		4	125.36	3150.64	Rocoso
	8	122.54	6159.53	Rocoso		8	125.87	6326.92	Rocoso		8	112.36	5647.83	Rocoso
PUN122	1	136.84	859.79	Pedregoso	PUN145	1	172.5	1083.85	Pedregoso	PUN170	1	148.53	933.24	Pedregoso
	2	129.42	1626.34	Pedregoso		2	166.25	2089.16	Pedregoso		2	152.88	1921.15	Pedregoso
	4	111.51	2802.55	Pedregoso		4	148.33	3727.94	Rocoso		4	187.54	4713.39	Rocoso
	8	105.11	5283.40	Rocoso		8	140.11	7042.70	Rocoso		8	222.8	11199.15	Granito

Según la Tabla 24 se aprecia los valores calculados de resistividad aparente del terreno que se obtuvieron por el método Wernner en Ohm/m, además en su quinta columna se tienen los tipos de terrenos que les corresponden. Para demostrar esta hipótesis se puede ver en la tabla 24 que la mayoría de terreno es pedregoso cuya resistividad aparente oscilan entre los 800 a 3000 Ohm/m para terreno pedregoso, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25.

Tipos de terreno aparente

Ítem	Naturaleza de terreno	Cantidad
1	Arcilla	0
2	Turba	0
3	Cascajo	12
4	Pedregoso	60
5	Rocoso	41
6	Granito	7
Total		120

En esta Tabla 25 se aprecia las cantidades de terrenos según su naturaleza, que se obtuvieron de la resistencia aparente del terreno, que se realizó por el método wernner.

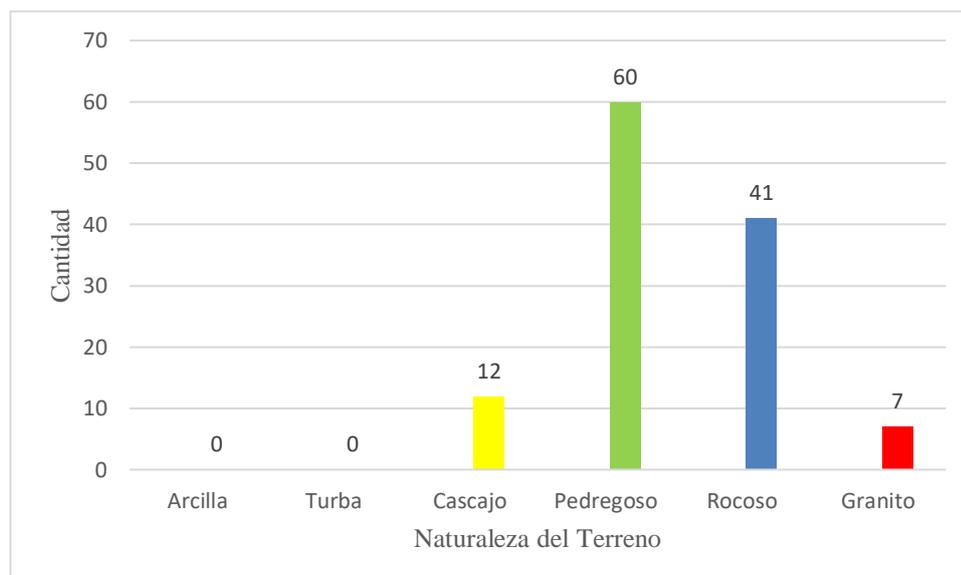


Figura 19. Cantidad de terrenos aparentes por su naturaleza

Según la Figura 19 se aprecia que mayormente son terreno del tipo pedregoso con una resistividad aparente entre 800 a 3000 Ohm/m y la menor cantidad son del tipo granito.

Por lo cual referente a la hipótesis, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y aceptamos la hipótesis alterna (H_1); debido a que los valores calculados de resistividad aparente, necesarios para la simulación del sistema de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno, se encuentran mayormente de 800 a 3000 Ohm/m.

• **Hipótesis específica 2**

H_1 : Los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

H_0 : Los valores medidos de resistividad aparente del terreno calculados por el método de Wernner para la Implementación del sistema de protección en la mejora de la resistencia de puesta a tierra en las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno no se encuentran en su mayoría de 800 a 3000 ohm/m en terreno pedregoso.

Tabla 26.

Valores de resistividad equivalente, extraídos de la estratificación del terreno

Nro. BTS	Resistividad equivalente ρ_e ($\Omega.m$)	Tipo de Terreno	Nro. BTS	Resistividad equivalente ρ_e ($\Omega.m$)	Tipo de Terreno
PUN96	151.00	Turbas	PUN135	158.79	Turbas
PUN100	150.67	Turbas	PUN141	194.08	Turbas
PUN107	166.28	Turbas	PUN145	149.28	Turbas
PUN108	198.11	Turbas	PUN146	120.17	Turbas
PUN110	167.48	Turbas	PUN147	191.35	Turbas
PUN111	146.81	Turbas	PUN149	153.82	Turbas
PUN121	134.60	Turbas	PUN155	156.83	Turbas
PUN122	135.50	Turbas	PUN157	156.61	Turbas
PUN123	257.55	Turbas	PUN158	169.63	Turbas
PUN124	65.71	Arcilla	PUN159	212.65	Turbas
PUN125	146.58	Turbas	PUN160	143.41	Turbas
PUN126	141.31	Turbas	PUN169	192.04	Turbas
PUN131	264.47	Turbas	PUN170	152.11	Turbas
PUN132	148.85	Turbas	PUN173	274.93	Turbas
PUN134	144.57	Turbas	PUN174	150.92	Turbas

Se realizó el cálculo por dos capas consecutivas y así obtener la resistividad equivalente o homogénea, en las unidades de Ohm/m.

En la Tabla 26 se tiene los resultados del tipo de terreno en su mayoría turbas, para las 30 estaciones bases.

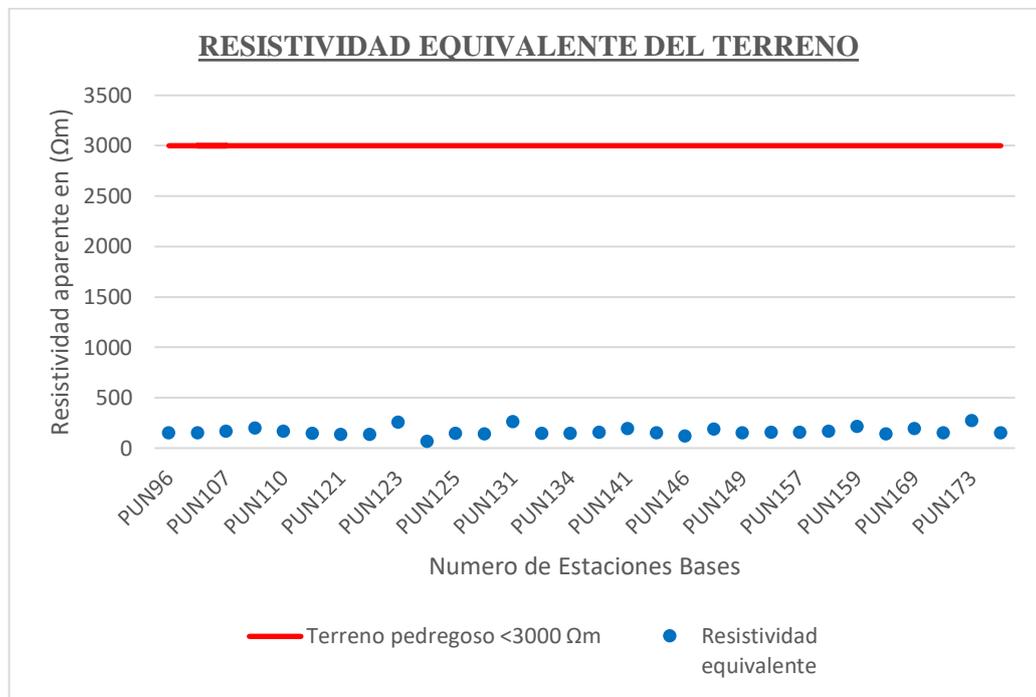


Figura 20. Valores resistividad equivalente del terreno

Por otra parte, en la Figura 20 que todos los valores calculados de las resistividades equivalentes en Ohm/m de todas las estaciones bases observadas, se tiene que la mayoría se encuentra por debajo de la línea horizontal roja (terreno pedregoso 3000 Ωm).

Por los cual, respecto a la hipótesis, rechazamos la hipótesis nula (H_0) y se aceptamos la hipótesis alterna (H_1); afirmando que los datos calculados de resistividad equivalente, necesarios para modelar del sistema de puesta a tierra de las estaciones bases de la empresa Viettel Perú en la ciudad de Puno son menores a 3000 ohm/m.

4.3. Discusión de resultados

Según la tesis titulada “Análisis del funcionamiento del sistema de protección de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instalada por la Empresa SISTELVYCOM CÍA LTDA”. (Intriago & Zambrano, 2017). Este trabajo de investigación se realizó mediante la documentación, aplicación de encuestas a los clientes de la empresa SISTELVYCOM CIA LTDA, también se empleó el instrumento de la ficha de

observaciones. Se diagnostico la causa de las fallas del sistema de protección de puesta a tierra. La investigación fue posible gracias a la colaboración del gerente y la disposición de los empleados. Se compatibiliza su objetivo general pues en esta investigación se realizó la instalación del sistema de protección contra tormentas eléctricas lográndose buenos resultados y enfatizando en su fácil instalación en las diferentes estaciones bases de radio enlace de la empresa Viettel Perú en la Ciudad de Puno.

Según la tesis titulada “Valores permisibles de resistencias de puestas a tierra de protección en redes eléctricas”. (Hipólito, 2008). Cuyo objetivo principal fue proporcionar seguridad humana y que el sistema de puesta a tierra este operativo varios años, entre sus principales conclusiones son: se debe tener en cuenta la normativa internacional y el código nacional de electricidad – utilización, para asegurar una adecuada calidad del sistema de puesta a tierra y de protección de los sistemas eléctricos; el comportamiento de los valores de la puesta a tierra en un sistema eléctrico depende de la magnitud de la resistividad del terreno donde se implementaran. Se comparte dichos objetivos y conclusiones pues en esta tesis se concluye que tiene que ver el uso del código nacional de electricidad para considerar el estándar de 25 ohm que se plantea en esta tesis, también se debe tener en cuenta para el análisis y metodología de un sistema de tierra es necesario evaluar la resistividad del terreno y su estratificación.

En la tesis titulada “Diagnóstico y mejoramiento de puesta a tierra en los primarios de distribución de la empresa eléctrica Ambato S. A. en la zona de concesión de la provincia de Tungurahua para que opere el sistema eléctrico con buena calidad de energía”. (Chuquirima & Quimbita 2015) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador, se tiene como principal objetivo realizar el diagnóstico de los sistema de puesta a tierra, de la red eléctrica y proponer criterios para el dimensionamiento de las puestas a tierra en líneas y redes primarias de la empresa Ambato SA, entre sus principales conclusiones esta que la resistencia del terreno es un factor importante en la resistencia de puesta a tierra, de ahí que para valores altos de resistividad son necesarios tratamiento químico para disminuir su valor. Se comparte dicha conclusión pues en la presente tesis unos de los objetivos es medir la resistividad y la estratificación del terreno.

CONCLUSIONES

Se concluye, que la implementación sistema de protección mejora la resistencia de puesta a tierra de las estaciones bases de la empresa Viettel Perú en la ciudad de Puno, se logró una reducción 41.51Ω a 4.63Ω en promedio luego de la mejora. Estos valores son respaldados por los protocolos de medición.

Los valores de la resistencia de puesta a tierra de las Estaciones Bases de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno, antes de la mejora, tenían valores por encima de la resistencia permisible mayor a 25 Ohm en cada una de las Estaciones Bases, por lo cual no cumplían con el código nacional de electricidad - utilización, ocasionado por la corrosión, en varillas y conductores bañados con cobre, mal diseño de sistemas de puesta a tierra, entre otros.

Se empleo la metodología Wenner siguiendo los procedimientos de la norma IEEE Std.80 – 2000, para realizar la medición de resistividad aparente con la ayuda de un telurómetro digital - Megabras MTD-20 kWe, en cada una de los terrenos paralelos a las Estaciones de Bases evaluadas, que posteriormente se emplearon para el cálculo de la resistencia equivalente y simulación del sistema de puesta a tierra; se realizaron mediciones a 1, 2, 4 y 8 metros, seguidamente registrados en protocolos de medición.

Se calculo la resistividad equivalente o homogénea, para lo cual se empleó los datos obtenidos de la resistividad aparente del terreno. Se realizo la estratificación del terreno por la metodología de curvas características y la simulación del sistema de puesta a tierra.

Según la prueba estadística de t de student para muestras independientes, se demostró que no existe una diferencia significativa entre los valores medidos y calculados de la resistencia de puesta a tierra las Estaciones Bases de la empresa Viettel Perú en la ciudad de Puno, obteniéndose así resultados positivos y en cumplimiento con lo establecido por código nacional de electricidad - utilización.

Con respecto a los valores de resistencia de puesta a tierra, después de la mejora, en su totalidad resultaron menores a 25Ω , con un valor en promedio de 4.63Ω en cada una de las Estaciones Bases observadas de la Empresa Viettel Perú SAC en la ciudad de Puno.



RECOMENDACIONES

Se recomienda a la Empresa Viettel Perú SAC incrementar la cantidad de grupos electrógenos en épocas de lluvias en las Estaciones Bases de la ciudad de Puno, para así mantener la continuidad del servicio en zonas donde haya corte de energía por tiempos prologados y así reducir las interrupciones en las estaciones bases por ende incrementar la satisfacción de los clientes.

Para las mediciones de resistencia de puesta a tierra se recomienda utilizar la norma la IEEE Std 80 – 2000, por el método de caída de potencial, asimismo, emplear protocolo de medición y un telurómetro digital.

Se recomienda realizar la medición de resistividad mediante el método Wenner, como lo sugiere la norma la IEEE Std.80 – 2000, porque sus resultados son confiables, y emplear protocolos de medición e instrumentos calibrados.

BIBLIOGRAFÍA

- Agulleiro, I., & Lozano, M. M. (2005). Técnicas modernas para la medición de sistemas de puesta a tierra en zonas urbanas. Trabajo de Investigación. Universidad Simón Bolívar.
<https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/349/1259/6572/6612/78438.pdf>
- Alomoto Bolagay, N. E. (1997). Planificación y diseño de protecciones contra descargas atmosféricas, transitorios y puesta a tierra de los sistemas de telecomunicaciones de Quito-Centro (Bachelor's thesis, Quito: EPN, 1997.).
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11198>
- Álzate Giraldo, E., & Santos Varón, M. F. (2014). Propuesta de mejoramiento de la red de telecomunicaciones de la institución educativa Rafael Uribe Uribe sede Victoria. <https://hdl.handle.net/11059/4198>
- Arcioni, J. C. (2015) Los sistemas de protección contra rayos (SPCR) en la normativa técnica argentina e internacional: el método de la “esfera rodante”.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/50335301/Apantallamiento-with-cover-pagev2.pdf?Expires=1659488275&Signature=dXvN~Ci7Paw60mcyf6BLJ5Of3hFwVqkTbH6FWNAbXuc4Lr0rpct2XZ4vihuUm7J1yB~x7JykNaDzKurXaPXmvtMdZwYcq0W4TXTNRynqB0aoWPgdvftNrlXQ~wLZ~KqiDBP1n1bGLBCWGDzIUwpC~qQ7SE6mfq0c35YTZkmYEmRSFAI-GcjMR-PozGFT2cq50U7TnHedVP6gg0Y~kSIPAb7sHMqDoJv2QdE9Xv9cE32w8EdWBav8fEoo29mKm5ZTxVwxiVc4da2yr3TkoT4dnw7FQDK57pvT4ptMTxBtZ-iCgs8dMIB8faey-DXV8xJXRjqIUklBjtH-NqzB2InA__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
- Arévalo Paredes, E. M., & Viena Ramírez, G. (2019). Sistema de puesta tierra y las tensiones de toque y paso en la estación de telecomunicaciones Antares-Tarapoto 2019. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39482>
- Bedoya-Arroyo, D. (2010). Diseño de sistema de supervisión de elementos externos a estaciones de telecomunicaciones.
<https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/636>
- Beltrán, A. A., & Salguero Vallejo, L. A. (2002). Diseño de la protección integral del sistema de puesta a tierra para las torres de telecomunicaciones en el Cerro de Manjui. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/327/
- Blanco, A., & Rivero, V. (2009). Calidad de servicio percibida por los clientes residenciales en las oficinas de atención al cliente (OAC) de una empresa telefónica. Ingeniería Industrial. Actualidad y Nuevas Tendencias, 1(3), 31-42.
<https://www.redalyc.org/pdf/2150/215016887004.pdf>

- Cáceres Flores, G. F. (2019). Propuesta de plan de mejora del mantenimiento a las estaciones de radiofrecuencia del servicio de telefonía celular y fija de Entel Perú en la zona de Lima Sur. <http://repositorio.untels.edu.pe//handle/123456789/357>
- Casas, F. (2005). Tierras soporte de la seguridad eléctrica. Tercera edición, Bogotá D.C. Colombia. Editorial INCONTEC. <https://pdfcoffee.com/341220629-seguridad-electrica-f-casas-1pdf-3-pdf-free.html>
- Castaño, J. S. R., & Plata, E. A. C. (2010). Sistemas de puesta a tierra: Diseñado con IEEE-80 y evaluado con MEF. Universidad Nacional de Colombia. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dTSrDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT19&dq=sistema+de+puesta+a+tierra&ots=xrwHnhwVgC&sig=ZxJp2tGib_ia8bEAJRZ53BdJYds#v=onepage&q=sistema%20de%20puesta%20a%20tierra&f=false
- Castillo Devoto, L. R. (2008). Diseño de la infraestructura de telecomunicaciones para un data center. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/196>
- Cervantes Vega, J. R. (2000). Protección en Sistemas Eléctricos 2000. <http://eprints.uanl.mx/7718/1/1020133300.PDF>
- Chavez, N. (2004). *Introducción a la Investigación Educativa*. (Segunda Edición ed.). Maracaibo Venezuela: Grafiacas S.A. <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=4556>
- Chiriboga Guaras, R. A. (2008). Proyecto de un sistema de puesta a tierra normalizada para centros de transformación en el sector del nuevo aeropuerto de Quito parroquia de Tababela (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2008). <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/901?locale=en>
- Chóez Murillo, Á. X., & Barrezueta Figueroa, D. A. (2012). Diseño de un cuarto de equipos de voz y datos de telecomunicaciones con su sistema de protección de puesta a tierra, ubicada en la Finca Limoncito. <http://201.159.223.180/handle/3317/8556>
- Crisóstomo Pérez, C. M. (2014). Sistema puesta a tierra menor a 02 ohmios para protección de equipos electrónicos, contra descargas eléctricas, en entidades financieras. <https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/787>
- Cruz Leal, C. E. (2019). Análisis, evaluación y mejoras en sistemas de puesta a tierra de sitios de telecomunicaciones (Doctoral dissertation, Universidad Católica de la Santísima Concepción). <http://repositoriodigital.ucsc.cl/handle/25022009/2742>
- Díaz et al. (2008) Bajantes para sistemas de protección. https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Martinez/Lozano/publication/237080293_bajantes_para_sistemas_de_proteccion_contra_rayos_en_estaciones_de_telecomunicaciones/links/0046351b5f4ebb79f2000000/b

ajantes-para-sistemas-de-proteccion-contra-rayos-en-estaciones-de-telecomunicaciones.pdf

- Duche Zabala, E., & Miñan Manrique, W. (2013). Diseño del sistema de puesta a tierra de la estación repetidora el Alisal para sistemas de telecomunicaciones de movistar (Bachelor's thesis).
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5724/1/UPS-GT000517.pdf>
- Escobar Apasi, R. (2017). Control de sobretensión aplicado a equipos de cómputo y telecomunicaciones para prevenir su deterioro, en el distrito de pampas.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2747>
- Espinoza Segovia, H. F. (2018). Calidad de servicio percibida y satisfacción del cliente de telefonía móvil del centro de atención al cliente de megaplaza de la empresa de telecomunicaciones américa móvil Perú SAC.
<http://repositorio.uigv.edu.pe/handle/20.500.11818/2571>
- Fernández Hurtado, L. A., & Huanacuni Mucho, M. E. (2019). La evolución de la calidad de servicio como un factor principal en las empresas de telecomunicaciones.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2546>
- García Castillo, D. X. (2017). Diseño e implementación de protecciones contra descargas atmosféricas para dos sistemas de telecomunicaciones pertenecientes al Instituto Geofísico (IG) de la EPN (Bachelor's thesis, Quito, 2017.).
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17374>
- García, V. G., & CADENA, J. E. M. (2013). Diseño de un sistema de protección contra descargas eléctricas atmosféricas: Caso bloque E de la Universidad Tecnológica de Pereira (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Eléctrica).
<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/46b7c32e-b399-4c09-8372-f84172356dae/content>
- Guerra Amaya, J. R. (2006). Diseño de Estación Celular para la localidad de Laredo – Trujillo – La Libertad. Lima Peru:
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/247/guerra_maya_jose_diseno_estacion_celular_laredo.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Guerrero Pareja, C. (2016). Determinacion de indices de satisfacción de los clientes de telefonía celular para mejorar la cobertura de servicio en la Provincia de Huancayo:
<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3892/Guerrero%20Parejas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Hoyos Castaño, M. A., & Paternina Rivera, M. A. (2012). Propuesta de mejoramiento de la red eléctrica y de telecomunicaciones de la Institución Educativa Boyacá de Pereira.
<https://hdl.handle.net/11059/2665>

- Huallpa Pacompía, F. P., & Apaza Saavedra, L. (2018). Incidencia de las interrupciones por fenómenos naturales sobre la calidad de suministro eléctrico del alimentador UR02 del sistema eléctrico Urubamba. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/9863>
- IEC 62305-1, (2006) Norma de Protección contra rayos. <https://www.lsp-international.com/es/bs-en-iec-62305-lightning-protection-standard/>
- IEC 61024-1, (1990) Protection of structures against lightning - Part 1. https://webstore.iec.ch/p-preview/info_iec61024-1%7Bed1.0%7Den_d.img.pdf
- Intriago Miranda, J. L., & Zambrano Mendoza, H. V. (2017). Analisis del funcionamiento del sistema de proteccion de puesta a tierra en las torres de telecomunicaciones instaladas por la empresa SISTELVICOM CIA LTDA. Ecuador: 2017 <https://1library.co/document/dy47rv5y-analisis-funcionamiento-sistema-proteccion-telecomunicaciones-instalada-empresa-sistelvycom.html>.
- Jiménez Uribe, C. D., & Peña Domínguez, C. D. (2013). Propuesta para el mejoramiento de la red eléctrica y de telecomunicaciones del Instituto Tecnológico de Dosquebradas. <https://hdl.handle.net/11059/3866>
- Lezardo, E. M. (2010). La recolección de datos. Mexico: México: McGRAW-HILL. <https://accessmedicina.mhmedical.com/content.aspx?bookid=2448§ionid=193961136>
- López Huayta, Y. R. (2019). Implementación de un sistema fotovoltaico aislado para la electrificación de las estaciones base celular de la empresa Viettel Perú SAC, en zonas rurales de la provincia de Huancayo, 2019. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/5929>
- Manani Huayane, C. A. (2013). Sistema de puesta a tierra y protección equipotencial para sistemas de cómputo. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2970>
- Márquez, R. G. (1999). La puesta a tierra de instalaciones eléctricas. Alfaomega. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/56971279/Puesta_a_Tierra_de_Instalaciones_Electricas-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1659494978&Signature=WLLyXKYmIxFKW2hdZeFH231uJiYxx4H46aC0kuPuFUehSMVQpXLHoyBlwAIrewgedY7o87tKbXxM61YIJfyiMMITu5Z4Vx9WnIip1msE5wNDYKZ8G~4CSgp2Di3A1fREEHwrS1QlqZ9yqGQh1e3~WyF~Ff1T-Jsrnz57pm0pGZ3RwyVcAMpP38SoduCKwmdeMpPkG5wMaXwHI74E0ITpaUdDN9-GZqYow0vR5BNJJ~o4MqyAY5R7s7s1UhaHpRCUKNpauPzb7kFT2CnrYzmZCUxl6CQ4TcHFHMk95y4dJuGVDudxwQYafDHmXggMEaAdOqNYs6xcE1f-vGMu7BtQ__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

- Medina, G. (2012). Uso de tvss en estaciones de telecomunicaciones. Sartenejas, Julio.
<http://159.90.80.55/tesis/000156856.pdf>
- Monterroso-Pacheco, P. (2013). Sistema de protección eléctrica en radio bases de telefonía móvil. <https://hdl.handle.net/2238/3122>
- Moreano, R. (2010). Metodología para evaluar la Calidad de Servicio de las Telecomunicaciones.
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3730/1/2010AJIEE-50.pdf>
- NFPA 780, (2020). Estándar para la instalación de sistemas de protección contra rayos.
<https://www.infoteknico.com/nfpa-780-2020/>
- Noé Rondón, J. A. (2009) Propuesta de diseño del sistema de protección contra fallas de origen atmosférico en estaciones de comunicaciones.
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/238>
- Osiptel. (2018). Despliegue de Estaciones Base Celular en el Perú. Peru:
<https://sociedadtelecom.pe/2018/08/20/despliegue-de-estaciones-base-celular-en-el-peru/>.
- Pérez Lantaron, R. J. (2006). Sistema de puesta a tierra en baja tensión.
https://www.lareferencia.info/vufind/Record/PE_dc8b294e35ffed5b5633a28971533c2a
- Poma Gomez, R. A. (2020). Influencia de un sistema de aterramiento por contrapesos horizontales en la optimización de la resistencia de puesta a tierra de las torres de transmisión de la línea de 33 kV pertenecientes a Electroperu S. A.
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8238?locale=es>.
- Quezada Calle, E. R. (2017). Incidencia de las tormentas eléctricas en el funcionamiento de los canales de voz en los enlaces de telecomunicaciones.
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8300>
- Quiñónez Gómez, M. Á. (2014). Estudio y mejoramiento de los sistemas de puesta a tierra para protección de los equipos de telecomunicaciones, centrales telefónicas y laboratorios de la Facultad Técnica en la UCSG.
<http://201.159.223.180/handle/3317/2824>
- Quispe Machaca, R. W., & Gutierrez Aquino, Y. R. (2018). Diseño e implementación de diferentes sistemas de puestas a tierra para los laboratorios de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la UNA-Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/8955>
- Reyes, I. (2005). Método de Recolección de Datos. Carabao Venezuela: UCV.
<https://1library.co/article/distribuci%C3%B3n-weibull-para-el-conductor-de-aluminio.q05v9o9y>

- Rivero, M. (2015). Diseño de un programa para proyectar la protección externa de edificaciones contra descargas atmosféricas (Doctoral dissertation, Universidad Central" Marta Abreu" de Las Villas). <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/3199>
- Rodríguez, A. Q. (2015). Protección de datos y telecomunicaciones convergentes (Vol. 2014). Boletín Oficial del Estado. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=6YUSEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=proteccion+interior+telecomunicaciones&ots=NSPMunVE7b&sig=RdO1NFYyDwDtUET7MJoaCNscq88#v=onepage&q=proteccion%20interior%20telecomunicaciones&f=false>
- Roig Navarro, J. (2021). Caracterización y Mantenimiento en Dispositivos Eléctricos para Ensayos con Sistema de Cebado para la Protección de Sobretensiones (Doctoral dissertation). <https://riunet.upv.es/handle/10251/178636>
- Sampieri, H. (2014). *Metodología de la Investigación*. (Sexta Edición ed.). México: McGraw-Hill. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Serrano, M. E. H., & Villagrán, C. G. G. (2008). Sistema de puesta a tierra y protección para sistemas de telecomunicaciones. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica. <https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/1/573/579/3190.pdf>
- Siñani Canaza, S., & Mamani Villca, N. S. Re-diseño del sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra tormentas electricas SOBOCE SA (Doctoral dissertation). <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/15445>
- Tiuquinga, P., & Danilo, M. (2011). Sistema Puesta a Tierra para el Laboratorio de Máquinas Eléctricas de la Escuela de Ingeniería Electrónica (Bachelor's thesis). <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/618>
- Vallejos Guerrero, P. F. (2021). Diseño de una red integral de telecomunicaciones según las normas ANSI/TIA/EIA 568 C, 569C, 606 B, 607 B para el instituto técnico tecnológico superior "Cotacachi" (ITTS) (Bachelor's thesis). <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11611>
- Vásquez Jimenez, J. P., & Mendoza Mamani, Y. N. (2019). Calidad de servicio y su relación con la satisfacción del cliente en la empresa comercial y eventos Dibu EIRL Juliaca, durante el año 2019. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2853>
- Vásquez, M. T., & Uc, D. P. (2018). Análisis y diseño de comunicación punto a punto para enlace de datos: Analysis and design of point-to-point communication for data link. *Tecnología Educativa Revista CONAIC*, 5(1), 59-64. <https://www.terc.mx/index.php/terc/article/view/89>



- Villa, W. M., Rodríguez, J. M., Valencia, J. A., & Álvarez, J. E. (2009). Calculo del campo magnético en el interior de edificaciones con sistemas de protección contra rayos. *Información tecnológica*, 20(3), 45-54.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071807642009000300007&script=sci_arttext
- Viloria, B. N., & Dávila, M. (2009) Puesta a tierra en telecomunicaciones. criterios de selección y diseño.
http://bdigital.ula.ve/storage/pdftesis/pregrado/tde_arquivos/9/TDE-2010-02-02T16:05:31Z-731/Publico/ViloriaNestor.pdf
- Yujra Tarqui, J. N., Luque, T., & Amado, F. (2018). Mejora del mantenimiento de sistemas de puesta a tierra en redes de terminal de apertura muy pequeña utilizadas en comunicación de telefonía rural satelital (Doctoral dissertation).
<https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/16772>



ANEXOS

Anexo 1 Registro fotográfico de estructuras y mediciones de PAT

ESTACION BASE PUN96



Foto 1.- Medición antes de la mejora 59.15 Ω



Foto 2.- Medición después de la mejora 6.30 Ω

ESTACION BASE PUN100



Foto 3.- Medición antes de la mejora 59.02 Ω



Foto 4.- Medición después de la mejora 6.20 Ω

ESTACION BASE PUN107



Foto 5.- Medición antes de la mejora 28.39 Ω



Foto 6.- Medición después de la mejora 5.60 Ω

ESTACION BASE PUN108



Foto 7.- Medición antes de la mejora 33.82 Ω



Foto 8.- Medición después de la mejora 5.90 Ω

ESTACION BASE PUN110

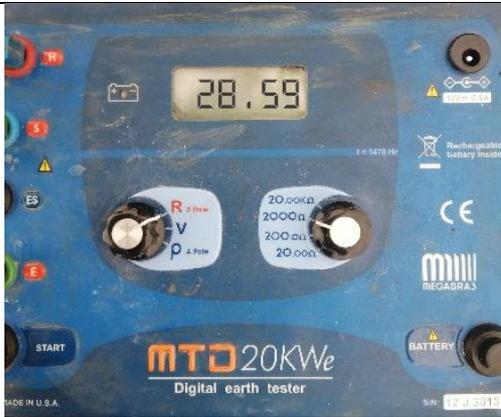


Foto 9.- Medición antes de la mejora 28.59 Ω



Foto 10.- Medición después de la mejora 5.80 Ω

ESTACION BASE PUN111



Foto 11.- Medición antes de la mejora 25.27 Ω



Foto 12.- Medición después de la mejora 2.30 Ω

ESTACION BASE PUN121



Foto 13.- Medición antes de la mejora 52.73 Ω



Foto 14.- Medición después de la mejora 3.70 Ω

ESTACION BASE PUN122



Foto 15.- Medición antes de la mejora 53.08 Ω



Foto 16.- Medición después de la mejora 4.90 Ω

ESTACION BASE PUN123



Foto 17.- Medición antes de la mejora 43.97 Ω



Foto 18.- Medición después de la mejora 4.30 Ω

ESTACION BASE PUN124



Foto 17.- Medición antes de la mejora 25.74 Ω



Foto 18.- Medición después de la mejora 3.80 Ω

ESTACION BASE PUN125



Foto 19.- Medición antes de la mejora 57.42 Ω



Foto 20.- Medición después de la mejora 3.70 Ω

ESTACION BASE PUN126



Foto 21.- Medición antes de la mejora 55.36 Ω



Foto 22.- Medición después de la mejora 4.70 Ω

ESTACION BASE PUN131



Foto 23.- Medición antes de la mejora 45.15 Ω



Foto 24.- Medición después de la mejora 4.20 Ω

ESTACION BASE PUN132



Foto 25.- Medición antes de la mejora 58.31 Ω



Foto 26.- Medición después de la mejora 6.10 Ω

ESTACION BASE PUN134



Foto 27.- Medición antes de la mejora 56.63 Ω



Foto 28.- Medición después de la mejora 5.30 Ω

ESTACION BASE PUN135



Foto 29.- Medición antes de la mejora
27.11 Ω



Foto 30.- Medición después de la mejora 5.70
Ω

ESTACION BASE PUN141



Foto 31.- Medición antes de la mejora
47.08 Ω



Foto 32.- Medición después de la mejora 4.40
Ω

ESTACION BASE PUN145



Foto 33.- Medición antes de la mejora
32.90 Ω



Foto 34.- Medición después de la mejora 4.90
Ω

ESTACION BASE PUN146



Foto 35.- Medición antes de la mejora 32.67 Ω



Foto 36.- Medición después de la mejora 4.80 Ω

ESTACION BASE PUN147



Foto 37.- Medición antes de la mejora 26.26 Ω



Foto 38.- Medición después de la mejora 4.80 Ω

ESTACION BASE PUN149



Foto 39.- Medición antes de la mejora 26.77 Ω



Foto 40.- Medición después de la mejora 4.80 Ω

ESTACION BASE PUN155



Foto 41.- Medición antes de la mejora 26.74 Ω



Foto 42.- Medición después de la mejora 6.70 Ω

ESTACION BASE PUN157



Foto 43.- Medición antes de la mejora 28.96 Ω



Foto 44.- Medición después de la mejora 3.70 Ω

ESTACION BASE PUN158



Foto 45.- Medición antes de la mejora 36.31 Ω



Foto 46.- Medición después de la mejora 4.60 Ω

ESTACION BASE PUN159



Foto 47.- Medición antes de la mejora 56.18 Ω



Foto 48.- Medición después de la mejora 5.20 Ω

ESTACION BASE PUN160



Foto 49.- Medición antes de la mejora 32.79 Ω



Foto 50.- Medición después de la mejora 3.00 Ω

ESTACION BASE PUN169



Foto 51.- Medición antes de la mejora 25.97 Ω



Foto 52.- Medición después de la mejora 3.30 Ω

ESTACION BASE PUN170



Foto 53.- Medición antes de la mejora 46.94 Ω



Foto 54.- Medición después de la mejora 3.10 Ω

ESTACION BASE PUN173



Foto 55.- Medición antes de la mejora 59.12 Ω



Foto 56.- Medición después de la mejora 2.20 Ω

ESTACION BASE PUN174



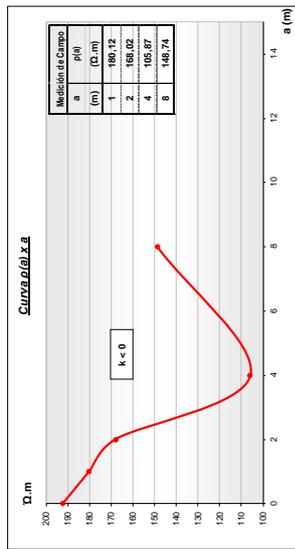
Foto 57.- Medición antes de la mejora 56.93 Ω



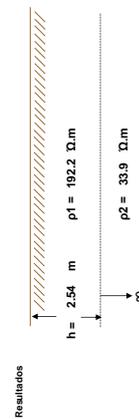
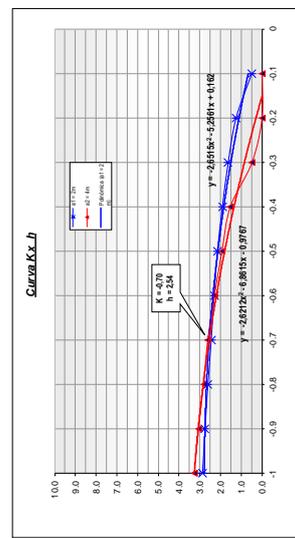
Foto 58.- Medición después de la mejora 5.00 Ω

Anexo 2 Resultados de estratificación de terreno

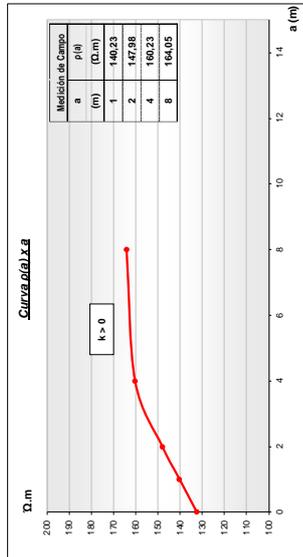
1.- ESTACION BASE PUNO0



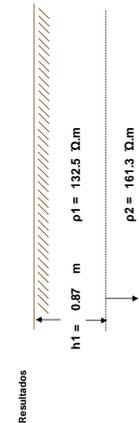
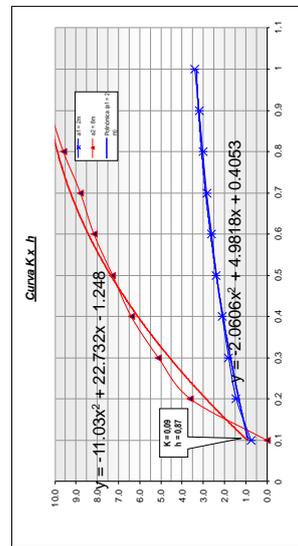
ai=2	ai=4	ai=8								
K	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
h(a)	0.24	0.62	0.81	0.95	1.07	1.15	1.22	1.30	1.37	1.43
h'(a)	0.48	1.24	1.62	1.90	2.14	2.30	2.44	2.60	2.74	2.86
h''(a)	0.00	0.00	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90
h'''(a)	0.00	0.00	0.00	0.12	0.38	0.48	0.57	0.65	0.70	0.76
h''''(a)	0.00	0.00	0.00	0.48	1.52	1.92	2.28	2.60	2.80	3.04



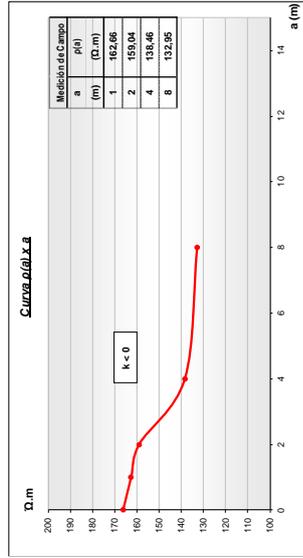
2.- ESTACION BASE PUNO1



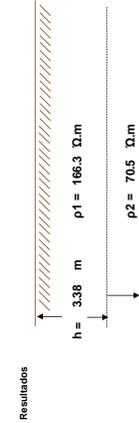
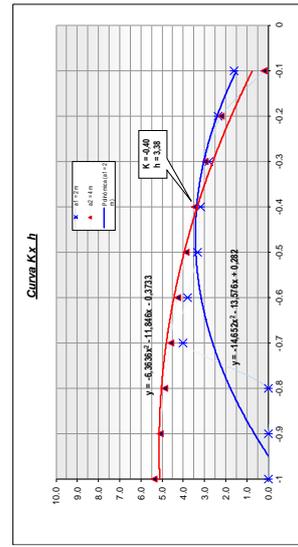
ai=2	ai=4	ai=8								
K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
h(a)	0.37	0.72	0.90	1.05	1.19	1.30	1.42	1.51	1.60	1.70
h'(a)	0.74	1.44	1.80	2.10	2.38	2.60	2.84	3.02	3.20	3.40
h''(a)	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
h'''(a)	0.00	0.45	0.64	0.80	0.91	1.02	1.10	1.20	1.28	1.36
h''''(a)	0.00	3.60	5.12	6.40	7.28	8.16	8.80	9.60	10.24	10.88



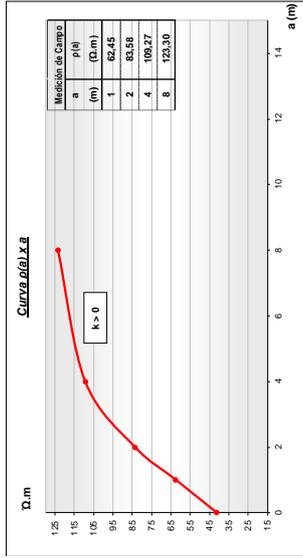
3.- ESTACION BASE PUNO2



ai=2	ai=4	ai=8								
K	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
h(a)	0.80	1.17	1.40	1.60	1.67	1.90	2.00	0.00	0.00	0.00
h'(a)	1.60	2.34	2.80	3.20	3.34	3.80	4.00	0.00	0.00	0.00
h''(a)	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
h'''(a)	0.05	0.45	0.74	0.87	0.97	1.07	1.15	1.22	1.27	1.34
h''''(a)	0.20	2.20	2.86	3.48	3.88	4.28	4.60	4.88	5.08	5.36



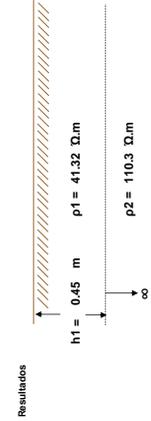
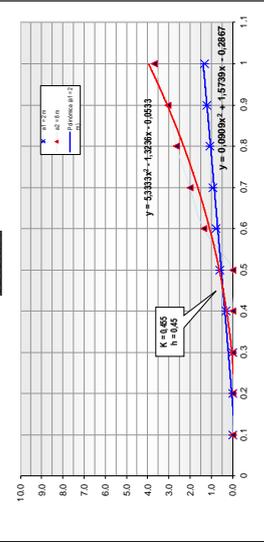
6. ESTACION BASE PUN111



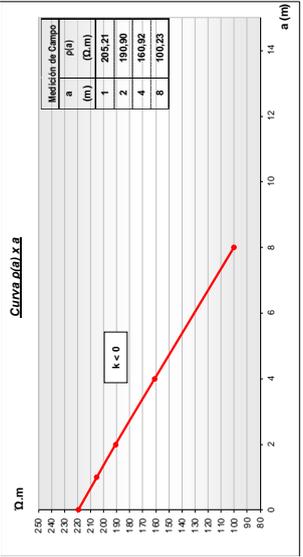
h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
0.00	0.00	0.00	0.15	0.29	0.36	0.46	0.53
0.00	0.00	0.00	0.30	0.58	0.76	0.92	1.06
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.25	0.33
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	2.00	2.64
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	3.04	3.68

h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.25	0.33
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.36	2.00	2.64
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.20	3.04	3.68

Curva Kx.h



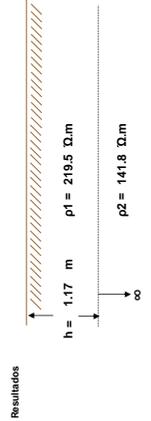
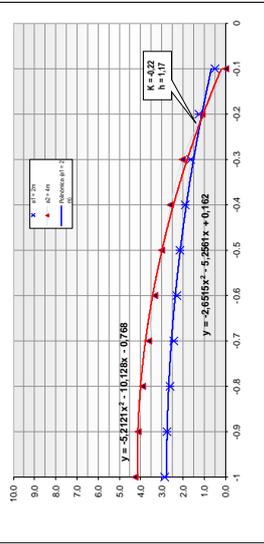
5. ESTACION BASE PUN110



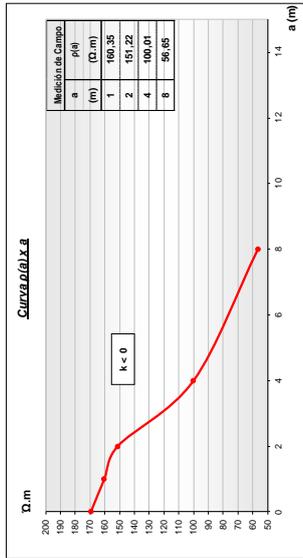
h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80
0.24	0.62	0.31	0.95	1.07	1.15	1.22	1.30
0.48	1.24	1.62	1.90	2.14	2.30	2.44	2.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80
0.24	0.62	0.31	0.95	1.07	1.15	1.22	1.30
0.48	1.24	1.62	1.90	2.14	2.30	2.44	2.60
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Curva Kx.h



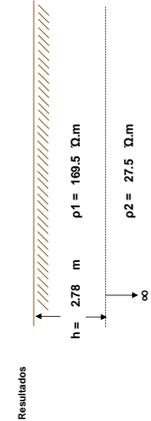
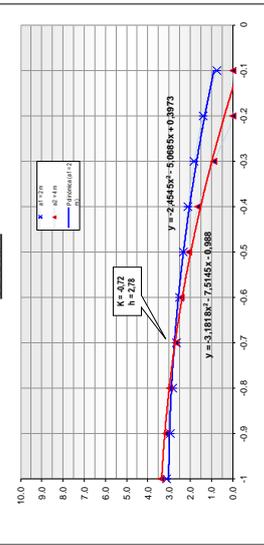
4. ESTACION BASE PUN108



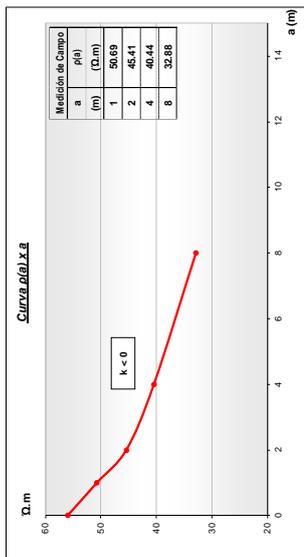
h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80
0.37	0.70	0.90	1.05	1.16	1.25	1.33	1.42
0.74	1.40	1.80	2.10	2.32	2.50	2.66	2.84
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

h (m)	K	M	N	h (m)	K	M	N
-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80
0.37	0.70	0.90	1.05	1.16	1.25	1.33	1.42
0.74	1.40	1.80	2.10	2.32	2.50	2.66	2.84
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Curva Kx.h

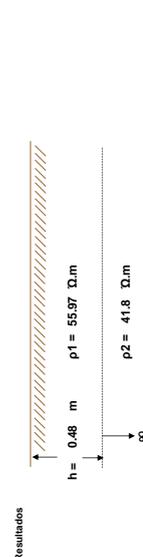
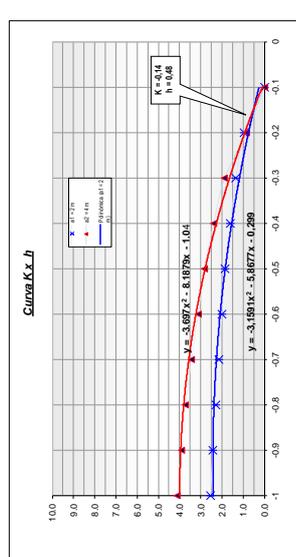


10- ESTACION BASE PUN124

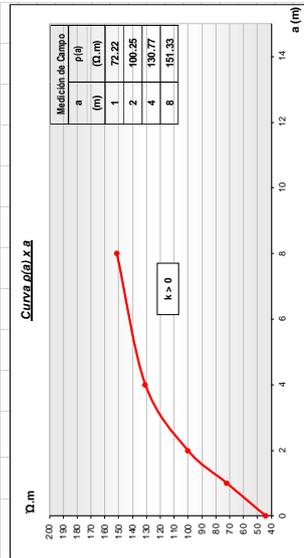


K	0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.81	0.67	0.60	0.52	0.45	0.38	0.32	0.27	0.22	0.18
$\frac{h_1}{h_2}$	0.95	1.34	1.60	1.84	2.00	2.14	2.30	2.42	2.52	2.62

K	0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.73	0.47	0.50	0.71	0.78	0.86	0.93	0.98	1.03	1.07
$\frac{h_1}{h_2}$	0.84	1.68	2.40	2.84	3.12	3.46	3.72	3.92	4.12	4.32

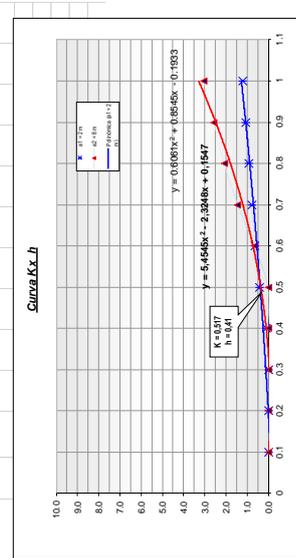


11- ESTACION BASE PUN125

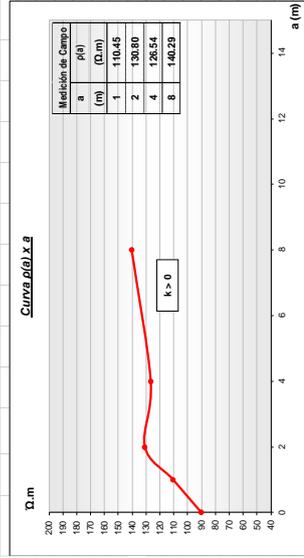


K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.44	0.41	0.38	0.35	0.32	0.29	0.26	0.23	0.20	0.18
$\frac{h_1}{h_2}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.16	0.26	0.32	0.38

K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.302	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	1.44	2.08	2.56
$\frac{h_1}{h_2}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	1.44	2.08	2.56

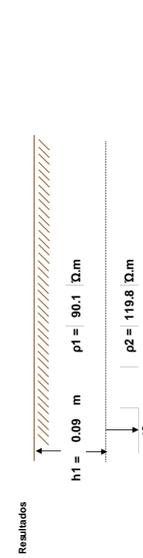
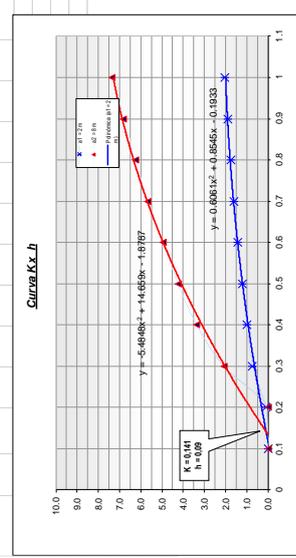


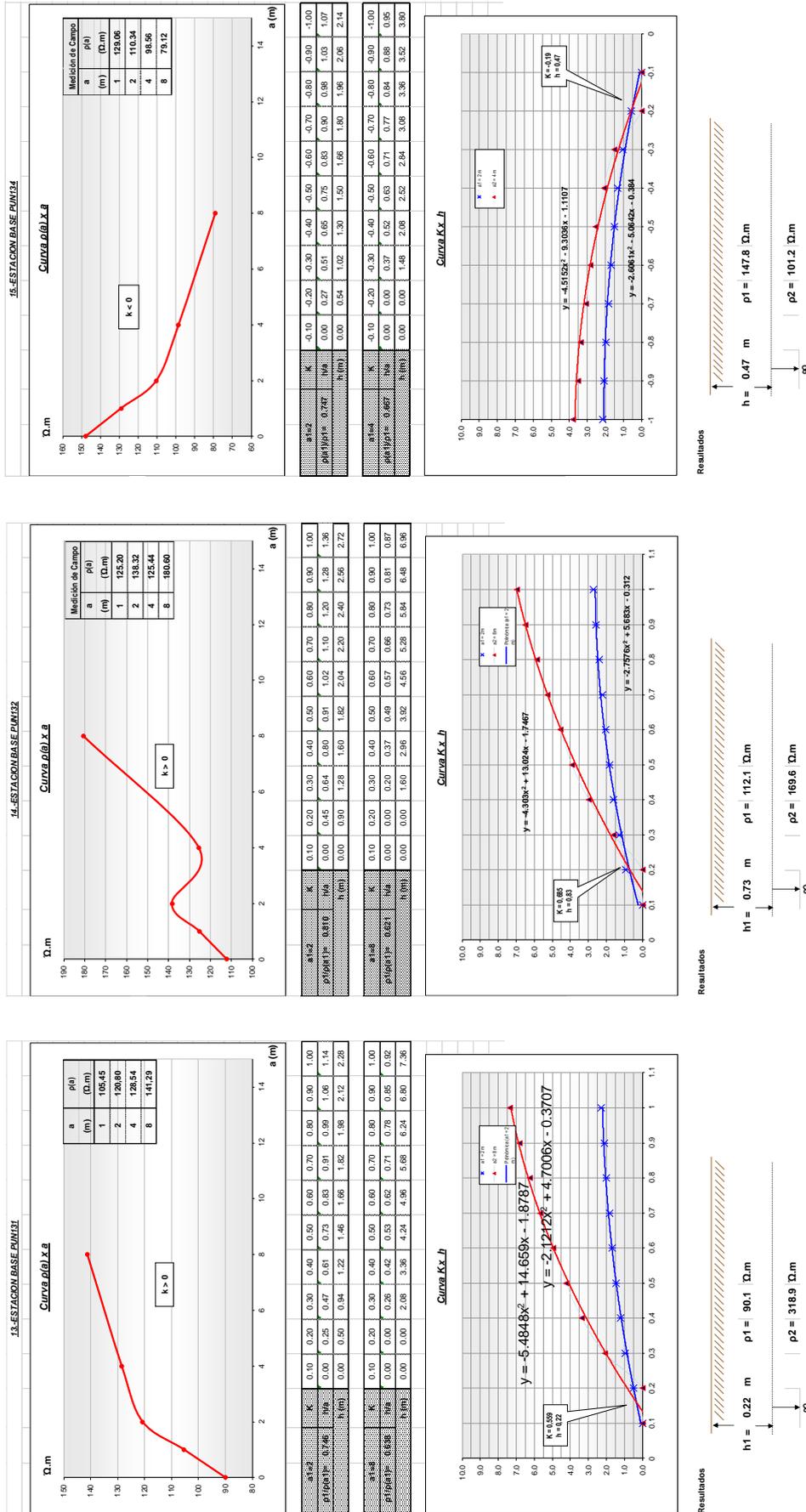
12- ESTACION BASE PUN126

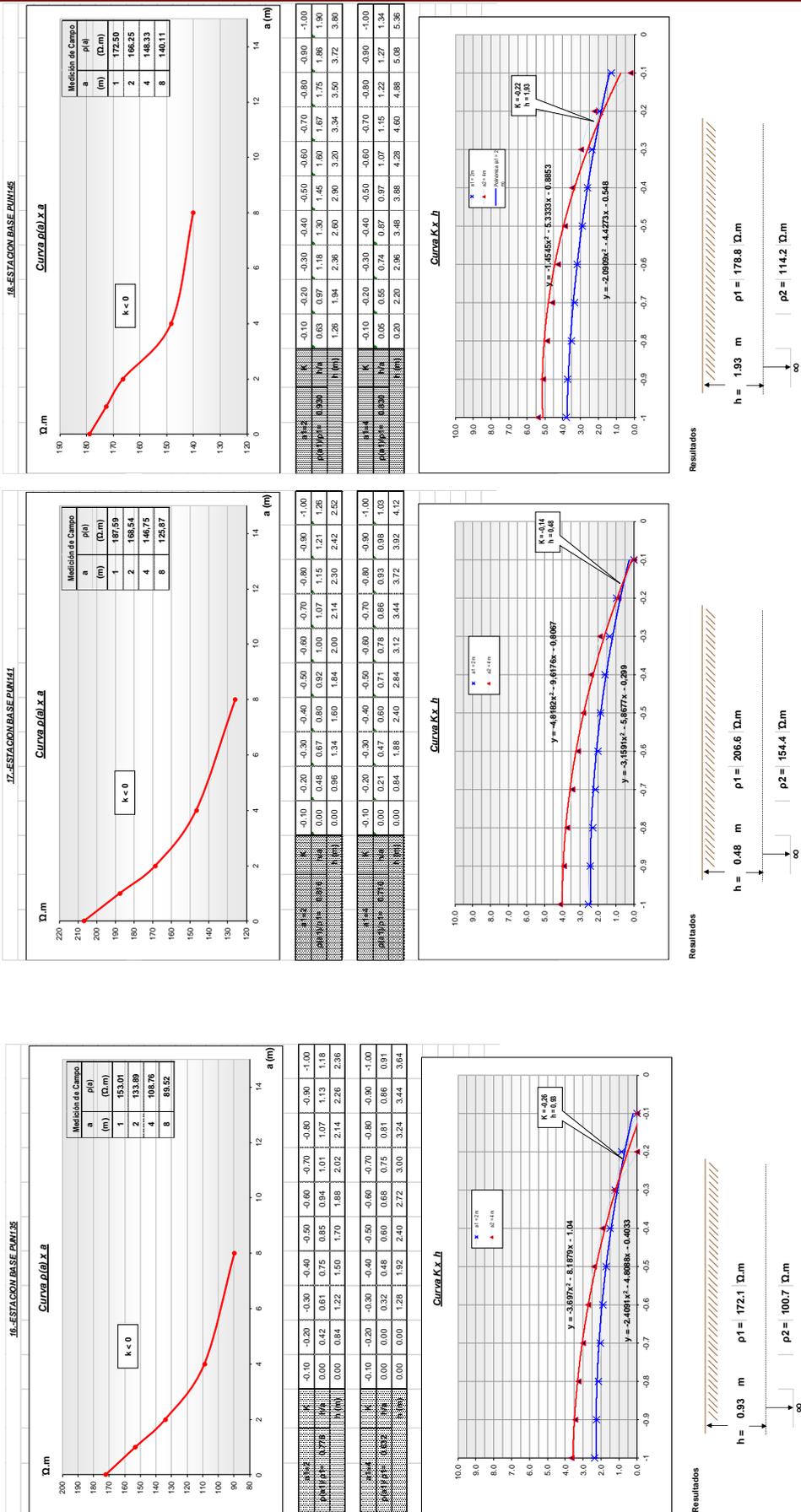


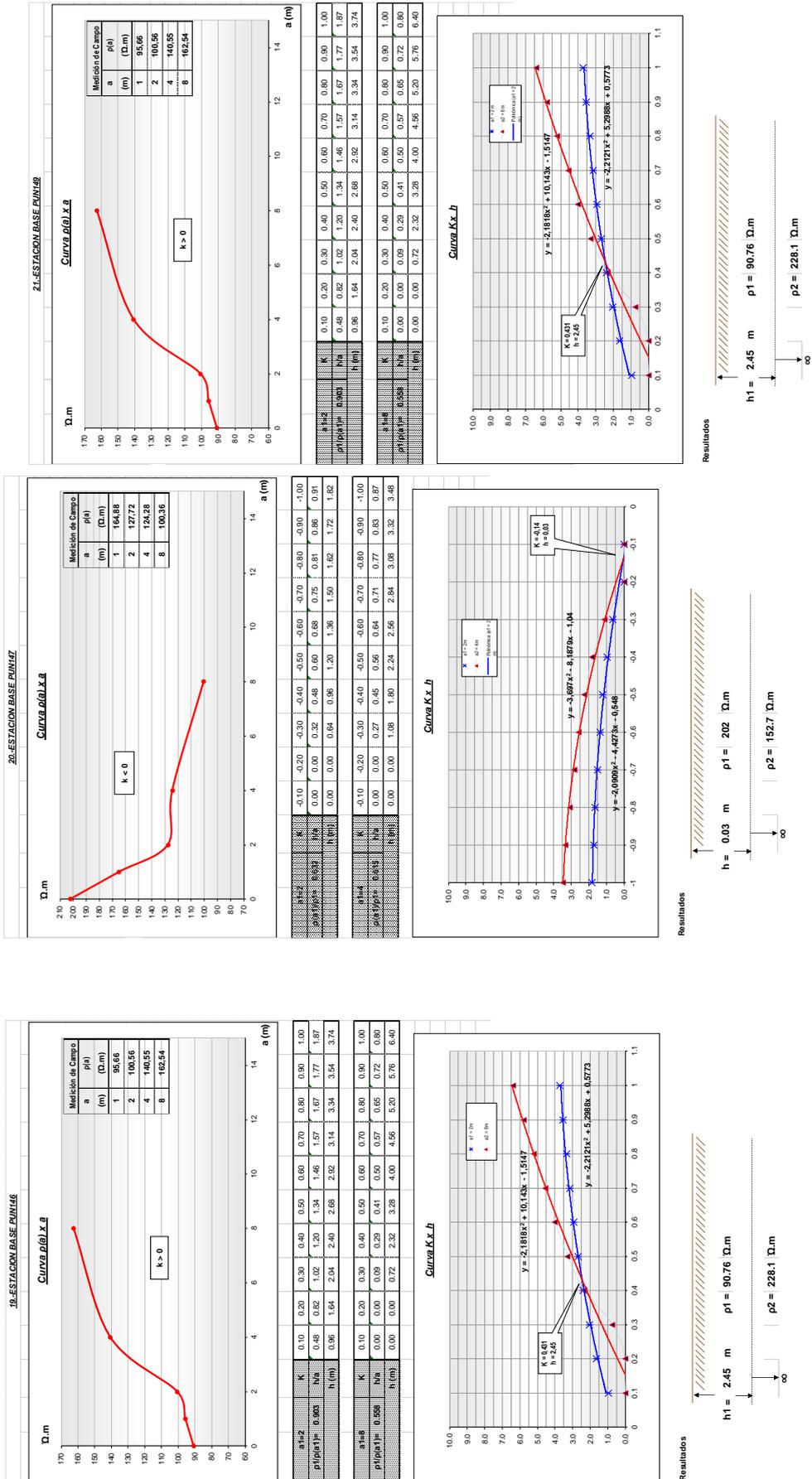
K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.69	0.56	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
$\frac{h_1}{h_2}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.42	0.53	0.62	0.71

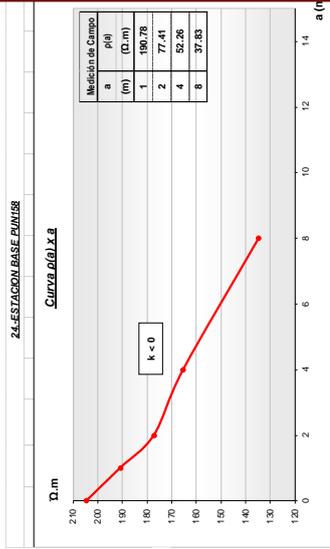
K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$\frac{p_1}{p_2} \frac{h_1}{h_2}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\frac{h_1}{h_2}$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.08	3.36	4.24	4.98	5.68



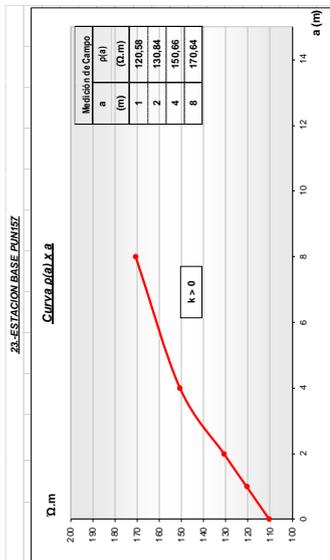
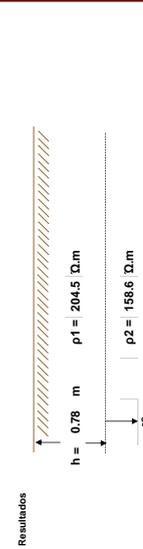
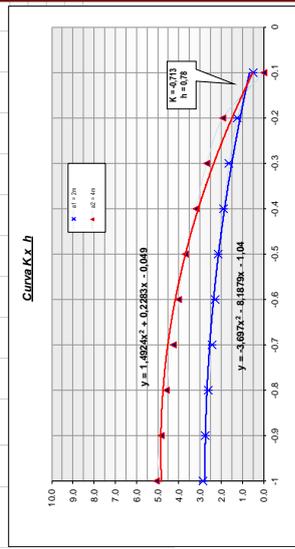




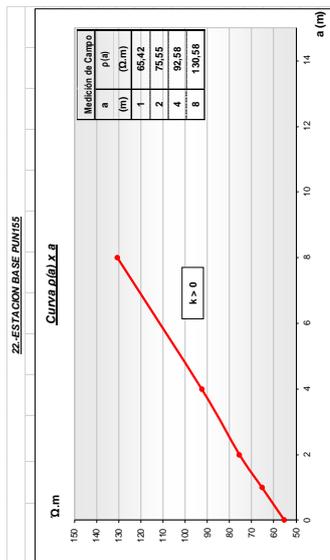
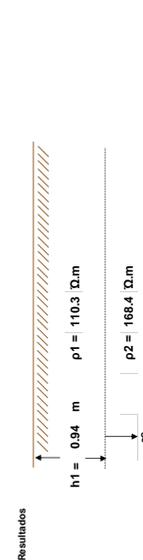
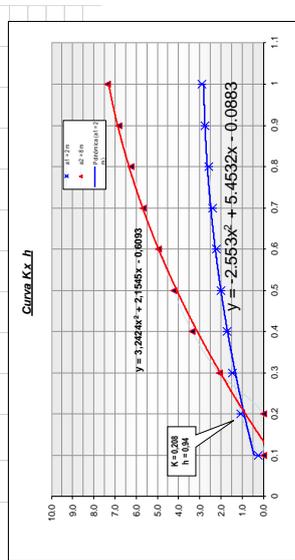




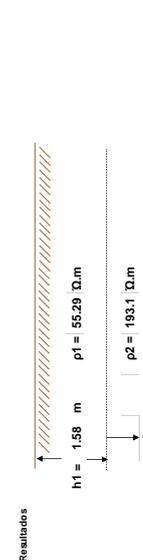
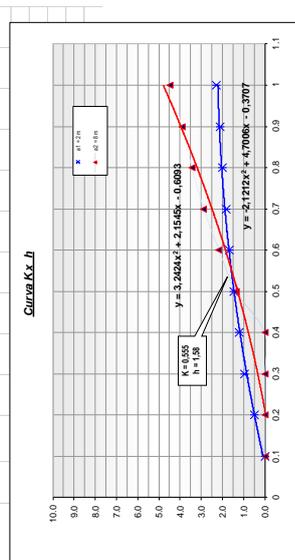
a (m)	K	h (m)	K	h (m)	K	h (m)	K	h (m)	K	h (m)
1	0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
2	0.24	0.62	0.91	0.95	1.07	1.15	1.22	1.30	1.37	1.45
4	0.48	1.24	1.62	1.90	2.14	2.30	2.44	2.60	2.74	2.88
8	0.96	2.48	3.24	4.18	5.28	6.60	8.16	10.00	12.12	14.40

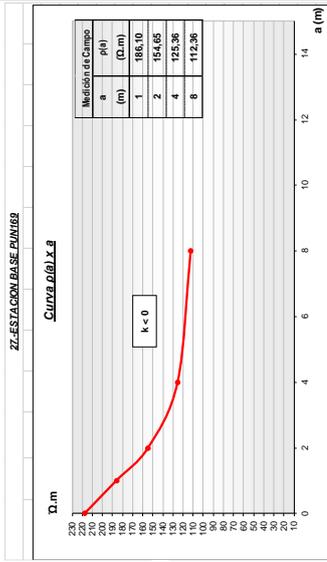


a (m)	K	h (m)	K	h (m)						
1	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	0.12	0.53	0.72	0.86	1.00	1.10	1.20	1.29	1.37	1.45
4	0.24	1.06	1.44	1.72	2.00	2.20	2.40	2.58	2.74	2.90
8	0.48	2.12	2.88	3.44	4.40	5.60	7.12	9.16	11.72	14.80



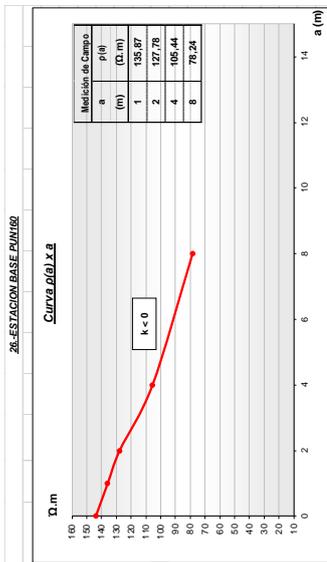
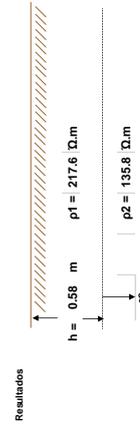
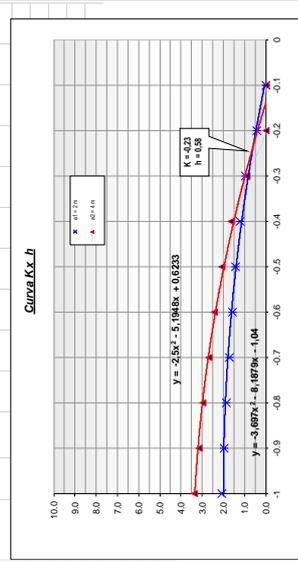
a (m)	K	h (m)								
1	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
2	0.00	0.25	0.47	0.61	0.73	0.83	0.91	0.99	1.06	1.14
4	0.00	0.50	0.94	1.22	1.46	1.66	1.82	1.98	2.12	2.28
8	0.00	1.00	1.88	2.44	3.12	3.96	5.04	6.48	8.32	10.56





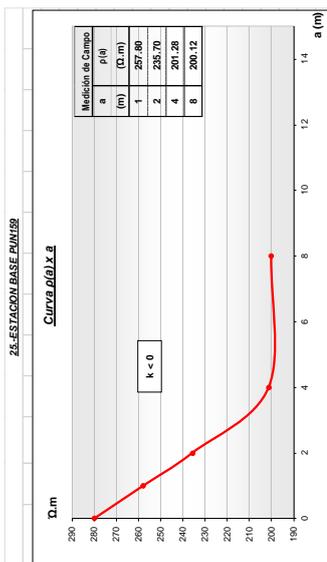
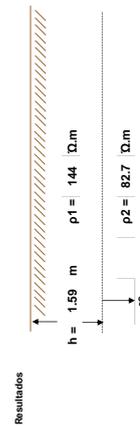
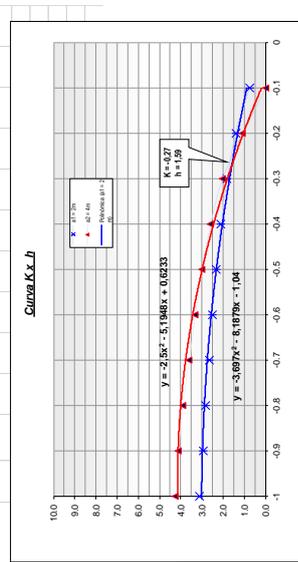
h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.711	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.711	0.00	0.21	0.47	0.60	0.71	0.76	0.86
0.711	0.00	0.42	0.94	1.20	1.42	1.56	1.72

h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.878	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.878	0.00	0.00	0.22	0.41	0.52	0.61	0.67
0.878	0.00	0.00	0.88	1.64	2.08	2.44	2.68



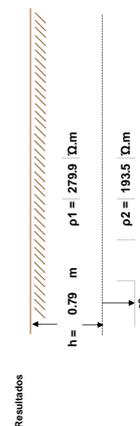
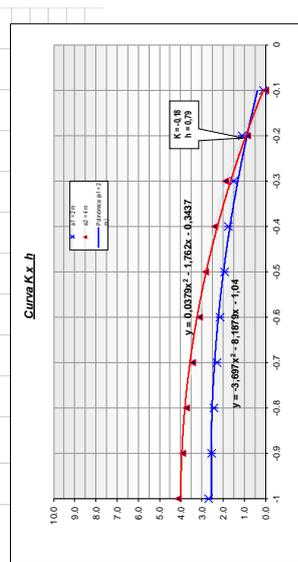
h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.884	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.884	0.37	0.70	0.90	1.05	1.16	1.25	1.33
0.884	0.74	1.40	1.90	2.10	2.32	2.50	2.66

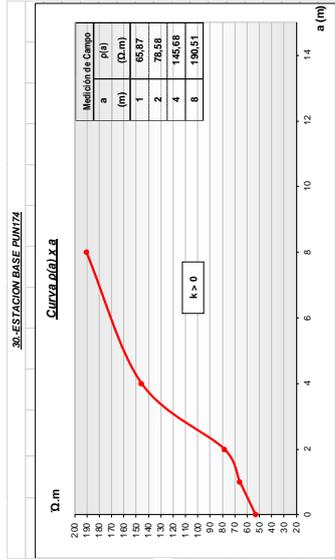
h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.729	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.729	0.00	0.27	0.51	0.65	0.75	0.83	0.90
0.729	0.00	1.08	2.04	2.60	3.00	3.32	3.60



h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.942	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.942	0.05	0.65	0.74	0.87	0.97	1.07	1.15
0.942	0.10	1.10	1.48	1.74	1.94	2.14	2.30

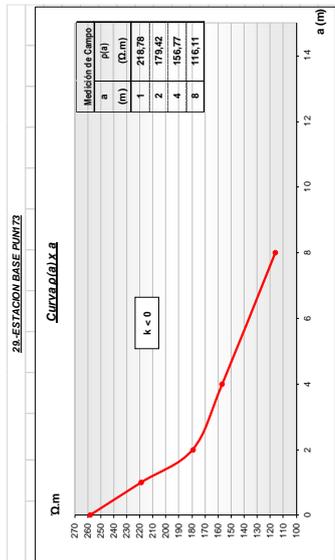
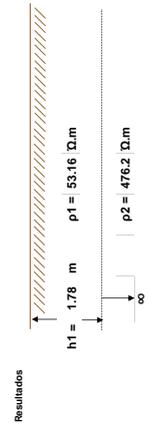
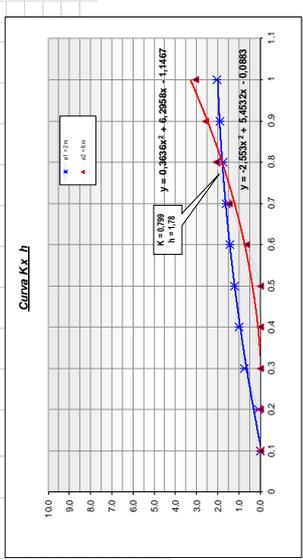
h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K	h(m)	K
0.774	-0.10	0.20	-0.30	0.40	-0.50	0.60	-0.70
0.774	0.00	0.21	0.47	0.60	0.71	0.78	0.86
0.774	0.00	0.84	1.88	2.40	2.84	3.12	3.44





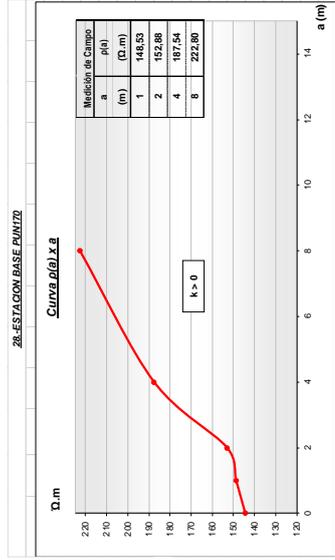
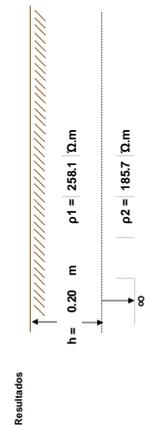
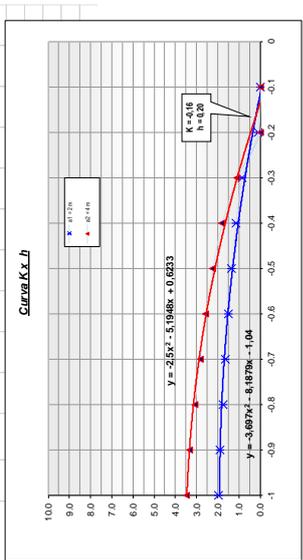
$h=2$	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$p_1(p_1) =$	N/a	0.00	0.05	0.36	0.50	0.61	0.71	0.80	0.87	0.94	1.02
$h(p_1) =$	N/a	0.00	0.10	0.72	1.00	1.22	1.42	1.60	1.74	1.88	2.04

$h=4$	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$p_1(p_1) =$	N/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.18	0.26	0.32	0.36
$h(p_1) =$	N/a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	1.44	2.08	2.56	3.04



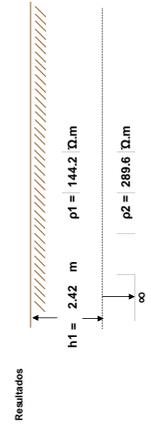
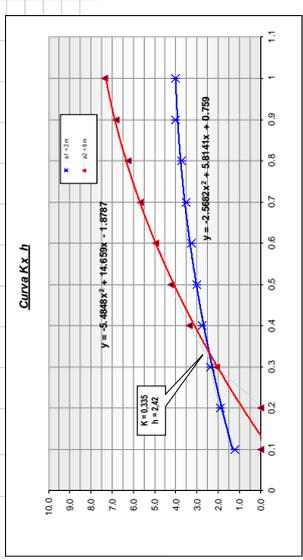
$h=2$	K	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
$p_1(p_1) =$	0.835	0.00	0.05	-0.42	-0.57	-0.67	-0.74	-0.82	-0.87	-0.94	-0.98
$h(p_1) =$	N/a	0.00	0.10	0.84	1.14	1.34	1.48	1.64	1.74	1.88	1.96

$h=4$	K	-0.10	-0.20	-0.30	-0.40	-0.50	-0.60	-0.70	-0.80	-0.90	-1.00
$p_1(p_1) =$	0.807	0.00	0.00	0.27	0.45	0.56	0.64	0.71	0.77	0.83	0.87
$h(p_1) =$	N/a	0.00	0.00	1.06	1.80	2.24	2.56	2.84	3.08	3.32	3.48



$h=2$	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$p_1(p_1) =$	0.842	0.60	0.95	1.18	1.37	1.50	1.62	1.75	1.87	2.00	2.00
$h(p_1) =$	N/a	1.20	1.90	2.36	2.74	3.00	3.24	3.50	3.74	4.00	4.00

$h=4$	K	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80	0.90	1.00
$p_1(p_1) =$	0.827	0.00	0.00	0.26	0.42	0.53	0.62	0.71	0.78	0.85	0.92
$h(p_1) =$	N/a	0.00	0.00	2.08	3.36	4.24	4.96	5.68	6.24	6.80	7.36



Anexo 3 Protocolos de Medición de PAT

ANEXO 3 PROTOCOLO DE MEDICION DE PAT EN BTS												
EMPRESA PROPIETARIA: VIETTEL PERU SAC												
EQUIPO DE TRABAJO: MANTENIMIENTO Y EMERGENCIAS PUNO												
UBICACIÓN DE BTS: PUNO												
Datos generales del Equipo			Metodo de Medicion			Grafico de conexión						
<p>Medición de resistencias de puesta a tierra (3 bornes), resistividad específica del suelo (4 bornes) y tensiones presentes en el terreno. Exactitud : Medición de resistencias: \pm (2% del valor medido + 1% del máximo valor de la escala utilizada) Medición de tensión: \pm (2% del valor medido + 1% del fondo de escala). Temperatura de operación : -10°C a 50°C. Potencia y Corriente de salida : Opera con una potencia de salida inferior a 0,5 W, y con una corriente inferior a 15 mA (pico a pico).</p>			<p>Clave en el terreno dos jabalinas (picas) auxiliares, la jabalina de corriente E3 y la jabalina de tensión E2, y conéctelas a través de los cables provistos, a los bornes H03 y S04 respectivamente. El borne E06 se debe conectar a la puesta a tierra cuya resistencia se quiere medir (E1) con el cable de 5 m (Ver fig. 01). Seleccione la posición R (3 pole) en la llave de FUNCIÓN08. Seleccione la posición de 20 kΩ en la llave de RANGO10 y oprima la tecla de START07.</p>									
Nro de BTS: PUN96			Nro de BTS: PUN100			Nro de BTS: PUN107			Nro de BTS: PUN108			
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	
20	10	6.3	20	10	6.2	20	10	5.6	20	10	5.9	
Nro de BTS: PUN110			Nro de BTS: PUN111			Nro de BTS: PUN121			Nro de BTS: PUN122			
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	
20	10	5.8	20	10	2.3	20	10	3.7	20	10	4.9	
Nro de BTS: PUN123			Nro de BTS: PUN124			Nro de BTS: PUN125			Nro de BTS: PUN126			
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	
20	10	4.3	20	10	3.8	20	10	3.7	20	10	4.7	
Nro de BTS: PUN131			Nro de BTS: PUN132			Nro de BTS: PUN134			Nro de BTS: PUN135			
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	
20	10	4.2	20	10	6.1	20	10	5.3	20	10	5.7	

Nro de BTS: PUN141			Nro de BTS: PUN145			Nro de BTS: PUN146			Nro de BTS: PUN147		
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso		
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21		
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°		
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)									
20	10	4.4	20	10	4.9	20	10	4.8	20	10	4.8
Nro de BTS: PUN149			Nro de BTS: PUN155			Nro de BTS: PUN157			Nro de BTS: PUN158		
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso		
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21		
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°		
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)									
20	10	4.8	20	10	6.7	20	10	3.7	20	10	4.6
Nro de BTS: PUN159			Nro de BTS: PUN160			Nro de BTS: PUN169			Nro de BTS: PUN170		
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso		
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21		
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°		
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)									
20	10	5.2	20	10	3	20	10	3.3	20	10	3.1
Nro de BTS: PUN173			Nro de BTS: PUN174								
Tipo de Terreno: Pedregoso			Tipo de Terreno: Pedregoso								
Fecha: 10/04/21			Fecha: 10/04/21								
Angulo de inclinacion: 90°			Angulo de inclinacion: 90°								
Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)	Distancia D1(m)	Distancia D2(m)	Resistencia (ohm)						
20	10	2.2	20	10	5						

Anexo 4 Protocolos de Medición de Resistividad Aparente

EMPRESA PROPIETARIA: VIETTEL PERU SAC												
EQUIPO DE TRABAJO: MANTENIMIENTO Y EMERGENCIAS PUNO												
UBICACIÓN DE BTS: PUNO												
Datos generales del Equipo				Metodo de Medicion				Grafico de conexión				
Medición de resistencias de puesta a tierra (3 bornes), resistividad específica del suelo (4 bornes) y tensiones presentes en el terreno. Exactitud : Medición de resistencias: \pm (2% del valor medido + 1% del máximo valor de la escala utilizada) Medición de tensión: \pm (2% del valor medido + 1% del fondo de escala). Temperatura de operación : -10°C a 50°C. Potencia y Corriente de salida : Opera con una potencia de salida inferior a 0,5 W, y con una corriente inferior a 15 mA (pico a pico).				Clave en el terreno cuatro jabalinas (picas), bien alineadas y con separación constante D, como se indica en la fig. 02. En esta medición la distancia entre jabalinas es crítica, ya que interviene en el cálculo de resistividad. Seleccione la posición ρ (4 pole) en la llave de FUNCIÓN08 y conecte las jabalinas como se indica en la figura 02. Oprima la tecla START07 y encuentre la escala mas adecuada.								
Nro de BTS: PUN96				Nro de BTS: PUN100				Nro de BTS: PUN107				
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	
1	180.12	1131.73	$\rho_1=192.2$	1	140.23	881.09	$\rho_1=132.50$	1	162.66	1022.02	$\rho_1=166.30$	
2	168.02	2111.4	$h_1=2.54$	2	147.98	1859.57	$h_1=0.87$	2	159.04	1998.56	$h_1=3.38$	
4	105.87	2660.8	$\rho_2=33.9$	4	160.23	4027.02	$\rho_2=161.3$	4	138.46	3479.88	$\rho_2=70.5$	
8	148.774	7476.49		8	164.05	8246.05		8	132.95	6682.8		
Nro de BTS: PUN108				Nro de BTS: PUN110				Nro de BTS: PUN111				
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Cascajo				
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	
1	160.35	1007.51	$\rho_1=169.5$	1	205.21	1289.37	$\rho_1=219.50$	1	62.45	392.38	$\rho_1=41.32$	
2	151.22	1900.29	$h_1=2.87$	2	190.9	2398.92	$h_1=1.17$	2	83.58	1050.3	$h_1=0.45$	
4	100.01	2513.53	$\rho_2=27.50$	4	160.92	4044.36	$\rho_2=141.80$	4	109.27	2746.25	$\rho_2=110.30$	
8	56.65	2847.54		8	100.23	5038.11		8	123.3	6197.73		
Nro de BTS: PUN121				Nro de BTS: PUN122				Nro de BTS: PUN123				
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	
1	200.23	1258.08	$\rho_1=221.9$	1	136.84	859.79	$\rho_1=144.30$	1	195.2	1226.48	$\rho_1=204.20$	
2	178.56	2243.85	$h_1=1.92$	2	129.42	1626.34	$h_1=1.42$	2	186.24	2340.36	$h_1=1.42$	
4	125.45	3152.9	$\rho_2=68.20$	4	111.51	2802.55	$\rho_2=91$	4	171.8	4317.8	$\rho_2=146.10$	
8	122.54	6159.53		8	105.11	5283.4		8	130.45	6557.13		

Nro de BTS: PUN124				Nro de BTS: PUN125				Nro de BTS: PUN126			
Tipo de Terreno: Cascajo				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Cascajo			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	50.69	318.49	$\rho_1=55.97$	1	72.22	453.77	$\rho_1=44.19$	1	110.45	693.98	$\rho_1=90.10$
2	45.41	570.64	$h_1=0.48$	2	100.25	1259.78	$h_1=0.41$	2	130.8	1643.68	$h_1=0.09$
4	40.44	1016.37	$\rho_2=41.80$	4	130.77	3286.61	$\rho_2=138.70$	4	126.54	3180.3	$\rho_2=119.80$
8	32.88	1652.73		8	151.33	7606.68		8	140.29	7051.74	
Nro de BTS: PUN131				Nro de BTS: PUN132				Nro de BTS: PUN134			
Tipo de Terreno: Cascajo				Tipo de Terreno: Cascajo				Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	105.45	662.56	$\rho_1=90.10$	1	125.2	786.65	$\rho_1=112.10$	1	129.06	810.91	$\rho_1=147.80$
2	120.8	1518.02	$h_1=0.22$	2	138.32	1738.18	$h_1=0.73$	2	110.34	1386.57	$h_1=0.47$
4	128.54	3230.56	$\rho_2=318.90$	4	125.44	3152.65	$\rho_2=169.60$	4	98.56	2477.08	$\rho_2=101.20$
8	141.29	7102.01		8	180.6	9077.95		8	79.12	3977	
Nro de BTS: PUN135				Nro de BTS: PUN141				Nro de BTS: PUN145			
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	153.01	961.39	$\rho_1=172.10$	1	187.59	1178.66	$\rho_1=206.60$	1	172.5	1083.85	$\rho_1=178.80$
2	133.89	1682.51	$h_1=0.93$	2	168.54	2117.94	$h_1=0.48$	2	166.25	2089.16	$h_1=1.93$
4	108.76	2733.44	$\rho_2=100.70$	4	146.75	3688.23	$\rho_2=154.40$	4	148.33	3727.94	$\rho_2=114.20$
8	89.52	4499.77		8	125.87	6326.92		8	140.11	7042.7	
Nro de BTS: PUN146				Nro de BTS: PUN147				Nro de BTS: PUN149			
Tipo de Terreno: Rocoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Cascajo			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	95.66	601.05	$\rho_1=90.76$	1	164.88	1035.97	$\rho_1=202$	1	118.38	743.8	$\rho_1=90.76$
2	100.56	1263.67	$h_1=2.45$	2	127.72	1604.98	$h_1=0.03$	2	122.68	1541.64	$h_1=2.45$
4	140.55	3532.41	$\rho_2=228.10$	4	124.28	3123.5	$\rho_2=152.70$	4	127.14	3195.38	$\rho_2=228.10$
8	162.54	8170.15		8	100.36	5044.64		8	132.52	6661.18	
Nro de BTS: PUN155				Nro de BTS: PUN157				Nro de BTS: PUN158			
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Rocoso				Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	200.23	1258.08	$\rho_1=55.29$	1	136.84	859.79	$\rho_1=110.30$	1	195.2	1226.48	$\rho_1=204.50$
2	178.56	2243.85	$h_1=1.58$	2	129.42	1626.34	$h_1=0.94$	2	186.24	2340.36	$h_1=0.78$
4	125.45	3152.9	$\rho_2=193.10$	4	111.51	2802.55	$\rho_2=168.40$	4	171.8	4317.8	$\rho_2=158.60$
8	122.54	6159.53		8	105.11	5283.4		8	130.45	6557.13	

Nro de BTS: PUN159				Nro de BTS: PUN160				Nro de BTS: PUN169			
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	257.8	1619.81	$\rho_1=279.90$	1	135.87	853.7	$\rho_1=144$	1	186.1	1169.3	$\rho_1=217.60$
2	235.7	2961.89	$h_1=0.79$	2	127.78	1605.73	$h_1=1.59$	2	154.65	1943.39	$h_1=0.58$
4	201.28	5058.72	$\rho_2=193.50$	4	105.44	2650	$\rho_2=82.70$	4	125.36	3150.64	$\rho_2=135.80$
8	200.12	10059.13		8	78.24	3932.77		8	112.36	5647.83	
Nro de BTS: PUN170				Nro de BTS: PUN173				Nro de BTS: PUN174			
Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Pedregoso				Tipo de Terreno: Cascajo			
Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20				Fecha: 15/07/20			
Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)				Medicion realizada (paralelo a BTS)			
D (m)	ρ (medido) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)	D (m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (aparente) (ohm-m)	ρ (calculada)
1	148.53	933.24	$\rho_1=144.20$	1	218.78	1374.64	$\rho_1=258.10$	1	65.87	413.87	$\rho_1=53.16$
2	152.88	1921.15	$h_1=2.42$	2	179.42	2254.66	$h_1=0.20$	2	78.58	987.47	$h_1=1.78$
4	187.54	4713.39	$\rho_2=289.60$	4	156.77	3940.06	$\rho_2=185.70$	4	145.68	3661.34	$\rho_2=476.20$
8	222.8	11199.15		8	116.11	5836.33		8	190.51	9576.08	