



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“Diseño de red inalámbrica con torres repetidoras, abastecido con sistema fotovoltaico, para proveer de internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto y alrededores”**

Autor:

**Garro Gómez, Miguel Alejandro**

Asesor:

**Oliden Núñez, Héctor Antonio**

**Lambayeque – Perú**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

Autor:

**Garro Gómez, Miguel Alejandro**

Aprobado por el Jurado Examinador

**PRESIDENTE** : M.Sc. Carlos Augusto, Chambergo Larrea .....

**SECRETARIO** : M.Sc. Amado, Aguinaga Paz .....

**MIEMBRO** : Ing. Nestor Daniel, Puyen Mateo .....

**ASESOR** : Ing. Héctor Antonio, Oliden Núñez .....

**Lambayeque – Perú**

**2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL**  
**“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y**  
**ELÉCTRICA**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“Diseño de red inalámbrica con torres repetidoras, abastecido con sistema fotovoltaico, para proveer de internet asequible al centro poblado de nuevo chirimoto y alrededores”**

**CONTENIDOS:**

**CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.**

**CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.**

**CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN.**

**CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.**

**CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

**Autor: Garro Gómez, Miguel Alejandro**

---

M.Sc. Chamberg Larrea, Carlos Augusto  
**PRESIDENTE**

---

M.Sc. Aguinaga Paz, Amado  
**SECRETARIO**

---

Ing. Puyen Mateo, Nestor Daniel  
**MIEMBRO**

---

Ing. Oliden Núñez Héctor Antonio  
**ASESOR**

**LAMBAYEQUE – PERÚ**  
**2019**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Elmer y Alicia, por tanta dedicación y cariño incondicional, por estar presente en los momentos más importantes de mi vida, por apoyarme en cada decisión y motivarme en mi formación profesional.

A mis hermanos, Elmer y Donina, me orientan y están siempre brindándome su apoyo.

A mi novia Lorena, por permitirme ser parte de su vida, por brindarme su amor y creer en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por bendecirme, por brindarme salud y por hacer realidad este sueño que tanto anhelaba.

A mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por creer en mí y en mis expectativas.

Mi agradecimiento y estima al Ing. Héctor Oliden Núñez, asesor del presente trabajo de investigación, por su compromiso y dedicación.

A la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, que mediante sus docentes, inculcaron durante mi etapa universitaria conocimiento, experiencia en mi desarrollo profesional.

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación se ha desarrollado para el centro poblado de Nuevo Chirimoto ubicado en el departamento de Amazonas, esta comunidad forma parte de muchas de las zonas rurales aisladas que hay en nuestro Perú, esto debido a la carencia casi total de infraestructuras de comunicación y acceso a la información, por ello se plantea llevar conectividad, mediante un diseño de red inalámbrica y proveerlos de internet asequible.

El proyecto plantea realizar la evaluación técnica y económica de un diseño de red inalámbrica desde el distrito de Moyobamba hasta el centro poblado de Nuevo Chirimoto, así mismo proponer nuevos usos de las energías renovables, ya que al realizar el análisis de las zonas óptimas para el desarrollo del enlace, tres zonas eran las consideradas, siendo en una de ellas necesaria la implementación de un sistema fotovoltaico.

El diseño de red inalámbrica abarcó cuatro subsistemas, estos comprenden el sistema de telecomunicación, sistema de energía, sistema de protección y sistema de estructura; cada sistema fue dimensionado mediante cálculos y datos obtenidos por softwares como Google Earth, Airlink, Nastec, ellos sirvieron para considerar los equipos de telecomunicación, el consumo máximo del sistema, el dimensionamiento fotovoltaico, las condiciones de protección y detalles para las estructuras.

La implementación fue sometida a estudio, en el cual se logra determinar que el diseño de red inalámbrica propuesto es económicamente rentable, satisfaciendo con una instalación de 100Mbs de ancho de banda, para poder abastecer de internet asequible, hasta un total de 50 usuarios.

Se recomienda seguir proponiendo el uso de sistemas fotovoltaicos en la aplicación a las telecomunicaciones, ya que da acceso a una herramienta muy importante como es el internet, una herramienta versátil con gran potencial para el desarrollo socio económico.

## **ABSTRACT**

This research project has been developed for the town center of Nuevo Chirimoto located in the department of Amazonas, this community is part of many of the isolated rural areas in our Peru, due to the almost total lack of communication infrastructure and access to information, therefore it is proposed to bring connectivity, through a wireless network design and provide them with affordable internet.

The project proposes to carry out the technical and economic evaluation of a wireless network design from the Moyobamba district to the town center of Nuevo Chirimoto, as well as to propose new uses of renewable energies, since when analyzing the optimal areas for link development, three areas were considered, one of them being necessary to implement a photovoltaic system.

The wireless network design covered four subsystems, these include the telecommunication system, power system, protection system and structure system, each system was sized using calculations and data obtained by software such as Google Earth, Airlink, Nastec, they served to consider telecommunication equipment, maximum system consumption, photovoltaic sizing, protection conditions and details for structures.

The implementation was submitted to study, in which it is possible to determine that the proposed wireless network design is economically profitable, satisfying with an installation of 100Mbs of bandwidth, to be able to provide affordable internet, up to a total of 50 users.

It is recommended to continue proposing the use of photovoltaic systems in the application to telecommunications, since it gives access to a very important tool such as the internet, a versatile tool with great potential for socio-economic development.

# ÍNDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT .....	IV
INTRODUCCIÓN .....	XII
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	6
1.6. LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.7. OBJETIVOS.....	7
1.7.1. Objetivo general .....	7
1.7.2. Objetivos específicos .....	8
2.1. ANTECEDENTES.....	9
2.1.1. Redes Inalámbricas.....	13
2.1.2. Alternativas tecnológicas .....	14
2.2. TECNOLOGÍA Wi-Fi.....	15
2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN .....	17
2.3.1. Repetidor .....	17
2.3.2. Torre de soporte.....	20
2.3.3. Equipos.....	23
2.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA .....	33
2.4.1. Energía solar .....	33
2.4.2. Radiación solar.....	34
2.4.3. Medición de la radiación solar .....	36
2.4.4. Horas del sol pico (HSP).....	37
2.5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	38
2.5.1. Generador fotovoltaico o campo de paneles.....	39
2.5.2. Controlador de carga .....	46
2.5.3. Baterías .....	49
2.5.4. Convertidor o inversor.....	53
2.5.5. Componentes auxiliares.....	55
2.5.6. Condiciones de instalación de módulos solares .....	56

2.5.7.	Ventajas y desventajas .....	58
2.6.	DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN .....	60
2.6.1.	Sistema integral de protección eléctrica .....	61
2.6.2.	Recomendaciones para el sistema integral de protección.....	73
2.7.	DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ESTRUCTURA .....	75
2.7.1.	Torres arriostradas o atirantadas.....	75
2.7.2.	Procedimiento de análisis y diseño de torres atirantadas de sección triangular .....	78
2.7.3.	Consideraciones sobre la modelación y análisis.....	80
2.7.4.	Tipos de material de elementos de la torre .....	83
2.8.	EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN.....	86
2.8.1.	Inversión .....	86
2.8.2.	Horizonte de evaluación.....	86
2.8.3.	Tasa de interés.....	87
2.8.4.	Flujo de cajas .....	88
2.8.5.	Indicadores .....	88
2.9.	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA .....	90
3.1.	TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	94
3.1.1.	Investigación explicativa .....	94
3.1.2.	Investigación de datos primarios .....	94
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA .....	94
3.3.	FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS .....	95
3.4.	VARIABLE – OPERACIONALIZACIÓN.....	95
3.5.	MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	97
3.5.1.	Métodos de investigación.....	97
3.5.2.	Técnicas de investigación .....	97
3.6.	DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	98
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS .....	99
4.1.	PROPUESTA DE ESTUDIO .....	100
4.2.	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO .....	104
4.2.1.	Equipos para la sistema de telecomunicación .....	104
4.2.2.	Equipos para el sistema Energía.....	107
4.2.3.	Equipos para el sistema de Protección .....	109
4.2.4.	Equipos para el sistema de estructura .....	110
5.1.	INTERNET SATELITAL PARA ZONAS RURALES .....	112
5.1.1.	Costo del internet satelital.....	114

5.2.	PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN.....	116
5.2.1.	Ancho de banda .....	116
5.2.2.	Línea de vista .....	117
5.2.3.	Coordenadas del enlace punto Moyobamba - Nuevo Chirimoto .....	118
5.2.4.	Altura de la Torre.....	119
5.2.5.	Simulación del Enlace .....	120
5.3.	CONSUMO MÁXIMO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN.....	122
5.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA.....	123
5.4.1.	Radiación solar de la zona.....	123
5.4.2.	Parámetros de dimensionamiento .....	125
5.4.3.	Cálculo del Generador Fotovoltaico .....	126
5.4.4.	Cálculo de la capacidad de baterías.....	127
5.4.5.	Calculo de capacidad del controlador de carga .....	128
5.4.6.	Cálculo del convertidor regulador de tensión <i>VDC - VDC</i> .....	129
5.4.7.	Selección de conductores eléctricos .....	130
5.1.1.	Selección de componentes del sistema de la red de energía .....	133
5.1.2.	Energía eléctrica generada – SFV.....	138
5.1.3.	Balance de energía generada y consumida .....	141
5.2.	PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN .....	142
5.2.1.	Captación del rayo con pararrayo PDC lónico – 755.....	142
5.2.2.	Derivación y disipación de la energía con puesta a tierra.....	145
5.2.3.	Recomendaciones para el sistema integral de protección.....	147
5.2.4.	Consideraciones para la instalación .....	147
5.3.	PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE ESTRUCTURA.....	148
5.3.1.	Soporte del módulo solar .....	148
5.3.2.	Gabinete para SFV.....	151
5.3.3.	Torre arriostrada.....	152
5.3.4.	Especificaciones de montaje .....	152
5.3.5.	Pasos a seguir en la instalación .....	154
5.4.	ANÁLISIS ECONÓMICO FINANCIERO .....	157
5.4.1.	Inversión y estructura del financiamiento .....	158
5.4.2.	Inversión en el punto Moyobamba y el punto Nuevo Chirimoto .....	158
5.4.3.	Inversión en el Punto SFV .....	161
5.4.4.	Costo general del proyecto .....	164
5.4.5.	Flujo de caja proyectado .....	166
5.4.6.	Rentabilidad del proyecto.....	171

5.4.7. Valor Actual Neto (VAN) .....	172
5.4.8. Tasa Interna de Retorno (TIR).....	172
5.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	173
CAPÍTULO VI.....	177
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	177
6.1 CONCLUSIONES.....	177
6.2 RECOMENDACIONES .....	179
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	180
BIBLIOGRAFÍA .....	180
LINKOGRAFIA .....	181
ANEXOS.....	183

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de la variable dependiente e independiente. ....	96
Tabla 2: Técnicas e instrumentos en la investigación. ....	99
Tabla 3: Cotización del internet con tecnología satelital. ....	115
Tabla 4: Consumo máximo del sistema de telecomunicación punto SFV. ....	122
Tabla 5: Datos de radiación solar-Punto SFV .....	124
Tabla 6: Consumo del sistema de telecomunicación y HPS .....	125
Tabla 7: Parámetros de dimensionamiento. ....	125
Tabla 8: Características eléctricas del módulo solar. ....	126
Tabla 9: Resultados del dimensionamiento SFV .....	130
Tabla 10: Sección de los conductores del SFV.....	132
Tabla 11: Parámetros generales del módulo solar. ....	133
Tabla 12: Características del convertidor regulador. ....	138
Tabla 13: Energía generada SFV.....	140
Tabla 14: Detalles técnicos del pararrayos.....	144
Tabla 15: Detalles técnicos del soporte solar CV915.....	149
Tabla 16: Detalles técnicos del gabinete Gardium kingston silver. ....	151
Tabla 17: Detalles técnicos de torre arriostada. ....	152
Tabla 18: Desviación de la torre con respecto a la vertical. ....	154
Tabla 19: Inversión del sistema de telecomunicación punto Moyobamba-N.Chirimoto. ....	159
Tabla 20: Inversión del sistema de estructura punto Moyobamba-N. Chirimoto .....	160
Tabla 21: Inversión del sistema de protección punto Moyobamba-N. Chirimoto. ....	161
Tabla 22: Inversión del sistema de telecomunicación en el punto SFV.....	162
Tabla 23: Inversión del sistema de energía en el punto SFV.....	162
Tabla 24: Inversión del sistema de protección en el punto SFV.....	163
Tabla 25: Inversión del sistema de estructura en el punto SFV.....	164
Tabla 26: Costo total del proyecto. ....	165
Tabla 27: Depreciación anual de equipos.....	167
Tabla 28: Tarifa de internet de alta velocidad (Movistar) .....	168
Tabla 29: Propuesta del costo de servicio de internet inalámbrico Wi-Fi a usuario.....	169
Tabla 30: Flujo de caja proyectada.....	170
Tabla 31: Tasa Activa Anual. ....	171
Tabla 32: Valor Actual Neto. ....	172
Tabla 33: Tasa Interna de Retorno. ....	173
Tabla 34: Indicadores de rentabilidad.....	179

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ejemplo de torres repetidoras .....	18
Figura 2: Torre arriostrada o atirantada. ....	21
Figura 3: Torre autosoportada.....	22
Figura 4: Torre monopolo.....	23
Figura 5: Esquema de un acces point. ....	24
Figura 6: Modelo del Rocket 5AC Prism Gen2. ....	25
Figura 7: Antena RocketDish rd-5g30. ....	25
Figura 8: Adaptador poe activo o genérico.....	27
Figura 9: Adaptador poe pasivo. ....	27
Figura 10: Ruta de enlace Moyobamba-Nuevo Chirimoto.....	29
Figura 11: Ejemplo de perfil de elevación.....	30
Figura 12: Zona fresnel y sus tres regiones. ....	32
Figura 13: Pirheliómetro. ....	36
Figura 14: Piranómetro Kipp Zonen.....	37
Figura 15: Curvas de las horas sol pico. ....	38
Figura 16: Curva I-V.....	42
Figura 17: Efecto de intensidad de radiación solar.....	43
Figura 18: Efecto de la temperatura. ....	44
Figura 19: Conexión en paralelo de paneles diferentes. ....	45
Figura 20: Torre arriostrada con panel solar .....	46
Figura 21: Controlador o regulador solar PWM.....	47
Figura 22: Regulador o controlador solar MPPT.....	48
Figura 23: Batería de gel.....	49
Figura 24: Conexión de baterías.....	52
Figura 25: Inversor de corriente. ....	53
Figura 26: Orientación e inclinación de un panel solar. ....	58
Figura 27: Pararrayos ionizante pasivo punta franklin. ....	65
Figura 28: Pararrayos desionizantes PDCE. ....	68
Figura 29: Conductores de derivación.....	69
Figura 30: Sistema integral de puesta a tierra.....	71
Figura 31: Puesta a tierra equipotencial.....	74
Figura 32: Montaje de torre arriostrada.....	76
Figura 33: Variación de perfil de cable debido a la carga horizontal.....	78
Figura 34: Curva esfuerzo-deformación del acero A36. ....	83
Figura 35: Elementos de un cable.....	85
Figura 36: Elementos de tracción y protección. ....	85
Figura 37: Diseño del sistema de telecomunicación. ....	106
Figura 38: Diseño del sistema de energía. ....	108
Figura 39: Diseño del sistema de protección y estructura.....	111
Figura 40: Visita a la comisaría PNP Nuevo Chirimoto.....	113
Figura 41: Montaje de la antena VSAT PNP Nuevo Chirimoto.....	113
Figura 42: Vista del enlace Moyobamba-Nuevo Chirimoto. ....	117
Figura 43: Perfil de elevación punto Moyobamba y punto SFV.....	118

Figura 44: Perfil de elevación punto SFV - punto Nuevo Chirimoto.....	119
Figura 45: Simulación en el punto Moyobamba-punto SFV.....	120
Figura 46: Simulación en el punto SFV-punto Nuevo Chirimoto.....	121
Figura 47: Aspectos generales del enlace.....	121
Figura 48: Entrada DC del inyector pasivo.....	123
Figura 49: Promedio diario de radiación solar punto SFV.....	124
Figura 50: Datos técnicos de conductores eléctricos.....	131
Figura 51: Diseño de panel Yingli 250Wp.....	134
Figura 52: Detalles técnicos de batería ritar 150 AH.....	135
Figura 53: Diseño de batería ritar 150 AH.....	135
Figura 54: Detalles técnicos del controlador MPPT BlueSolar 75/15.....	136
Figura 55: Modelo del controlador MPTT BlueSolar 75/15.....	137
Figura 56: Diseño del conversor regulador IZZOKE LM2596S.....	138
Figura 57: Balance de energía generada y consumido.....	141
Figura 58: Diseño del pararrayos PDC-755.....	143
Figura 59: Radio de protección del pararrayos PDC-755.....	144
Figura 60: Diseño del soporte solar CV915.....	149
Figura 61: Montaje del soporte del módulo solar en la torre.....	150
Figura 62: Diseño del gabinete GARDIUM kingstong Silver.....	151

## INTRODUCCIÓN

"El cambio hacia una economía de mercado mundial en los últimos diez años, ha producido cambios considerables para los pequeños productores. Ahora ellos necesitan entender la situación del mercado mundial para tomar oportunas y mejores decisiones sobre la gestión y la comercialización"<sup>1</sup>

Una de las características propias de la globalización es la importancia creciente de los medios de información y comunicación en todos los aspectos de intercambio social, cultural y económico, que han determinado que algunos círculos de investigadores denominen a nuestra época como la sociedad del conocimiento o de la información, la cual estaría sucediendo a la sociedad industrial.<sup>2</sup>

Internet como herramienta de alcance mundial es uno de los medios que puede hacer mejoras en el flujo de comunicación para las organizaciones de pequeños productores. Es una manera rápida para la comunicación y de fácil acceso a la información mundial necesaria para el desarrollo. El servicio de Internet a nivel local puede ser organizado y administrado fácilmente por grupos de usuarios u organizaciones de agricultores bien organizados.

---

<sup>1</sup> Mónica Besoain, personal de campo para la ONG chilena INPROA, Rengo, (Chile: Comunicación Personal, Julio, 1996).

<sup>2</sup> Dante Villafuente, "Acceso a internet en zonas rurales del Perú. Recogiendo mejores prácticas de gestión social de las tecnologías de información y comunicación", Universidad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador. (Julio, 2017).

Cuando los sistemas locales de Internet consiguen trabajar con sistemas de información sobre mercados nacionales e internacionales y pueden comunicarse pronto con compradores potenciales o intermediarios, se convierten en instrumentos estratégicos de planificación y decisión.<sup>3</sup>

Este proyecto tiene como finalidad, llevar internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto y alrededores, así mismo promover el uso de la energía renovable en la aplicación hacia las telecomunicaciones para zonas rurales aisladas, debido a la autonomía que proporciona y la flexibilidad que ello conlleva; es por ello que se plantea realizar el estudio de instalación y beneficios a corto y largo plazo de la implementación de red una red inalámbrica con torres repetidoras haciendo uso del sistema fotovoltaico.

---

<sup>3</sup> Departamento Económico y Social, Agricultura, expansión del comercio y equidad de género, <http://www.fao.org/docrep/009/a0493s/a0493s02.htm#TopOfPage>.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Las zonas rurales aisladas de países en vías de desarrollo son el contexto vital de más de la mitad de la población mundial, pese a lo cual es generalizada su casi total carencia de infraestructuras de comunicación y acceso a la información. El beneficio de dotar a estas zonas de conectividad a redes inalámbricas ha sido en los últimos años una preocupación del mayor orden de los agentes internacionales multilaterales de desarrollo, ya que es considerado en algunos casos un servicio básico, y es base importante para el crecimiento y la promoción humana.

Sin embargo, la gran cantidad de esfuerzos por generalizar el acceso a redes de comunicación en zonas aisladas de países en desarrollo suelen topar desde los primeros pasos con la ausencia de soluciones tecnológicas realmente apropiadas, realistas y sostenibles.<sup>4</sup>

La comunidad de Nuevo Chirimoto está ubicada en el distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas; ésta comunidad agrícola cuenta con más de 1000 habitantes, limita por el sur con el departamento de San Martín, pese a ser un lugar rico en especias con un clima tropical y ser un poblado en vías de desarrollo, no cuenta con el acceso a internet ni puede gozar de los beneficios que éste proporciona.

En cada rincón del territorio es factible disponer de una conexión de banda ancha o telefonía. Impensable hace unos años, ahora es una realidad y

---

<sup>4</sup> Luis Camacho y Carlos Rey, "Redes Inalámbricas Para Zonas Rurales", ( Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú )

muchas veces debido al desconocimiento de muchos ciudadanos aún siguen sin una conexión a Internet, independientemente del uso que se pueda hacer en el medio rural, las ventajas de poseer banda ancha son tales como trabajo, negocio, agricultura, formación, comunicación, información, etc.<sup>5</sup>

El centro poblado de Nuevo Chirimoto tiene acceso al servicio de internet únicamente con la tecnología del internet satelital; esta tecnología tiene como ventaja el acceso a zonas rurales y remotas pero con altas tarifas de instalación y un pago mensual que exceden los \$500 dólares mensuales, es por ello que, la única entidad que goza de esa tecnología es la “COMISARÍA PNP NUEVO CHIRIMOTO”, debido a ello el investigador opta por darles una alternativa de acceso al Internet, mediante una Red Inalámbrica con tecnología Wi-Fi, ya que esta tecnología es de fácil acceso, tiene un costo mensual poco elevado y en comparación a la tecnología Satelital goza de la ventaja de velocidad y buenas tasas de transferencia. En la investigación se da solución al acceso a esta tecnología Wi-Fi haciendo un enlace desde el distrito de Moyobamba hasta el centro poblado de Nuevo Chirimoto.

Para llevar a cabo el proyecto de red inalámbrica con tecnología Wi-Fi hacia el centro poblado de Nuevo Chirimoto y alrededores, es necesaria la instalación de una red de torres repetidoras con enlace punto a punto, para ello, necesita hacer uso de una torre con sistema fotovoltaico, esto debido a que la instalación requiere que se cumpla con todas prestaciones de servicio, donde es necesario que todas torres tengan una ubicación con buena línea de vista y no se vea afectada por interrupciones tales como

---

<sup>5</sup> Emiliano Pérez Ensaldi, Ciencia y Tecnología, una docena de ventajas de tener internet en el medio rural, <http://unadocenade.com/una-docena-de-ventajas-de-tener-internet-en-el-medio-rural/> (28 de octubre de 2013)

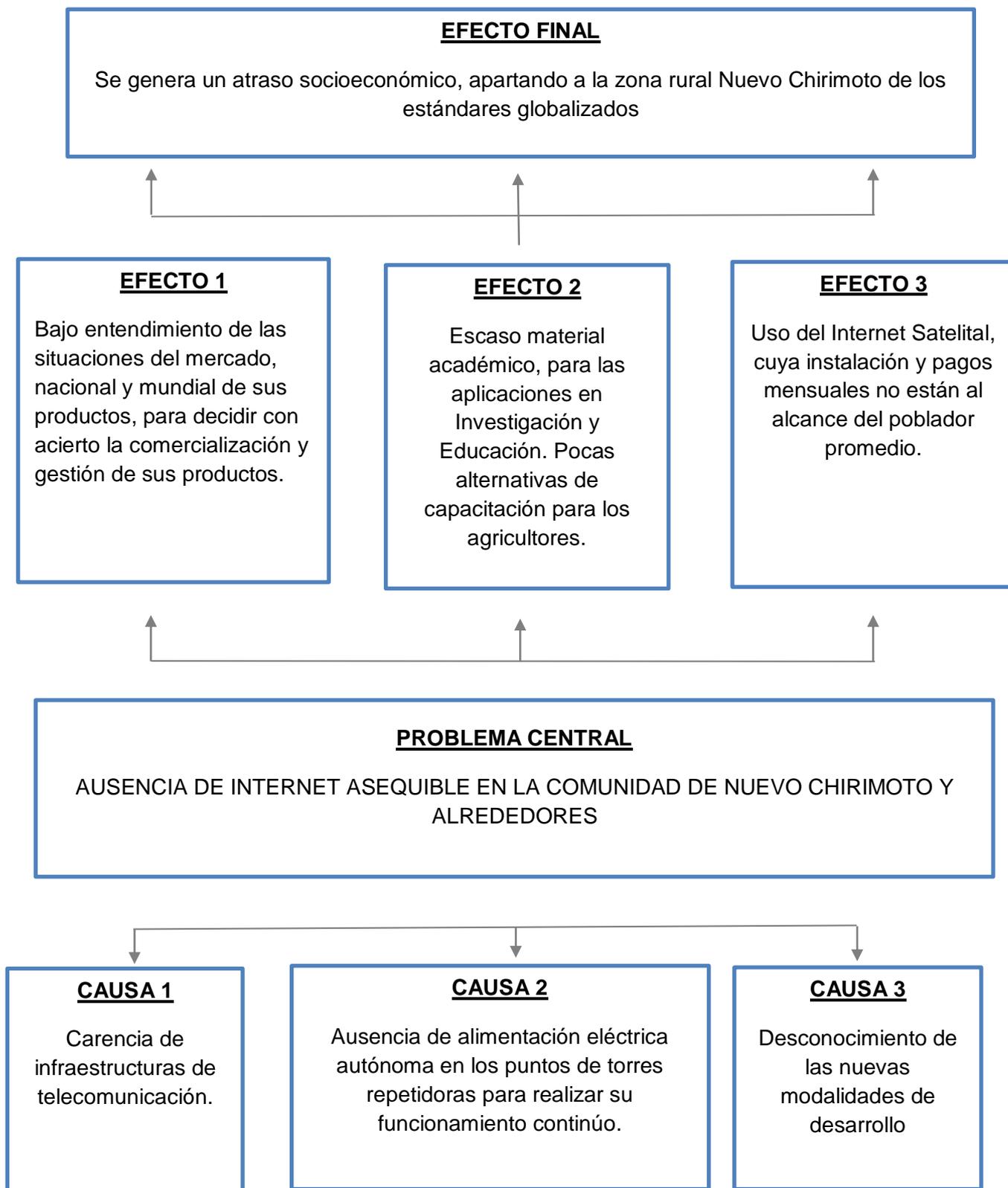
cerros y árboles; éstas ubicaciones han sido consideradas por softwares como el google earth, gps inteligente que hacen posible generar una ruta con perfiles de elevación y así poder considerar el trazo correcto para las torres repetidoras. Uno de los puntos considerados se encuentra desprovisto de energía eléctrica es por ello que, para realizar este proyecto es necesario el uso de un sistema fotovoltaico (SFV) como fuente de energía.

## **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El centro poblado de Nuevo Chirimoto es una zona rural aislada, es por ello que, cuenta con acceso al internet sólo con la tecnología satelital, que es de fácil acceso, pero de instalación y tarifas mensuales muy caras, motivo por el cual no puede ser implementado para el uso de los pobladores. Esta tecnología en su mayoría es para uso corporativo, esto conlleva a que sea la comisaría PNP de Nuevo Chirimoto la única entidad que pueda tener acceso a dicha instalación.

En el siguiente gráfico se presenta el árbol de causas – problemas – efectos.

## ÁRBOL DE PROBLEMA-CAUSA-EFECTO



Como apreciamos, la falta de una conexión a internet viable y asequible, generada a partir de un enlace sostenible, es un problema que aqueja a la zona rural de Nuevo Chirimoto.

### **1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Es viable realizar una red inalámbrica con sistema fotovoltaico que permita llevar internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto?

¿Cuáles serían las ventajas de poseer tecnología Wi-Fi frente a la tecnología Satelital?

### **1.4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación se realizó en el centro poblado de Nuevo Chirimoto, distrito Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas, al norte del Perú; limita por el noreste con el distrito de Vista alegre, por el sureste con el departamento de San Martín, por el suroeste con el distrito de Chirimoto, el distrito de Malpuc y el distrito de Santa Rosa y por el noroeste con el distrito de San Nicolás.

El distrito de Omia cuya población está estimada en más de 6700 habitantes, abarca una superficie de  $175,13\text{Km}^2$ , es de clima cálido-tropical donde abunda la cantidad de orquídeas y animales exóticos; las actividades económicas más rescatables de los pobladores son la agricultura y ganadería, convirtiéndose en una población exportadora de café, cacao, sachá inchi y productos lácteos; posee gran atractivo turístico, sobresaliendo los baños termales de aguas azufradas de Tocuya, las cavernas de estalactitas y estalagmitas.

La investigación tuvo un tiempo estimado de 5 meses, en las que se recopiló información, se dialogó con el poblador para ver las necesidades y utilidades que va a proveer la banda ancha. Procedimos a evaluar la viabilidad del proyecto realizando los cálculos de los perfiles de elevación, trazo de la ruta para establecer los puntos del montaje de torres con línea de vista, cálculo del sistema fotovoltaico de acuerdo a la carga total y los días de autonomía.

### **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

El proyecto nace con la necesidad de abastecer a los pobladores del centro poblado de Nuevo Chirimoto y alrededores con internet de banda ancha con, que esté al alcance de la economía del poblador promedio, ya que, la única alternativa con la que se ha contado por años es el internet satelital, la cual posee limitada velocidad, su instalación requiere de mucha inversión y las cuotas mensuales son elevadas. Con esto lo que se busca es darles una alternativa asequible que cumpla con las expectativas y así poder usar la Internet como nexo para promover el turismo, capacitaciones en la agricultura, mejoras en mercado laboral, mayor fuente de información para uso pedagógico, etc.

Así mismo, esta investigación pretende promover el uso de la energía renovable, que gracias a su flexibilidad es posible hacer viable este proyecto, ya que de no contar con esta alternativa no sería posible el montaje de las torres repetidoras.

El presente proyecto de investigación servirá como guía para los estudiantes de la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, estableciendo nuevas formas de aprovechar la energía renovable.

El desarrollo del proyecto de investigación permitirá al autor en lo personal, cumplir con una etapa más de formación profesional, como es obtener el título de Ingeniero Mecánico Electricista.

Por otra parte, en cuanto a su alcance, esta investigación abrirá nuevos caminos para estudios sustantivos que se presenten situaciones similares a la que aquí se plantea, sirviendo como marco referencial a éstas.

## **1.6. LIMITACIONES DE INVESTIGACIÓN**

El único acceso a la zona de montaje de las torres repetidoras con SFV es el camino de herradura, para llegar a dichos puntos es necesario el uso de acémila como única fuente de transporte.

Poca información acerca del uso de la energía renovable en aplicación a las telecomunicaciones.

Escasa información de los beneficios del internet como fuente de desarrollo socioeconómico en zonas rurales.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. Objetivo general**

- Realizar la evaluación técnica y económica del diseño de una red inalámbrica con torres repetidoras, haciendo uso del sistema fotovoltaico en una de ellas y proveer de internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto y alrededores.

### **1.7.2. Objetivos específicos**

- a) Dimensionar la ruta del enlace y determinar las zonas óptimas para la implementación de las torres repetidoras.
- b) Dimensionar el sistema de telecomunicación.
- c) Determinar el consumo máximo del sistema de telecomunicación en el punto con sistema fotovoltaico.
- d) Dimensionar el sistema de red de energía con los valores mínimos de radiación solar en la zona.
- e) Evaluar y diseñar el sistema de estructura.
- f) Evaluar y diseñar el sistema de protección.
- g) Determinar el costo de la inversión de todo el proyecto.
- h) Determinar los indicadores de rentabilidad económica.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES

Internet es un servicio que hasta ahora es un privilegio para las zonas urbanas y semiurbanas, pues en regiones remotas alrededor del mundo donde no hay siquiera infraestructura de telecomunicaciones y es casi improbable contar con un servicio de red, por ello, se están desarrollando iniciativas para llegar a más zonas rurales que han sido excluidas y en cierto modo sigue generando más atraso socioeconómico; para ello se han realizado estudios con el avance de la tecnología y las nuevas alternativas que éstas nos proporcionan, en este caso el uso de la energía solar se presenta como una alternativa inagotable y sostenible, para así obtener la fuente de energía que éstas necesitan, para ello se han realizado investigaciones tales como:

##### **Contexto Internacional**

El carácter modular de los generadores fotovoltaicos implica que se pueden constituir sistemas de suministro de energía eléctrica en un amplísimo rango de potencia.

Según Grupo NAP (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales), en perspectiva general de las aplicaciones fotovoltaicas, nos dice que, aunque la energía solar fotovoltaica se considera una forma cara de producir energía es, muy a menudo, en aplicaciones aisladas de la red, la solución más económica de suministro eléctrico. El crecimiento del mercado mundial indica que la electricidad solar ha penetrado en muchas áreas en las que se es económicamente viable. Además, el crecimiento rapidísimo de los

sistemas conectores a la red se ha hecho atractivo para particulares, compañías y gobiernos que desean contribuir al establecimiento de un sistema eléctrico más benigno con el medio ambiente.

Así mismo, rescata las aplicaciones aisladas de la energía solar, resaltando sus utilidades en la electrificación rural y las TICs (Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones), donde se plantea la relación TICs-energía solar fotovoltaica, señalando el valor añadido que las primeras pueden aportar en las diferentes campos de actividad fotovoltaica (fabricación, diseño, control de calidad, etc), resaltando muy especialmente, su aplicación en la gestión y control de grandes instalaciones para la venta de la producción a la red.

Por otra parte se especifican los diferentes escenarios de trabajo según sean las instalaciones conectadas a red (sobre suelo o sobre edificación) o aisladas de red. Además, se incluyen las aplicaciones profesionales de energía solar fotovoltaica, aplicaciones estas últimas en las que tradicionalmente se ha empleado esta forma de energía. Se incluye la presentación de la estructura general del proyecto tipo propuesto para las Instalaciones fotovoltaicas

Para finalizar se analizan las disposiciones legales más relevantes que afectan a las instalaciones solares fotovoltaicas.<sup>6</sup>

### **Contexto Nacional**

Las redes de telecomunicaciones inalámbricas y su sostenibilidad en entornos rurales pueden ser consideradas un fin en sí misma al interior de

---

<sup>6</sup> Grupo NAP, (Grupo de Nuevas Actividades Profesionales), “Energía Solar Fotovoltaica”, Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.

cada proyecto y la importancia que tiene su aseguramiento está en directa proporción a la adversidad del medio geográfico y al aislamiento del ámbito socio cultural en el que se extiende.

Según pretenden ofrecer una visión global sobre la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones inalámbricas implementadas en entornos rurales. Para asegurar la sostenibilidad de redes de telecomunicaciones desplegadas en zonas rurales es necesario considerar aspectos diversos y resolver, total o parcialmente algunos casos, las dificultades que cada entorno específico representa, en consideración que la problemática de la sostenibilidad de las redes de telecomunicaciones inalámbricas implementadas en entornos rurales se enmarca en la situación global del país (realidad socio-cultural y económica) y por tanto se plantea un análisis identificado en cinco aspectos interrelacionados y complementarios entre sí, como forma de comprender esta realidad, estos aspectos son (aspecto económico, aspecto tecnológico, aspecto social y organizativo, aspecto político y aspecto normativo).

En el diseño de subsistema de energía, nos especifica que en las zonas rurales se encuentran identificadas diferentes realidades que condicionan el diseño de los sistemas de abastecimiento eléctrico. Gran parte de las comunidades no cuenta con sistema alguno de abastecimiento eléctrico y el resto utiliza motores cuyo funcionamiento está sujeto a un suministro de combustible externo y muy variable. Estos motores suelen estar normalmente sin un buen control (tensiones extremas o variaciones). Por estas razones, una de las principales recomendaciones es que todo dispositivo sea provisto de su adecuado sistema de energía eléctrica, la

solución que recomiendan es el uso de paneles solares, baterías y accesorios.<sup>7</sup>

### **Contexto Local**

El restaurant “El Cruceñito”, está ubicado el cruce Bayóvar, perteneciente al distrito y provincia de Sechura, departamento de Piura; propiedad del señor Orlando Santamaría Baldera, quien lleva más de 10 años en este negocio y que hasta finales del año 2015 utiliza un grupo electrógeno diésel en la generación de energía eléctrica.

Es así que Anthony Joel Llauce Chozo, en su tesis de ingeniería titulada “Implementación de Sistema Fotovoltaico para Reducir el Consumo de Combustibles Fósiles en la Generación de Energía Eléctrica en el Restaurant el Cruceñito, Ubicado en el KM 901, carretera Lambayeque-Piura”.

El autor determinó un sistema fotovoltaico para una demanda de energía eléctrica máxima de 2798 Wh/día para el restaurant “El Cruceñito”, la cual permitió dimensionar y seleccionar los principales componentes del sistema fotovoltaico; para este cálculo se consideró una radiación de 4,76 HPS en el mes más crítico (Julio) en la zona del proyecto.<sup>8</sup>

### **LAS TELECOMUNICACIONES**

Para las personas en la actualidad las telecomunicaciones forman parte vital en el desarrollo y sin ellas no es posible imaginar el mundo, es realizada por técnicas que hacen posible la comunicación a largas distancias, éstas han ido evolucionado y mejorando constantemente, telegrafía, radio, telefonía,

---

<sup>7</sup> Luis Camacho y Carlos Rey, “Redes Inalámbricas para zonas Rurales”, Pontificia Universidad Católica del Perú. ( Lima, Enero 2008)

<sup>8</sup> Anthony Joel Llauce Chozo, “Implementación de Sistema Fotovoltaico para Reducir el Consumo de Combustibles Fósiles en la Generación de Energía Eléctrica en el Restaurant el Cruceñito, Ubicado en el Km 901, Carretera Lambayeque-Piura”, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. (Lambayeque, 2016)

televisión, satélite de comunicaciones, telefonía móvil, banda ancha, fibra óptica, redes de nueva generación y otras tecnologías por detallar.<sup>9</sup>

Actualmente las personas hacen cada vez más uso de las telecomunicaciones y se hace de uso imprescindible, dicha importancia se aumenta con la cantidad, es decir mientras más usuarios se estén conectando a los sistemas de telecomunicaciones, la comunicación es más necesaria y más probable. Las redes inalámbricas en Latinoamérica y su implementación en proceso de mejorar y ser cada vez más implementadas, esto debido a iniciativas desarrolladas desde lo local, pero hay escases de apoyo político nacional o regional que nos permitan ampliar su impacto positivo en el desarrollo de la región.

### **2.1.1. Redes Inalámbricas**

#### **2.1.1.1. Redes inalámbricas en Latinoamérica y el Caribe**

La implementación de redes inalámbricas comunitarias en estas zonas, han sido un desarrollo que ha sido realizado de manera local, esto debido a que carece apoyo de que nos permitan mejorar el impacto para nuestro desarrollo positivo en la región.<sup>10</sup>

#### **2.1.1.2. Redes inalámbricas para zonas rurales**

La implementación de redes inalámbricas para zonas rurales es de vital importancia, esto debido a que las zonas rurales en vías de desarrollo son más de la mitad de la población mundial, para lo cual es generalizada la carencia de infraestructuras de comunicación y acceso a la información. Ofrecerles la oportunidad

---

<sup>9</sup> José Miguel Roca Chillida, "las Telecomunicaciones", <http://www.informeticplus.com/que-son-las-telecomunicaciones>.

<sup>10</sup> Lilian Chamorro y Ermanno Pietrosevoli, "Redes Inalámbricas para el Desarrollo en América Latina y el Caribe", APC (Asociación Para el Progreso de las Telecomunicaciones)

de dotar a estas zonas de conectividad a redes de datos o de voz ha sido de gran preocupación para los agentes internacionales multilaterales de desarrollo, y a que en algunos casos se puede considerar un servicio básico, y en todos es un sustrato de suma importancia para el desarrollo y la promoción humana. Sin embargo, los grandes esfuerzos por generalizar el acceso a redes de comunicación en zonas aisladas de países en desarrollo suelen tocar desde el inicio con escasas de soluciones tecnológicas realmente apropiadas, realistas y sostenibles.

### **2.1.2. Alternativas tecnológicas**

El desarrollo de las redes inalámbricas en zonas rurales de gran extensión es frecuente que carezcan por completo de infraestructuras de telecomunicación, el cual supone un obstáculo del desarrollo y calidad de vida de las personas. El elevado costo de las alternativas tecnológicas convencionales, las dificultades del entorno tales como la falta de alimentación eléctrica, acceso difícil o la falta de seguridad física de las instalaciones en lugares deshabitados, suponen grandes condiciones para estas tecnologías. Es así que, se necesita hacer un correcto planeamiento de alternativas tecnológicas que cuenten con estas exigencias.

Hay dos alternativas que pueden llegar a realizarse en zonas rurales en el Perú, estas son la tecnología Wi-Fi y la tecnología satelital de la cual, se ha considerado la tecnología Wi-Fi por ser una tecnología que más beneficios otorga como mayor flexibilidad, posee mejor tasa de transferencia y pagos por unidad de Mb inferiores frente al Internet

Satelital, para esto, describiremos a detalle las ventajas y desventajas que éstas tecnologías traen consigo; cabe mencionar que éstas tecnologías son inalámbricas, ya que dadas las características descritas anteriormente , una red cableada sería muy costosa de instalar y mantener.

## **2.2. TECNOLOGÍA Wi-Fi**

La familia de estándares IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11 (802.11a, 802.11b y 802.11g), conocida como Tecnología Wi-Fi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz para uso en las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado con el propósito de obtener redes de área local inalámbricas.

Wi-Fi comparte la mayoría de su funcionamiento interno con ethernet, sin embargo difiere en la especificación de la capa física PHY (Physical Layer), haciendo uso de señales radio en lugar cable y en su capa de control de acceso al medio MAC (Media Access Control), ya que para controlar el acceso al medio Ethernet usa CSMA/CD, 1.3 Alternativas tecnológicas 15 mientras que Wi-Fi usa CSMA/CA. El gran ancho de banda (entre 1 y 11 Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a/g) a un precio reducido, lo presenta como una de las mejores opciones para la adecuados, etc.<sup>11</sup> Las regulaciones presentes y que rigen en Hispanoamérica admiten establecer enlaces de decenas de kilómetros a potencias muy bajas, con un ancho de banda mucho mayor que otras soluciones tecnológicas, lo que abre el

---

<sup>11</sup> Para el caso de Perú, la normativa se puede consultar en [http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/RM-777-2005-MTC\(05-11-05\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/comunicacion/politicas/normaslegales/RM-777-2005-MTC(05-11-05).pdf)

camino a servicios como aplicaciones de tiempo real. Debido a que en el enlace punto a punto se requiere buena línea de vista, muchas veces los enlaces no pueden lograr un alcance no mayor a 40km. Sin embargo, pueden evitar esos obstáculos con el uso de instalaciones aisladas intermedias o las propias estaciones cliente utilizadas como repetidores, para interconectar dos estaciones que se encuentren a una mayor distancia. Las ventajas e inconvenientes que presenta el uso de esta tecnología se indican a continuación:

### **Ventajas**

- Uso de frecuencias sin licencia de las bandas ISM 2.4 / 5.8 GHz con ciertas limitaciones de potencia.
- Velocidades desde hasta 100 Mbps, siempre teniendo en cuenta que el throughput neto obtenido está alrededor de un 50-70% de esos valores.
- Tecnología con estándar ampliamente conocido y fácil de configurar, lo que favorece los bajos costos de los equipos.
- Bajo consumo de potencia, menor a 10 W por enrutador.
- Flexibilidad: En la red se pueden adherir un nodo a otro nodo (normalmente las zonas rurales aisladas no cumplen con una distribución geométrica ordenada alrededor de un punto).
- Los equipos o hardware tienen una gran resistencia meteorológica por su fácil impermeabilidad.

### **Inconvenientes:**

- Hace uso de una línea de vista directa (esto podría aumentar en algunas situaciones, la cantidad de repetidores necesarios

aumentando el costo de instalación). Debido a ello a la hora de realizar la ruta del enlace es necesario que la ubicación de los repetidores sean en lugares idóneos, la problemática que se tiene que resolver es que algunos de los puntos no tienen energía eléctrica y es necesario usar otros recursos como el sistema fotovoltaico.

- Como es una tecnología creada para redes de corto alcance, hay que resolver algunos problemas relacionados con su utilización para distancias largas.
- La probabilidad de colisiones aumenta en relación con el número de usuarios.
- Los canales no interferentes son limitados, 3 en 2.4 GHz y 8 en 5.8 GHz.

## **2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN**

La tecnología Wi-Fi es la que presenta las mejores prestaciones para zonas rurales, por lo que ésta se ha considerado para el diseño, sin embargo, el hecho de que necesite línea de vista hace necesario el uso de torres de altura considerable en los escenarios en los que no existan puntos geográficamente más elevados. Es cierto que la limitación de la distancia en la tecnología Wi-Fi también puede solucionarse con la inclusión de repetidores para reducir la distancia de cada enlace, pero esto hace que algunos de los puntos necesariamente se usen torres con sistema fotovoltaico.

### **2.3.1. Repetidor**

Son equipos que interconectan las estaciones clientes, están ubicados en posiciones elevadas para así poder repetir la señal hacia estaciones

finales u otros repetidores con los que han de tener línea de vista. Un repetidor esta enlazado con un grupo de estaciones a la vez que se interconecta con otros repetidores formando la red troncal. Estos enlaces pueden ser de varios kilómetros es por ello que se tiene que realizar una cuidada elección de los equipos y un uso adecuado de los mismos, ya que estos enlaces no son sencillos. Todos estos equipos, así como su instalación y configuraciones, son descritos con detalle a continuación. Es decir una estación en medio de la red troncal que tiene la capacidad de repetir la señal hacia ambos lados y que a la vez da servicio a una red de distribución, en este caso formada por una única estación cliente. Sin embargo, también pueden darse otras combinaciones como el caso de repetidores que forman parte de una red de distribución y no de la troncal, o de estaciones finales que repiten la señal hacia otra, o de repetidores que dan servicio a más de una red de distribución.

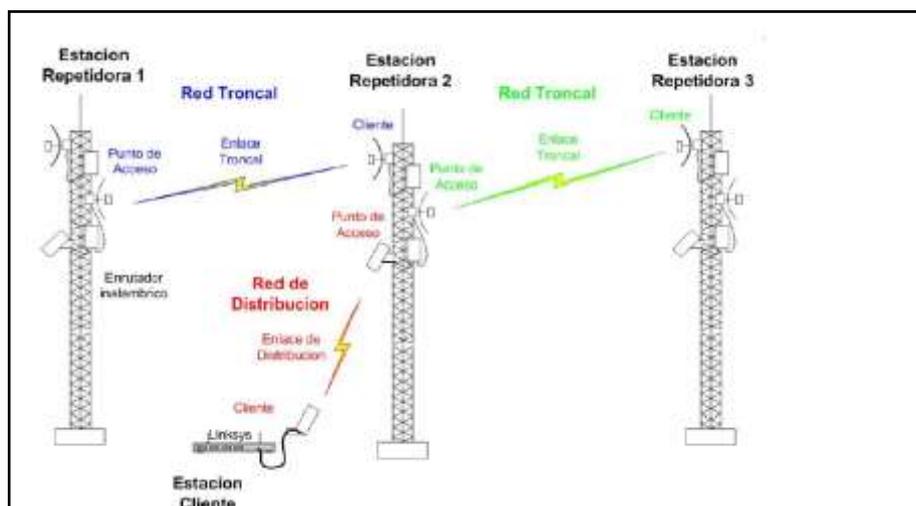


Figura 1: Ejemplo de torres repetidoras<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Fuente: [http://www.academia.edu/2065737/Redes\\_Inal%C3%A1mbricas\\_para\\_Zonas\\_Rurales](http://www.academia.edu/2065737/Redes_Inal%C3%A1mbricas_para_Zonas_Rurales)

### 2.3.1.1. Como funciona un repetidor Wi-Fi

Cada vez utilizamos más los dispositivos móviles para navegar por la web. Los routers que disponemos en nuestro hogar no son lo tan potentes para llegar a todos los rincones de la vivienda, estableciéndose zonas muertas sin cobertura.

Los equipos repetidores con tecnología Wi-Fi están diseñados para extender el radio de alcance de una red inalámbrica, haciendo una mejora en la señal y con ello la cobertura. Estas realizan dos tareas fundamentales:

-Reciben los paquetes de datos del router y los envían a los equipos con conectividad Wi-Fi que haya en su rango (smartphones, tablets, ordenadores, etc.)

-Devuelven los mensajes de estos dispositivos hasta el router para que sean lanzados a la red.

### 2.3.1.2. Tipos de repetidor

**Repetidor Wi-Fi convencional:** Equipo electrónico que consta de una única unidad que realiza una sincronización con el router y repite de manera inalámbrica la señal Wi-Fi distribuyéndola a una distancia mayor.

**Amplificador Wi-Fi:** Aumentan o amplifican la señal original haciendo que intensidad aumente. Existen aparatos que cumplen con las dos funciones, amplificador de señal Wi-Fi y repetidor de señal.

**Repetidores PLC (Power Line Communications):** Este tipo de repetidores no amplifican la señal por el aire sino que hacen uso de

los cables de la luz para este propósito. Los PLCs son muy sencillos de configurar y utilizar. Están compuestos de dos partes, un emisor que se conecta a la corriente eléctrica y al router y un receptor que se conecta a un enchufe en el lugar hasta el que quieres ampliar la red de internet.

### **2.3.2. Torre de soporte**

Estas estructuras pueden variar de acuerdo a las necesidades y condiciones del sitio en donde se vaya a colocar.

Existen torres autosoportadas, arriostradas, tipo monopolos, mástiles, entre otras, las cuales suelen estar montadas por perfiles y ángulos de acero unidos por tornillos, pernos o remaches o por medio de soldadura. Estas estructuras podrán ser de diversas alturas, dependiendo de la altura requerida para poder suministrar un correcto funcionamiento.

Actualmente existen varios fabricantes de estas estructuras y muchas de ellas tienen sus modelos optimizados y reglamentados para que se tenga un correcto funcionamiento, estas estructuras vienen con especificaciones técnicas donde se puede observar los recursos que tiene cada una.

#### **2.3.2.1. Torres arriostradas o atirantadas**

De fácil construcción y montaje, a veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. La estructura es liviana, por lo que no le adiciona mucho

peso a la edificación, sin embargo, se deben de colocar el apoyo de las torre y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, ya que la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado ya que estaría expuesto a fallas. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de compresión en donde esté apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.

Los arriostres generalmente se tensan al 10% de su Resistencia, la cual es proporcionada por el fabricante. Si el cable tiene una resistencia a la ruptura de 5.95 Ton en tensión, entonces se acostumbra tensar los cables a 0.595 Ton. Los cables también se pueden tensar con diferentes fuerzas, calculando una tensión tal que el sistema esté en equilibrio.

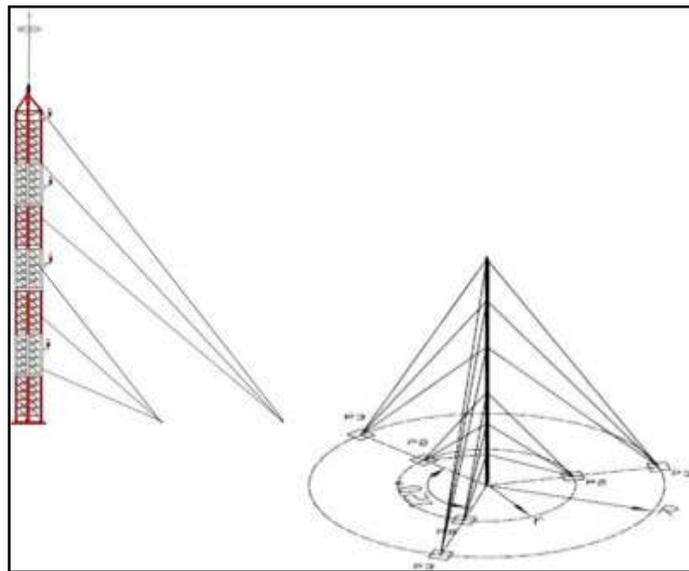


Figura 2: Torre arriostrada o atirantada.<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Fuente: [http://mlm-s2-p.mlstatic.com/torre-arriostrada-kit-de-30-mts-tz30-492511-MLM20560824652\\_012016-O.jpg](http://mlm-s2-p.mlstatic.com/torre-arriostrada-kit-de-30-mts-tz30-492511-MLM20560824652_012016-O.jpg)

### 2.3.2.2. Torre autoportada

Construidas sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, deberían de contar con una cimentación apropiada para poder soportar las fuerzas a las que están sometidas. El diseño depende de la altura, la ubicación, la carga que requiere soportar y el uso. Torres con mayor capacidad de carga frente a las Torres arriostradas.

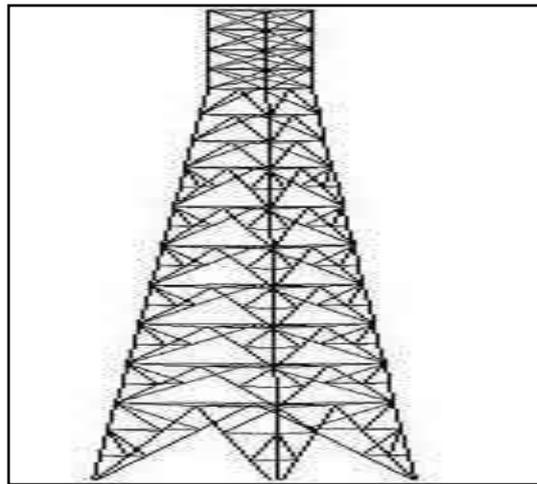


Figura 3: Torre autoportada.<sup>14</sup>

### 2.3.2.3. Torre tipo monopolo

Estructura donde es importante mantener la estética, ya que ocupan menos espacio, pintadas de algún color o adornadas para que se permita que la estructura se camufleje y se simule la vegetación. Requiere cimentación adecuada para poder soportar los efectos climáticos, esto porque estas estructuras están sobre terrenos.

---

<sup>14</sup> <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/303-torres-telecomunicaciones?start=1>



Figura 4: Torre monopolo.<sup>15</sup>

### **2.3.3. Equipos**

#### **2.3.3.1. Access point (punto de acceso)**

También llamados APs o wireless access point, son hardware configurados en redes Wi-Fi y se comportan como mediador entre el ordenador y la red externa (local o internet). Estos equipos hacen de transmisor central y receptor de las señales de radio en una red wireless.

Estos dispositivos electrónicos son configurados para redes de tipo inalámbricas que son intermediarios entre una computadora y una red. Permiten conectar máquinas cliente sin la necesidad de un cableado y que estas posean una conexión sin limitárseles tanto su ancho de banda<sup>16</sup>.

---

<sup>15</sup> Fuente: <http://www.construaprende.com/docs/trabajos/303-torres-telecomunicaciones?start=1>

<sup>16</sup> Ordenadores y portátiles (2014). «Puntos de acceso» ( 10 de Marzo de 2016)

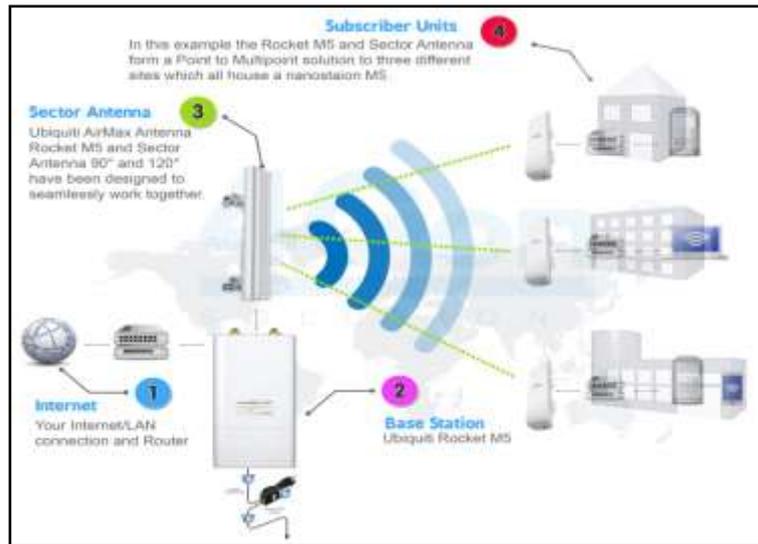


Figura 5: Esquema de un acces point.<sup>17</sup>

**Rocket 5AC Prism Gen2:** De la marca Ubiquiti, ideal para la implementación de enlaces de larga distancia, el rocket prism integra tecnología airprism y airmax AC, ofreciendo el máximo rendimiento para redes inalámbricas en áreas con alta densidad de ruido.

Esta base funciona tanto en 2,4 como en 5 GHz capaz de transferir tasas de hasta 500 Mbps, en distancias de hasta 100 Km.

Este equipo se ha considerado para toda la ruta de la Red Inalámbrica ya que es muy útil tramos largos como el Punto Fotovoltáico-Moyobamba cuya distancia es de 54,9 km. Con esto lo que se conseguirá es un enlace que cumpla con las prestaciones de servicio.

<sup>17</sup> Fuente: <http://www.kuhn.cl/webstore/rocket-m5-5ghz-1xlan-poe-1xusb-2xrpsma-airmax-ubiquiti.html>



Figura 6: Modelo del Rocket 5AC Prism Gen2.<sup>18</sup>

**RocketDish rd-5g30:** Es una antena carrier class, fue diseñada para ser utilizadas junto a los equipos RocketM. La perfecta combinación del RocketM sumando a un RocketDish crea un potente puente MiMo PtP con tasas de transferencia de hasta 150 Mbps agregados en hasta 50 Km.

Esta antena es metálica con un diámetro de 2 pies o unos 65 cm y entrega hasta 30 dBi de ganancia en el rango 5.1 a 5.8 Ghz.



Figura 7: Antena RocketDish rd-5g30.<sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> Fuente: [https://www.bhphotovideo.com/c/product/1119685-REG/ubiquiti\\_networks\\_af\\_5x\\_us\\_aifiber](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1119685-REG/ubiquiti_networks_af_5x_us_aifiber)

<sup>19</sup> Fuente: <http://www.ithelp.cl/antenas/182-rd-5g30-antena-ubiquiti-rocket-dish-30dbi-5ghz-2x2-mimo-exterior.html>

**Adaptador POE (Power Over Ethernet):** Dispositivo que permite que la alimentación eléctrica se suministre a un dispositivo de red (switch, punto de acceso, router, teléfono o cámara IP, etc) haciendo uso del mismo cable que se utiliza para la conexión de red. Quita el requisito de utilizar tomas de corriente en las ubicaciones del dispositivo alimentado y admite una aplicación más sencilla de los sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) garantizando el funcionamiento todo el día y todo los días de la semana.

Son dispositivos altamente confiables, utilizados para protección de sobretensión eléctrica para proteger contra las descargas electrostáticas.

En el mercado hay dos tipos de POE: los activos y los pasivos, ambos constan de dos partes, un inyector que suministra la corriente por el cable y un separador que se conecta al dispositivo y separa los datos de la energía. Las principales características de los POEs activos y los pasivos son:

**En los genéricos o activos:** El inyector va conectado directamente a la toma de corriente y suministra un voltaje determinado y el separador suministra al dispositivo final una cantidad de voltios definida.



Figura 8: Adaptador poe activo o genérico.<sup>20</sup>

**En los pasivos:** El inyector se conecta a un alimentador aparte y el voltaje es el que suministra este alimentador y el separador suministra el voltaje “que le llegue”.



Figura 9: Adaptador poe pasivo.<sup>21</sup>

### Trazo de la Ruta

Para establecer un buen enlace, es necesario darle el lugar propicio al punto donde se ha estimado montar los repetidores, éstas deben de estar con una comunicación limpia y libre de interferencias (buena línea de Vista), para ello se hace uso de algunos softwares que sirven para encontrar los puntos críticos de ruptura del enlace, perfil de

<sup>20</sup> Fuente: <http://www.lacuevawifi.com/manuales/power-over-ethernet-o-poe-%C2%BFque-es/>

<sup>21</sup> <http://www.lacuevawifi.com/manuales/power-over-ethernet-o-poe-%C2%BFque-es/>

elevaciones, permite visualizar por donde tiene que recorrer nuestra ruta y la coordenada del punto. Ésta ruta tiene que tener en cuenta las limitaciones de los equipos Ubiquiti (Rocket M5- Rocket Prism AC Gen2), como el rango de cobertura, hay que tener en cuenta que es necesario establecer un enlace no mayor a los 40 Km entre los Repetidores con equipo Rocket M5, y no mayor a 100 km para el enlace de tramo más largo que se trabajará con los equipos Rocket Prism Ac Gen2. Estas deben de poseer una línea de vista Limpia, para así asegurarnos un enlace que cumpla con los estándares y evitar futuros inconvenientes.

#### **2.3.3.2. Google Earth**

Google Earth es un software informático que nos presenta un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. El programa fue diseñado con el nombre de EarthViewer 3D por la compañía Keyhole Inc, financiada por la Agencia Central de Inteligencia. La compañía fue comprada por Google en 2004 haciéndose con el programa.

Google Earth está diseñado por superposición de imágenes obtenidas por imágenes satelitales, fotografías aéreas, información geográfica proveniente de modelos de datos SIG de todo el mundo y modelos creados por computadora. El programa está disponible en varias licencias, pero la versión gratuita es la más popular, disponible para dispositivos móviles, tabletas y computadoras personales.

Esta herramienta interactiva, de uso geográfico usa la tecnología satelital para presentarnos al planeta tierra desde una visión más completa, gracias a la cantidad de herramientas que dispone, nos permite delimitar con facilidad las ubicaciones a las que se quiere acceder, siendo una de sus herramientas trazos de rutas, establecer puntos de ubicación, en telecomunicaciones es comúnmente usada para delimitar una zona de enlace y realizar análisis tales como:

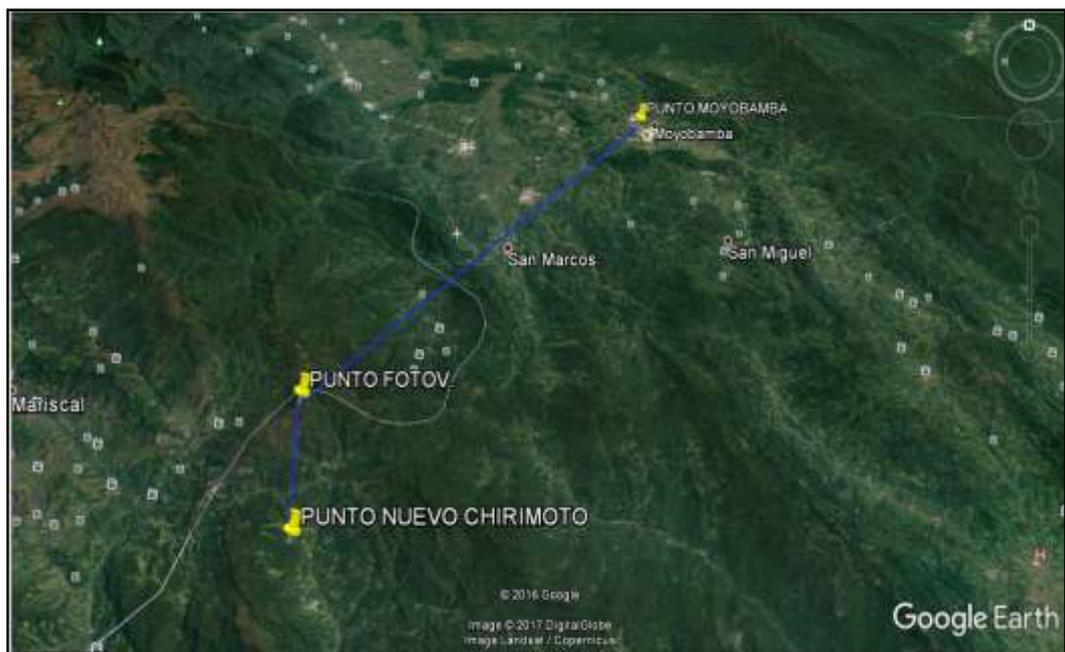


Figura 10: Ruta de enlace Moyobamba-Nuevo Chirimoto.<sup>22</sup>

### 2.3.3.3. Perfil de elevación

Esta herramienta del google earth nos permite visualizar la altitud sobre el nivel del mar de la ruta que se ha trazado, nos sirve para poder interpretar la ruta que se ha diseñado y percibir si existe un trazo libre de interferencias.

---

<sup>22</sup> Fuente: Propia del Investigador

Cabe mencionar que, el trazo de la ruta se realiza relativo al suelo, así aseguramos que si montamos una torre con distancia relativa, aseguramos un enlace fiable.

A continuación se muestra los 2 perfiles de elevación que se han realizado en el enlace punto a punto, así demostramos la existencia de la línea de vista.



Figura 11: Ejemplo de perfil de elevación.<sup>23</sup>

#### 2.3.3.4. Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de referencia que utiliza las dos coordenadas angulares latitud (norte o sur) y longitud (este u oeste) para determinar las posiciones de los puntos de la superficie terrestre. Estas dos coordenadas angulares medidas desde el centro de la tierra son de un sistema de coordenadas esféricas que está alineado con su eje de rotación. Estas coordenadas se suelen expresar en grados sexagesimales:

**Latitud:** Mide el ángulo entre cualquier punto y el ecuador. Las líneas de latitud se llaman paralelos y son círculos paralelos al

<sup>23</sup> Fuente: Propia del investigador

ecuador en la superficie de la tierra. La latitud es la distancia que existe entre un punto cualquiera y el Ecuador, medida sobre el meridiano que pasa por dicho punto.

Todos los puntos ubicados sobre el mismo paralelo tienen la misma latitud.

Aquellos que se encuentran al norte del Ecuador reciben la denominación Norte (N).

Aquellos que se encuentran al sur del Ecuador reciben la denominación Sur (S).

Se mide de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ .

Al Ecuador le corresponde la latitud de  $0^{\circ}$ .

Los polos Norte y Sur tienen latitud  $90^{\circ}$  N y  $90^{\circ}$  S respectivamente.

**Longitud:** Mide el ángulo a lo largo del ecuador desde cualquier punto de la Tierra. Se acepta que Greenwich en Londres es la longitud 0 en la mayoría de las sociedades modernas. Las líneas de longitud son círculos máximos que pasan por los polos y se llaman meridianos.

Todos los puntos ubicados sobre el mismo meridiano tienen la misma longitud.

Aquellos que se encuentran al este del Meridiano Cero reciben la denominación Este (E).

Aquellos que se encuentran al oeste del Meridiano cero reciben la denominación Oeste (O).

Se mide de  $0^{\circ}$  a  $180^{\circ}$ .

Al meridiano de Greenwich le corresponde la longitud  $0^{\circ}$ .

Combinando estos dos ángulos, se puede expresar la posición de cualquier punto de la superficie de la tierra.

### 2.3.3.5. Zona fresnel

Una zona de fresnel es una de una serie de regiones elipsoidales, de diámetro polar extenso, concéntricas, de espacio entre y alrededor de una antena que transmite y un sistema de antena que recibe. Es el concepto utilizado para entender y calcular la intensidad de la propagación de las ondas entre un transmisor y un receptor.

La primera región es el espacio elipsoidal a través del cual pasa la señal de línea de vista directa, a segunda región rodea la primera región, pero excluye la primera. En esta, la onda capturada por el receptor estará desfasada más de  $90^\circ$ , pero menos de  $270^\circ$ , La tercera región rodea la segunda y las ondas desviadas capturadas por el receptor tendrán el mismo efecto que una onda en la primera región. La onda sinusoidal tendrá un desfase mayor a  $270^\circ$ , pero menor a  $450^\circ$  (idealmente sería un desfase de  $360^\circ$ ).

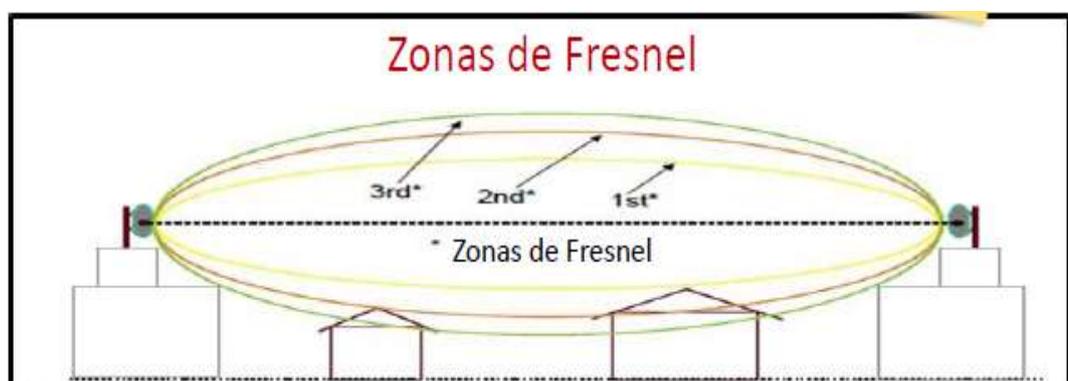


Figura 12: Zona fresnel y sus tres regiones.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> <http://soporte.syscom.mx/redes-inalambricas-enlaces/que-es-la-zona-de-fresnel>

## **2.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA**

### **2.4.1. Energía solar**

La energía solar, se define como la energía obtenida mediante la captación de luz y calor emitidos por el sol, los cuales son producidos por reacciones nucleares en el interior del mismo y transmitidos en forma de ondas electromagnéticas a través del espacio.

Esta energía es universal y gratuita, es una de las llamadas energías renovables, catalogada como no contaminante, también llamada energía limpia o energía verde, su captación es directa y fácil.

#### **2.4.1.1. Energía solar en el mundo**

La Energía solar fotovoltaica ha experimentado un crecimiento exponencial en los últimos años, impulsada por la necesidad de asumir los retos que en materia de generación de energía se presentan. Este crecimiento se ha producido gracias a los mecanismos de fomento de algunos países, que, como España, han propiciado un gran incremento de la capacidad global de fabricación, distribución e instalación de esta tecnología. A finales de 2010, la potencia acumulada en el mundo era de aproximadamente 40.000 MWp según datos de la European Photovoltaic Industry Association (EPIA), de los cuales cerca de 29.000 MWp, un 72%, se localiza en la Unión Europea. Para los próximos años se espera que el continuo crecimiento de la última década a nivel mundial se mantenga.

#### **2.4.1.2. Energía solar en el Perú**

La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio Peruano. En la gran mayoría de localidades

del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y bastante uniforme durante todo el año, comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso. En términos generales, se dispone, en promedio anual, de 4-5 Kw.h/m<sup>2</sup> día en la costa y selva y de 5-6 Kw.h/m<sup>2</sup> día, aumentando de norte a sur. Esto implica que la energía solar incidente en pocos metros cuadrados es, en principio, suficiente para satisfacer las necesidades energéticas de una familia. El problema es transformar esta energía solar en energía útil y con un costo aceptable. La energía solar se puede transformar con facilidad en calor: de hecho, cualquier cuerpo, preferentemente de color negro, absorbe la energía solar y la transforma en calor, que puede ser usado para calentar ambientes, calentar agua (termas solares), secar diversos productos, cocinar, etc. Por otro lado, con los paneles fotovoltaicos, o simplemente llamados “paneles solares”, se puede transformar la energía solar directamente en electricidad. La fabricación de los paneles fotovoltaicos requiere alta tecnología y pocas fábricas en el mundo (en países desarrollados) lo hacen, pero su uso es sumamente simple y apropiado para la electrificación rural, teniendo como principal dificultad su (todavía) alto costo.

#### **2.4.2. Radiación solar**

Se refiere al grupo de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol; éste se comporta prácticamente como un Cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde el infrarrojo hasta el ultravioleta. La radiación que llega a la superficie no es toda la radiación emitida por

el sol, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son recogidas por los gases de la atmósfera especialmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la Tierra. Su unidad es el  $W/m^2$  (vatio por metro cuadrado).

#### **2.4.2.1. Radiación directa**

Es aquella que incide directamente del Sol sin haber sufrido ningún cambio alguno en su dirección. Se caracteriza por proyectar una sombra definida de los objetos opacos que la interceptan.

#### **2.4.2.2. Radiación difusa**

Denominada como difusa porque parte en todas las direcciones como consecuencia de las reflexiones y absorciones no sólo de las nubes sino de las partículas de polvo atmosférico, montañas, árboles, edificios, el propio suelo, etc. Es parte de la radiación que atraviesa la atmósfera es reflejada por las nubes o absorbida por éstas, caracterizada por no producir sombra alguna respecto a los objetos opacos interpuestos. Las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la bóveda celeste, mientras que las verticales reciben menos porque sólo ven la mitad.

#### **2.4.2.3. Radiación global**

O radiación total y es la suma de las tres radiaciones. La presencia de superficies reflectantes, las superficies claras son más reflectantes, de allí que la radiación reflejada sea mayor en invierno por efecto de la nieve, que en verano (absorción del terreno).

### 2.4.3. Medición de la radiación solar

Son equipos que ayudan a seleccionar la ubicación o de comprobar módulos fotovoltaicos, estos pueden ser según los parámetros que uno busque medir.

#### 2.4.3.1. Medida de la radiación directa

Realizado con un instrumento denominado pirheliómetro. Mide la radiación solar, en función de la concentración de un punto de luz. Utilizan generalmente termopilas como detectores. Se emplean para un registro continuo de la radiación solar.



Figura 13: Pirheliómetro.<sup>25</sup>

#### 2.4.3.2. Medición de la radiación difusa

Instrumento que sirve para medir la radiación procedente de la dispersión de los rayos por los constituyentes atmosféricos, también se puede emplear lo pirhanómetros. Para eliminar que la componente directa de la radiación incida sobre el sensor, se instala

---

<sup>25</sup> Fuente: <https://www.darrera.com/detalle-producto.php?d=1&id=315>

un sistema que consiste en una banda o un disco para-sol que evita la radiación solar directa del mismo.

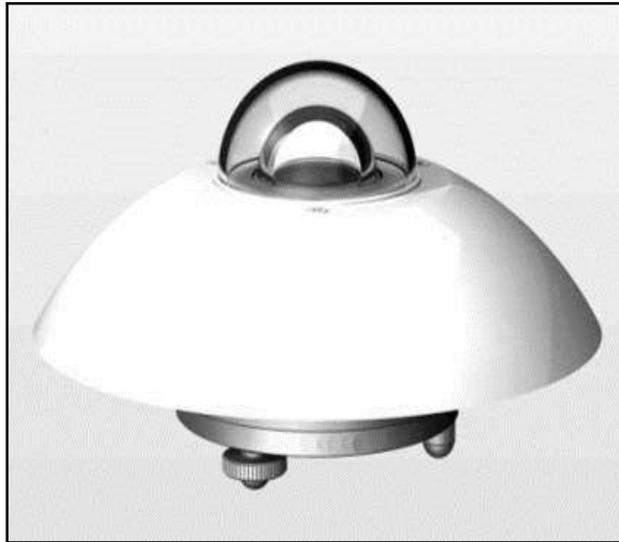


Figura 14: Piranómetro Kipp Zonen.<sup>26</sup>

#### **2.4.3.3. Medición de la radiación global**

Para medir la radiación global se hace uso del piranómetro, es un instrumento con el que se mide la radiación solar global (difusa y directa), que se percibe en todas las direcciones, pero que usualmente se usa para medir la que se recibe sobre una superficie horizontal. Es un instrumento simple que no requiere la incorporación de mecanismos de seguimiento solar.

#### **2.4.4. Horas del sol pico (HSP)**

Las horas de sol pico es el número de horas por día cuando la insolación arroja los 1000 Watt en un área de (01) un m<sup>2</sup> en un día. Se puede notar que cuando la Irradiancia se expresa en Kw.h/m<sup>2</sup> es numéricamente similar a las H.S.P. Este concepto es importante, ya que junto con un factor de pérdidas ayuda a estimar la potencia producida por los paneles fotovoltaicos.

---

<sup>26</sup> <https://bartolofier.wordpress.com/author/bartolofier/>

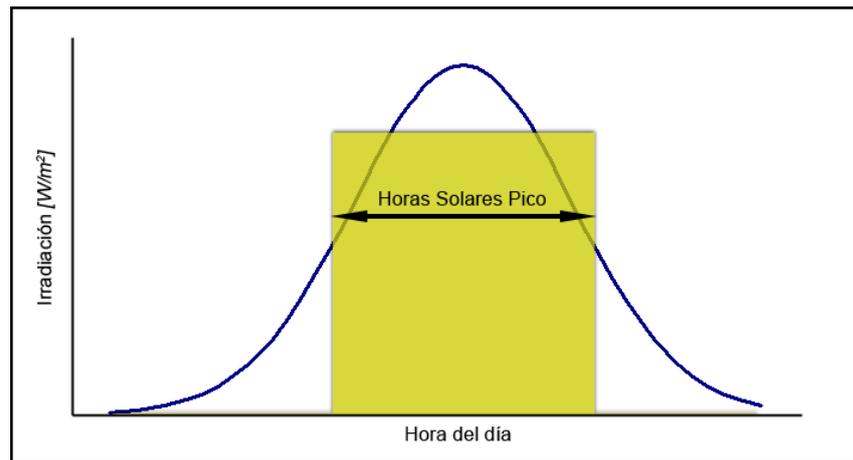


Figura 15: Curvas de las horas sol pico.<sup>27</sup>

## 2.5. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica, se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). En un sistema conectado a la red eléctrica esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada en hogares e industrias.

La generación de energía eléctrica dependerá de las horas que el sol brille sobre el panel solar y del tipo y cantidad de módulos instalados, orientación, inclinación, radiación solar que les llegue, calidad de la instalación y la potencia nominal.

Los dispositivos a través de los cuales se absorbe la energía solar son las celdas solares. Estos son elementos de los sistemas fotovoltaicos que tienen la capacidad de producir energía eléctrica al aprovechar la luz solar que incide en ellos. Las celdas solares se fabrican con materiales

<sup>27</sup> Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Hora\\_solar\\_pico](https://es.wikipedia.org/wiki/Hora_solar_pico)

semiconductores, tales como el silicio, que tienen la función de recibir los fotones que viajan a través de los rayos solares.

Una vez que los fotones que emite la radiación solar entran en contacto con los átomos presentes en las celdas solares, se liberan electrones que comienzan a circular a través del material semiconductor con el que se fabrican las celdas y se produce energía eléctrica.

Un sistema fotovoltaico puede ser “interconectado” que es lo más conveniente para residencias o negocios con acceso a la red eléctrica de la CFE.

Con este sistema la energía generada se inyecta a la red eléctrica y de allí se toma cuando uno la necesita. La otra opción es un sistema “isla” que permite el suministro de energía eléctrica en lugares inaccesibles para la red eléctrica. Estos sistemas son usados principalmente en casas de campo o en antenas de telecomunicación.

### **2.5.1. Generador fotovoltaico o campo de paneles**

Es el elemento captador de energía, que recoge la radiación solar y la transforma en energía eléctrica. Está formado por un conjunto de paneles o módulos fotovoltaicos conectados en serie y/o paralelo, que deben proporcionar la energía necesaria para el consumo.

#### **2.5.1.1. Tipo de celdas**

Una célula solar también llamada celda fotovoltaica es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La palabra fotovoltaica se compone de dos términos: foto = luz, voltaica = electricidad. Existen tres tipos de

celdas; dependiendo su diferenciación según el método de fabricación:

**Las de silicio monocristalino:** De celdas densamente cristalinas que se consiguen a partir de barras cilíndricas de silicio Monocristalino producidas en hornos especiales. Las celdas se obtienen por cortado de las barras en forma de obleas cuadradas delgadas (0,4- 0,5 mm de espesor). La eficiencia de conversión de luz solar en electricidad es superior al 12%.

**Las de silicio policristalino:** De celdas densamente cristalinas que se consiguen a partir de bloques de silicio obtenidos por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales. En los moldes, el silicio se enfría lentamente, solidificándose. En el proceso, los átomos no se organizan en un único cristal. Se forma una estructura policristalina con superficies de separación entre los cristales. Estas celdas son de fabricación económica y menos eficiente que las celdas simples de cristal de silicio. Su eficiencia en conversión de luz solar en electricidad es algo menor en comparación a la de silicio monocristalino.

#### **2.5.1.2. Curvas características de las celdas fotovoltaicas**

Se podrán apreciar el comportamiento tanto como la corriente y el voltaje en un panel fotovoltaico.

**Curva de corriente vs tensión (curva I-V):** La representación de la característica de salida de un dispositivo fotovoltaico (celda, módulo, sistema) se denomina curva corriente tensión. La corriente de salida se mantiene prácticamente constante dentro del rango de tensión de

operación y, por lo tanto el dispositivo se puede considerar como una fuente de corriente constante en este rango. Ambos parámetros de operación ( $I$ ,  $V$ ), están determinados por la radiación solar incidente, por la temperatura ambiente, y por las características de la carga conectadas al mismo. La siguiente ecuación representa todos los pares de valores ( $I/V$ ) en que puede trabajar una célula fotovoltaica.

$$I = I_{CC} \left[ 1 - e^{\frac{-e(V_{CA}-V)}{mKT}} \right] \dots\dots (1)$$

Dónde:

$I_{CC}$  : Es la corriente de cortocircuito.

$V_{CA}$  : Es la tensión de circuito abierto.

$V$  : Es la tensión de operación de panel.

$e$  : Es la carga del electrón.

$m$  : Es un parámetro constructivo de la cédula, normalmente es = 1

$K$ : Es la constante de Boltzman.

$T$ : Temperatura en K.

La característica I-V de una célula tendrá la siguiente forma:

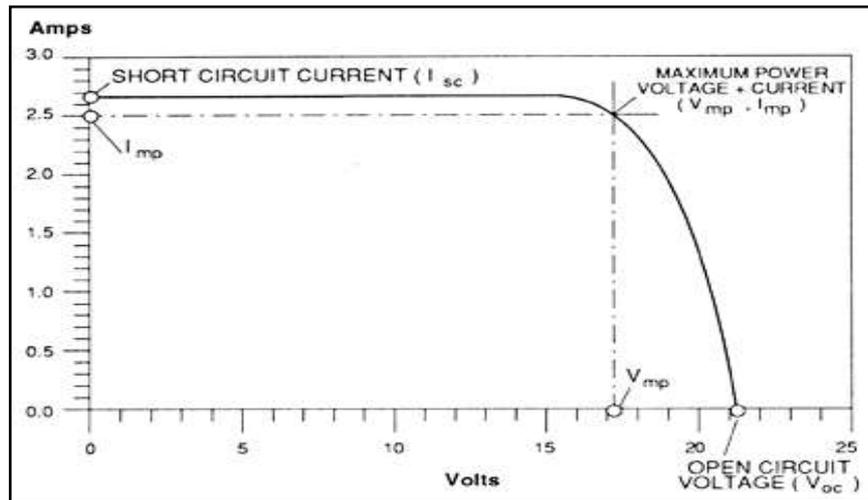


Figura 16: Curva I-V.<sup>28</sup>

Donde, los valores trascendentes de esta curva son:

**La corriente de cortocircuito ( $I_{cc}$ ):** Es el valor de corriente máxima que ofrece un dispositivo en determinadas condiciones de radiación y temperatura correspondiendo a tensión nula y consecuentemente a potencia nula.

**Tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$ ):** Es el valor de tensión máxima que ofrece un dispositivo en determinadas condiciones de radiación y temperatura correspondiendo a circulación de corriente nula y consecuentemente a potencia nula.

**Potencia pico ( $P_{mp}$ ):** Es el valor de potencia máxima que puede ofrecer el dispositivo. Corresponde al punto de la curva en el cual el producto ( $V \cdot I$ ) es máximo.

**Corriente a máxima potencia ( $I_{mp}$ ):** Es la corriente que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de

<sup>28</sup> Fuente: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/52063577021/curva-iv-en-paneles-solares-fotovoltaicos>

radiación y temperatura. Se utiliza como corriente nominal del mismo.

**Tensión a máxima potencia ( $V_{mp}$ ):** Es la tensión que ofrece el dispositivo a potencia máxima bajo determinadas condiciones de radiación y temperatura. Se emplea como tensión nominal del mismo. Factores ambientales sobre la característica de salida del dispositivo: La salida de los paneles fotovoltaicos depende en gran medida de los factores ambientales. A continuación se describirá el comportamiento del panel solar ante estos factores.

#### **Efecto de la intensidad de radiación solar:**

El resultado de un cambio en la intensidad de radiación es una variación en la corriente de salida para cualquier valor de tensión. La corriente cambia con la radiación en forma directamente proporcional. La tensión se conserva prácticamente constante como lo muestra la figura.

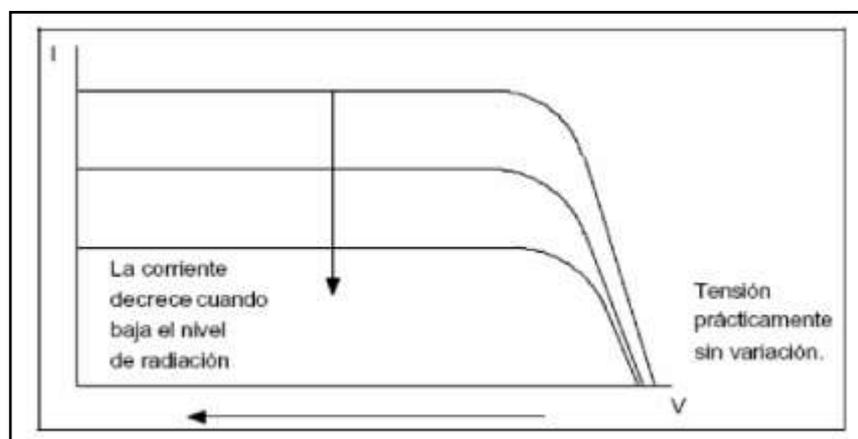


Figura 17: Efecto de intensidad de radiación solar.<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Fuente: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/52063577021/curva-iv-en-paneles-solares-fotovoltaicos>

## Efecto de la temperatura

El efecto principal provocado por el incremento de la temperatura del módulo, es una reducción de la tensión en forma directamente proporcional. Hay un efecto secundario dado por un pequeño incremento de la corriente para bajos valores de tensión como lo muestra la (figura 18). Así pues que para lugares con temperaturas ambientes muy altas son aptos módulos que poseen mayor cantidad de celdas en serie para que los mismos tengan la suficiente tensión de salida para cargar baterías.

La tensión en el punto de máxima potencia de salida para una celda es de aproximadamente 0,5 volts a pleno sol. La corriente que entrega una celda es proporcional a la superficie de la misma y a la intensidad de la luz. Es por ello que para lograr módulos con corrientes de salida menores se utilizan en su fabricación tercios, cuartos, medios, etc. de celdas.

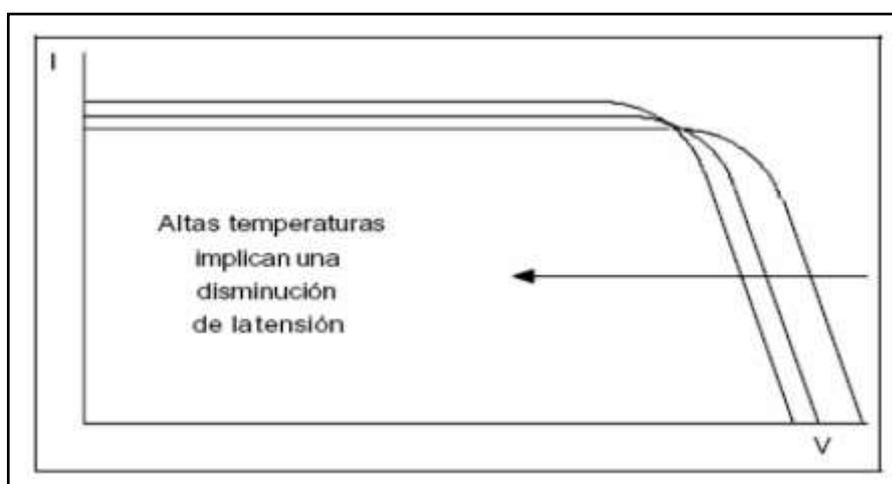


Figura 18: Efecto de la temperatura.<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Fuente: <http://eliseosebastian.tumblr.com/post/52063577021/curva-iv-en-paneles-solares-fotovoltaicos>

### 2.5.1.3. Conexión de los módulos fotovoltaicos

Puede hacerse previa a su fijación en la estructura o bien con estos ya instalados. El principal objetivo es disponer eléctricamente el Campo FV, dejando listos los terminales principales: negativos y positivos, que definen el circuito generador FV principal, evitando errores en la conexión, sobre todo en configuraciones serie - paralelo de módulos (Ver figura 19), se sugiere el uso de planos o esquemas donde se tome en cuenta tanto su disposición final como su cableado; este último se debe realizar siguiendo las indicaciones presentes en las cajas de conexiones de los módulos. En campos FV con un número considerable de módulos, las cajas de conexiones se utilizan para el conexionado en serie; el cableado en paralelo de las filas de módulos en serie (usualmente formando paneles), se realiza en una caja de conexiones principal (distinta a la de cualquier modulo).

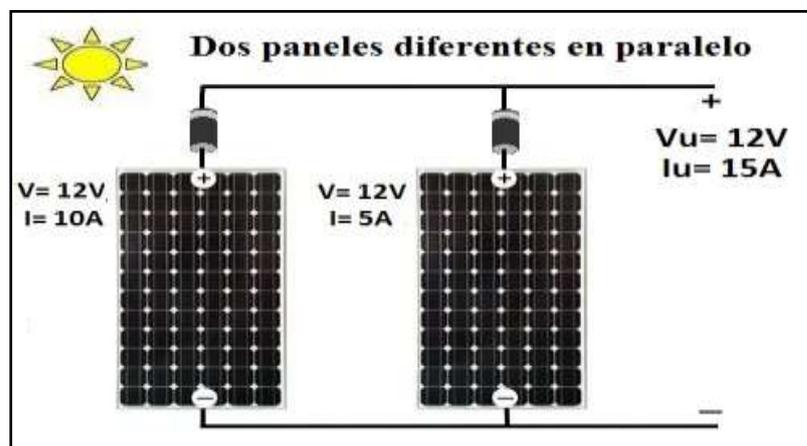


Figura 19: Conexión en paralelo de paneles diferentes.<sup>31</sup>

<sup>31</sup> Fuente: <http://www.mpptsolar.com/es/paneles-solares-paralelo.html>

#### **2.5.1.4. Estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos**

Para realizar un aprovechamiento óptimo la Energía Solar, requiere que los elementos captadores (módulos fotovoltaicos), dispongan de orientación e inclinación adecuada, como se observa en la (figura 20), las superficies ocupadas por el número de módulos necesarios dificulta su integración a edificaciones existentes, considerando los efectos perjudiciales que el sombreado (incluso parcial) de los módulos ejerce sobre la generación, haciendo imprescindible la instalación de una estructura de soporte.



Figura 20: Torre arriostrada con panel solar<sup>32</sup>

#### **2.5.2. Controlador de carga**

El controlador o regulador de carga garantiza que la batería funcione en condiciones adecuadas, evitando la sobrecarga y sobre descarga de la misma, fenómenos ambos muy dañinos para la vida de la batería.

##### **2.5.2.1. Tipo de controladores**

En cada instalación fotovoltaica aislada hay dos tipos de reguladores de carga solares: los PWM y los MPPT. Tanto el uno como el otro se

---

<sup>32</sup> Fuente: Propia del Autor

encargan de lo mismo, controlar el flujo de energía entre el campo fotovoltaico y las baterías.

**Controlador o regulador PWM:** Un regulador PWM (modulación por anchura de pulsos) sólo tiene en su interior de un diodo, es por ello que el campo fotovoltaico funciona a la misma tensión que las baterías. La energía de uno y otro lado del regulador es la misma, con los valores de tensión y corriente también iguales.

Esta tecnología hace que los módulos no trabajen en su punto de máxima potencia, sino en el que impone la batería según su estado de carga, generándose una pérdida de potencia, que puede llegar hasta el 25 - 30%.



Figura 21: Controlador o regulador solar PWM<sup>33</sup>

**Controlador o regulador MPPT:** Un regulador MPPT o maximizador solar tiene, además del diodo de protección, de un convertidor de tensión CC-CC y de un seguidor del punto de máxima potencia, permitiéndonos dos situaciones:

---

<sup>33</sup> Fuente: <https://www.yecoy.com/producto/000012000015>

Es un convertidor de tensión CC-CC (de alta tensión en el campo fotovoltaico a baja tensión en las baterías), nos permite trabajar a diferentes tensiones en el módulo fotovoltaico y en las baterías. El seguidor del punto de máxima potencia, adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la que proporcione la máxima potencia.

Es así que, en un regulador MPPT la energía es la misma como en la entrada y en la salida del regulador, al igual que en los reguladores PWM, pero la tensión y la corriente son diferentes a un lado y a otro. Con ello se consigue aumentar la tensión del panel solar y aumentar la producción solar en hasta un 30% respecto a los reguladores PWM, aunque también son más caros los MPPT.



Figura 22: Regulador o controlador solar MPPT.<sup>34</sup>

### 2.5.2.2. Características del controlador de carga

Para definir las características de un controlador se deben especificar lo siguiente:

---

<sup>34</sup> Fuente: <http://www.tiendafotovoltaica.es/epages/>

**Tensión Nominal:** El valor más común es 12 V, aunque existen modelos que permiten su selección manual o automática en un rango habitual entre 12 y 48 V.

**Intensidad Nominal:** define a la corriente procedente del Campo FV que puede manejar el Regulador.

### 2.5.3. Baterías

La batería es un dispositivo que almacena la energía durante las horas en la que hay radiación solar para proporcionarla durante la noche o en días nublados, este dispositivo transforma la energía potencial química en energía eléctrica.

El acoplamiento de baterías a un sistema FV nos permite: proveer al sistema de una fuente eléctrica independiente de las condiciones de radiación solar existente; así como también dar autonomía al servicio eléctrico durante los periodos de inactividad de los módulos solares, mediante el uso de la energía que se ha almacenado en ella.



Figura 23: Batería de gel.<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Fuente: <http://www.fotovoltaicosperu.com/baterias-ritar-power/>

### 2.5.3.1. Características de la batería

Los parámetros que determinan a las baterías son:

**Capacidad:** Se expresa en Amperios por hora (Ah). Determina la cantidad de energía eléctrica que se puede suministrar bajo determinadas condiciones. El rango comercial oscila entre 50 y 4000A.h.

**Tensión:** Se considera a la batería como una fuente de C.C. Los estándares comerciales se encuentran en el rango de 2 a 12 V, siendo el último el valor de mayor uso.

**Estado de carga:** Relación porcentual entre la capacidad disponible y la total.

**Profundidad de descarga:** Relación porcentual entre la capacidad útil y total.

**Ciclaje:** Los procesos cíclicos de carga y descarga de la Batería ello definen su vida útil. Es por ello, el fabricante suele indicar en su ficha técnica, el tiempo de vida mediante el número de ciclos de carga – descarga, a los que la Batería estará sometida.

### 2.5.3.2. Tipos de baterías

Se encuentran diferentes tipos de baterías solares en el mercado; a continuación se detallará las más usadas en energías renovables:

#### **Baterías líquidas**

Estas baterías tienen una capacidad de almacenamiento mayor. Llamadas así porque funcionan a altas temperaturas para que electrolito y electrodos permanezcan en estado líquido, son necesarios alrededor de 500 grados centígrados para propiciar esta

situación. Además de ser económicas, ofrecen menos problemas cuando se sobrecargan y tiene mayor durabilidad.

### **Baterías tipo VRLA**

La batería VRLA – Valve Regulated Lead Acid battery, en español ácido-plomo regulada por válvula es otro tipo de batería de plomo recargable. No están completamente selladas pero disponen de una tecnología que recombinan el oxígeno e hidrógeno que sale de las placas durante la carga y así eliminan la pérdida de agua si no son sobrecargadas, además son de las únicas que pueden transportarse en avión. Estas a su vez se dividen en:

**Baterías de gel:** Estas baterías hacen uso de un ácido en forma de gel, lo que impide que se pierda líquido. Algunas de las ventajas de este tipo de batería son; funcionar en cualquier posición, se reduce la corrosión, ofrecen resistencia en temperaturas bajas y su vida útil es mayor que en las baterías líquidas. Entre algunas de las desventajas de este tipo de batería está que son muy frágiles para cargar y su elevado costo.

**Baterías tipo AGM:** En inglés-Absorbed Glass Mat- en español Separador de Vidrio Absorbente, disponen de una malla de fibra de vidrio entre las placas de la batería, sirve para contener el electrolito. Las baterías AGM son muy resistentes a temperaturas bajas, su eficiencia es de 95%, puede funcionar a alta corriente y en general tiene una buena relación costo por vida útil.

### 2.5.3.3. Conexión de las baterías

La conexión entre Baterías, como se indica en la figura 25, obedece a los requerimientos de tensión y capacidad de acumulación particulares de cada instalación (serie, paralelo o mixto). Existen dos grupos de baterías; ambos disponen de bornes aptos para una conexión estándar: el primero tiene un sistema de conexión propio, especialmente diseñado para la Batería, este grupo se caracteriza por la flexibilidad de la conexión; caso contrario del segundo (libre mantenimiento) que presentan una conexión rígida, en el que tanto la situación de los acumuladores, como la de sus elementos de interconexión, están predefinidos y son únicos (o insustituibles). Una ventaja este grupo es la fiabilidad y facilidad de montaje, ya que es el fabricante quien aporta la solución práctica de la conexión (diseño y elementos: cables, pletinas, fundas protectoras y cables flexibles).

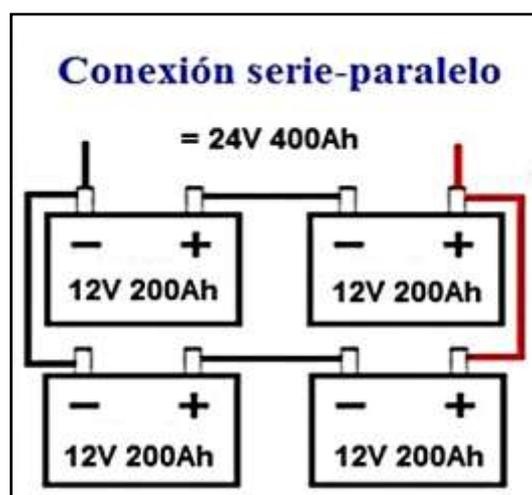


Figura 24: Conexión de baterías.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Fuente: <https://bateriasyamperios.wordpress.com/2014/04/07/conexiones-en-serie-y-en-paralelo-para-varias-baterias/>

#### 2.5.4. Convertidor o inversor

Tiene como trabajo convertir la corriente continua que produce el conjunto paneles-baterías en tensión de alimentación acta para la carga. Los de inversores son de continua-alterna (DC/AC). El convertidor CC/CA, más conocidos como inversores u onduladores, es el encargado de producir una tensión alterna de frecuencia variable a partir de una fuente de tensión continua.



Figura 25: Inversor de corriente.<sup>37</sup>

##### 2.5.4.1. Características del convertidor

**Tensión nominal:** Tensión aplicada a los terminales de entrada.

**Potencia nominal:** Potencia que puede proporcionar el Inversor de forma continua, sus rangos comerciales oscilan entre los 100 W y los 5 Kw.

**Forma de onda:** Señal alterna en los terminales de salida, se caracteriza principalmente por su forma y, por sus valores de tensión (eficaz) y frecuencia.

---

<sup>37</sup> Fuente: <https://autosolar.pe/inversores-solares>

**Eficiencia o rendimiento:** Relación porcentual entre la potencia de salida y la de entrada al Inversor. Su valor depende de las condiciones de operación, es decir, de la potencia total de los aparatos alimentados, en relación a su consumo nominal. Los Inversores actuales para uso fotovoltaico presentes en el mercado cuentan con protección contra sobrecargas, cortocircuito e inversión de la polaridad; estabilidad de la tensión de salida; arranque automático; señalización de funcionamiento y estado.

#### **2.5.4.2. Clases de inversor según su forma de onda**

Los Inversores de uso FV, se clasifican generalmente según su forma de onda.

**De onda cuadrada:** Función que presentan los Inversores económicos, son poco eficientes. Generan armónicos que producen interferencias (ruidos). No son aptos en motores de inducción. Si se requiere corriente alterna únicamente para alimentar un televisor, un ordenador o un aparato eléctrico pequeño de potencia baja así como elementos de iluminación.

**De onda senoidal pura:** Este tipo de Inversor suministra una forma de onda a su salida casi igual a la aportada por la red eléctrica, permitiendo así la alimentación de cualquier aparato de consumo o en otro caso la conexión a la red.

#### **2.5.4.3. Conexión del inversor**

La conexión del Inversor es una operación muy sencilla, dado que el fabricante suministra la información requerida, tanto en el aparato como en su manual de instrucciones. Un Inversor dispone,

generalmente, de dos terminales de entrada continua para la conexión de la batería (o regulador) o del campo FV (según el tipo de inversor), y dos o tres terminales de salida alterna (fase, neutro, tierra) para la conexión del circuito de consumo en alterna o de la red externa. Deben dimensionarse según los vatios de potencia eléctrica que podrá suministrar, durante su funcionamiento normal o de forma continua, o mediante la potencia de arranque. La eficiencia de los Inversores disminuye cuando se utiliza a un porcentaje bajo de su capacidad; por esta razón no es conveniente sobredimensionarlos, deben ser elegidos con una potencia lo más cercana posible a la de consumo.

#### **2.5.5. Componentes auxiliares**

Incluye al cableado, y a los sistemas de desconexión y protección del Sistema.

##### **2.5.5.1. Cableado de los campos fotovoltaicos**

Diferencia de los sistemas de electrificación convencionales, los FV suelen instalarse de manera imprevista; motivo por el cual el cableado se realiza a la vista, sujeto a muros y paredes (grapados, con bridas o bajo canaletas), o enterrados (bajo tubos).

En este tipo de cableado (aéreo), además de adaptarse a las exigencias de intemperie (humedad y radiación ultravioleta), y al efecto lesivo de gases emanados por Baterías, la instalación debe considerar la estética, evitando tendidos desordenados y poco uniformes (abundantes curvas y direcciones oblicuas). La identificación de la polaridad de los conductores y el terminal al que

han de conectarse, es otro aspectos de especial atención; la técnica mayormente implementada para tal fin, consiste en el empleo de cables de diversos colores, y el marcado de sus terminaciones con cintas de distintos colores (principalmente en las grandes sesiones fabricadas generalmente en color negro).

#### **2.5.6. Condiciones de instalación de módulos solares**

La disposición de los módulos fotovoltaicos, definido por su orientación e inclinación, repercute de manera decisiva en su rendimiento. Lo ideal es emplear módulos con seguidor que permiten en todo momento orientar los paneles fotovoltaicos hacia el sol lo que garantiza el máximo uso de la radiación solar. Se estima en un 40% el incremento de la potencia entregada por aquellos módulos que emplean un sistema de seguimiento respecto a los paneles instalados fijos.

##### **2.5.6.1. Orientación**

La orientación de los paneles solares será tal que éstos se dispongan siempre "mirando" hacia el ecuador terrestre. Esto supone orientación sur para aquellas instalaciones situadas en el hemisferio norte terrestre, y orientadas hacia el norte para las instalaciones situadas en el hemisferio sur. No obstante, son admisibles unas desviaciones de hasta  $\pm 20^\circ$  respecto del ecuador del observador sin que se produzcan grandes pérdidas de rendimiento.

##### **2.5.6.2. Inclinación**

Muchos de los módulos fotovoltaicos están inclinados para coleccionar mayor radiación solar. La cantidad óptima de energía se colecciona

cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo de latitud, la orientación de un generador fotovoltaico se define mediante coordenadas angulares, similares a las utilizadas para definir la posición del sol.

#### **2.5.6.3. Ángulo acimut ( $\alpha$ )**

Ángulo que forma la proyección sobre el plano horizontal de la perpendicular a la superficie del generador y la dirección sur. Vale  $0^\circ$  si coincide con la orientación Sur, es positivo hacia el oeste y negativo hacia el este. Si coincide con el este su valor es  $-90^\circ$  y si coincide con el oeste su valor es  $90^\circ$ .

#### **2.5.6.4. Ángulo que forma la superficie del panel fotovoltaico con el plano horizontal.**

Una superficie recibe la mayor cantidad posible de energía si es perpendicular a la dirección del sol. Como la posición del sol varía al transcurso del día, la posición óptima de la superficie tendrá que estar dirigida hacia el sur en el caso del hemisferio Norte y hacia el norte en caso de ubicaciones en el hemisferio Sur. Cabe señalar que en cualquier caso es más recomendable una inclinación mayor de  $10^\circ$ , para que el agua de la lluvia pueda circular adecuadamente sobre el panel además de la no retención de mucho polvo. Los módulos deben estar inclinados en la dirección correcta, esto significa que algunas veces las circunstancias locales que impiden la correcta colocación de los módulos. Por ejemplo los módulos deben acoplarse sobre el techo que no tiene la inclinación adecuada y que no está mirando exactamente al sol.

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0.69 |\phi| \dots (2)$$

Donde:

$\beta_{opt}$  = ángulo de inclinación óptima (grados)

$|\phi|$  = latitud del lugar, sin signo (grados)

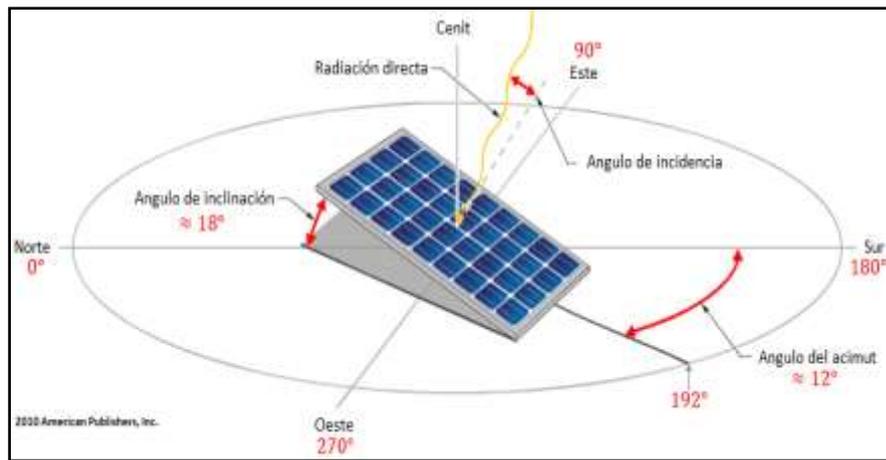


Figura 26: Orientación e inclinación de un panel solar.<sup>38</sup>

### 2.5.7. Ventajas y desventajas

En el sector comercial específicamente en telecomunicaciones los paneles solares combinados con otra fuente de energía es una solución a considerar actualmente por sus ventajas, digamos:

#### 2.5.7.1. Ventajas

- Disminución de los gastos de operación al reducir o anular, en algunos casos, el consumo de energía eléctrica.
- La posibilidad de llevar soluciones de telecomunicaciones (Telefonía fija o móvil, Datos, TV, Radio) hasta localidades donde no hay servicio de la empresa eléctrica; ejemplo: cayos, regiones montañosas, islas.

<sup>38</sup> Fuente: <http://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/ubicacion-paneles>

- La capacidad de mantener servicio ante eventos climatológicos (La energía se produce en el mismo lugar que se consume por lo que no hay red de distribución eléctrica).
- Como procede de una fuente renovable, es un recurso inagotable.
- Los sistemas fotovoltaicos no producen ningún sonido molesto, por lo que no ocasionan ningún tipo de contaminación sonora.
- Su producción no produce ninguna emisión, es decir, es una energía muy respetuosa con el medio ambiente.
- Los módulos tienen un periodo de vida de hasta 20 años

#### **2.5.7.2. Desventajas**

- Los costos de instalación son altos por lo que requiere de una gran inversión inicial.
- Para recolectar energía solar a gran escala se requieren grandes extensiones de terreno.
- Es una fuente de energía difusa, la luz solar es una energía relativamente de baja densidad.
- Posee ciertas limitaciones con respecto al consumo ya que no puede utilizarse más energía de la acumulada en períodos en donde no haya sol.
- En cuanto a la tecnología actual, hay falta de elementos almacenadores de energía económicos y fiables.

## 2.6. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN

En las zonas rurales hay gran diversidad de fenómenos eléctricos de origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos. Por ello, es necesaria la implementación de un sistema de protección eléctrica que garantice la seguridad de las personas y la funcionalidad de los equipos.

Si hay una instalación que es sensible de ser afectada por los impactos del rayo estas son las torres de telecomunicaciones y las torres de vigilancia; estas instalaciones además se suelen encontrar en las zonas superiores de las montañas o montículos próximos a poblaciones, es por ello que, además se encuentran especialmente expuestas a los agentes atmosféricos y principalmente al rayo.

El sistema de protección eléctrica debe cumplir los siguientes objetivos:

- Protección y seguridad para la vida humana.
- Protección y seguridad en la operación electrónica.
- Continuidad de operación.
- Compatibilidad electromagnética (mínimos niveles de interferencia y contaminación entre equipos, aparatos, componentes, accesorios y seres humanos)

Para encontrar una correcta zona de implementación de torres repetidoras es necesario buscar zonas elevadas y así conseguir una ruta de enlace libre de interferencias. El principal problema que se presenta en zonas de selva (alta y baja) y en zonas de alta montaña es la caída de rayos. La descarga de rayos directos, los mismos que impactan en las cercanías o que caen sobre las líneas de suministro de energía que alimentan a los

establecimientos, pueden producir efectos transitorios de alto voltaje y alta corriente. Las estaciones de radio son particularmente vulnerables a las descargas de rayos y transitorios, pues están situadas en lugares elevados para la mejor propagación de la señal.

Existe diversa normativa acerca de la protección eléctrica, destacando especialmente las siguientes normas:

ITU, serie K Protection against interferences: En particular la norma ITU K.56, Protection of radio base stations against lightning discharges.

IEEE 81, IEEE guide for measuring earth resistivity, ground impedance, and earth surface potentials of a ground system.

IEEE 81.2, IEEE guide to measurement of impedance and safety characteristics of large, extended or interconnected grounding systems.

NFPA 780, Standard for the Installation of Lightning Protection Systems.

Todo el planteamiento que se presenta a continuación está conforme a estas normativas. También se recomienda revisar las normativas nacionales.

### **2.6.1. Sistema integral de protección eléctrica**

Las descargas atmosféricas son impredecibles y tienen una tensión muy elevada, esta hace que los equipos electrónicos corran mucho peligro al ser expuestos en torres altas y metálicas que hacen atraer con mayor facilidad un rayo, no hay ninguna tecnología que por sí sola pueda eliminar el riesgo de los rayos y sus transitorios. Es necesario un sistema integral, que se encargue de:

- Capturar la descarga atmosférica.
- Derivar el rayo hacia tierra en forma segura.
- Disipar la energía a tierra.
- Proteger los equipos contra los efectos transitorios (sobrevoltajes y sobrecorrientes).

#### **2.6.1.1. Captura de la carga atmosférica**

Como se ha mencionado, el rayo es el principal y más peligroso de los fenómenos eléctricos transitorios que causa daños impredecibles en instalaciones eléctricas por la magnitud de las cargas que acumula. En general, el punto más vulnerable en una descarga directa del rayo se encuentra en la parte superior de una estructura. La torre metálica o las antenas que sobresalen de la estructura son las más susceptibles de recibir la descarga. La forma de capturar la descarga atmosférica es utilizando un pararrayos. Los hay de diversos tipos:

##### **a) Pararrayos ionizantes**

Pararrayos que ionizan el aire y captan la descarga del rayo (Atraer rayos), se destacan por ser electrodos acabados en una o varias puntas, están instalados en la parte más alta de la instalación y conectados a tierra; se dividen en (ionizantes pasivos – ionizantes semiactivos)

##### **Pararrayos ionizantes pasivos**

Características Básicas: Son electrodos de acero o de materiales similares acabados en una o varias puntas, denominados Punta simple Franklin, no tienen ningún dispositivo electrónico ni fuente radioactiva. Su medida varía en función del modelo de cada fabricante, algunos

fabricantes colocan un sistema metálico cerca de la punta para generar un efecto de condensador.

Su Principio de funcionamiento: se basa esencialmente en canalizar por la toma de tierra la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal del pararrayos. La instalación conduce la tensión eléctrica generada por la tormenta primero hacia arriba, por el cable desnudo de tierra, para compensar la diferencia de potencial en el punto más alto de la instalación. Durante el proceso de la tormenta se generan campos eléctricos de alta tensión que se concentran en las puntas más predominantes; a partir de una magnitud del campo eléctrico alrededor de la punta o electrodo, aparece la ionización natural o efecto corona, mini descargas disruptivas que ionizan el aire, tal fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor que facilitará la descarga del fenómeno rayo.

En función de la transferencia o intercambio de cargas se puede apreciar en la PSF, chispas diminutas en forma de luz, ruido audible, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos. Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo: un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, este a su vez, junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente. Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica; el rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se

encarga de transferir en un instante parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias veces; chispas diminutas en forma de luz, ruido audible, radiofrecuencia, vibraciones del conductor, ozono y otros compuestos. Este fenómeno arranca una serie de avalancha electrónica por el efecto campo: un electrón ioniza un átomo produciendo un segundo electrón, este a su vez, junto con el electrón original puede ionizar otros átomos produciendo así una avalancha que aumenta exponencialmente. Las colisiones no resultantes en un nuevo electrón provocan una excitación que deriva en el fenómeno luminoso. A partir de ese momento, el aire cambia de características gaseosas al límite de su ruptura dieléctrica; el rayo es el resultado de la saturación de cargas entre nube y tierra, se encarga de transferir en un instante parte de la energía acumulada; el proceso puede repetirse varias veces.

El objetivo de estos atrae-rayos: es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica. (Las instalaciones de pararrayos están reguladas por normativas de baja tensión). Ha habido casos en que el efecto térmico ha fundido varios centímetros de acero de a punta Franklin. En (la figura 27) se puede observar una punta Franklin en la cima de un edificio.



Figura 27: Pararrayos ionizante pasivo punta franklin.<sup>39</sup>

### **Pararrayos ionizantes semiactivos PDC con dispositivo de cebado**

Características básicas: están formados por electrodos de acero o de materiales similares acabados en una punta, incorporan un sistema electrónico que genera un avance en el cebado del trazador; no incorporan ninguna fuente radioactiva, tienen un dispositivo electrónico sensible compuesto de diodos, bobinas, resistencias y condensadores, inundados en una resina aislante, todo ello blindado; otros incorporan un sistema piezoeléctrico. Los dos sistemas se caracterizan por anticiparse en el tiempo en la captura del rayo una vez que se produce la carga del dispositivo de excitación. Las medidas de los cabezales varían en función del modelo de cada fabricante.

Principio de funcionamiento: se basa esencialmente en canalizar por la toma de tierra la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal del pararrayos. La instalación conduce primero hacia arriba, por el cable desnudo de tierra, la tensión eléctrica generada por la tormenta, al punto

---

<sup>39</sup> Fuente: <http://www.rejyra.com/2013/index.php/joomla-stuff/2014-06-11-14-38-34/pararrayos>

más alto de la instalación para compensar la diferencia de potencial. El sistema electrónico aprovecha la influencia eléctrica del aumento de potencial entre la nube y la tierra, para autoalimentar el circuito electrónico y excitar la avalancha de electrones. La excitación del rayo se efectúa ionizando el aire por impulsos repetitivos; según aumente gradualmente la diferencia de potencial aportada por la saturación de cargas eléctrico-atmosféricas, aparece la ionización natural o efecto corona, mini descargas periódicas que ionizan el aire, este fenómeno es el principio de excitación para trazar un camino conductor intermitente que facilitará la descarga del fenómeno rayo.

El dispositivo electrónico del PDC está conectado en serie entre el soporte del cabezal y el cabezal aéreo.

El objetivo de estos atrae-rayos: es proteger las instalaciones del impacto directo del rayo, excitando su carga y capturando su impacto para conducir su potencial de alta tensión a la toma de tierra eléctrica. Estos equipos se caracterizan por incorporar un sistema de cebado que anticipa la descarga de 25 a 68  $\mu$ s. (las instalaciones de pararrayos PDC están reguladas por normativas de baja tensión).

Dispositivo de cebado de los pararrayos PDC: El sistema de cebado necesita un tiempo de carga para activar el dispositivo electrónico que generará un impulso, a continuación volverá a efectuar el mismo proceso mientras exista el aporte de energía natural; este tiempo de carga del dispositivo electrónico no se contabiliza en los ensayos de laboratorio de alta tensión de un PDC. En el campo de aplicación, el dispositivo

electrónico instalado en la punta del PDC, necesita un tiempo de trabajo para la carga del sistema de cebado; durante ese proceso, el efecto de ionización se retrasa en la punta del PDC referente a los sistemas convencionales de pararrayos Franklin. El dispositivo de cebado está construido con componentes electrónicos sensibles a los campos electromagnéticos, e instalado en el cabezal aéreo (PDC) dentro de la influencia de los efectos térmicos, electrodinámicos y electromagnéticos del rayo. En fusión de la intensidad de descarga del rayo la destrucción del dispositivo electrónico es radical, a partir de ese momento la eficacia del PDC no está garantizada y la instalación de protección queda fuera de servicio. Algunos fabricantes aconsejan la revisión del circuito electrónico del pararrayos cada vez que recibe un impacto.

**b) Pararrayos desionizantes pasivos, tecnología CTS (Charge Transfer System)**

Características básicas: los pararrayos desionizantes de carga electrostática (PDCE), incorporan un sistema de transferencia de carga (CTS), y no incorporan ninguna fuente radioactiva. Se caracteriza por transferir la carga electrostática antes de la formación del rayo anulando el fenómeno de ionización o efecto corona. El cabezal del pararrayos está constituido por dos electrodos de aluminio separados por un aislante dieléctrico, todo ello soportado por un pequeño mástil de acero inoxidable. Su forma es esférica y el sistema está conectado en serie con la propia toma de tierra para transferir la carga electrostática a tierra evitando la excitación e impacto directo del rayo.

Su principio de funcionamiento: Se basa esencialmente en canalizar por la toma de tierra la diferencia de potencial entre la nube y el cabezal del pararrayos. La instalación conduce primero hacia arriba, por el cable desnudo de tierra, la tensión eléctrica generada por la tormenta eléctrica al punto más alto de la instalación. Durante el proceso de la tormenta se generan campos de alta tensión que se concentran en el electrodo inferior (cátodo -). A partir de una magnitud del campo eléctrico, el electrodo superior (ánodo +) atrae cargas opuestas para compensar la diferencia de potencial interna del cabezal. Durante el proceso de transferencia, en el interior del pararrayos se produce un flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo, este proceso natural anula el efecto corona en el exterior del pararrayos, no produciendo descargas disruptivas, ni ruido audible a frito, ni radiofrecuencia, ni vibraciones del conductor.



Figura 28: Pararrayos desionizantes PDCE.<sup>40</sup>

---

<sup>40</sup> Fuente: <http://www.lightningrod.com.jm/>

### 2.6.1.2. Derivar el rayo a tierra en forma segura

Los recorridos de los conductores de bajada (usualmente denominados 'bajadas') se deben instalar fuera de la estructura. Las planchuelas o conductores planos rígidos son preferidos al cable flexible debido a las ventajas de su menor inductancia. Los conductores no deberían ser pintados, puesto que esto aumentará su impedancia. Deben emplearse siempre las curvas poco pronunciadas, para evitar problemas de saltos de arcos de chispas (flashovers). El acero estructural constructivo también podría utilizarse, en lugar de conductores convencionales, cuando en la práctica sea beneficioso en la emulación del concepto de la jaula de Faraday.



Figura 29: Conductores de derivación.<sup>41</sup>

### 2.6.1.3. Disipar la energía a tierra

Cuando la carga del rayo se transfiere repentinamente a tierra o a una estructura puesta a tierra, se neutraliza. La tierra es, así, el medio que disipa la energía eléctrica sin cambiar su potencial. La

---

<sup>41</sup> Fuente: <http://www.ingesco.com/es/productos/conductores-de-bajada>

capacidad de la tierra de aceptar la energía depende de la resistencia del suelo en la localización particular donde la descarga del relámpago entra en la misma.

**a) Puesta a tierra**

El principal objetivo de un sistema de puesta a tierra es brindar seguridad a las personas y protección a las instalaciones eléctricas; los dos fenómenos relevantes son los rayos y fallas, debido a que pueden crear grandes circulaciones de corriente y generar diferencias de potencial peligrosas. Es importante anotar que estos dos fenómenos son externos a instalaciones y el suelo se convierte en única trayectoria de retorno a las fuentes.

Sistema de puesta a tierra (SPT) (Grounding System): Conjunto de elementos conductores de un sistema eléctrico específico, sin interrupciones ni fusibles, que unen los equipos eléctricos con el suelo o terreno. Comprende la puesta a tierra y todos los elementos puestos a tierra.

Se logra la llamada "Puesta a Tierra Equipotencial" cuando todos los equipos dentro de las estructuras están referidos a una barra maestra de distribución de puesta a tierra (Master grounding bar) que en definitiva está conectada o vinculada al sistema exterior de puesta a tierra (external grounding system). Los lazos o 'loops' de tierra, y los consecuentes tiempos de crecimiento diferenciales deben ser evitados. El sistema de puesta a tierra se debería diseñar para reducir su impedancia a la corriente alterna, y para reducir la resistencia a la corriente continua. El uso de técnicas de tendidos

lineales o radiales de conductores enterrados puede disminuir la impedancia, mientras que permiten que la energía del rayo diverja mientras que cada conductor enterrado comparte gradientes de tensión. Son útiles los electrodos de puesta a tierra en anillo, conectados alrededor de las estructuras. El uso apropiado de las zapatas, de los basamentos y de las fundaciones de hormigón armado, aumenta el volumen de los electrodos.

Aditivos para la reducción de la resistencia de puesta a tierra, mediante el tratamiento de suelos, tales como carbón, brisa de coque (coke breeze), el hormigón armado, sales naturales, u otros componentes agregados, pueden ser útiles en presencia de suelos de alta resistividad, de suelos de pobre contenido de agua, de pobre contenido de sales, o de suelos a temperaturas de congelamiento.

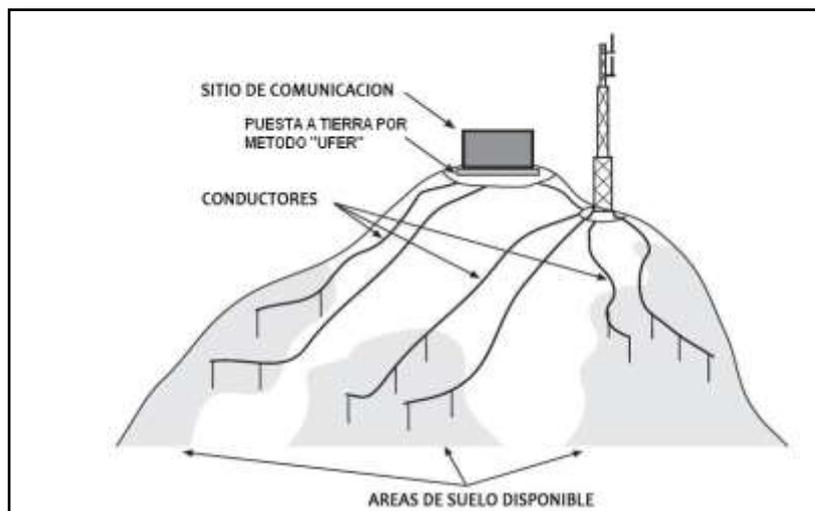


Figura 30: Sistema integral de puesta a tierra.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Fuente: <https://lyncolespanol.com/2013/05/16/falacia-3-puesta-a-tierra-sobre-roca-o-en-suelos-de-alta-resistividad/>

## b) **Parámetros del suelo**

Los principales parámetros del comportamiento eléctrico del suelo son: resistividad, permitividad o constante dieléctrica y permeabilidad magnética.

Resistividad ( $\rho$ ): El factor más importante de la resistencia a tierra no es el electrodo en sí, sino la resistividad del suelo mismo, por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar sistemas de puesta a tierra. La resistividad del terreno se define como la resistencia que presenta de  $1m^3$  de tierra, y resulta de un interés importante para determinar en donde se puede construir un sistema de puesta a tierra.

Este parámetro no es constante, sus variaciones dependen principalmente de la naturaleza del terreno, la frecuencia, la humedad, temperatura, salinidad, estratigrafía, compactación y las variaciones estacionales.

Permitividad o constante dieléctrica ( $\epsilon$ ): Es una medida de la facilidad de polarización de un material en un campo eléctrico (dipolos atómicos y moleculares). Cuantifica el efecto del medio sobre las fuerzas de atracción de dos placas cargadas con polaridad diferente. La unidad de medida es faradio/metro [ $F/m$ ], es expresada frecuentemente por su valor relativo con respecto a la de vacío:  $\epsilon_r = \epsilon/\epsilon_0$  donde  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío.

La permisividad posee importancia al estudiar los fenómenos transitorios, debido a la variación de este parámetro con la

frecuencia y el contenido de humedad, lo que influye en la propagación de la corriente en el suelo.

Permeabilidad magnética ( $\mu$ ): Es la relación entre la inducción magnética y la intensidad del campo magnético. En la mayoría de las aplicaciones de los sistemas de puesta a tierra no es un factor determinante, pues en los suelos presenta un valor muy cercano al del vacío.

#### **2.6.1.4. Proteger los equipos contra los transitorios de las líneas de comunicación**

Cuando se produce una descarga eléctrica ocasionada por un rayo, se crean campos electromagnéticos que inducen corrientes en las superficies conductoras próximas. En el caso de los sistemas radiantes que se han diseñado, las corrientes se pueden generar en el cable coaxial y de esta forma dañar los equipos electrónicos. La solución es emplear protectores de línea, que van ubicados entre el cable coaxial y los equipos electrónicos del sistema de radio. Cuando el protector de línea detecta un cambio de voltaje importante, deriva la corriente a tierra, mediante uno de sus terminales que se encuentra conectado al sistema de puesta a tierra.

#### **2.6.2. Recomendaciones para el sistema integral de protección**

##### **2.6.2.1. Tierra única y equipotencialidad**

En una instalación eléctrica o de equipos electrónicos, para cumplir con la EMC, es necesario tratar de conseguir una equipotencialidad casi perfecta, necesaria para evitar el surgimiento de potenciales inducidos, contribuyendo a la seguridad del personal y equipo.

La equipotencialidad es necesaria para evitar el surgimiento de potenciales no deseados por inducción de otras tierras cercanas, estructuras o partes metálicas al momento de la ocurrencia de un evento electromagnético.

Con la existencia de múltiples electrodos de tierra, es necesario que estos estén interconectados entre sí, a esta unión de electrodos se le denomina “única referencia de tierra”, cuyo objetivo es que el potencial de las tierras bajen o suban conjuntamente. En caso de una descarga atmosférica, el electrodo de tierra del sistema de protección contra rayos se elevará miles de voltios por unos instantes, de la misma manera la tierra del edificio y la estructura metálica. Sin embargo no existirá una diferencia de potencial entre el edificio y el sistema de *tierra*.<sup>43</sup>

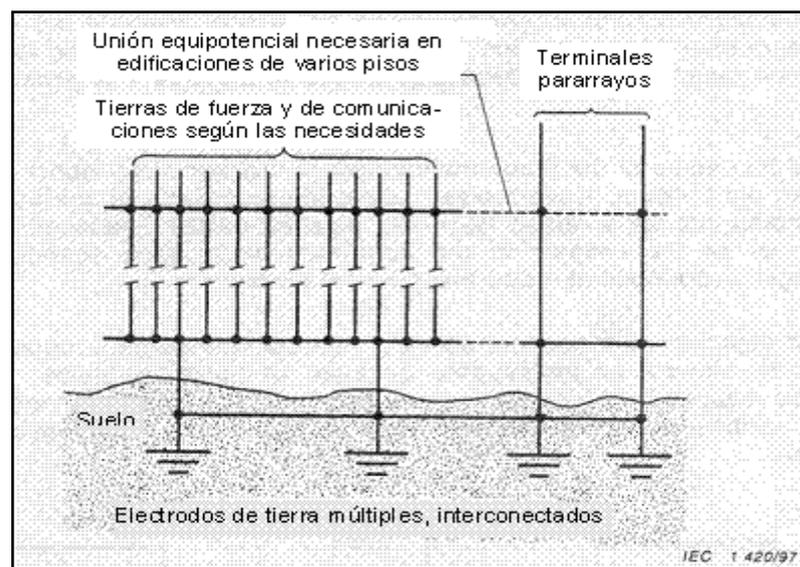


Figura 31: Puesta a tierra equipotencial.<sup>44</sup>

<sup>43</sup> Huete Serrano Manuel Enrique, “Sistema de Puesta a Tierra y Protección para Sistemas de Telecomunicaciones”, (Tesis de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Setiembre del 2008

<sup>44</sup> Fuente: Huete, “Sistema de Puesta a Tierra y Protección para Sistemas de Telecomunicaciones”

## **2.7. DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ESTRUCTURA**

Las torres de celosía destinadas a las telecomunicaciones son estructuras de amplio uso en la actualidad. La necesidad creciente de estructuras altas que permitan la mejor comunicación de la radio y la televisión, así como el desarrollo de la telefonía celular han producido una aceleración en la construcción de torres de celosía como soporte de antenas y han ampliado las funciones de las ya existentes. Estas estructuras son relativamente jóvenes, surgen en la segunda década del siglo XX con el nacimiento de las transmisiones de radio y a partir de la década del 50 del mismo siglo, con la invención de la televisión, su uso es extendido como soporte de antenas.<sup>45</sup>

Dos tipos de torres de telecomunicaciones se emplean de acuerdo a la tipología estructural: torres autosoportadas y torres atirantadas. Estas últimas por su economía de acero con relación a las autosoportadas cuando se requieren grandes alturas, son muy usadas; sin embargo la presencia de los cables le confieren un comportamiento estructural complejo ante las cargas ecológicas caracterizado por la no linealidad debido a los grandes desplazamientos de la estructura atirantada y por la naturaleza fluctuante del viento que determina la respuesta dinámica del conjunto.

### **2.7.1. Torres arriostradas o atirantadas**

En las torres de telecomunicaciones soportadas por tensores, conocidas como torres arriostradas o torres con tirantes, los tensores son generalmente de acero de alta resistencia. El empleo de tensores o tirantes permite alcanzar alturas importantes a un costo bajo de material. Estas torres se estructuran con tirantes a diferentes alturas

---

<sup>45</sup> Elena Parnás Vivian, "Metodología del Cálculo de Torres Atirantadas de Telecomunicaciones bajo la acción del Viento, Departamento de Ingeniería Civil", (Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, 2012)

(por lo general de 2/3 de la altura de la torre). La sección transversal más común de las torres de comunicaciones arriostradas es de celosía triangular. Los cables o arriostres se tensan para proporcionar la estabilidad adecuada a la estructura de celosía.

Este tipo de torres son ligeras y requieren mayor espacio libre para el anclaje de los cables, los cuales son anclados al terreno mediante bloques.

Muchas veces se requieren instalar antenas celulares en puntos específicos o regiones, por lo que se recurre a construir torres arriostradas sobre edificaciones existentes. Estas torres cuentan generalmente de tirantes o arriostres a diferentes distancias. El peso que genera la torre sobre la estructura existente no es muy grande, por lo que no le adiciona mucho peso a la edificación; sin embargo, se debe de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes. La descarga de la torre no debe hacerse directamente sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, ya que éste podría fallar.



Figura 32: Montaje de torre arriostrada.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Fuente: <http://www.sitecomunicaciones.com.mx/nuestros-servicios.php>

### **2.7.1.1. Estudio de variables significativas en el comportamiento estructural de torres atirantadas**

Acorde a las últimas investigaciones internacionales realizadas en la temática de las torres atirantadas y a la actualización de las normas y códigos relativos a estas estructuras se decide profundizar en el análisis de diferentes variables que inciden en el comportamiento estructural de las torres atirantadas: la no linealidad geométrica bajo vientos extremos y los modelos de deformacionales para análisis dinámico.

#### **a) No linealidad geométrica en la torre atirantada**

Una torre atirantada es un ejemplo de estructura con comportamiento no lineal bajo condiciones de trabajo. Un comportamiento lineal presupone que entre causa y efecto existe una relación lineal, por lo que se cumple el principio de superposición de efectos donde sí se duplica la magnitud de la carga se obtiene el doble de respuesta del modelo (desplazamientos, deformaciones y tensiones resultantes). Para que se cumplan estas premisas ha de verificarse que el material sea elástico y lineal (válida la ley de Hooke) y los desplazamientos de la estructura sean pequeños. Cuando alguna de estas condiciones no se alcanza el comportamiento de la estructura deja de ser lineal.

La no linealidad en una estructura puede venir de tres fuentes fundamentales: la geometría, el material y las condiciones de contorno. Sin embargo las más comúnmente tratadas en la literatura son la del material (o física) y la geométrica.

La no linealidad física o del material se debe a la relación no lineal existente entre tensión y deformación. Esta situación ocurre cuando el material no sigue la Ley de Hooke, es decir, las tensiones no son directamente proporcionales a las deformaciones. Algunos materiales se comportan linealmente sólo si las deformaciones son muy pequeñas, otros en cambio siguen comportamientos completamente diferentes.

Otra importante fuente de no linealidades se debe al efecto de los grandes desplazamientos en la configuración geométrica global de la estructura.

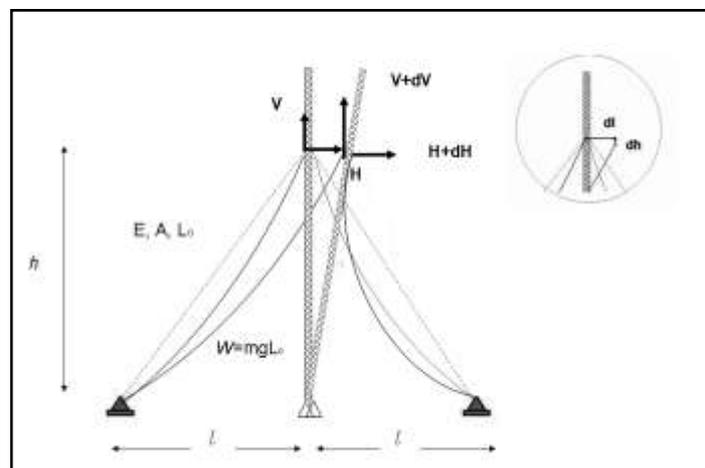


Figura 33: Variación de perfil de cable debido a la carga horizontal.<sup>47</sup>

### 2.7.2. Procedimiento de análisis y diseño de torres atirantadas de sección triangular

En este epígrafe se exponen las consideraciones fundamentales para el análisis y diseño estructural de torres atirantadas.

<sup>47</sup> Elena Parnás Vivian, "Metodología del Cálculo de Torres Atirantadas de Telecomunicaciones bajo la acción del Viento, Departamento de Ingeniería Civil", (Monografía, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, 2012)

No se incluye el detalle del diseño por resistencia de los componentes de la torre, el cual queda establecido en la norma de diseño de estructuras metálicas correspondientes.

#### **2.7.2.1. Principios de diseño**

El diseño preliminar debe realizarse de acuerdo a la experiencia previa y al criterio del proyectista para seleccionar las dimensiones básicas de los elementos, la configuración y geometría general de la torre y la tensión inicial de los cables que garantizan la estabilidad de la estructura.

El diseño inicial debe constar de:

- Transversal de fuste (sección de los elementos y arreglo espacial)
- Longitud entre niveles de cables
- Diámetro de los cables
- Posición de los anclajes

El diseño preliminar debe ser confirmado y reajustado si fuera necesario sobre la base de un análisis estático por estados límites últimos.

Sobre la base de uno o más ciclos de análisis y diseño se establecerá el diseño final detallado de la torre. Este diseño final debe ser revisado para la acción de cargas dinámicas del viento. El modelo analítico para el análisis dinámico debe tener en cuenta la masa de los cables y de todos los accesorios así como la masa del fuste de la torre. El análisis dinámico debe realizarse considerando la rigidez de la estructura bajo la acción del tesado de los cables.

En el diseño de las torres atirantadas se consideran dos estados límites: el estado límite de servicio y el último.

El estado límite de servicio corresponde a la condición en la cual la torre trabaja en el límite funcional requerido para la estructura. Este requerimiento es referido a la pérdida de la eficiencia de las transmisiones debido a los movimientos estructurales y oscilaciones. La condición de servicio debe realizarse sobre la base de las características de las antenas, las cuales deben tener definido las tolerancias en los cambios direccionales a fin de establecer las deformaciones permitidas en la estructura. En este estado se consideraran las combinaciones de cargas críticas a partir de sus valores característicos.

El estado límite último se corresponde con la máxima capacidad de carga de la estructura asociado con el colapso parcial o total, o deformaciones plásticas excesivas.

### **2.7.3. Consideraciones sobre la modelación y análisis**

El modelo físico matemático utilizado para el análisis estático no lineal debe considerar una representación por elementos finitos de la torre con una estructura tridimensional compuesta por elementos tipo barras (columnas y arriostres) y elementos lineales con formulación catenaria para los cables, asistido este proceso por el empleo de software especializados para el análisis y diseño de estructuras.

Deben considerarse las combinaciones pésimas de carga sobre la torre. El análisis debe basarse en la teoría de segundo orden para

tener en cuenta los cambios en la geometría de los cables y el fuste debido a las cargas. Esto asegura que sean tenidas en cuenta:

- las variaciones en la rigidez de los cables dependiente del tesado inicial.
- las variaciones en la rigidez de los cables dependiente la fuerza axial debido a las cargas aplicadas.
- La influencia de la fuerza axial en los momentos flectores de los elementos del fuste.
- La influencia de los grandes desplazamientos en la torre debido a las cargas laterales aplicadas.

#### **2.7.3.1. Modelación de estructura**

Muchas de las investigaciones realizadas sobre torres atirantadas, han utilizado el modelo de viga equivalente para representar la armadura espacial con las consiguientes equivalencias para simular las propiedades de una en otra. El modelo de viga equivalente desprecia la contribución de los miembros diagonales y horizontales del fuste a la rigidez axial y a la flexión de la torre, sin embargo ofrece una aproximación válida cuando no se presenta asimetría en la torre con un por ciento de error aceptable con relación al modelo de armadura espacial (5%). La generalidad de las torres de telecomunicaciones, presentan asimetría tanto por la presencia de accesorios y antenas como por los anclajes, por lo que se debe rechazar la simplificación antes expuesta. Por tanto la modelación correcta del fuste de una torre consiste en reproducir de forma detallada cada miembro de la armadura (columnas, diagonales y

tranques horizontales) y modelarlos como barras, conformando así la estructura tridimensional.

Las características específicas de las secciones y las uniones entre elementos deben ser definidas según el proyecto de torre en estudio.

#### **2.7.3.2. Modelación de las condiciones de apoyo**

El sistema de cables y anclajes conjuntamente con los apoyos de la base del fuste conforman las condiciones de apoyo. Los cables para el análisis pueden ser modelados de distintas formas, ya sea como elementos de barra con capacidad solo a la tracción o como cables de perfil parabólico o catenaria, esta última opción es la más correcta, según los trabajos internacionales de mayor actualidad. La deformada inicial del cable es la que este posee bajo el efecto de peso propio y de tesado inicial.

Para obtener la deformada inicial del cable, se aplica una fuerza impuesta en el extremo de este unido al anclaje, de valor igual a la fuerza de tesado inicial. Esta fuerza se aplica de manera iterativa mediante un análisis no lineal hasta alcanzar el equilibrio entre la deformada y la tensión fijada en el extremo. Al final del análisis y alcanzada la convergencia prefijada en el equilibrio, se compara la fuerza obtenida en el elemento con la fijada al inicio. Si el error relativo entre el valor calculado y el fijado es mayor que el error de tolerancia especificado para la convergencia, entonces se repite el proceso tantas veces como sea necesario hasta que el error sea menor que el valor especificado. Llegado a este punto se obtiene la

configuración inicial del cable, la cual está determinada por la longitud real del cable y la relación entre este y la cuerda.

Los anclajes a tierra de los cables se consideran como articulaciones espaciales teniendo en cuenta la incapacidad de los cables de tomar flexiones.

### 2.7.3.3. Modelación del material

Se deben tener en cuenta las propiedades de los materiales (tensión de fluencia, el módulo de elasticidad) que componen los elementos de las torres, tanto del fuste como de los cables, por lo que imprescindible contar con los datos de los suministradores. Generalmente los materiales se asumen trabajando en su régimen elástico y lineal para simplificar el análisis.

### 2.7.4. Tipos de material de elementos de la torre

El tipo de acero con el que se construyen las torres es el A36. La curva de su comportamiento se presenta en la figura:

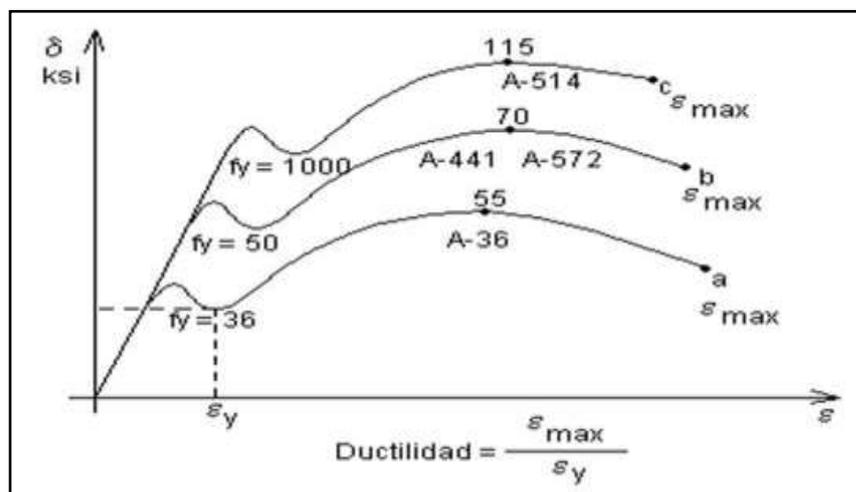


Figura 34: Curva esfuerzo-deformación del acero A36.<sup>48</sup>

<sup>48</sup> Elena Parnás Vivian, "Metodología del Cálculo de Torres Atirantadas de Telecomunicaciones bajo la acción del Viento, Departamento de Ingeniería Civil", (Monografía, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría, 2012)

En el rango elástico, al retirar la carga, el material regresa a su forma y tamaño inicial. En casi toda la zona se presenta una relación lineal entre la tensión y la deformación. Si la carga excede el límite elástico, el material se comporta plásticamente; es decir, continúa deformándose bajo una tensión "constante" o, en la que fluctúa un poco alrededor de un valor promedio llamado límite de cedencia o fluencia. Finalmente, la zona en donde el material retoma tensión para seguir deformándose; ésta se incrementa hasta el punto de tensión máxima, llamado por algunos tensión o resistencia última por ser el último punto útil del gráfico.

#### **2.7.4.1. Cables de arriostamiento**

Son miembros flexibles que pueden ser únicamente sometidos a tensión. Consisten en uno o más grupos de alambres, torones o cuerdas (Figura 36 a). La carga de tensión se divide por igual entre los hilos del cable, permitiendo que cada hilo quede sometido a la misma tensión admisible. Un torón está formado de alambres dispuestos en forma helicoidal alrededor de un alambre central para producir una sección simétrica. De la misma manera, un cable es un grupo de torones colocados en forma helicoidal alrededor de un núcleo central que está compuesto de un corazón de fibras o de otro torón. El tipo de cable que se usa para arriostar las torres es un torón de 7 alambres (Figura 36 b), que tiene un centro de un solo alambre con seis alambres del mismo diámetro alrededor.

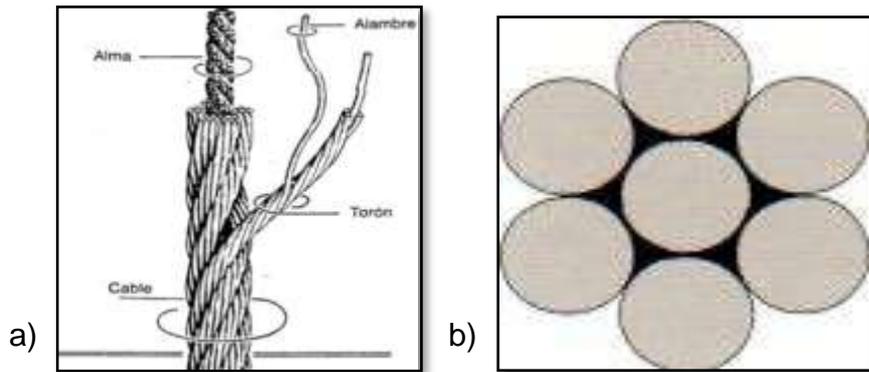


Figura 35: Elementos de un cable<sup>49</sup>

#### 2.7.4.2. Templadores, guardacabo y candado

Herramientas utilizadas para generar tracción y protección del cable de arriostamiento, estas son de acero inoxidable.

El candado cumple la función de mantener el cable en su lugar, el guardacabo ajusta y protege el cable evitando la rotura por roce y el templador cumple la función de graduar los niveles de tensión del cable, requeridos para el montaje de la torre de telecomunicación.



Figura 36: Elementos de tracción y protección.<sup>50</sup>

<sup>49</sup> Gutierrez Melendez Karen Cecilia, "Análisis de una Torre de telecomunicaciones atirantada ante los efectos de viento: relación del costo de la torre en función de la velocidad del viento" (Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 2015)

<sup>50</sup> Fuente: <https://www.peruhardware.net/temas/caracteristicas-de-tramos-de-torre-y-accesorios-para-base.81005/pagina-2>

## **2.8. EVALUACIÓN DEL PROYECTO DE INVERSIÓN**

La evaluación de un proyecto de inversión, tiene por objeto conocer su rentabilidad económica financiera y social, de manera que resuelva una necesidad humana en forma eficiente, segura y rentable, asignando los recursos económicos con que se cuenta, a la mejor alternativa<sup>51</sup>.

### **2.8.1. Inversión**

Las Inversiones del Proyecto, son todos los gastos que se efectúan en unidad de tiempo para la adquisición de determinados factores o medios productivos, los cuales permiten implementar una unidad de producción que a través del tiempo genera flujo de beneficios. Las Inversiones a través de Proyectos, tiene la finalidad de plasmar con las tareas de ejecución y de operación de actividades, los cuales se realizan previa evaluación del flujo de costos y beneficios actualizados.

### **2.8.2. Horizonte de evaluación**

En evaluación de proyectos de inversión, uno de los temas más controvertidos es el establecimiento del Horizonte de Evaluación, debido básicamente a la relevancia de la relación que mantiene con conceptos financieros fundamentales tal como el costo del dinero en tiempo, llamado también el Costo de Oportunidad del Capital. Lamentablemente no es posible tener una regla general y es que el período de evaluación a considerar en determinado proyecto depende de las características intrínsecas del mismo.<sup>52</sup>

---

<sup>51</sup> Miranda Echevarría Ramón, “Evaluación de Proyectos de Inversión”, Econlink, <https://www.econlink.com.ar/proyectos-de-inversion>

<sup>52</sup> Bravo Orellana Sergio, “Horizonte de Evaluación de un Proyecto de Inversión” (Trabajo de Investigación, ESAN, Julio 2004)

Generalmente se parte del principio que "toda empresa se forma con el objetivo que perdure en el tiempo, es decir que tenga vida infinita"; sin embargo, hacer una evaluación considerando vida infinita no tiene sentido práctico, por una o varias de las siguientes razones:

- a) Los proyectos están basados en estimaciones, las cuales mientras más alejado sea el alcance de éstos demandarán mayor esfuerzo y serán más inciertas;
- b) Los productos (bienes o servicios) del proyecto tienen una vida determinada en la que ofrecen beneficios (rentabilidad), la continuidad de la empresa se asegura reemplazando activos, modificando o buscando nuevos productos y/o mercados, que resultan ser proyectos nuevos, incrementales.
- c) Cuanto más alejados estén los flujos del inicio de la evaluación del proyecto, éstos tendrán menos relevancia en la estimación de los diversos criterios de evaluación, y no se justificaría el esfuerzo de estimarlos.

### **2.8.3. Tasa de interés**

La tasa de interés es la tasa de retorno que un inversionista debe recibir, por unidad de tiempo determinado, del deudor, a raíz de haber usado su dinero durante ese tiempo. En términos generales, a nivel individual, la tasa de interés (expresada en porcentajes) representa un balance entre el riesgo y la posible ganancia (oportunidad) de la utilización de una suma de dinero en una situación y tiempo determinado. En este sentido, la tasa de interés es el precio del dinero, el cual se debe pagar/cobrar por tomarlo prestado/cederlo en préstamo

en una situación determinada. Cuando se evalúan proyectos de inversión a nivel de perfil, los flujos de caja se descuentan a una tasa de descuento igual a la tasa de interés activa vigente en el mercado; sin embargo, en la etapa de evaluación del proyecto la tasa de descuento se torna en un dato relevante y esta debe representar el coste del capital del proyecto en particular.<sup>53</sup>

#### **2.8.4. Flujo de cajas**

Denominado también flujos de tesorería, flujos de efectivo o simplemente caja. Los flujos de caja de un proyecto constituyen un estado de cuenta que resume las entradas de efectivo y salidas de efectivo a lo largo de la vida útil del proyecto, por lo que permite determinar la rentabilidad de la inversión. Es la diferencia entre los soles cobrados y los pagados, es decir, constituye el flujo neto de efectivo que se espera recibir en el futuro (ingresos menos egresos). La confiabilidad de las cifras o datos contenidos en un flujo de caja esperado será determinante para la validez de los resultados, ya que los diversos criterios o métodos de evaluación de proyectos se aplican sobre esta base (flujos de efectivo esperados).

#### **2.8.5. Indicadores**

El VAN y el TIR son dos herramientas financieras procedentes de las matemáticas financieras que nos permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que podemos hacer en un negocio en marcha, tales como el desarrollo

---

<sup>53</sup> Beatriz Herrera García "la Tasa de Descuento en Proyectos". ( Universidad Mayor de San Marcos, 2014)

de un nuevo producto, la adquisición de nueva maquinaria, el ingreso en un nuevo rubro de negocio, etc.<sup>54</sup>

### 2.8.5.1. Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable. Basta con hallar VAN de un proyecto de inversión para saber si dicho proyecto es viable o no. El VAN también nos permite determinar cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión.

$$\text{VAN} = -A + \sum_{s=1}^n \frac{Q_s}{(1+i)^s} \dots\dots (3)$$

Donde:

A: Inversión Inicial

$Q_s$ : Flujos netos en Período “s”

n: Número de años que dura la inversión

i: Rentabilidad mínima que le exigimos a la inversión.

**Nota:** La rentabilidad del proyecto se determina considerando los siguientes valores del VAN:

**VAN menor a 0:** El proyecto no es rentable. El retorno del proyecto no alcanza a cubrir la tasa de costo de oportunidad.

**VAN mayor a 0:** El proyecto es rentable. El proyecto da un retorno mayor a la tasa de costo de oportunidad.

**VAN igual a 0:** Indiferente. Significa que el proyecto me está rindiendo lo mismo que la tasa de costo de oportunidad.

---

<sup>54</sup> CreceNegocios, “El VAN y el TIR”, (Monografía, Julio del 2014), <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

### 2.8.5.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, que se lee a mayor TIR, mayor rentabilidad. Por esta razón, se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Se define la tasa interna de retorno como aquella que hace que el valor presente neto sea igual a cero.

$$0 = -A + \frac{Q_1}{(1+r)^1} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n} \dots (4)$$

Donde:

A: Inversión Inicial

Q<sub>s</sub>: Flujos netos en el período "s"

N: Número de años que dura la inversión

r= TIR

## 2.9. DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA TERMINOLOGÍA

Con la finalidad de aclarar algunos términos técnicos que se han ido utilizando a lo largo del trabajo de suficiencia profesional, se ha visto necesario realizar la definición de éstos, para poder comprender mejor lo que se requiere indicar y esclarecer los fundamentos teóricos.

- a) **WLAN:** Wireless Local Area Network, una expresión que se traduce como Red de Área Local Inalámbrica. Es una red de tipo local cuyos equipos no necesitan estar vinculados a través de cables para conectarse.
- b) **Throughput:** Es la tasa promedio de éxito en la entrega de un mensaje sobre un canal de comunicación

- c) **Línea de Vista:** Se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras.
- d) **Red Troncal:** Es un enlace que interconecta y unifica varias comunicaciones simultáneas en una sola señal para un transporte y transmisión a distancia de manera más eficiente y así poder establecer comunicaciones con otra central o una red entera de ellas.
- e) **DFS:** Hace referencia a los canales con los que trabaja un equipo repetidor, mientras mayor sean los canales, mayor su maniobrabilidad.
- f) **POE:** Power Of Ethernet, Es una tecnología para cable Ethernet LAN (redes de área local) que permite corriente eléctrica necesaria para el funcionamiento de cada dispositivo sea transportada por los cables de datos en lugar de por los cables de alimentación.
- g) **Perfil de Elevación:** El relieve del terreno de la ruta donde se requiere ver si existe Línea de Vista.
- h) **Irradiancia:** Es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol, la magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la potencia por unidad de superficie alcanzada a la tierra. Su unidad es  $W/m^2$ .
- i) **Irradiación:** Es la cantidad de Irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en  $Wh/m^2$  o, en caso de un día, en  $Wh/m^2.día$  o unidades equivalentes.
- j) **Carga:** Es la potencia que demanda un dispositivo.

- k) Celda fotovoltaica, o celda solar:** son dispositivos que convierten la energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.
- l) Consumo Eléctrico:** Es la potencia que utiliza un dispositivo en un estimado de tiempo, su medida es Waths Hora (Wh) o Kilowaths Hora (Kw.h).
- m) Capacidad Instalada:** Potencia nominal o de placa de una unidad generadora.
- n) Corriente alterna:** En la corriente alterna (CA o AC, en inglés) los electrones, a partir de su posición fija en el cable (centro), oscilan de un lado al otro de su centro, dentro de un mismo entorno o amplitud, a una frecuencia determinada (número de oscilaciones por segundo).
- o) Corriente Alterna:** La corriente continua (CC o DC, en inglés) se genera a partir de un flujo continuo de electrones (cargas negativas) siempre en el mismo sentido, el cual va desde el polo negativo de la fuente al polo positivo.
- p) Corriente de Cortocircuito:** Corriente que se mide en condiciones de corto circuito en los terminales de un módulo.
- q) Corriente de máxima potencia:** Corriente correspondiente al punto de máxima potencia.
- r) Horas de sol pico:** Número equivalente de horas a 1 Kw.h/m<sup>2</sup> de radiación solar que produce la misma cantidad de energía solar que bajo las condiciones reales de insolación.

- s) **Potencia eléctrica:** Capacidad de los aparatos eléctricos para producir trabajo (la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo). La unidad de medida es el Watt (W), el kilowatt (Kw) o el megawatt (Mw).
- t) **Punto de máxima potencia:** Punto de la curva I-V en donde el producto  $I * V$  (potencia) tiene su valor máximo.
- u) **Voltaje de circuito abierto:** Voltaje que se mide en los terminales sin carga de un sistema fotovoltaico.
- v) **Voltaje de máxima potencia:** Voltaje correspondiente al punto de máxima potencia.
- w) **Watt pico:** Unidad de medida de un módulo solar fotovoltaico, que significa la cantidad de potencia máxima que puede generar el módulo a condiciones estándar de funcionamiento (1000 W/m<sup>2</sup>, 25°C y 1.5 de masa de aire).
- x) **Días de autonomía(N):** Son los días en que el sistema puede continuar sus funciones (consumo de energía), sin que exista generación de la fuente primaria. Esto se logra mediante la acumulación de la cantidad de energía necesaria en las baterías.
- y) **Arriostramiento:** es la acción de rigidizar o estabilizar una estructura mediante el uso de elementos que impidan el desplazamiento o deformación de la misma.
- z) **Viga:** Elemento arquitectónico rígido, generalmente horizontal, proyectado para soportar y transmitir las cargas transversales a que está sometido hacia los elementos de apoyo.

## **CAPITULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1. TIPO DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

Es importante describir los criterios del diseño de investigación en el trabajo de suficiencia profesional para desarrollar y concluir con éxito el proyecto, para ello describiremos cada uno de los criterios a seguir:

##### **3.1.1. Investigación explicativa**

Porque nos permite analizar e interpretar su comportamiento para dar solución al problema; descubriendo las causas directas del problema central, como es la falta de internet asequible en las zonas rurales aisladas y dándole como una alternativa de solución con la implementación de red inalámbrica de torre repetidora abastecida con energía solar; permitiendo dar un alcance de la tecnología de internet al Centro Poblado de Nuevo Chirimoto.

##### **3.1.2. Investigación de datos primarios**

Porque los datos obtenidos en el lugar donde se desarrollara el proyecto, como es el montaje de la torre repetidora provisto de energía solar para proveer de Internet al centro poblado de Nuevo Chirimoto, son de primera mano es decir, son datos exclusivos para el desarrollo de la investigación.

#### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

El presente trabajo de investigación ha sido aplicado en un lugar específico, donde se ha considerado que la población es igual a la muestra, por lo tanto, no se ha desarrollado técnicas de muestreo.

### **3.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

El perfil de elevación y los niveles de radiación solar en la zona de montaje, nos permitirá determinar la viabilidad de la implementación de una torre repetidora abastecida con sistema fotovoltaico para interconectar los puntos requeridos en el diseño de la red inalámbrica Moyobamba-Nuevo Chirimoto.

### **3.4. VARIABLE – OPERACIONALIZACIÓN**

La definición operacional de las variables es el proceso mediante el cual se establecen los procedimientos empíricos que permiten la obtención de datos de la realidad para verificar las hipótesis y solucionar el problema.

En nuestro caso la variable independiente es la radiación solar, que es la principal fuente de energía y la variable dependiente es el sistema fotovoltaico requerido para implementar los equipos de telecomunicación, solucionando la falta de energía eléctrica en el punto de montaje de la torre repetidora.

También se ha considerado como variable independiente el perfil de elevación, quien es la constante que nos permite realizar el correcto trazo de la instalación de la red inalámbrica Moyobamba-Nuevo Chirimoto

A continuación se muestra el cuadro de las variables y su operacionalización consideradas en el presente proyecto de investigación:

Tabla 1: Descripción de la variable dependiente e independiente.

VARIABLE	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	INSTRUMENTOS	INDICADORES
Independiente	Perfil de elevación	Permiten visualizar la altitud sobre el nivel del mar de la ruta que se ha trazado	Software de Google Earth	Linea de vista Relieve del terreno
	Niveles de radiación solar	indispensable para el funcionamiento del sistema Fotovoltaico	Software de dimensionamiento solar (Atmosferic Science Data Center)	Horas Pico Sol (HPS)
Dependiente	Sistema de red de Distribución	Conjunto de Torres Repetidoras que reciben señales digitales para su posterior retransmisión.	Manual del diseño de Telecomunicación	Recepción de señales digitales Alta velocidad de tasa de transferencia Mb/s. Baja latencia. Ahorro al usuario
	Sistema Fotovoltaico	Diseñado para proveer energía eléctrica	Manual de guía para el dimensionamiento de sistemas autónomos	Consumo de energía Ahorro de energía Máxima demanda Ratios de rentabilidad
Localización	Punto Fotovoltaico	Latitud (6°24'25.20"S) Longitud (77°16'19.20"O)	Software de Google Earth	

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.5. MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

#### 3.5.1. Métodos de investigación

a) **Deductivo:** Porque para poder definir un trazo de ruta con línea de vista se ha tenido que observar el perfil topográfico mediante uso de software y así definir los puntos del enlace.

Se ha considerado características generales del uso de energía renovables, para llegar a conocer hechos particulares como es la radiación solar en la generación de energía eléctrica, que han permitido cumplir con los objetivos de la investigación.

b) **Analítico:** Porque se ha realizado el estudio integral de un sistema fotovoltaico y su sistema de protección para determinar las características eléctricas de todo sus componentes, cuyo objetivo es el suministro de energía eléctrica; así mismo se ha considerado el estudio del diseño de soporte y la tecnología a usar en los equipos repetidores.

c) **Comparativo:** Porque se ha partido del uso de la energía convencional y tomado como referencia para darle nuevas aplicaciones en el ámbito de las telecomunicaciones.

d) **Histórico:** Porque en el desarrollo del proyecto se ha considerado como antecedentes estudios realizados en contextos internacionales, nacionales y locales por diferentes autores referentes a sistemas fotovoltaicos.

#### 3.5.2. Técnicas de investigación

a) **Observación:** Se registró al detalle los puntos donde se montarán las torres de telecomunicación mediante el uso del software y

posteriormente se corroboró con la visita a dicha punto, con el propósito de verificar la buena línea de vista que arrojaban los resultados.

Se consideró y registró las características eléctricas de las cargas existentes; estos datos fueron registrados por el investigador, que posteriormente fueron utilizados para determinar la máxima demanda instalada.

**b) Fichaje:** Consistió en registrar los datos que se fueron obteniendo en los instrumentos llamados fichas (o formatos), las cuales, debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopiló en la investigación.

**c) Entrevista:** Se realizó un diálogo con algunos pobladores y las instituciones para saber cuáles habían sido las soluciones que hasta el momento le estaban dando a la falta de conectividad asequible, y se les planteó la solución, haciéndoles saber las mejoras que consigo traía (mayor velocidad de navegación, rentabilidad). Esta entrevista fue abierta; donde no hubo un guion establecido, las preguntas se construyeron al paso de la conversación.

### **3.6. DESCRIPCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

Estos instrumentos permitieron recoger y registrar los datos observables de la investigación. Para registrar la información de campo se utilizó un formato (ficha técnica) ya establecido por la empresa TELSOF.TRL bajo la supervisión del profesional responsable. Así mismo se utilizó un formato para el suministro, montaje y puesta en servicio del sistema.

Tabla 2: Técnicas e instrumentos en la investigación.

TECNICAS	INSTRUMENTOS
Observación	Cuaderno de apuntes
Fichaje	Formatos: - 01: Ficha del cuestionario (Ver Anexo G) - 02: Registros fotográficos (Ver Anexo H)
Entrevista	Las entrevistas que se establecieron con los pobladores y autoridades fue abierta, no hubo guión establecido.

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS

El análisis estadístico y la interpretación de los datos es una de las etapas más importantes en la investigación, porque aquí es donde se proyecta a las conclusiones.

La información obtenida en el presente trabajo de investigación, como son, perfil de elevación, datos de radiación solar, máxima demanda eléctrica y la energía generada por el sistema fotovoltaico, se han organizado en tablas y gráficas, gracias a ello se ha podido determinar a dar posibles respuestas al problema planteado.

Una medida de tendencia central que se ha utilizado es la media aritmética, la cual permitió expresar en forma resumida los datos de energía eléctrica generada por año con sistema convencional y fotovoltaico.

## **CAPÍTULO IV**

### **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. PROPUESTA DE ESTUDIO**

El internet es un servicio considerado prioritario en la vida de algunas personas e indispensable en las empresas y entidades públicas, así mismo sus aplicaciones hacen de ésta una herramienta de uso práctico que se adapta a la necesidad del quien la está usando; pese a ello existen zonas aisladas que por motivos geográficos o tecnológicos no pueden gozar de las bondades que nos ofrece el internet.

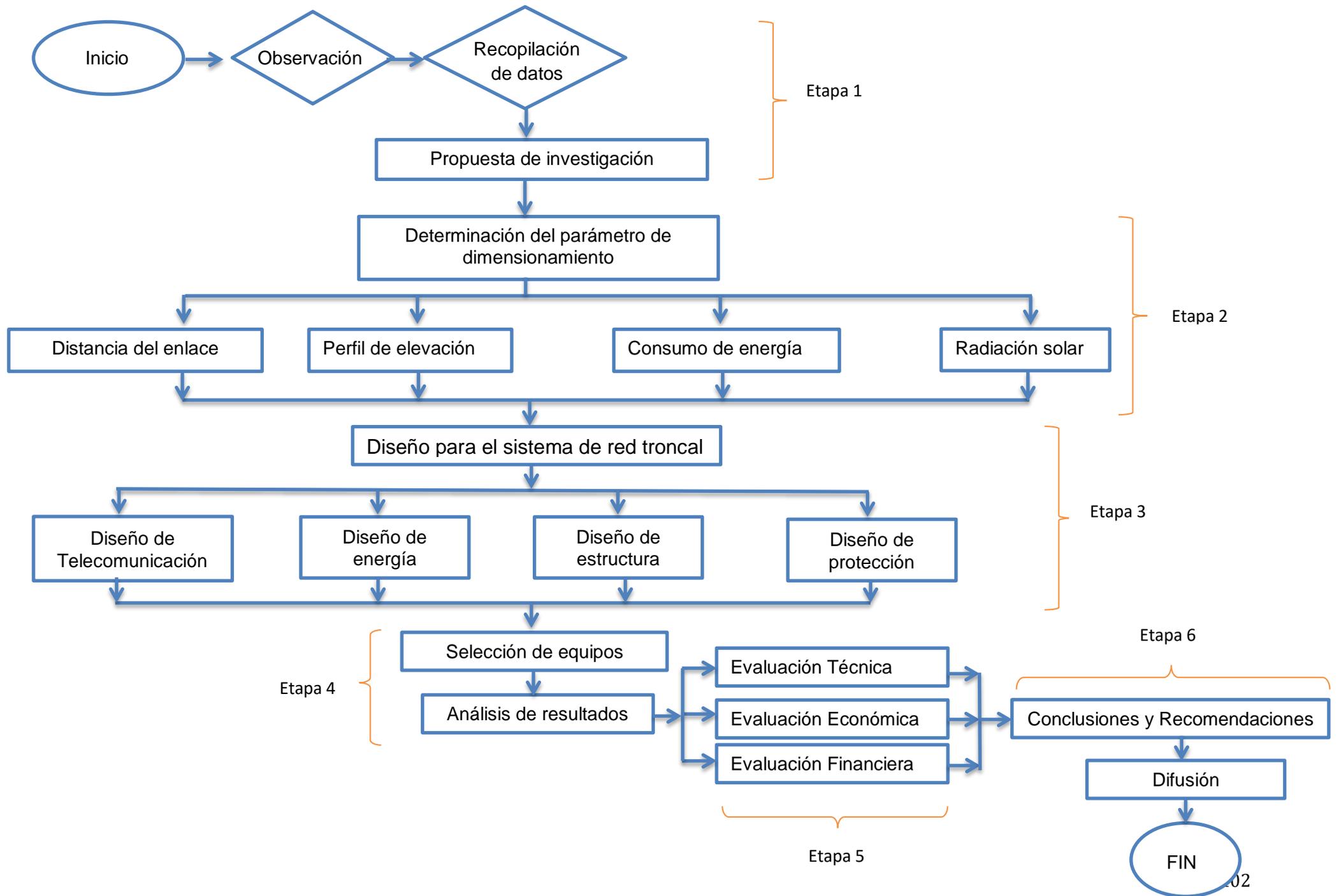
El presente proyecto de investigación, plantea llevar al Centro Poblado de Nuevo Chirimoto el acceso al internet con tecnología Wi-Fi de forma masiva y asequible, debido a que, la única forma de implementación que tienen estas zonas es el uso del Internet Satelital que dispone de la ventajas de fácil acceso pero el precio de instalación y tarifas de cobros mensuales son muy elevados; esta a su vez tiene navegación precaria y restringida, es decir tienen un margen de descarga, debido a esto el uso de esta tecnología es poco rentable y son usados en general por entidades públicas como Municipalidades o Centros de Salud mas no por el poblador promedio.

La tecnología Wi-Fil hace uso de un emisor y receptor para poder intercomunicarse, estos equipos transportan los datos mediante un radioenlace, realizando así el traslado de la información. El uso de una implementación de torres repetidoras en zonas donde exista Línea de

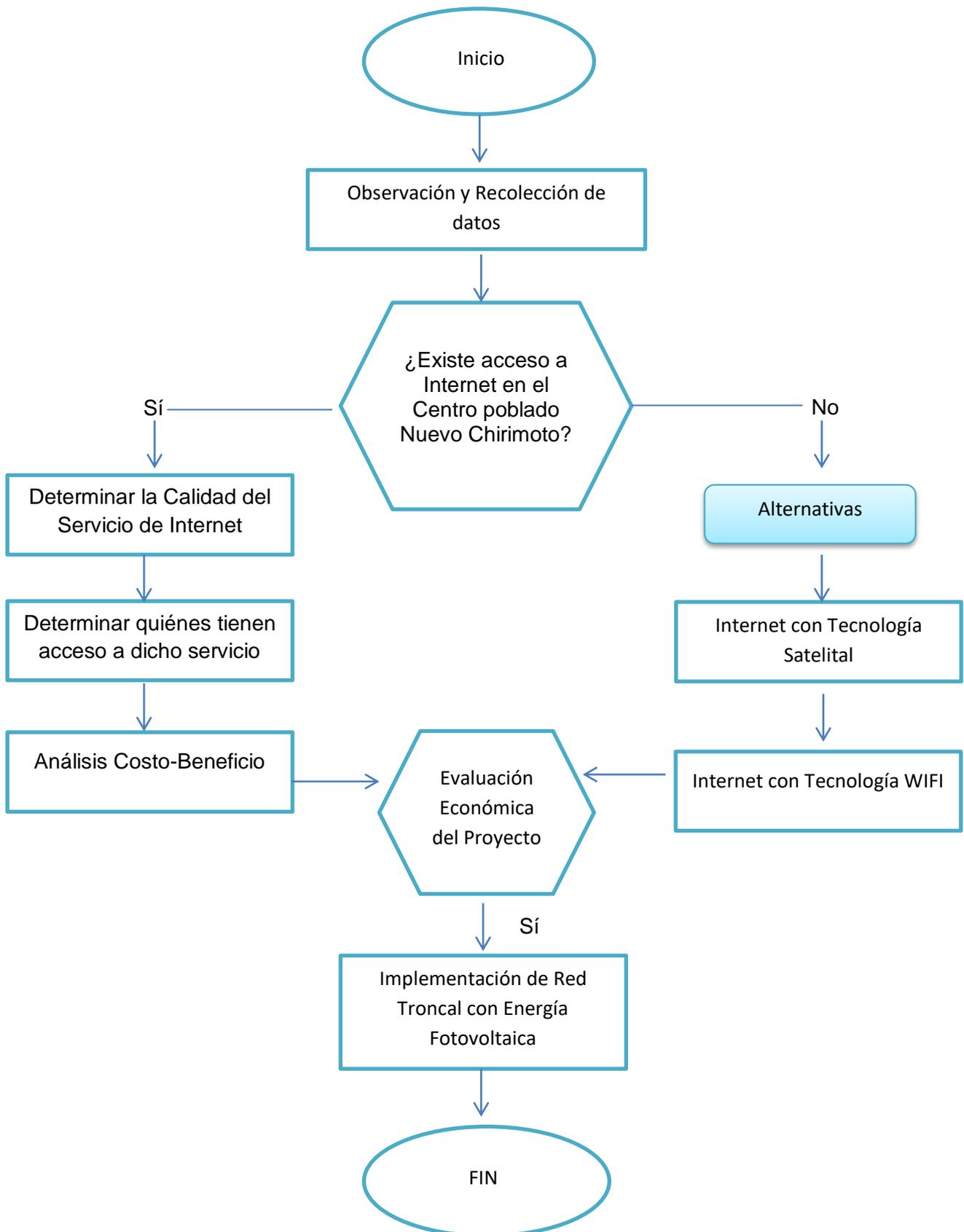
Vista, hace el uso Indispensable de un sistema fotovoltaico ya que son zonas carentes de energía eléctrica.

Por lo descrito anteriormente se realizará un estudio para determinar la viabilidad técnica y económica del uso de energía fotovoltaica en la torre repetidora y su implementación en ésta, así mismo cuestionar su rentabilidad mediante cuadros estadísticos frente al internet satelital que existe en el centro poblado de Nuevo Chirimoto.

La propuesta de investigación obedece al siguiente flujograma.



## Evaluación Técnica, Económica y Financiera del Sistema de Red Troncal.



## 4.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA PROPUESTO

El sistema de red inalámbrica con torre repetidora abastecido con sistema fotovoltaico, está implementado para dar acceso de internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto, se ha dimensionado considerando las zonas donde van a ir distribuidas cada una de ellas, halladas a través de visitas técnicas y tomando muestras con GPS para luego mediante un software realizar el trazo de la ruta del enlace, a su vez hemos considerado la radiación solar de la zona, la máxima demanda y el consumo máximo de energía, se ha considerado sistemas de protección y el diseño de las torres que irán en dichos puntos a considerar.

Así mismo se ha de determinar la rentabilidad del proyecto realizando una evaluación técnica, económica y financiera.

El sistema estará conformado por los siguientes equipos y/o componentes:

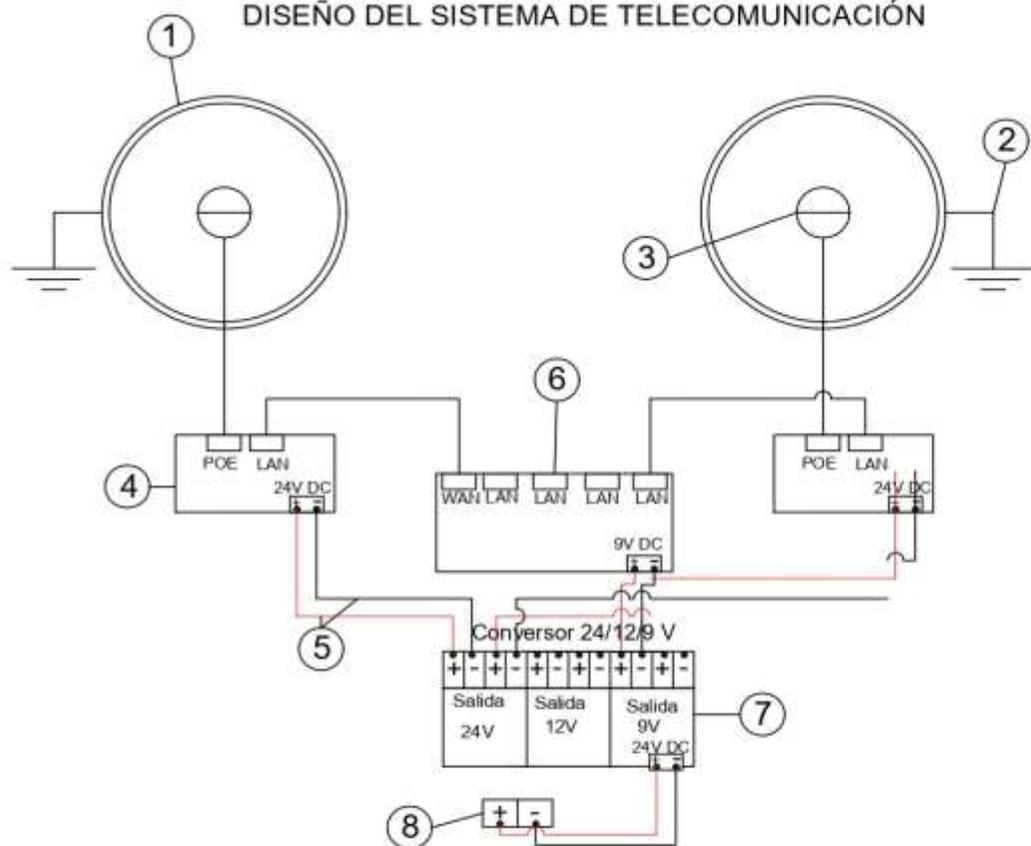
### 4.2.1. Equipos para la sistema de telecomunicación

Estos equipos han sido considerados para cumplir con los requisitos tales como la distancias que existen entre tramos y la cantidad de datos que se quiere transferir, usando programas como Google Earth y GPS que nos han permitido ver detalladamente el perfil de elevación, altitud y distancia.

- a) Rocket 5AC Prism Gen2:** Equipo diseñado para entregar una máxima eficiencia espectral y throughput real de hasta +500 Mbps con un alcance de hasta 100 Km, consideraremos 4 equipos Rocket 5AC Prism Gen2, uno para el Punto Moyobamba donde inicia el enlace, dos en el Punto SFV y el último irá en el tramo final en el punto Nuevo Chirimoto.

- b) RocketDish rd-5g30:** Antena diseñada para trabajar en conjunto a los Rocket 5AC Prism Gen2, estas a su vez son montadas sin necesidad de ninguna herramienta especial, sirven para darle mayor alcance y potencia al sistema. Se consideran de acuerdo a la cantidad de Rockets Prism requeridos para el proyecto, en nuestro caso cuatro.
- c) Switch Tp-Link de 5 puertos:** Es un dispositivo de interconexión utilizado para conectar equipos en red, que forma lo que se conoce como una red de área local. El modelo es switch Tp-Link (TL-SF1005D) que a su vez se usará para interconectar los dos equipos Rocket Prism 5AC Gen2.
- d) Cable UTP categoría 6:** Considerado para el sistema porque cumple con la cantidad de transferencia de datos que se requiere pasar por nuestro enlace (100 Mbps).
- e) Inyector Pasivo para Ubiquiti:** Suministra alimentación eléctrica al equipo a través del Puerto Ethernet preparado para trabajar con PoE. El inyector alimentará a los equipos Rocket Prism 5AC Gen2 con un  $24V V_{DC}$ , sin necesidad de un enchufe 220 AC. Esto con el fin de evitar el uso de un Inversor de Corriente.

### DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	RocketDish dr-5g30
2	Derivación a tierra
3	Rocket 5AC Prism Gen2
4	Poe pasivo
5	Cable de cobre 2,5 mm2
6	Switch TP Link
7	Convertidor regulador DC-DC
8	Controlador de carga salida 24V DC

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA</b>		
Elaborado por: <b>Br. GARRO GÓMEZ MIGUEL ALEJANDRO</b>		
<b>PROYECTO DE TESIS :</b> DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TORRES REPETIDORAS, ABASTECIDO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA DE ELAS, PARA PROVEER DE INTERNET ASEQUIBLE AL CENTRO POBLADO DE NUEVO CHIRIMOTO Y ALREDEDORES	<b>UBICACIÓN :</b> SECTOR : NUEVO CHIRIMOTO DISTRITO : OMA PROVINCIA : R. DE MENDOZA DPTO. : AMAZONAS	
<b>PLANO :</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN	<b>ESCALA :</b> S/E	<b>Nº DE PLANO :</b> P - 01
	Nov. 2019	

Figura 37: Diseño del sistema de telecomunicación.<sup>55</sup>

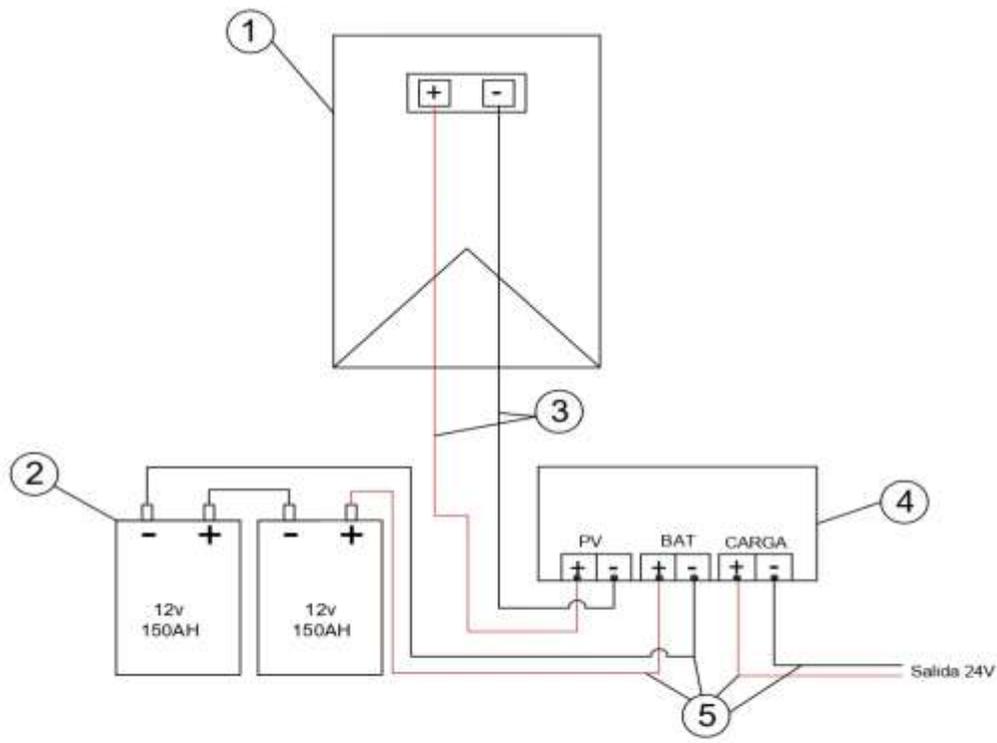
<sup>55</sup> Fuente: Propio de la investigación del autor

#### 4.2.2. Equipos para el sistema Energía.

Equipos considerados mediante un dimensionamiento del consumo máximo de los componentes que se usarán en el sistema telecomunicación.

- a) **Generador Fotovoltaico:** Está formado por 1 panele solare del tipo policristalino Yingli (YL250P-29b), montado en una estructura metálica; su potencia es de 250Wp que servirá para proporcionar la energía del consumo del sistema de telecomunicación.
- b) **Controlador de Carga:** Este controlador o regulador de carga es del tipo MPPT Blue Solar con capacidad de 15 A, funcionará a una tensión de  $24 V_{DC}$  y estará ubicado en un gabinete metálico para su protección.
- c) **Las Baterías:** Conformado con 2 baterías de la marca Ritar (12v-150AH), estas irán instaladas en serie dando un trabajo de  $24V_{DC}$ , el sistema ha sido considerado según la profundidad de descarga máxima estacional y profundidad de descarga máxima diaria, para ello se han considerado 3 días de autonomía, estarán montadas en el Gabinete.
- d) **Convertidor Regulador de Tensión  $V_{DC} - V_{DC}$ :** Un sistema que sirve para graduar el voltaje que los equipos electrónicos requieren, está diseñado para calibrar el Voltaje de salida en cada puerto (24/12/9  $V_{DC}$ ), con la finalidad de no hacer uso del inversor de Corriente de onda Pura ya que evitaría la conversión DC-AC-DC.

DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Módulo solar 250W
2	Batería ciclo profundo 150 AH
3	Cable de cobre 4 mm <sup>2</sup>
4	Regulador de carga MPPT 75/25
5	Cable de cobre 2,5 mm <sup>2</sup>

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b>		
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA		
Elaborado por: <b>Br. GARRO GÓMEZ MIGUEL ALEJANDRO</b>		
<b>PROYECTO DE TESIS :</b> DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TORRES REPETIDORAS, ABASTECIDO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA DE ellas, PARA PROVEER DE INTERNET ASEQUIBLE AL CENTRO POBLADO DE NUEVO CHIRIMOTO Y ALREDEDORES		<b>UBICACIÓN :</b> SECTOR : NUEVO CHIRIMOTO. DISTRITO : OMA PROVINCIA : R. DE MENDOZA DPTO. : AMAZONAS
<b>PLANO :</b> DISEÑO DEL SISTEMA DE ENERGÍA	<b>ESCALA :</b> S/E	<b>Nº DE PLANO :</b> P - 02
	<b>FECHA :</b> Nov. 2019	

Figura 38: Diseño del sistema de energía.<sup>56</sup>

<sup>56</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

### 4.2.3. Equipos para el sistema de Protección

Las descargas de origen atmosférico son fenómenos meteorológicos y eléctricos. Disponer de una adecuada instalación eléctrica y de una buena toma a tierra, es fundamental para evitar lesiones por electrocución y averías considerables en las instalaciones.

Con la finalidad de darle protección al sistema integral de torre repetidora, se han considerado medidas de protección para evitar daños por descargas atmosféricas y otros factores.

- a) **Pararrayo PDC:** El pararrayo con dispositivo de cebado o pararrayos ionizante, es un sistema de protección externa contra el rayo de alta tecnología.

Conocidos también como pararrayos activos, en su comienzo, el rayo se desplaza mediante un trazador descendente que se propaga a saltos en cualquier dirección. Cuando el rayo se aproxima a tierra puede impactar sobre cualquier objeto. El objetivo del pararrayos es convertirse en un punto de descarga del rayo para conseguir un impacto controlado y sin daños.

- b) **Puesta a Tierra:** La toma de tierra es indispensable para que los dispositivos de protección sean efectivos, así mismo está diseñada para evitar diferencias de potencial peligrosas, permitiendo el paso a tierra de las corrientes de falla o de descarga de origen atmosférico.

El sistema de puesta a tierra de una instalación de pararrayos es una de las partes más importantes de la instalación, por ser esta la encargada de disipar las corrientes del rayo y de toda su energía.

#### **4.2.4. Equipos para el sistema de estructura**

##### **a) Kit de torre arriostrada**

Torre de 18 m de tipo ventada triangular (30 x 30 x 30), en tramos de 3 m; cuya carga útil es de 200 Kg, considerado para nuestro proyecto para el montaje de los equipos de la Red de Distribución, Pararrayos y accesorios de soporte para dicho montaje.

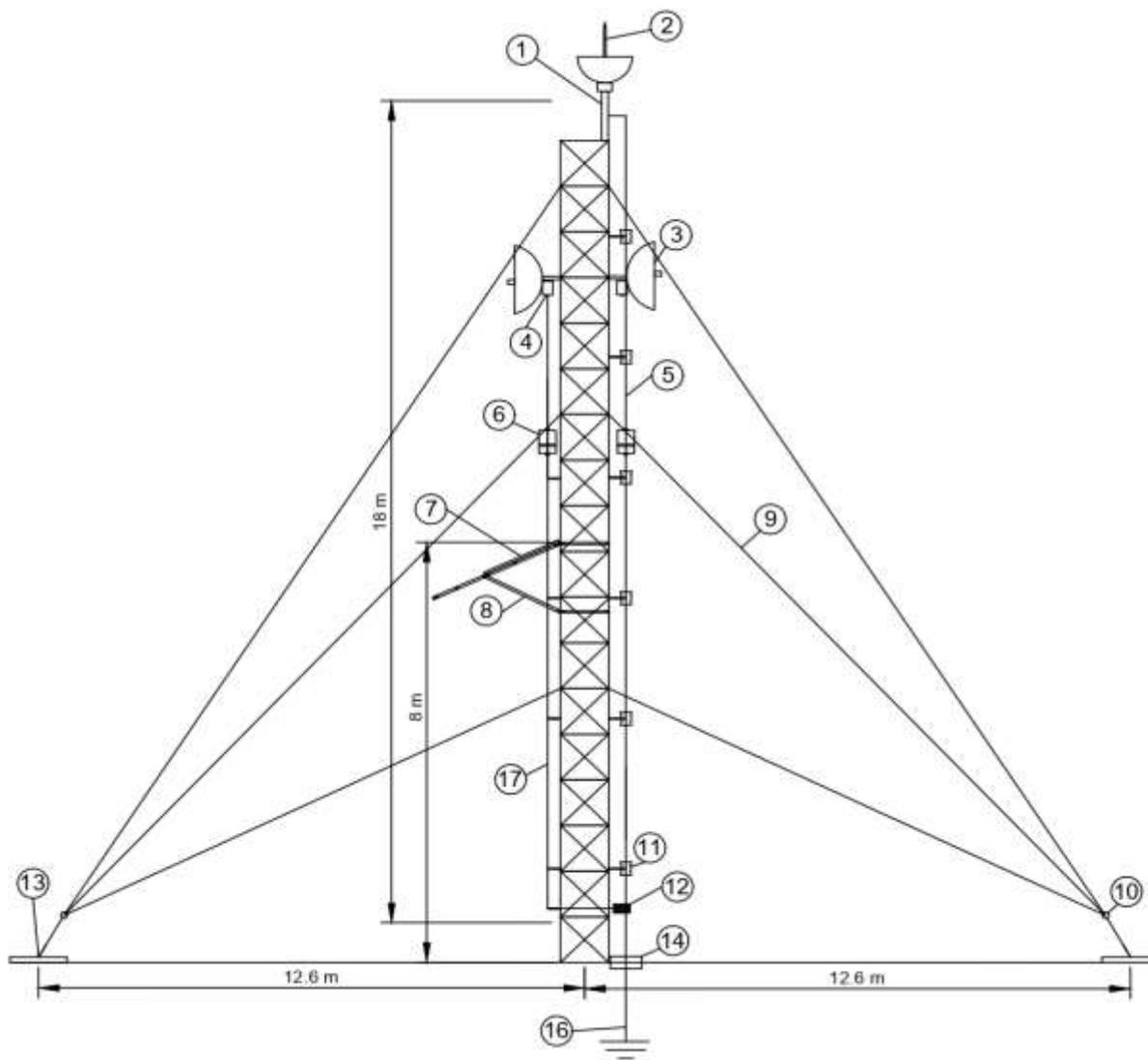
##### **b) Soporte del panel solar**

Soporte de aluminio de gran resistencia mecánica, que puede graduarse desde los 25° hasta los 50°, se montará en la torre arriostrada a unos 6 u 8 metros de la estructura.

##### **c) Caseta Metálica**

Estructura metálica diseñada para la protección de los equipos fotovoltaicos, protección contra las lluvias que podrían dañar y oxidar nuestro sistema.

DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y ESTRUCTURA



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Mástil galvanizado
2	Pararrayo iónico PDC - 755
3	RocketDish dr-5g30
4	Rocket SAC Prism Gen2
5	Cable de cobre torado de 50mm <sup>2</sup>
6	Protector de sobretensión ETH - SP
7	Módulo solar
8	Soporte del módulo solar
9	Templador de acero inoxidable
10	Guardacabo
11	Aislador cerámico tipo carrete
12	Barra master ground bar
13	Zapata
14	Caja de registro
15	Aislador cerámico tipo carrete
16	Barra de Cobre electrolítico 3/8 x 2.40 metros
17	Cable de cobre aislado de 2.5mm <sup>2</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO			
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA			
Elaborado por: Br. GARRO GÓMEZ MIGUEL ALEJANDRO			
PROYECTO DE TESIS:		UBICACIÓN:	
DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TORRES REPETIDORAS ABASTECIDO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA DE ELAS. PARA PROVEER DE INTERNET AJEQUIBLE AL CENTRO POBLADO DE NUEVO CHIRIMOTO Y AUREADORES		SECTOR:	NUEVO CHIRIMOTO
		DISTRITO:	OMIA
		PROVINCIA:	R. DE MENDOZA
		DFTO:	AMAZONAS
PLANO:	ESCALA:	Nº DE PLANO:	
DISEÑO DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN Y ESTRUCTURA	1/5	P. 08	
	FECHA:		
	Mar 2018		

Figura 39: Diseño del sistema de protección y estructura.<sup>57</sup>

<sup>57</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1. INTERNET SATELITAL PARA ZONAS RURALES**

También conocido como Internet por satélite, es un método de conexión a internet utilizando como medio de enlace un satélite. Es un sistema recomendable de acceso en aquellos lugares donde no hay cobertura y facilidad técnica tradicional, es de forma inalámbrica vía satélite sin necesidad de instalar una línea telefónica.

En el Perú existen muchos lugares donde la señal de internet y telefonía no llega como deseáramos, como por ejemplo: gran parte de la sierra y la selva del Perú.

El centro poblado de Nuevo Chirimoto es una comunidad ubicada en el distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, departamento de Amazonas, quien debido a su ubicación geográfica sólo cuenta con acceso al internet con la tecnología de internet satelital. Ésta a su vez es aprovechada únicamente por la Comisaría PNP Nuevo Chirimoto, esto debido a que el costo de instalación y pago mensual que requiere dicha tecnología es muy elevado y no está al alcance del poblador.

A continuación se presenta la visita técnica al centro poblado de Nuevo Chirimoto, donde se aprecia el uso de la tecnología satelital.



Figura 40: Visita a la comisaría PNP Nuevo Chirimoto.<sup>58</sup>



Figura 41: Montaje de la antena VSAT PNP Nuevo Chirimoto.<sup>59</sup>

---

<sup>58</sup> Fuente: Propia del autor

<sup>59</sup> Fuente: Propia del autor

### **5.1.1. Costo del internet satelital**

El servicio de internet satelital está orientado en su mayoría a la implementación de instituciones o uso corporativo; para delimitar los gastos que requiere dicha tecnología, se ha realizado un estimado teniendo como base una cotización realizada por la empresa satelital PERUDATASAT que nos permitirá tener un alcance del costo que requiere la instalación y uso mensual del servicio de internet satelital.

Tabla 3: Cotización del internet con tecnología satelital.

Item	DESCRIPCIÓN	CANT	Valor	COSTO TOTAL
1.0	<b>A) EQUIPO SATELITAL</b> . Modem Satelital . Antena VSAT . Transmisor . Low Noise Block Frecuencia PLL 11.7-12.2 GHz	01	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00
2.0	<b>B) HERRAJERIA Y MATERIAL</b> . 01 Base no penetrable para antena . 20 Cintillos (Coaxial ), 20 Grapas . 20 mts de cable RG6 TX/RX			
2.1	<b>C) SERVICIO DE IMPLEMENTACIÓN DE TODA LA RED</b> . Instalación, orientación y telemetría de antenas VSAT . Instalación y configuración de la Red . Montaje mecánico de la antena . Orientación y Telemetría . Instalación de Red Networking y WIFI	01	\$ 50.00	\$ 50.00
3.0	<b>D) SERVICIO ENLACE SATELITAL VSAT ( PAGO MENSUAL)</b> . Ancho de Banda 1.5 Mbps / 512 Kbps . Tipo de enlace: TMDA . Garantía de servicio 70 %	01	\$ 600.00	\$ 600.00
Sub Total				\$ 2,350.00
IGV.				\$ 423.00
PAGO INICIAL			COSTO TOTAL EN DÓLARES AMERICANOS	
				\$ 2,773.00

Fuente: PERUDATASAT.

## **5.2. PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN**

La tecnología Wi-Fi es la abreviatura de Wireless Fidelity. El término en la actualidad un nombre de marca utilizado para marcar productos que pertenecen a la categoría WLAN. Los dispositivos o hardware marcados con la marca Wi-Fi se basan en los estándares establecidos por IEEE 802.11. En la mayoría de los casos, Wi-Fi es considerado por la mayoría como sinónimo del propio estándar.

La tecnología Wi-Fi utiliza señales de radio, al igual que los teléfonos celulares y otros dispositivos similares. La tarjeta adaptadora inalámbrica de una computadora convierte los datos en señales de radio que transmiten por una antena. Después el enrutador recibe y decodifica estas señales de códigos binarios para luego enviar información internet mediante una red LAN (red de área local) o ethernet por cable.

Para el proyecto de internet Wi-Fi al centro poblado de Nuevo Chirimoto, es necesario hacer uso de equipos AP (Acces Point) que son radios diseñados para intercomunicarse, estos equipos tienen un dimensionamiento que debe cumplir con dichos parámetros.

### **5.2.1. Ancho de banda**

Esta se trata de la cantidad de información que puede ser enviada por una conexión dentro de un periodo de tiempo y determina cuánta información puede ser transmitida de un punto a otro. Mientras mayor sea el ancho de banda, más capacidad de transferencia de datos tiene la conexión y por ende, puedes pasar más contenido demandante.

Para nuestro proyecto de investigación se ha estimado que se requiere pasar 100 Mbps en nuestro enlace, para ello debemos adquirir un equipo que cumpla con nuestro requerimiento.

### 5.2.2. Línea de vista

Se refiere a un camino limpio, sin obstrucciones, entre las antenas transmisoras y receptoras, para que exista la mejor propagación de señales RF de alta frecuencia, es necesaria una línea de vista sólida (Limpia – sin obstrucciones).

Es uno de los factores más importantes a la hora de querer realizar una Red Troncal ya que esta nos muestra si nuestra ruta a tomar está libre de interferencias, para ello se hace uso de software como el google earth que nos permite ver el perfil de elevación de nuestra ruta y nos muestra si existe o no buena línea de vista.

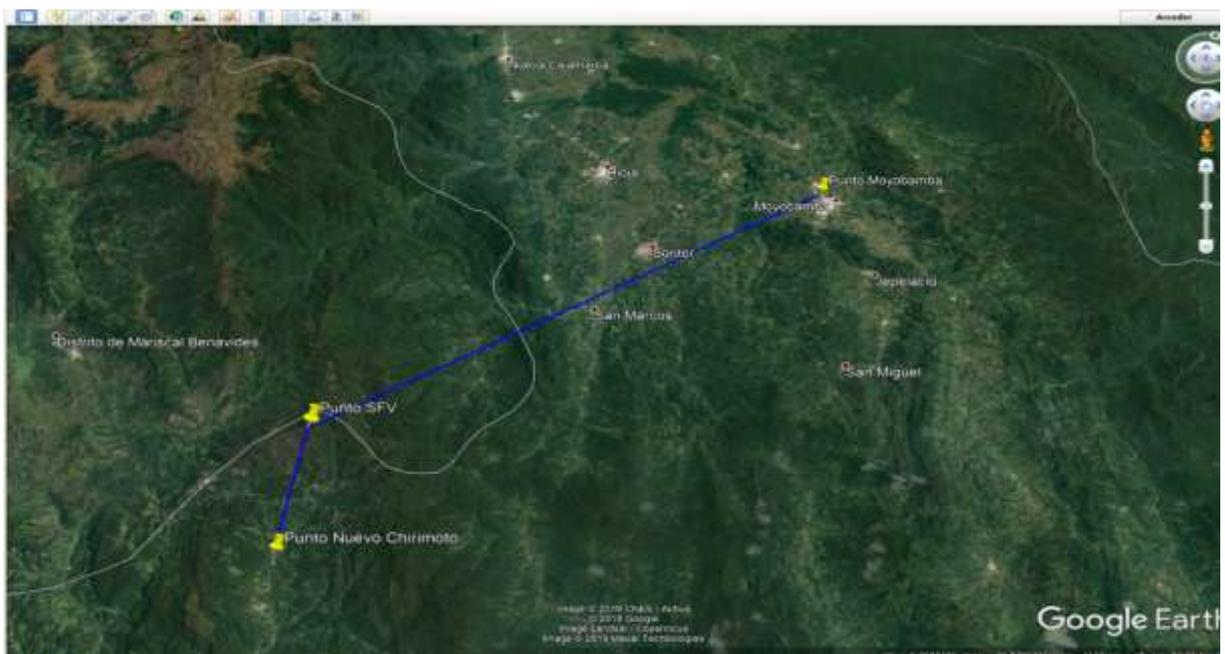


Figura 42: Vista del enlace Moyobamba-Nuevo Chirimoto.<sup>60</sup>

<sup>60</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

### 5.2.3. Coordenadas del enlace punto Moyobamba - Nuevo Chirimoto

Estas coordenadas han sido encontradas haciendo uso del software Google Earth y realizando rutas para así establecer las que tienen mejor Línea de vista.

Estas coordenadas son:

**Punto Moyobamba:** 6° 1'40.08"S - 76°58'55.55"O

**Punto SFV:** 6°24'25.20"S - 77°16'19.20"O

**Punto Nuevo Chirimoto:** 6°30'42.50"S - 77°14'56.70"O

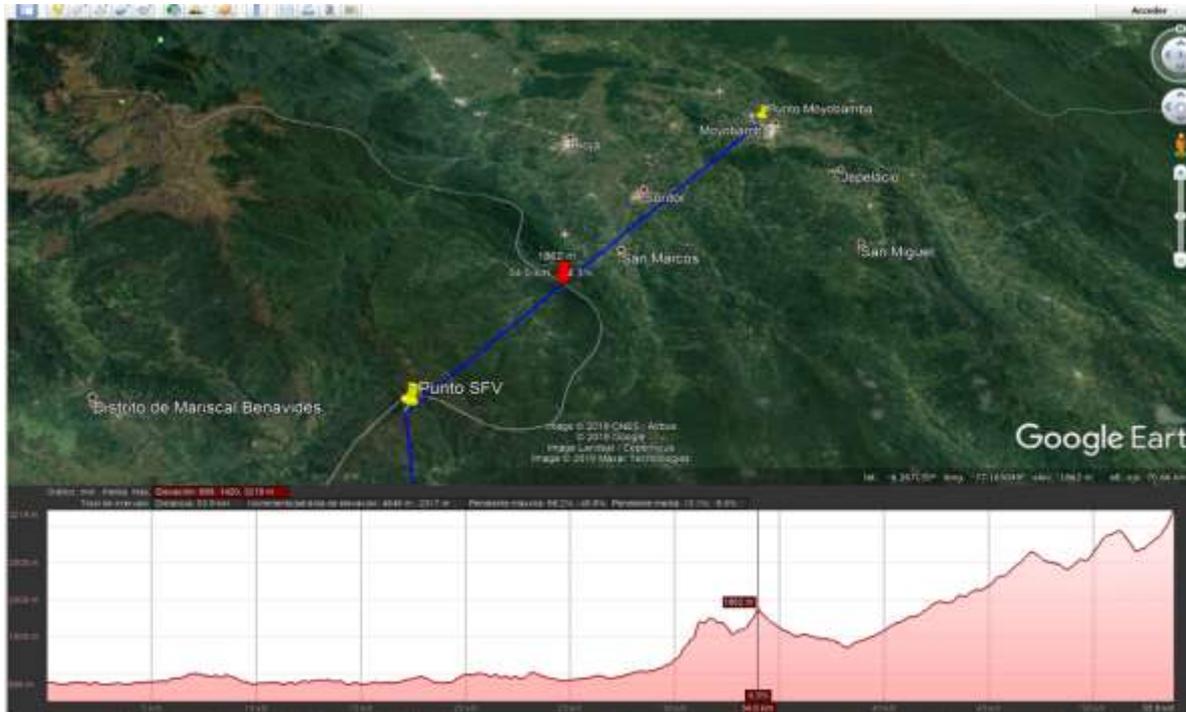


Figura 43: Perfil de elevación punto Moyobamba y punto SFV<sup>61</sup>

<sup>61</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

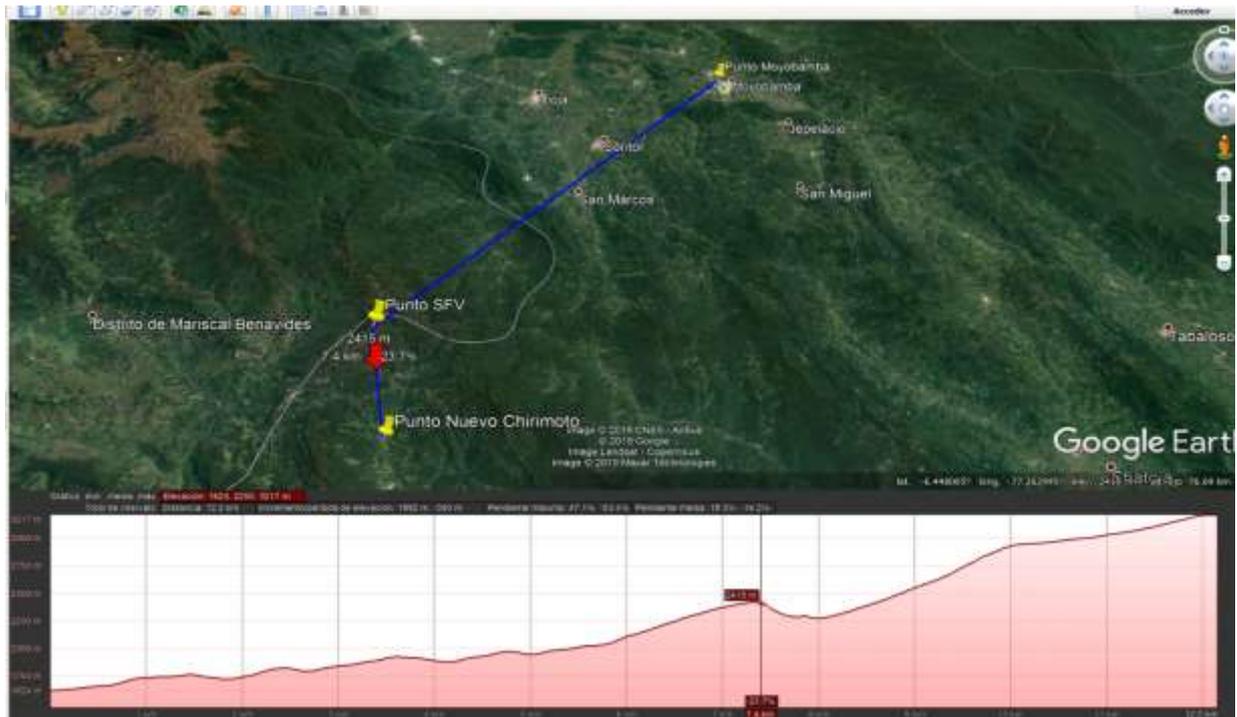


Figura 44: Perfil de elevación punto SFV - punto Nuevo Chirimoto.<sup>62</sup>

**NOTA:** En ambos perfiles de elevación se puede observar que hay buena línea de vista libre de interferencias, así a la hora de realizar el montaje de la torre de 18 m, se garantiza un enlace donde los equipos puedan trabajar con una buena velocidad tasa de transferencia, realizándose así una buena comunicación emisor-receptor.

#### 5.2.4. Altura de la Torre

Para un correcto enlace es necesario tener una línea de vista limpia, una de las herramientas que nos ayuda a tenerla es la altura, ésta nos proporciona elevación para evadir árboles o algún otro obstáculo.

Para nuestro proyecto de investigación, se ha considerado una Torre triangular arriostrada de 18 metros de altura, en ella se montarán los equipos que nos permitirán realizar nuestro enlace.

<sup>62</sup> Propia de la investigación del autor

### 5.2.5. Simulación del Enlace

Para nuestro proyecto se han considerado los equipos Rocket 5AC Prism Gen2, son equipos de gama media-alta, que cumplen con todas las prestaciones como la distancia a cubrir que son 53 Km para el tramo más largo y 12 Km para el tramo más corto, también cumple con el ancho de banda que son 100 Mbps para poder abastecer a la comunidad de Nuevo Chirimoto con la tecnología del internet Wi-Fi, dicho esto mostramos la simulación que se ha realizado en el software de la misma compañía UBIQUITI - "Airlink".

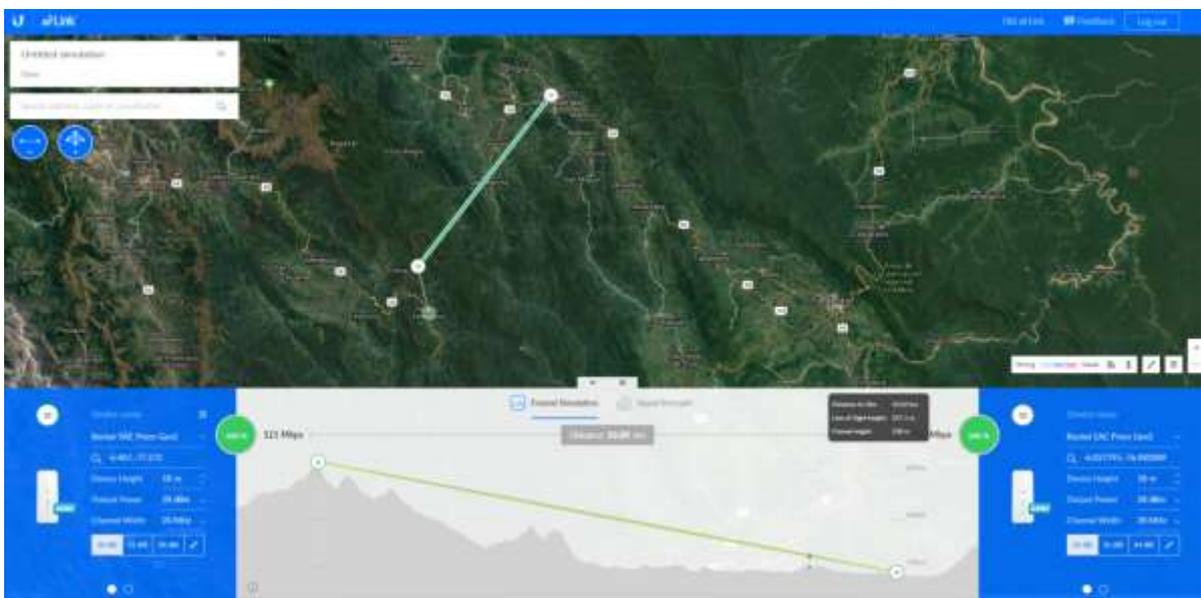


Figura 45: Simulación en el punto Moyobamba-punto SFV.<sup>63</sup>

<sup>63</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

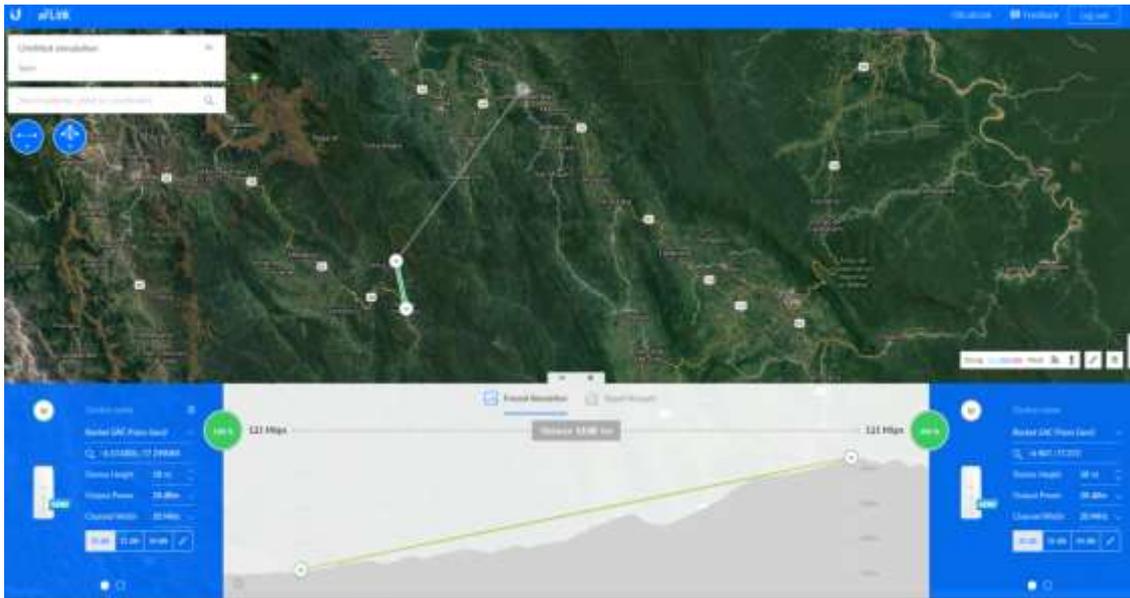


Figura 46: Simulación en el punto SFV-punto Nuevo Chirimoto<sup>64</sup>

En ambas imágenes se puede apreciar que para ambos tramos tanto como para el de 53 Km y el de 12 km, el ancho de banda supera los 100 Mbps requeridos, para ello se han considerado cada equipo a 18 metros de altura; la línea verde representa una instalación óptima.

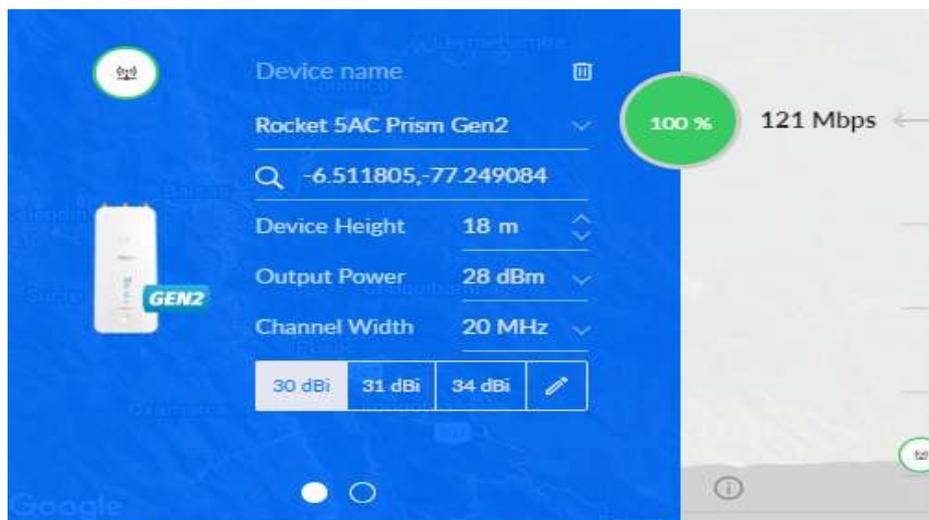


Figura 47: Aspectos generales del enlace.<sup>65</sup>

<sup>64</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

<sup>65</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

### 5.3. CONSUMO MÁXIMO DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN

El consumo máximo se ha determinado, según las especificaciones técnicas de los equipos que se implementarán en la torre repetidora con sistema fotovoltaico.

Tabla 4: Consumo máximo del sistema de telecomunicación punto SFV.

Unidades	Carga	Potencia Máx. Unitaria (Watt)	Horas de funcionamiento al día	Total de Energía necesaria (Wh)
2	Rocket 5AC Prism Gen2 (DC)	9.5	24	456
1	Switch Tp-Link 5 Puertos (DC)	03	24	72
3	Convertidor reductor (DC-DC)	0.5	24	36
			<b>TOTAL</b>	<b>564</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**NOTA:** Todos los equipos de la red de distribución son de corriente DC con transformadores de  $220 V_{AC}$  a  $24 V_{DC}$  en los equipos Rocket 5AC Prism Gen2 y de  $220 V_{AC}$  a  $9 V_{DC}$  en el Switch Tp-Link 5 puertos. Para evitar el uso de un inversor de corriente DC-AC se ha considera el uso de los inyectores pasivos (POE) quienes reciben directamente el voltaje DC que requiere el equipo; este voltaje estará suministrado por un Convertidor Reductor (DC-DC) quien gradúa los 24V de entrada que llegan del regulador de carga y los administra en su salida según los voltios que requiera.



Figura 48: Entrada DC del inyector pasivo.<sup>66</sup>

## 5.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENERGÍA

### 5.4.1. Radiación solar de la zona

Una vez obtenida las coordenadas con el software de Google Earth, se procede a realizar el cálculo de la radiación solar, en nuestro caso será en el Punto del SFV, para ello se hace uso del software de dimensionamiento fotovoltaico Nastec, con ello, se consigue la radiación solar por mes de todo el año de la zona establecida.

---

<sup>66</sup> Fuente: [http://shopix.com.pe/enventa-poe-tp-link-adaptadores-poe-inyector-pasivo-tp-link\\_SPE420918595](http://shopix.com.pe/enventa-poe-tp-link-adaptadores-poe-inyector-pasivo-tp-link_SPE420918595)

Tabla 5: Datos de radiación solar-Punto SFV

Mes	Número de días	HPS
Enero	31	3.84
Febrero	28	3.77
Marzo	31	3.65
Abril	30	3.96
Mayo	31	4.10
Junio	30	4.06
Julio	31	4.43
Agosto	31	4.72
Septiembre	30	4.71
Octubre	31	4.66
Noviembre	30	4.43
Diciembre	31	4.02
Anual		4.20

Fuente: Nastec.

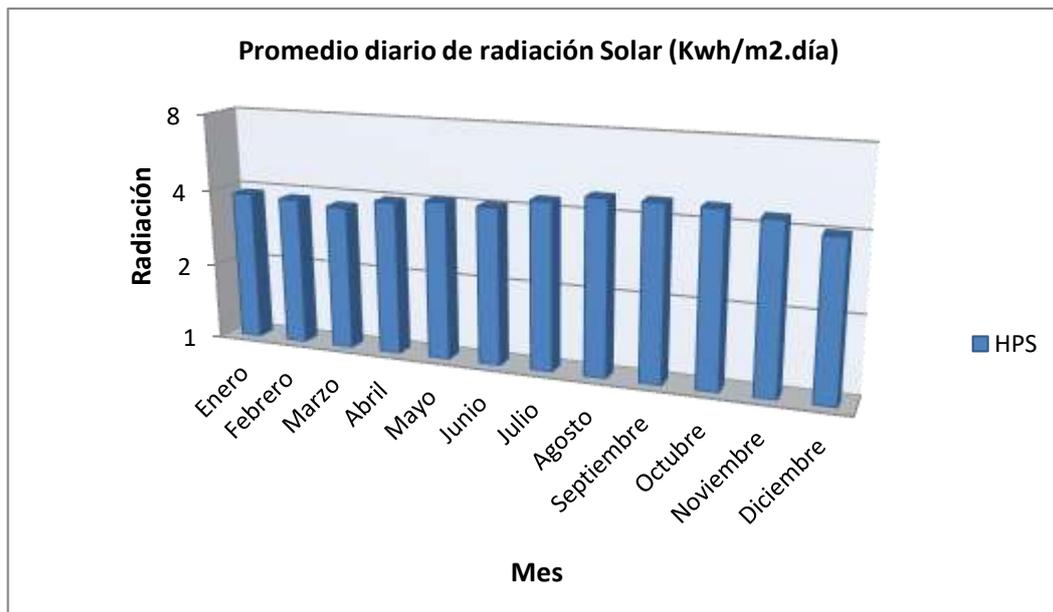


Figura 49: Promedio diario de radiación solar punto SFV.<sup>67</sup>

<sup>67</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

#### 5.4.2. Parámetros de dimensionamiento

El dimensionamiento del SFV debe responder tanto al lugar como el grado de aplicación y a la finalidad de la tecnología. Conociendo la región, la localidad, y el lugar donde va a estar ubicada y de acuerdo a las necesidades se seleccionará un SFV adecuado, de acuerdo al interés del proyecto y la rentabilidad.

Tabla 6: Consumo del sistema de telecomunicación y HPS

Punto Fotovoltaico ( Nuevo Chirimoto)	
Consumo DC (Wh/día)	564
HPS (Kw/m2. día)	3,65
Días de autonomía	3

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 7: Parámetros de dimensionamiento.

Parámetros del SFV		
Batería		
Rendimiento ( $n_{bat}$ )	95	%
Profundidad de descarga máxima estacional ( $P_{D\ max,e}$ )	75	%
Profundidad de descarga máxima diaria ( $P_{D\ max,d}$ )	35	%
Convertor reductor (DC-DC)		
Rendimiento ( $n_{red}$ )	92	%
conductores		
Rendimiento ( $n_{con}$ )	97	%
Sistema		
Voltaje	24	%
Factor global de funcionamiento (PR)	80	%
Factor de corrección de temperatura ( $F_{CT}$ )	97	%

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.4.3. Cálculo del Generador Fotovoltaico

#### a) Consumo promedio diario:

$$L_{md} = \frac{L_{md\ DC} + \frac{L_{md\ AC}}{n_{inv}}}{n_{bat} \cdot n_{cond}} = \frac{(9,5+9,5+3+0,5+0,5+0,5)*24+0}{0,95 \cdot 0,97} = 612,05\ wh/día \dots (5)$$

Donde:

$L_{md\ DC}$ : Carga diaria en corriente continúa

$L_{md\ AC}$ : Carga diaria en corriente alterna

$n_{bat}$  : Eficiencia de la batería

$n_{inv}$ : Eficiencia del inversor

$n_{cond}$ : Perdidas en los cables

En este caso se considera un panel estándar de 250 Wp porque es un modelo comercial muy usado, marca Yingli modelo (YL250P-29b)

Tabla 8: Características eléctricas del módulo solar.

Características Eléctricas	
Potencia Máxima ( $P_{max}$ )	250 Wp
Voltaje a $P_{max}$ ( $V_{mpp}$ )	30,4 V
Corriente a $P_{max}$ ( $I_{mpp}$ )	8,24 A
Voltaje Circuito Abierto ( $V_{DC}$ )	38,4 V
Corriente a Cortocircuito ( $I_{SC}$ )	8,79 A

**Fuente:** Yingli Solar.

#### b) Cálculo de número de paneles solares:

Para calcular el número de paneles necesarios para dimensionar el sistema se emplea la siguiente expresión.

$$N_T = \left( \frac{L_{md}}{P_{max} * HPS * PR} \right) \dots (6)$$

Donde:

$P_{max}$ : Potencia máxima del generador fotovoltaico

$HPS$ : Horas pico sol para el mes más desfavorable

$PR$ : Factor global de funcionamiento

$$N_T = \left( \frac{612,05}{250 * 3,65 * 0,8} \right) = 0,84$$

Donde vemos que el Número Total de Paneles  $N_T = 1$

Consideramos 1 panel solar.

#### 5.4.4. Cálculo de la capacidad de baterías

Pasamos ahora al cálculo de las baterías recordando que los dos parámetros importantes para el dimensionado de la batería son la máxima profundidad de descarga (estacional y diaria) y el número de días de autonomía.

##### a) Dimensionamiento del banco de baterías en función de la descarga máxima diaria ( $C_{nd}$ )

$$C_{nd} \text{ Ah} = \frac{1}{V_{Sist.bat}} * \left( \frac{L_{md}}{P_{Dmax.Dem.*F_{CT}}} \right) \dots (7)$$

$$(C_{nd}) \text{ Ah} = \frac{1}{24} * \left( \frac{612,05}{0,35 * 0,97} \right) = 75,12 \text{ Ah}$$

La explicación de la ecuaciones es sencilla, necesitamos generar una energía diaria ( $L_{md}$ ) con nuestras baterías pero permitiendo solamente un 35% de descarga máxima diaria y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura ( $F_{CT} = 0,97$ ).

**b) Dimensionamiento del banco de baterías en función de la descarga máxima estacional ( $C_{nd}$ )**

$$C_{nd} \text{ Ah} = \frac{1}{V_{Sist.bat.}} * \left( \frac{L_{md} * N}{P_{D \text{ max,est.}} * F_{CT}} \right) \dots (8)$$

$$C_{nd} \text{ Ah} = \frac{1}{24} * \left( \frac{612,05 * 3}{0,75 * 0,97} \right) = 105,16 \text{ Ah}$$

La explicación es similar a la anterior, necesitamos generar una energía diaria ( $L_{md}$ ) con nuestras baterías pero que podamos disponer de ella durante 3 días sin sol, sin permitir una descarga mayor del 75% y suponiendo un Factor de corrección de Temperatura ( $F_{CT} = 0,97$ ).

De lo observado tendríamos que escoger el mayor resultado es decir la capacidad nominal de las baterías sería, como mínimo  $C = 105,16\text{Ah}$ ; se utilizará Batería de 150 Ah entonces calculando tenemos lo siguiente:

$$N_{Bat} = \frac{105,16}{150} * \frac{V_{Sist,Bat}}{V_{bat}} \dots (9)$$

$$N_{Bat} = 0,70 * \frac{24}{12}$$

$$N_{Bat} = 1,41$$

Consideramos para nuestro diseño del sistema 2 Baterías de 150 Ah  
Marca Ritar modelo (DC12-134).

**5.4.5. Calculo de capacidad del controlador de carga**

Los reguladores deben ser elegidos con un factor de seguridad para evitar daños ocasionales, para nuestro dimensionamiento se ha

considerado un factor de 1.25 tanto para determinar la corriente de entrada y salida del controlador.

**a) Corriente máxima de entrada**

$$I_{ent.} = 1,25 * I_{SC} * N_P \dots (10)$$

$$I_{ent.} = 1,25 * (8,79) * 1$$

$$I_{ent.} = 10,99 A$$

**Donde:**

$I_{SC}$ : Corriente de Cortocircuito del panel solar

$N_P$ : Numero de paneles solares

**b) Corriente máxima de salida**

$$I_{salida} = \frac{1,25 * (P_{DC} + \frac{P_{AC}}{n_{inv}})}{V_{BAT}} = \frac{1,25 * 25}{24} = 1,30 A \dots (11)$$

Así pues, el regulador debería soportar una corriente, como mínimo de 10,99 Amp de entrada y 1,30 Amp de salida.

Para nuestro caso cogemos la de mayor Corriente, seleccionando para nuestro proyecto un regulador MPPT blue Solar 75V/15A VICTRON.

**5.4.6. Cálculo del convertidor regulador de tensión  $V_{DC} - V_{DC}$**

Determinamos la Potencia del reductor

$$P_{red} = 1,2 * P_{DC} \dots (12)$$

$$P_{red} = 1,2 * (9,5 + 9,5 + 3)$$

Potencia del convertidor regulador = 26,4 W

Consideramos un Conversor reductor DC-DC mayor a 30 W.

Tabla 9: Resultados del dimensionamiento SFV

<b>SISTEMA FOTOVOLTAICO</b>	
Potencia Instalada (W) 250	Energía Generada ( Kw.h/mes) 25,5
<b>Cálculo de Paneles</b>	
Potencia del Panel (Wp)	250
Cant. Paneles (Total)	1
<b>cálculo de Baterías</b>	
Capacidad de baterías (Ah)	150
Cant. Baterías (Total )	2
<b>Cálculo de Controlador</b>	
Cap. Controlador (A)	15
Cant. Controlador (Total)	1
<b>Cálculo del Conversor DC-DC</b>	
Cap. Conversor (W)	90
Cant. Conversor (Total)	3

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 5.4.7. Selección de conductores eléctricos

Para obtener los conductores más apropiados para el sistema fotovoltaico, nos basamos en el método de cálculo de intensidad máxima admisible; para ello debemos tener en cuenta el material con el que vamos a trabajar, en nuestro caso será conductor de cobre.

A continuación se presenta una tabla que servirá para escoger el calibre del conductor según el resultado de nuestros cálculos obtenidos.

TABLA DE DATOS TECNICOS THW - 90 (mm <sup>2</sup> )								
CALIBRE CONDUCTOR	NUMERO HILOS	DIAMETRO HILO	DIAMETRO CONDUCTOR	ESPESOR AISLAMIENTO	DIAMETRO EXTERIOR	PESO	AMPERAJE (°)	
							AIRE	DUCTO
mm <sup>2</sup>		mm	mm	mm	mm	Kg/Km	A	A
2.5	7	0.66	1.92	0.8	3.5	32	37	27
4	7	0.84	2.44	0.8	4.1	47	45	34
6	7	1.02	2.98	0.8	4.6	67	61	44
10	7	1.33	3.99	1.1	6.2	117	88	62
16	7	1.69	4.67	1.5	7.7	186	124	85
25	7	2.13	5.88	1.5	8.9	278	158	107
35	7	2.51	6.92	1.5	10	375	197	135
50	19	1.77	8.15	2	12.3	520	245	160
70	19	2.13	9.78	2	13.9	724	307	203
95	19	2.51	11.55	2	15.7	981	375	242
120	37	2.02	13	2.4	18	1245	437	279
150	37	2.24	14.41	2.4	19.4	1508	501	318
185	37	2.51	16.16	2.4	21.1	1866	586	361
240	37	2.87	18.51	2.4	23.5	2416	654	406
300	37	3.22	20.73	2.8	26.5	3041	767	462
400	61	2.84	23.51	2.8	29.3	3848	908	541
500	61	3.21	26.57	2.8	32.3	4862	1037	603

Figura 50: Datos técnicos de conductores eléctricos.<sup>68</sup>

### a) Tramo1: generador – regulador

De acuerdo con el estándar IEC 60364-7-7-112, a su temperatura de trabajo, el cable de cada rama debe soportar 1,25 veces la intensidad de cortocircuito en CEM del módulo.

$$I_{max,T1} = 1,25 * I_{SC} * N_P \dots (13)$$

$$I_{max,T1} = 1,25 * 8,79 * 1$$

$$I_{max,T1} = 10,99$$

La sección normalizada de 2,5 mm<sup>2</sup> es válida ya que admitirá una intensidad máxima de 27 A, sin embargo, este tramo es de 10 metros aproximadamente entonces consideraremos de 4 mm<sup>2</sup> por caídas de tensión.

<sup>68</sup> Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1000464.pdf>

### b) Tramo 2: regulador – baterías

Para calcular la intensidad máxima admisible por los conductores en este tramo, la intensidad se establece en función de la intensidad máxima que soporta el regulador que es 10,99 A.

$$I_{max.T2} = 1,25 * 10,99 * 1.... (14)$$

$$I_{max.T2} = 13,74$$

De acuerdo a la tabla anterior se selecciona la sección normalizada de 2,5 mm<sup>2</sup>, quien admite una intensidad máxima de 27 A.

### c) Tramo 3: regulador – convertidor $V_{DC} - V_{DC}$

Para considerar la intensidad máxima admisible por los conductores en este tramo, se considera la máxima que soporta el regulador que es 7,67 A.

$$I_{max.T2} = 1,25 * 10,99 * 1.... (15)$$

$$I_{max.T2} = 13,74$$

Para este tramo consideramos la sección normalizada de 2,5 mm<sup>2</sup>.

Tabla 10: Sección de los conductores del SFV

Tramo	Longitud ( m )	$I_{max}$	Calibre del conductor (mm <sup>2</sup> )
Generador FV - Regulador	10	10,79	4
Regulador - Baterías	2	13,74	2,5
Regulador - Convertidor DC-DC	2	13,74	2,5

**Fuente:** elaboración propia.

### 5.1.1. Selección de componentes del sistema de la red de energía

#### a) Módulo fotovoltaico – Yingli Solar

En cuanto a la selección de los paneles, se ha evaluado la oferta de paneles existentes en el mercado, seleccionando un valor Wp que permita un intercambio de paneles entre los diferentes módulos definidos, así como un condicionamiento a todas las marcas ofertadas en el mercado, teniendo en cuenta que no existe una estandarización de Wp para la fabricación de los mismos, motivo por el cual se ha recurrido a un panel compatible en potencia. Teniendo las restricciones mencionadas y ventajas de confiabilidad se optó por el panel policristalino de 250 Wp en la marca Yingli Solar, puesto que tiene mayor oferta como demanda en el mercado, y satisface los requerimientos del usuario. A continuación se describen sus características.

Tabla 11: Parámetros generales del módulo solar.

PANEL SOLAR YINGLI	
Tipo de Celda	Policristalino
Dimensiones	1650mm/990mm/40mm
Peso	19,1 Kg
Nombre del módulo	JS 250
Tipo de Módulo	YL250P-29b
Potencia de salida Pmax	250 W
Tolerancia de potencia de salida	-
Eficiencia del Módulo	15,3%
Voltaje a Pmax	30,4 A
Corriente a Pmax	8,24 V
Voltaje a circuito abierto	38,4 V
Corriente de cortocircuito	8,79 A

**Fuente:** Yingli Solar.



Figura 51: Diseño de panel Yingli 250Wp.<sup>69</sup>

#### **b) Baterías Ritar AGM**

En la selección de los acumuladores de energía, se ha evaluado la oferta de baterías existentes en el mercado, seleccionado un valor de capacidad estándar que permita un condicionamiento a todas las marcas ofertadas en el mercado. Teniendo las restricciones mencionadas y ventajas de confiabilidad se optó por las Baterías AGM de 150 Ah/12  $V_{DC}$  en la marca ritar solar.

---

<sup>69</sup> Fuente: <http://www.yinglisolar.com/as/products/offgrid/ylysy-1200-series/>

## Specification

<b>Cells Per Unit</b>	6
<b>Voltage Per Unit</b>	12
<b>Capacity</b>	134Ah@10hr-rate/150Ah@100hr-rate (to 1.80V per cell @25°C)
<b>Weight</b>	Approx. 41.5 Kg (Tolerance ±1.5%)
<b>Max. Discharge Current</b>	1340A (5 sec)
<b>Internal Resistance</b>	Approx. 4.0 mΩ
<b>Operating Temperature Range</b>	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
<b>Normal Operating Temperature Range</b>	25°C ± 5°C
<b>Float charging Voltage</b>	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
<b>Recommended Maximum Charging Current</b>	40.2A
<b>Equalization and Cycle Service</b>	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
<b>Self Discharge</b>	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
<b>Terminal</b>	Terminal F5/F12
<b>Container Material</b>	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.

Figura 52: Detalles técnicos de batería ritar 150 AH.<sup>70</sup>



Figura 53: Diseño de batería ritar 150 AH.<sup>71</sup>

<sup>70</sup> Fuente: <http://www.yinglisolar.com/as/products/offgrid/yly-1200-series/>

<sup>71</sup> Fuente: <http://bateriasritar.com/>

### c) Controlador de carga – MPPT BlueSolar

En la selección del regulador de carga, se ha evaluado las ofertas existentes en el mercado, seleccionado un valor de capacidad estándar a todas las marcas ofertadas en el mercado. Teniendo en consideración el dimensionamiento de este equipo se optó por un controlador de la marca BlueSolar MPPT 75/15 A – 12/24 V.

El controlador MPPT eficaz especialmente con cielos nubosos, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía de hasta un 30% en comparación con los controladores de carga PWM ya que dará la tensión correcta y jugará con la intensidad. Es capaz de suministrar el 100% de la energía del panel, mientras tengamos capacidad, lo que se llama Punto de máxima potencia del panel.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/10	MPPT 75/15	MPPT 100/15
Tensión de la batería	Selección automática: 12/24 V		
Corriente de carga nominal	10 A	15 A	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	135 W	200 W	200 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	270 W	400 W	400 W
Desconexión automática de la carga	Sí, carga máxima 15 A		
Tensión máxima del circuito abierto FV	75 V		100 V
Eficiencia máxima	98 %		
Autoconsumo	10 mA		
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V / 28,8 V (ajustable)		
Tensión de carga de "flotación"	13,8 V / 27,6 V (ajustable)		
Algoritmo de carga	variable multietapas		
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.		
Corriente de carga continua/cresta	15A/50A		
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife		
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife		
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Corto circuito de salida / sobrecalentamiento		
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)		
Humedad	95 %, sin condensación		
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web		
<b>CARCASA</b>			

Figura 54: Detalles técnicos del controlador MPPT BlueSolar 75/15.<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Fuente: <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers>



Figura 55: Modelo del controlador MPTT BlueSolar 75/15.<sup>73</sup>

#### d) Convertidor regulador de tensión $V_{DC} - V_{DC}$

En la selección Convertidor  $V_{DC} - V_{DC}$  se ha evaluado las ofertas existentes en el mercado, seleccionando un valor de capacidad estándar a todas las marcas ofertadas en el mercado. Teniendo en cuenta que se necesitarán voltajes de salida de  $12/9 V_{DC}$  se ha optado por el modelo IZOKEE LM2596  $V_{DC} - V_{DC}$ , Este componente electrónico es un sistema de  $V_{DC}$  regulable, muy útil para sistemas de telecomunicación con SFV ya que cumple con el dimensionamiento realizado en nuestro sistema de red de distribución.

<sup>73</sup> Fuente: <https://www.victronenergy.com.es/solar-charge-controllers>

Tabla 12: Detalles técnicos del convertidor regulador.

Convertidor Regulador IZOKEE	
Modelo	LM2596S
Voltaje de entrada	3,2 V- 40 V
Voltaje de Salida	1,25 V - 35 V
Corriente de salida (máximo)	3A
Eficiencia de conversión	92%
Ondulación de salida	<30mV
Temperatura de trabajo	-45 °C - +85 °C
Propiedad del módulo	Módulo buck no aislado
Tamaño	43*21*14 mm

**Fuente:** IZOKKE



Figura 56: Diseño del conversor regulador IZZOKE LM2596S.<sup>74</sup>

### 5.1.2. Energía eléctrica generada – SFV

La energía eléctrica generada por el módulo fotovoltaico a implementar se ha determinado mediante la expresión:

<sup>74</sup> Fuente: [https://www.amazon.es/IZOKEE-Convertidor-Regulador-1-25-35V-Ajustable/dp/B07DG2LG77/ref=sr\\_1\\_2?keywords=reductor+tension&qid=1554250745&s=gateway&sr=8-2](https://www.amazon.es/IZOKEE-Convertidor-Regulador-1-25-35V-Ajustable/dp/B07DG2LG77/ref=sr_1_2?keywords=reductor+tension&qid=1554250745&s=gateway&sr=8-2)

$$E_g = P_{MPP} * HPS_{crit} * PR \dots (16)$$

Donde:

- a)  $P_{MPP}$ : La potencia pico del módulo en condiciones estándar de medida.
- b)  $HPS_{crit}$ : Las horas pico sol del mes crítico calculado a partir de la “tabla de radiaciones”, tomamos el mes más crítico que es (Marzo) / 1000 w/m<sup>2</sup> = 3,65 HPS.
- c)  $PR$ : El factor global de funcionamiento, que se ha considerado el 80%.

Tabla 13: Energía generada SFV.

Mes	Nº Días	Potencia Pico del Módulo (W)	HPS	PR (%)	Energía Generada Diaria (Wh/día)	Energía Generada Mensual (Kw.h/mes)	Consumo Diario (Wh/día)	Consumo Mensual (Kw.h/mes)
Enero	31	250	3.84	0.8	768.0	23.8	552	17.1
Febrero	28	250	3.77	0.8	754.0	21.1	552	15.5
Marzo	31	250	3.65	0.8	730.0	22.6	552	17.1
Abril	30	250	3.96	0.8	792.0	23.8	552	16.6
Mayo	31	250	4.1	0.8	820.0	25.4	552	17.1
Junio	30	250	4.06	0.8	812.0	24.4	552	16.6
Julio	31	250	4.43	0.8	886.0	27.5	552	17.1
Agosto	30	250	4.72	0.8	944.0	28.3	552	16.6
Septiembre	31	250	4.71	0.8	942.0	29.2	552	17.1
Octubre	31	250	4.66	0.8	932.0	28.9	552	17.1
Noviembre	30	250	4.43	0.8	886.0	26.6	552	16.6
Diciembre	31	250	4.02	0.8	804.0	24.9	552	17.1
<b>Promedio</b>			4.20	0.8	839.17	25.5	552	16.79

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.1.3. Balance de energía generada y consumida

El dimensionamiento del generador fotovoltaico cuya potencia pico instalada es de 250 Wp nos asegura una producción de energía suficiente para cada uno de los meses del año. El sistema fotovoltaico implementado permitirá abastecer de energía en la “Torre de red de distribución Punto Fotovoltaico”, quien a su vez servirá para realizar un enlace desde el distrito de Moyobamba hasta el centro poblado de Nuevo Chirimoto, permitiendo llevarles la tecnología de internet Wi-Fi a un precio del que el poblador pueda adquirir.

A continuación se muestra un balance de la energía producida por los paneles solares y el consumo de los equipos de la red de distribución.

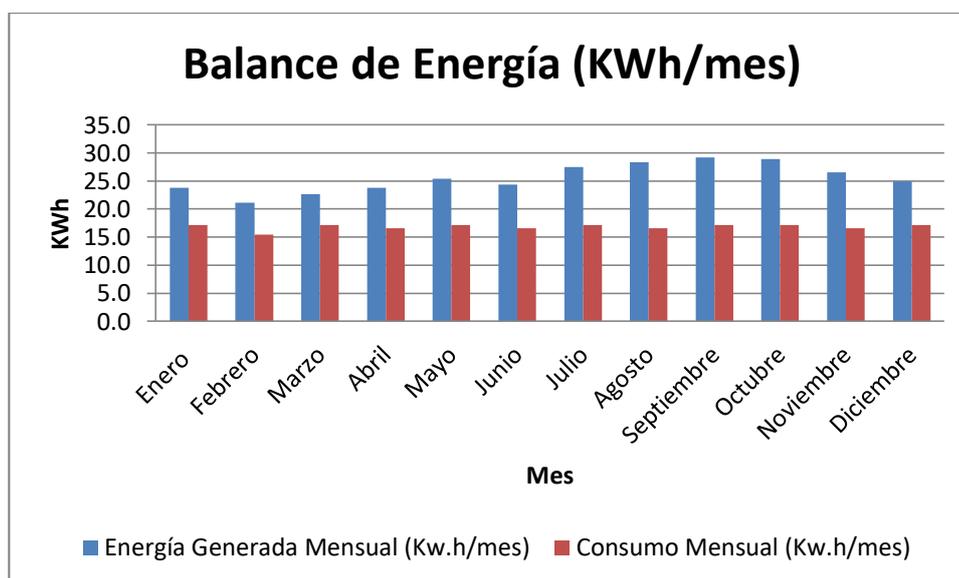


Figura 57: Balance de energía generada y consumido.<sup>75</sup>

<sup>75</sup> Fuente: Propia de la investigación del autor

## **5.2. PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN**

En una de las zonas involucradas (punto SFV) existen gran variedad de fenómenos eléctricos. Estos fenómenos tienen origen atmosférico que pueden afectar a la salud de las personas y al buen funcionamiento de los equipos electrónicos.

Por lo anterior descrito es necesaria la implementación de un sistema de protección eléctrica, que nos brinde seguridad y la funcionalidad de los equipos, evitando que descargas indeseadas lleguen hasta los mismos. Así mismo para los demás puntos, por seguridad del sistema y de las personas cerca de la estructura, es importante la implementación de sistemas de protección.

### **5.2.1. Captación del rayo con pararrayo PDC Iónico – 755**

Equipo certificado bajo la norma de conformidad: Francesa NFC 17-102 y Argentina: IRAM 2426, es un producto diseñado para la captación del rayo en un sistema de protección exterior.

El sistema está diseñado de tal manera que no necesita alimentación externa de corriente dado que, se activa por la inducción generada sobre este en los instantes previos a la descarga del rayo.

Este sistema viene con un KIT para su montaje donde se encuentra, 1 adaptador para anclaje rosca tipo I, 4 tomas de potencial y el pararrayos.

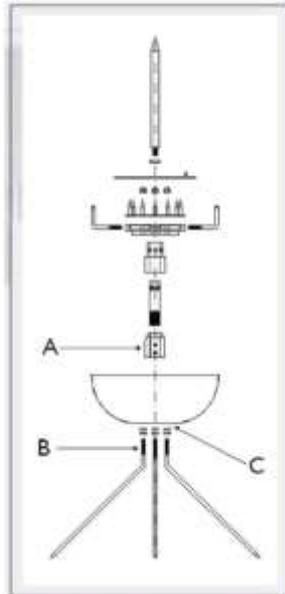


Figura 58: Diseño del pararrayos PDC-755.<sup>76</sup>

#### 5.2.1.1. Instalación del pararrayos

Para ello se tiene que colocar el adaptadora A enroscado en la parte inferior del pararrayos.

Antes de colocar las tomas es conveniente primero enroscar el adaptador al mástil que se haya previsto como soporte del pararrayos (dicho mástil deberá terminar en una rosca tipo I.)

Colocar las tomas B enroscando en los agujeros C en los laterales del pararrayo. El adaptador posee dos agujeros laterales roscados para sujetar una terminal eléctrica de conexión al cable de bajada.

#### 5.2.1.2. Uso del pararrayos

El pararrayos iónico PDC -755 no requiere ningún tipo de mantenimiento, dado que utiliza como fuente de alimentación, el campo electrostático presente en los momentos previos a la caída del rayo. De todos modos, dado que la severidad de los impactos puede variar apreciablemente de un rayo a otro, siempre es

<sup>76</sup> Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1008628.pdf>

recomendable una inspección del sistema, en caso producirse un evento.

Se recomienda un contador de rayos para tener la certeza que la instalación ha sido impactada.

### 5.2.1.3. Detalles de construcción

Estos detalles estarán descritos en la siguiente tabla:

Tabla 14: Detalles técnicos del pararrayos.

Pararrayos PDC iónico - 755
Estructura de acero inoxidable AISI - 616
Buena conducción eléctrica
Resistencia a la corrosión
Larga vida útil
Sistema de Aislamiento en teflón especial que tiene
Larga duración
Buena resistencia a agentes atmosféricos

**Fuente:** Elaboración propia.

### 5.2.1.4. Radio de protección

El pararrayos PDC-755 dependiendo del nivel de protección que se quiera abarca diferentes radios de protección descritos en la tabla a continuación:

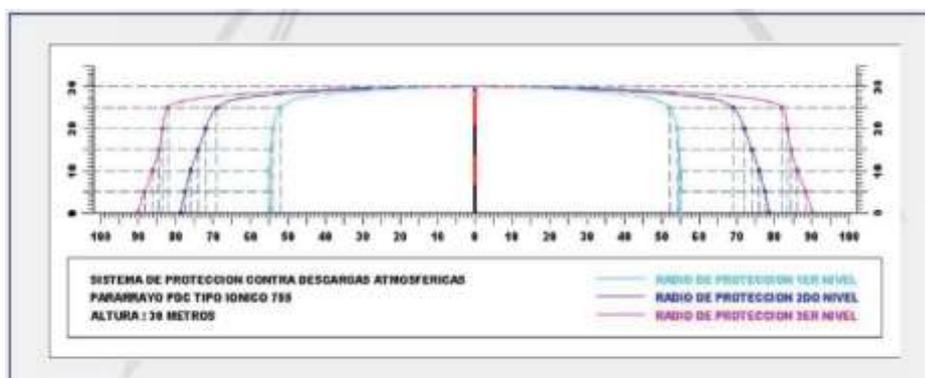


Figura 59: Radio de protección del pararrayos PDC-755.<sup>77</sup>

<sup>77</sup> Fuente: Fuente: <http://www.promelsa.com.pe/pdf/1008628.pdf>

## **5.2.2. Derivación y disipación de la energía con puesta a tierra**

Estas consideraciones harán que el sistema en conjunto logre la seguridad que esperamos para nuestros equipos del sistema de telecomunicación.

### **5.2.2.1. Conductores de bajada y de conexión**

Se requiere que estos conductores proporcionen una trayectoria de baja impedancia hacia abajo de la estructura, de modo que minimice diferencias de potencial y corrientes inducidas.

Cada conductor de bajada debe conectarse a una terminación de tierra y si éstas no están interconectadas, entonces los conductores de bajada deben interconectarse a través de un conductor horizontal en anillo instalado cerca desnivel de tierra. Se ajusta normalmente una tenaza de prueba para permitir la revisión de continuidad de conductores de bajada a nivel de suelo y proporcionar un medio de aislar el electrodo de tierra.

Para la bajada de derivación desde el pararrayos hasta la puesta a tierra se recomienda hacer uso de un cable de cobre de 50mm<sup>2</sup> y para la derivación de los equipos de telecomunicación un cable GPT de 12 AWG.

### **5.2.2.2. Proteger los equipos contra los transitorios de las líneas de comunicaciones**

Cuando se produce una descarga eléctrica ocasionada por un rayo, se crean campos electromagnéticos que inducen corrientes en las superficies conductoras próximas. En el caso de los sistemas radiantes que se han diseñado, las corrientes se pueden generar en

el cable coaxial y de esta forma dañar los equipos electrónicos. La solución es emplear protectores de línea, que van ubicados entre el cable coaxial y los equipos electrónicos del sistema de radio. Cuando el protector de línea detecta un cambio de voltaje importante, deriva la corriente a tierra, mediante uno de sus terminales que se encuentra conectado al sistema de puesta a tierra.

También se puede usar el surge protector ETH-SP que protege a los equipos de descargas electrostáticas y las sobretensiones perjudiciales que se desvían al ETH-SP y se descargan de forma segura a tierra.

#### **5.2.2.3. Terminal de tierra**

Este puede consistir de un anillo de cobre enterrado (designado en EE.UU. como contrapeso) que rodea la estructura y/o barras de tierra verticales. Se requiere que la impedancia del terminal de tierra (es decir, después de una conexión de bajada) sea máximo de 10 ohm. El aluminio no se permite para uso bajo tierra. Cada conductor de bajada debe tener su propio electrodo de tierra terminal y estos normalmente están conectados entre sí para formar un anillo, con electrodos horizontales usados para interconectarlos y ayudar a reducir la impedancia global. Los terminales de tierra más comunes son barras de al menos 1,5 m de longitud, con un mínimo para cada sistema de 9 m.

El anillo ayuda a lograr una ecualización de potencial en la superficie del suelo, además de controlar el potencial. Esto último ayuda a reducir el voltaje de contacto que puede experimentar una persona

en contacto con el conductor de bajada durante una descarga atmosférica.

### **5.2.3. Recomendaciones para el sistema integral de protección**

- El sistema de prevención de descargas atmosféricas por medio de pararrayos PDC iónico - 755 se ha escogido por ser la solución que mejor se adapta a las necesidades de estos lugares, el área a cubrir no es muy grande y es económico en comparación a los Pararrayos con dispositivo de cebado electrostático, siendo ideal para la implementación de nuestro proyecto.
- Se debe considerar dos sistemas de puesta a tierra; un Sistema PAT del pararrayos y sistema PAT de comunicaciones unidos mediante un cable de cobre de baja resistencia (de 50 mm<sup>2</sup> por ejemplo). En el caso de los cerros, donde es sumamente difícil conseguir dos puestas a tierra de baja resistencia, se sugiere fabricar un único pozo a tierra que rodee a toda la instalación.
- Protector de línea: ubicado en el cable coaxial de la antena para proteger los equipos de comunicación ante la inducción de corrientes en el cable coaxial, producidas por descargas atmosféricas.

### **5.2.4. Consideraciones para la instalación**

Otras consideraciones a tener en cuenta a la hora de realizar la instalación son:

- Aislar la punta pararrayos PDC iónico - 755 de la estructura mediante una base aislante entre la estructura de la torre y el pararrayos.
- Aislar el cable de bajada del pararrayos de la estructura de la torre mediante separadores laterales y aisladores de carrete.

- Emplear soldadura exotérmica para asegurar un buen contacto entre los cables de puesta a tierra y el pozo de puesta a tierra.
- Instalar la barra master lo más próxima posible a los equipos de comunicaciones y cómputo. A esta barra deben estar conectadas las tomas de tierra del inversor, el chasis de la CPU y el terminal del protector de línea. Además, esta barra debe estar conectada al sistema de puesta a tierra de comunicaciones.
- Los cables que van conectados a la barra máster deben ser aislados para evitar falso contacto con las estructuras que se encuentran alrededor.

### **5.3. PARÁMETROS PARA EL SISTEMA DE ESTRUCTURA**

El diseño que se ha considerado para el montaje de los equipos de sistema de telecomunicación y protección, es la torre arriostrada de 18m, quien cumple con las consideraciones propuestas en el proyecto, estructura de fácil montaje, liviana e ideal para zonas de difícil acceso.

#### **5.3.1. Soporte del módulo solar**

De diseño robusto, este soporte tiene alta resistencia mecánica, incluye bracket de sujeción y no se requiere fleje, es altamente compatible con módulos de hasta 250 Wp, la estructura se ha considerado para nuestro proyecto por su fácil instalación y graduación de ángulos que van desde los 25° hasta los 50°.

Tabla 15: Detalles técnicos del soporte solar CV915

Modelo	Capacidad	Tamaño del módulo (mm)	Materiales
SSPBLV5	1 módulo solar	1362 x 990 x 40	Lámina de acero rolado

**Fuente:** Autosolar.



Figura 60: Diseño del soporte solar CV915.<sup>78</sup>

#### 5.3.1.1. Montaje del soporte de módulo solar

Para el montaje del soporte se recomienda que se realice por un mínimo de dos personas con el equipo de seguridad adecuado y la instalación a una altura no mayor a los 6 a 8 metros, para evitar las altas corrientes de aire y no dañar la estructura de la torre arriostrada.

<sup>78</sup> Fuente: <https://www.syscom.mx/producto/SS-PBL-V5-EPCOM-INDUSTRIAL-93306.html>



Figura 61: Montaje del soporte del módulo solar en la torre.<sup>79</sup>

### 5.3.1.2. Inclinación del módulo solar

Tenemos que considerar que para aprovechar más la energía solar es pertinente saber ubicar el módulo solar correctamente en posición lo más perpendicular a los rayos solares, para la instalación del soporte se requiere tener un ángulo de inclinación adecuado, la inclinación óptima nos permite captar mayor cantidad de radiación solar; para hallar esta inclinación es necesario hacer uso de latitud de la zona, en nuestro caso el punto del SFV es de 6°24'25.20"S que transformados a grados decimales nos da -6,41°.

La inclinación se halla con la siguiente fórmula:

$$\beta_{opt} = 3,7 + 0,69|\varnothing| \dots (16)$$

$$\beta_{opt} = 3,7 + |-6,41|$$

$$\beta_{opt} = 8,12$$

<sup>79</sup> Fuente: <https://www.syscom.mx/producto/SS-PBL-V5-EPCOM-INDUSTRIAL-93306.html>

El valor de instalación óptima es de 8,12, para el proyecto se usará el ángulo mínimo de inclinación que es de 25°.

### 5.3.2. Gabinete para SFV

Diseñado para el almacenamiento del SFV está fabricado en acero galvanizado y pre-tinte en caliente. Tiene características especiales para estar en el exterior, las chapas lacadas de acero casi no necesitan mantenimiento. Es la solución como una caseta de almacenamiento o como un cobertizo de trabajo.

Tabla 16: Detalles técnicos del gabinete Gardium kingston silver.

Modelo	Color	Materiales	Peso (kg)	Dimensión de la puerta (cm)	Espesor (mm)	Dimensiones Totales (cm)
GARDIUM Kingston Silver	Silver	Acero Galvanizado	49	96 x 162	0.25	213 x 117 x 185

**Fuente:** Manomano.



Figura 62: Diseño del gabinete GARDIUM kingstong Silver.<sup>80</sup>

<sup>80</sup> Fuente: [https://www.manomano.es/casetas-de-jardin/caseta-metalica-kingston-silver-blanco-3-m-exterior-kis12134-gardiun-10186579?product\\_id=10508708](https://www.manomano.es/casetas-de-jardin/caseta-metalica-kingston-silver-blanco-3-m-exterior-kis12134-gardiun-10186579?product_id=10508708)

### 5.3.3. Torre arriostrada

Estructura liviana, fácil de instalar y ofrece muy buenas características de soporte de peso a medianas alturas.

El Punto más importante de una instalación de torre arriostrada es la correcta sujeción de los tirantes. Estos determinarán la estabilidad que tendrá la torre y por ende, es el punto donde debemos tener mayor cuidado.

Tabla 17: Detalles técnicos de torre arriostrada.

Descripción de Torre Arriostrada H= 18m
Carga útil: 200 Kg
6 Tramos de torre Triangular (T30x30x30)
Tubo redondo de 1x1.2 mm
Platina 1 1/4 x 1/8
Pivotes 7/8 x 2 mm

**Fuente:** PCENTERPERU.

### 5.3.4. Especificaciones de montaje

- Los vientos se fijan y se tensan cada dos tramos, para las torres menores de 45 m, y cada tres tramos para las torres mayores o iguales a 45 m. Estos vientos se fijan y tensan adecuadamente antes de instalar los siguientes tramos.
- La fijación de vientos en el extremo superior se realiza con planchas grilletes de 1/2", al que se le introduce un guardacabo para proteger el cable de retenida. El cable está fijado con tres grapas por unión separadas entre sí 20 mm, y comenzando a 15 mm del guardacabo. El

cable restante se deshilacha completamente, comenzando a enrollar el primero de ellos 25 mm y se corta, de ahí el segundo otros 25 mm, de ahí el tercero, hasta el séptimo.

- La fijación de vientos en el extremo inferior se realiza con grilletes de 3/8", introducidos en los agujeros de la base de templadores (el agujero más cercano a la torre para el primer viento). Unido al grillete está el templador, al cual por el otro extremo se le introduce el guardacabo. Se realiza la unión con el cable de retenida con las tres grapas y se enredan los 185 mm restantes igual que se detalla en el punto anterior.
- La fijación de vientos en el extremo inferior se realiza con grilletes de 3/8", introducidos en los agujeros de la base de templadores (el agujero más cercano a la torre para el primer viento). Unido al grillete está el templador, al cual por el otro extremo se le introduce el guardacabo. Se realiza la unión con el cable de retenida con las tres grapas y se enredan los 185 mm restantes igual que se detalla en el punto anterior.
- El tensado de los vientos es el mínimo, pero suficiente, para mantener templados los cables de retenida.
- Se debe tener bastante cuidado respecto a la verticalidad de las torres. Las desviaciones respecto a la vertical no deben ser mayores a los valores que se indican en la siguiente tabla.

-

Tabla 18: Desviación de la torre con respecto a la vertical.

Altura de las Torres	Desviación máxima respecto a la vertical en la cima de la torre
18m, 30m, 45m	2 cm
54m, 60m, 66m	32,6 cm
72m, 90m	4 cm

**Fuente:** Libro de redes inalámbricas para zonas rurales.

- El soporte de pararrayos y luces de balizaje se coloca sobre el último tramo de cada torre, empernado como si se tratase de un tramo más. Sobre el extremo superior se ubica la punta del pararrayos con su correspondiente aislador. Para la ubicación del cable de cobre conectado al pararrayos se debe tener en cuenta la ubicación y orientación de las antenas y paneles solares para que no interfieran.
- Los aisladores para el cable del pararrayos están colocados cada 3m. Las antenas y accesorios han de colocarse según las especificaciones concretas de cada caso, teniendo en cuenta el balanceo de las cargas de la torre.

### 5.3.5. Pasos a seguir en la instalación

Para montar torres y accesorios, será necesario seguir los pasos que se enumeran a continuación:

- Preparar todo el material necesario para el montaje de la torre y ubicarlo cerca de la base, aunque no justamente debajo. Los materiales para los anclajes deben colocarse cerca de cada base de templadores.
- Preparar todas las herramientas necesarias para el montaje y sujetarlas en el cinturón de seguridad. Para mayor seguridad se

recomienda amarrar cada herramienta al cinturón de seguridad mediante un cordel.

- Colocar y empernar el primer tramo a la base de la torre.
- Colocar y empernar el segundo tramo de la torre.
- Medir la distancia entre el (segundo tramo o el tercer tramo según sea el caso) y las bases de templadores para cortar los tres tramos de cable.
- Preparar los cables para efectuar correctamente la instalación del viento. Para ello se introduce el guardacabo en el grillete superior, se pasa el cable y se efectúa la fijación con las grapas según se detalla en el punto 3 del apartado anterior. En la parte inferior se procede a abrir un poco el guardacabo hasta introducirlo en la parte cerrada del templador, luego se cierra nuevamente, se pasa el cable y se fija según se ha indicado con anterioridad.
- Una vez preparados los tres vientos, el operario se sujeta al segundo tramo e introduce los grilletes en los extremos de los tubos.
- Una vez estén instalados los tres vientos se procederá al templado, de forma que los vientos queden tirantes, pero sin ejercer mucha tensión sobre la torre. El templado se debe realizar simultáneamente en los tres vientos.
- Se procederá a medir la nivelación de la torre con plomada y nivel, corrigiendo las desviaciones mediante el re-ajuste de templadores.
- Para subir el resto de tramos es necesario instalar una pluma con polea en el tercio superior del último tramo. El tramo de torre se amarra algo por encima de la mitad y se iza por encima del tramo instalado. El

operario que está amarrado al último tramo, dirige el nuevo hasta embocarlo en los tres tubos. Una vez introducido se emperna adecuadamente. Se deben poner 2 tuercas por perno.

- El operario sube hasta la mitad del nuevo tramo y sujeta la pluma. Se produce la elevación de otro nuevo tramo, el cual una vez introducido en el anterior, debe ser empernado adecuadamente. El operario, con la pluma aún en el anterior tramo, sube hasta el final del nuevo, para realizarla fijación de los vientos (que se habrán preparado con anterioridad) como se ha descrito más arriba.
- Esta operación ha de repetirse hasta completar el último tramo de la torre. Una vez instalado y templado el último tramo, se deben colocar los accesorios de la línea de vida.
- Una vez instalado y templado la línea de vida, se debe usar de esta para trabajar de manera más segura, luego han de colocarse los aisladores para el cable del pararrayos, instalado cada 3 m (1 por tramo).
- Una vez que estén bien sujetos todos los aisladores se procederán a subir el cable del pararrayos, haciéndolo pasar por cada uno de los aisladores (es importante que anteriormente se haya estirado bien el cable para que no queden arrugas). Una vez que se ha llegado al final con el cable, se procede a subir el soporte de pararrayos, el cual ya vendrá con el aislador para la punta del pararrayos, y además con el pararrayos PDC. Antes de embocarlo es necesario sujetar el cable al Pararrayos. Posteriormente se introduce en el último tramo y se emperna adecuadamente.

- Ha llegado el momento de subir y fijar las antenas según el plano previsto para cada instalación.
- Los accesorios se suben con la misma pluma utilizada en el montaje de la torre. Una vez instalada cada accesorio, se conecta y se protege la conexión con cinta autovulcanizante. Los cables se sujetaran a la torre con cintillos de PVC para intemperie.

#### **5.4. ANALISIS ECONÓMICO FINANCIERO**

En esta parte del capítulo procederemos a realizar el análisis económico y financiero del proyecto, para ello, el análisis financiero que se expondrá a continuación permitirá conocer la viabilidad del proyecto propuesto para el centro poblado de Nuevo Chirimoto.

En este sentido se hará uso de algunos indicadores que permitirán evaluar la implementación del internet inalámbrico a dicha comunidad.

Los indicadores que se utilizarán son el Valor Actual Neto (VAN), el cual nos mostrará en el presente el valor de los flujos de dinero del inversor utilizando una tasa de descuento; la Tasa Interna de Retorno (TIR) será otro indicador a utilizar, la cual representa la rentabilidad porcentual del proyecto considerando los flujos de dinero por año para luego hacer la comparación de la misma frente de la tasa de descuento.

Sin embargo, para hacer uso de estos indicadores, en primer lugar se procederá a determinar los dirigentes ingresos y egresos monetarios del proyecto.

#### **5.4.1. Inversión y estructura del financiamiento**

Se procederá a describir tanto la inversión necesaria del proyecto como la estructura del mismo, así mismo, se ha descrito el costo de todos los subsistemas de nuestro proyecto.

En la inversión se han considerado los tres puntos donde irán montadas las torres repetidoras, estos han sido considerados para poder establecer una red troncal Inalámbrica.

Estos puntos a considerar son el punto en Moyobamba donde inicia el recorrido de nuestro enlace, el punto SFV que ha sido debidamente dimensionado y el punto del tramo final que es en el centro poblado de Nuevo Chirimoto. Los dos puntos tanto Moyobamba-Nuevo Chirimoto tienen abastecimiento eléctrico, es por ello sólo se considerará el sistema de Estructura, Protección y Distribución.

Cabe mencionar que en las consideraciones para la el sistema de estructura, protección y distribución de los puntos Moyobamba y Nuevo Chirimoto son las mismas.

Para ello se ha investigado los precios más asequibles de nuestros equipos y estructuras en el mercado nacional para así darle mayor rentabilidad a nuestro proyecto.

#### **5.4.2. Inversión en el punto Moyobamba y el punto Nuevo Chirimoto**

Se ha considerado ambos puntos en conjunto ya que son el punto de partida y llegada del enlace, es por ello que tendrán la misma implementación de estructura y equipos electrónicos. En ambos puntos, se han considerado solamente tres aspectos, el sistema de

estructura, protección y telecomunicación, tomando el mismo criterio que se ha hecho para el punto del SFV.

Cabe mencionar que para ambos puntos se hará el uso de una estructura de 18m, con su sistema de protección y con los mismos equipos de telecomunicación, exceptuando en el tramo final punto Nuevo Chirimoto en donde aparte se consideró un MikroTik RB450G que sirve como administrador de toda la red, para su posterior uso.

Estos puntos gozan de energía eléctrica así que no es necesario hacer una implementación SFV, dicho esto describiremos los materiales para el punto Moyobamba.

#### 5.4.2.1. Inversión del sistema de telecomunicación

Se ha considerado solamente 1 equipo repetidor para cada punto ya que punto Moyobamba es el (inicio del enlace Inalámbrico) y Punto Nuevo Chirimoto (Final del enlace inalámbrico), también se ha considerado 1 router Mikrotik al final de todo el enlace, que nos ayudará a administrar toda la red.

Tabla 19: Inversión del sistema de telecomunicación punto Moyobamba-N.Chirimoto.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Telecomunicación</b>			
1.1	Rocket 5AC Prism Gen2	2	1050	2100
1.2	RocketDish dr-5g30	2	440	880
1.3	MikroTik RB450G	1	420	420
1.4	Switch TP-Link de 5 puertos	2	40	80
1.5	100 m Cable UTP Cat 6	1	120	120
1.6	Conector blindado RJ 45	20	2	40
1.7	Protector de descargas (ETH-SP)	2	45	90
			<b>TOTAL</b>	<b>3730</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.2.2. Inversión del sistema de estructura

Ambos puntos tendrán las mismas estructuras que serán 2 torres arriostradas de 18 metros.

Tabla 20: Inversión del sistema de estructura punto Moyobamba-N. Chirimoto

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Estructura y soporte</b>			
<b>1.1</b>	<b>Kit Torre ventada H=18m tipo triangular</b>	<b>2</b>	1400	2800
1.1.1	tramos de torre (T30x30x30)	6		
1.1.2	Platina 1 1/4 x 1/8	1		
1.1.3	Rollo cable de acero 3/16	1		
1.1.4	15 templadores 1/2	15		
1.1.5	30 grapas de sujeción	30		
1.1.6	36 pernos de empalme	36		
1.1.7	1 base T 30x30	1		
1.1.8	15 guardacabos	15		
1.1.9	Kit anclajes de piso o techo	1		
			<b>TOTAL</b>	<b>2800</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.2.3. Inversión del sistema de protección

Ambos puntos estarán protegidos de las descargas atmosféricas mediante pararrayos y sus respectivas puestas a tierra.

Tabla 21: Inversión del sistema de protección punto Moyobamba-N. Chirimoto.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Protección</b>			
<b>1.1</b>	<b>KIT Pararrayo PDC ionizante-755</b>	<b>2</b>		
1.1.1	Pararrayo PDC iónico - 755	1		
1.1.2	Base Aislante de Resina punta receptora con rosca	1		
1.1.3	Mástil galvanizado de tubo redondo LAC de (1 x 1,2mm)	1		
1.1.4	Abrazaderas de mástil galvanizadas	4		
1.1.5	Aisladores de cerámica tipo carrete	6		
1.1.6	soportes de platina para aislador	6		
1.1.7	25 m de cable forrado 50 mm <sup>2</sup> para derivación Pararrayos	1		
1.1.8	25 m de cable de cobre aislado 2,5 mm para derivación de los equipos	2		
<b>1.2</b>	<b>KIT Puesta a Tierra</b>	<b>2</b>		
1.2.1	Caja de Registro de prolipropileno	1		
1.2.2	Barra de cobre electrolítico 5/8 x 2.40 m	1		
1.2.3	6 m Helicoidal desnudo 50 mm <sup>2</sup>	1		
1.2.4	Conectores AB de 3/4 para unión a pozo a tierra	2		
1.2.5	Bolsas de Cemento conductor	2		
			<b>TOTAL</b>	<b>4700</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 5.4.3. Inversión en el Punto SFV

Para el punto SFV se ha considerado la implementación de un sistema fotovoltaico, debido a la ubicación es necesario dar autonomía al sistema.

##### 5.4.3.1. Inversión del sistema de telecomunicación

Para este sistema, se han considerado dos equipos rocket , el surge protector o protector de descargas nos sirve para evitar averías por los pulsos electromagnéticos derivados de los rayos (PEM).

Tabla 22: Inversión del sistema de telecomunicación en el punto SFV.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Telecomunicación</b>			
1.1	Rocket 5AC Prism Gen2	2	1050	2100
1.2	RocketDish dr-5g30	2	550	1100
1.3	Switch TP-Link de 5 puertos	1	40	40
1.4	305 m Cable UTP Cat 6	1	290	290
1.5	Inyector Pasivo TP-Link	2	40	80
1.6	Conector blindado RJ 45	20	2	40
1.7	Protector de descargas (ETH-SP)	2	45	90
			<b>TOTAL</b>	<b>3740</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.3.2. Inversión del sistema de energía

Para el sistema de Energía se ha considerado cada equipo SFV y accesorio SFV por separado y se ha extraído precios de cotizaciones realizadas por el investigador que serán detallados en la siguiente tabla:

Tabla 23: Inversión del sistema de energía en el punto SFV.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Energía</b>			
1.1	Módulo solar Yingli 250W	1	780	780
1.2	Controlador MPPT BlueSolar 75/15 A	1	500	500
1.3	Bateria Ritar 150AH	2	810	1620
1.4	Convertidor Regulador de tensión 1,25-40 VDC	3	10	30
1.5	Accesorios del SFV	1	160	160
			<b>TOTAL</b>	<b>3090</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.3.3. Inversión del sistema de protección

Para este sistema de protección se ha realizado la cotización en conjunto de todo el Kit (Pararrayos y Puesta a Tierra), esto debido a

que el investigador determinó que era más rentable cotizarlo en conjunto; es por ello no se han detallado los costos unitarios.

Tabla 24: Inversión del sistema de protección en el punto SFV.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Protección</b>			
<b>1.1</b>	<b>KIT Pararrayo PDC ionizante-755</b>	<b>1</b>		
1.1.1	Pararrayo PDC iónico - 755	1	-	-
1.1.2	Base Aislante de Resina punta receptora con rosca	1	-	
1.1.3	Mástil galvanizado de tubo redondo LAC de (1 x 1,2mm)	1	-	-
1.1.4	Abrazaderas de mástil galvanizadas	4	-	-
1.1.5	Aisladores de cerámica tipo carrete	6	-	-
1.1.6	soportes de platina para aislador	6	-	
1.1.7	25 m de cable forrado 50 mm <sup>2</sup> para derivación Pararrayos	1	-	-
1.1.8	25 m de cable de cobre aislado de 2,5 mm <sup>2</sup> para derivación de los equipos	2	-	-
<b>1.2</b>	<b>KIT Puesta a Tierra</b>	<b>1</b>	-	-
1.2.1	Caja de Registro de prolipropileno	1	-	-
1.2.2	Barra de cobre electrolítico 5/8 x 2.40 m	1	-	-
1.2.3	6 m Helicoidal desnudo 50 mm <sup>2</sup>	1	-	-
1.2.4	Conectores AB de 3/4 para unión a pozo a tierra	2	-	-
1.2.5	Bolsas de Cemento conductivo	2	-	-
			<b>TOTAL</b>	<b>2350</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.3.4. Inversión del sistema de estructura

Para este sistema de estructura se ha realizado la cotización del KIT de Torre arriostrada. No se han descrito precios unitarios para los accesorios de la torre arriostrada ya que el investigador determinó que era más rentable cotizarlo en conjunto.

Tabla 25: Inversión del sistema de estructura en el punto SFV.

Item	Equipos - Accesorios	Cant.	Costo Unitario S./	Precio S./
<b>1</b>	<b>Sistema de Estructura y soporte</b>			
<b>1.1</b>	<b>Kit Torre ventada H=18m tipo triangular</b>			
1.1.1	6 tramos de torre (T30x30x30)	1	-	-
1.1.2	Platina 1 1/4 x 1/8	1	-	-
1.1.3	Rollo cable de acero 3/16	1	-	-
1.1.4	templadores 1/2	15	-	-
1.1.5	grapas de sujeción	30	-	-
1.1.6	36 pernos de empalme	36	-	-
1.1.7	1 base T 30x30	1	-	-
1.1.8	15 guardacabos	15	-	-
1.1.9	Kit anclajes de piso o techo	1	-	-
1.1.10	Sub total	1	1400	1400
<b>1.2</b>	<b>Soporte para módulo solar</b>			
1.2.1	Estructura cubierta plana CVE915 15	1	370	370
<b>1.3</b>	<b>Gabinete metálico para sistema FVT</b>			
1.3.1	Gabinete MNBE – 8D2x2	1	910	910
			<b>TOTAL</b>	<b>2680</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.4. Costo general del proyecto

Para el costo general, se ha considerado el transporte, el montaje de las estructuras haciendo un estimado general para los tres puntos, también los gastos generales que podrían abarcar, comida, gasolina, etc.

Cabe mencionar que, el costo de los sistemas que se detallan en la tabla, han sido considerados en conjunto para los tres puntos.

Tabla 26: Costo total del proyecto.

ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL SOLES (S.)
A	INVERSIÓN DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN	7,470
B	INVERSIÓN DEL SISTEMA DE ENERGÍA	3090
C	INVERSIÓN DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN	7,050
D	INVERSIÓN DEL SISTEMA DE ESTRUCTURA	5,480
E	TRANSPORTE DE MATERIALES	3,150
F	MONTAJE ELECTROMECAÁNICO	3,820
G	COSTO DIRECTO (C.D)	30,060
H	GASTOS GENERALES	4,500
I	SUB -TOTAL SIN IGTV	34,560
J	IGV	6220.8
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>		<b>40,781</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

La fuente de donde provendrán los fondos para cubrir la inversión inicial descrita anteriormente será por préstamo bancario a continuación se describen los detalles.

#### 5.4.4.1. Préstamo bancario

La inversión total es de S/. 40 781 soles y será cubierto con un préstamo bancario. El préstamo se realizará con un banco mediante un crédito comercial a un plazo de 48 meses, Las tasas anuales están consideradas para microempresa, la tasa de interés que se elegirá será con la que el proyecto resulte lo más rentable; los pagos mensuales dependerán de la tasa de interés.

#### **5.4.5. Flujo de caja proyectado**

El flujo de caja permitirá observar los ingresos y egresos netos que tendrá el proyecto durante los años de operación, es decir en un horizonte de 10 años.

##### **5.4.5.1. Estructura del flujo de caja**

Los componentes del flujo de caja son la inversión inicial, los diferentes ingresos y egresos que se darán durante el tiempo de operación del proyecto.

- a) Ingresos y egresos proyectados:** Los ingresos que el proyecto recibirá se obtendrán de los fondos generados por el servicio de internet inalámbrico que se proveerá a los usuarios en el centro poblado de Nuevo Chirimoto; mientras que los egresos a considerar son la cuota anual por el préstamo bancario (se analizará con una tasa de interés mínima, máxima y promedio), también se ha de considerar la depreciación de los equipos según su vida útil, mantenimiento del sistema y el pago del servicio de internet al proveedor.

Tabla 27: Depreciación anual de equipos.

	<b>Equipos</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Costo Total (S/.)</b>	<b>Depreciación (S/.)</b>
<b>Sistema de Telecomunicación</b>	Rocket 5AC Prism 2Gen	7	4200	600.00
	Rocket Dish dr-5g30	15	1760	117.33
	Switch Tplink 5 puertos	7	120	17.14
	Mikrotik RB450G	7	420	60.00
	Inyector pasivo TpLink	10	80	8.00
<b>Sistema de Energía</b>	Panel Solar	15	780	52.00
	Controlador	10	500	50.00
	Convertidor Regulador	10	30	3.00
	Baterías	8	1620	202.50
<b>Sistema de Protección</b>	Pararrayos	15	4200	280.00
	Protector de descargas (ETH-SP)	10	180	18.00
	Puesta a Tierra	15	2850	190.00
<b>Sistema de Estructura</b>	Torre Arriostrada	15	4200	280.00
	Gabinete	15	910	60.67
	Soporte Solar	15	370	24.67
<b>Depreciación Total</b>				<b>1963.31</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### **b) Servicio de internet**

Para adquirir el servicio de internet, es necesario hacer la compra a sus proveedores, este servicio será adquirido en el distrito de Moyobamba y posteriormente trasladado mediante la red inalámbrica al centro poblado de Nuevo Chirimoto, para la adquisición del servicio se ha tomado como referencia a la empresa movistar ya que cuenta con internet de alta velocidad (fibra óptica).

A continuación detallaremos sus planes y veremos el que más se ajusta al proyecto, cabe mencionar que se ha estimado llevar 100 Mbps de ancho de banda.

Tabla 28: Tarifa de internet de alta velocidad (Movistar)

PLAN DE INTERNET DE ALTA VELOCIDAD "MOVISTAR"						
<b>Planes (Mbps)</b>	20	30	40	60	120	200
<b>Costos mensuales (S/.)</b>	69	85	105	125	185	225

Fuente: MOVISTAR.

De acuerdo a la tabla se ha considerado que la tarifa que más se acerca al interés del proyecto es el plan de 120 Mbps con una cuota mensual de S/. 185 soles.

**c) Servicio al usuario**

La inversión hacia el usuario está planteada en base a trabajos realizados por el investigador, éstos detallan los equipos y las instalaciones que son necesarias para poder llevar la tecnología de la red inalámbrica Wi-Fi al usuario. Cabe resaltar que los costos pueden variar según la cantidad de velocidad que pida el usuario, para el cuadro se ha considerado velocidad de (2 Mbps/1 Mbps), la instalación requiere de una inversión de 450 soles y un pago mensual de 80 soles, así mismo, la investigación ha sido proyectada para abastecer a 50 usuarios aproximadamente.

Tabla 29: Propuesta del costo de servicio de internet inalámbrico Wi-Fi a usuario.

Item	DESCRIPCIÓN	CANT	Valor	COSTO TOTAL
1.0	<b>A) EQUIPO INALÁMBRICO</b> AP Ubiquiti NanoBeam AC Nbe-5ac-16, 5Ghz, 16 Db Switch Tplink - 8 puertos Soporte para AP	01	S/ 400	S/ 400
2.0	<b>B) HERRAJERIA Y MATERIAL</b> 20 m de Cable UTP catg 6 6 Rj Blindados 10 cintillos			
2.1	<b>C) SERVICIO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA RED</b> Montaje mecánico de estructura y el AP Instalación, orientación y apuntamiento Instalación y configuración de la red instalación de la Unidad interna Instalación de red WI-FI	01	S/ 50	S/ 50
3.0	<b>D) SERVICIO WI-FI ( PAGO MENSUAL)</b> Ancho de banda 2 Mbps/1Mbps Tipo de enlace: PTMP	01	S/ 80	S/ 80
Sub Total				S/ 530
IGV.				S/ 95.4
<b>PAGO ÚNICO INICIAL</b>		<b>COSTO EN SOLES</b>		<b>S/ 625.4</b>

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presenta un resumen de los flujos de caja considerando una tasa de interés de promedio de 20.83%. Para los ingresos del proyecto se consideraron inicialmente 25 usuarios y un incremento anual de 5 usuarios respectivamente hasta llegar a los 50.

Tabla 30: Flujo de caja proyectada.

		AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
	<b>INVERSIÓN</b>	40,781										
<b>INGRESOS</b>	<b>Fondos Generados</b>		24,000	28,800	33,600	38,400	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000	48,000
	<b>EGRESOS</b>		21,087	21,028	20,935	20,823	6,103	6,103	10,166	7,521	9,703	6,103
	<b>Anualidad préstamo</b>		15,001	14,925	14,832	14,720						
	<b>Depreciación de Equipos</b>		1,945	1,963	1,963	1,963	1,963	1,963	6,026	3,381	5,563	1,963
	Rocket 5AC Prism 2Gen		600	600	600	600	600	600	<b>4,200</b>	600	4,200	600
	Rocket Dish dr-5g30		117	117	117	117	117	117	117	117	117	117
	Switch Tplink 5 puertos		17	17	17	17	17	17	<b>120</b>	17	17	17
	Mikrotik RB450G		60	60	60	60	60	60	<b>420</b>	60	60	60
	Inyector pasivo Tplink		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
	Panel Solar		52	52	52	52	52	52	52	52	52	52
	Controlador		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	Convertidor Regulador		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	Baterías		203	203	203	203	203	203	203	<b>1,620</b>	203	203
	Pararrayos		280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	Protector de descargas (ETH-SP)		0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Puesta a Tierra		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Torre Arriostrada		280	280	280	280	280	280	280	280	280	280
	Gabinete		61	61	61	61	61	61	61	61	61	61
	Soporte Solar		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	<b>Mantenimiento de torres</b>		1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920	1,920
	<b>Servicio de internet</b>		2,220	2,220	2,220	2,220	2,220	2,220	2,220	2,220	2,220	2,220
	<b>FLUJO DE EFECTIVO NETO</b>	<b>-40,781</b>	<b>2,913</b>	<b>7,772</b>	<b>12,665</b>	<b>17,577</b>	<b>41,897</b>	<b>41,897</b>	<b>37,834</b>	<b>40,479</b>	<b>38,297</b>	<b>41,897</b>

Fuente: Elaboración propia.

#### 5.4.6. Rentabilidad del proyecto

Luego de haber establecido los ingresos y egresos del proyecto, podemos hacer uso de los indicadores que ayudarán a analizar de manera objetiva lo atractivo de la inversión desde el punto de vista monetario. Para ello necesitamos determinar la tasa de descuento y el horizonte de evaluación del proyecto

##### 5.4.6.1. Tasa de descuento

Esta tasa representa una medida de la rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto de acuerdo a su riesgo. Además, al obtenerla podremos utilizarla para conocer el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto. Los flujos de caja se descontarán a una tasa de descuento igual a la tasa de interés activa vigente en el mercado. Para ello se han considerado la siguiente tasa para un préstamo a cuota fija a más de 360 días, tasa aplicada a microempresa.

Tabla 31: Tasa Activa Anual.

	<b>Tasa Activa Anual</b>
BBVA Continental	12,01%
Interbank	29,65%
<b>Promedio</b>	<b>20,83</b>

**Fuente:** Superintendencia de Banca y Seguros.

##### 5.4.6.2. Horizonte del proyecto

El proyecto se ha sido evaluado en un horizonte de 10 años, en la cual se determinará si el proyecto es rentable.

#### 5.4.7. Valor Actual Neto (VAN)

El valor Actual Neto es la cantidad monetaria que resulta de regresar los flujos netos del futuro hacia el presente con una tasa de descuento. El proyecto se acepta siempre y cuando el VAN sea mayor a cero, caso contrario se rechaza. La tasa de descuento (costo de capital) con la que se ha evaluado la inversión es del 12,01%, 29,65% y 20,83. Con estas consideraciones obtenemos nuestros VAN donde podemos concluir que el proyecto es económicamente rentable durante los 10 años de operación del proyecto.

Tabla 32: Valor Actual Neto.

	Tasa de Descuento	VAN
Mínima	12,01%	S/. 99 558
Máxima	29,65%	S/. 12 220
Promedio	20,83%	S/. 44 371

**Fuente:** Elaboración propia.

Los resultados de las tasas tanto mínima como máxima y promedio, demuestran que el proyecto es rentable y debe realizarse.

#### 5.4.8. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno (TIR), es aquella tasa de interés que hace igual a cero el valor de flujos de beneficios netos.

El criterio para aceptar o rechazar el proyecto se fundamenta en que si la TIR es menor que la tasa de descuento se debe rechazar el proyecto, en caso contrario se le acepta.

Tabla 33: Tasa Interna de Retorno.

	Tasa de Descuento	TIR
Mínima	12,01%	41%
Máxima	29,65%	36%
Promedio	20,83%	38%

**Fuente:** Elaboración propia.

Al calcular la TIR para nuestro proyecto vemos que es mayor a la tasa de descuento mínima, máxima y promedio respectivamente, con lo que confirmamos la rentabilidad del proyecto.

## 5.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Esta investigación tuvo como objetivo, hacer uso de las energías renovables en la aplicación a las telecomunicaciones; así mismo, darle una alternativa tecnológica de acceso a internet al Centro Poblado Nuevo Chirimoto.

De los resultados obtenidos de la investigación se deduce que el Centro Poblado de Nuevo Chirimoto, sólo tiene acceso a la internet mediante la tecnología satelital, esta as su vez, sólo es aprovechada por la Comisaría PNP de Nuevo Chirimoto.

Mediante una cotización a una de las empresas líderes en el mercado nacional "PERUDATASAT", se estimó el costo de instalación que es de US\$ 1700 dólares y una cuota mensual de US\$ 600 dólares con un ancho de banda de 1.5 Mbps/512 Kbps respectivamente, cabe mencionar que las tarifas mensuales pueden oscilar dependiendo de las velocidades que requiera el usuario.

Se consideró que la tecnología satelital pese a tener la ventaja de fácil acceso tiene una instalación y pago mensual muy elevado, lo cual imposibilita que el poblador pueda hacer uso de ella.

Por lo tanto, se propone llevar un internet asequible haciendo uso de la tecnología de red inalámbrica Wi-Fi, para ello se requiere llevar el internet de alta velocidad (fibra óptica) desde Moyobamba y trasladarlo mediante un radioenlace hasta el Centro Poblado de Nuevo Chirimoto.

De los resultados obtenidos mediante el software de Google Earth, se deduce que es necesario implementar tres torres repetidoras, una de ellas abastecida con energía solar debido a su ubicación geográfica.

Del cálculo en la torre con SFV se obtuvieron 564 watts de consumo, para las 24 horas de uso del sistema; el dimensionamiento se realizó con tres días de autonomía y una radiación solar de 3,65 HPS en el mes más bajo (Marzo).

Del dimensionamiento fotovoltaico se obtuvo, un panel de 250 Wp, un controlador MPPT 75/15, dos baterías de ciclo profundo 150 AH, 3 convertidores reguladores  $V_{DC}-V_{DC}$ .

No se hizo uso del inversor ya que no se trabaja con corriente alterna y se sustituyó por convertidores reguladores  $V_{DC}-V_{DC}$ , estos convertidores recibirán la energía del regulador y adaptarán a las características de

los equipos del sistema de telecomunicación, en nuestro caso los (24V-1A) para los Rocket Prism y (9V-0,6A) para el switch, estos equipos estarán alimentados con un POE pasivo que recibirá la corriente graduada por el convertidor regulador.

La estructura fue considerada partiendo de los cálculos obtenidos por el software Airlink, considerando para el proyecto una torre arriostrada de 18m implementadas con puesta a tierra única y equipotencial.

La inversión del proyecto es de S/. 40 781 soles, considerando costos de los equipos, traslado, montaje y los gastos generales que incluyen combustible y comida

El desarrollo del proyecto se estimó para abastecer a un total de 50 usuarios con una tarifa mensual de S/. 80 soles por usuario; para delimitar los ingresos se estimó que el primer año iban a tener una cantidad 25 usuarios, e ir incrementando paulatinamente cada año; cabe mencionar que este estimado se asumió mediante la visita al Centro Poblado de Nuevo Chirimoto donde se realizó una encuesta hecha a los pobladores y autoridades para saber el interés acerca de tener internet asequible en sus hogares.

Por otro lado en el análisis económico y financiero realizado para determinar la rentabilidad del proyecto se tiene un VAN de S/. 99 558 soles en una tasa de 12,01% (tasa mínima de interés bancario) en un horizonte de 10 años con una TIR de 41%, un VAN de S/. 12 220 soles

en una tasa de interés de 29,65% (tasa máxima de interés bancario) con una TIR de 36% y un VAN de S/. 44 371 soles en una tasa de interés de 20,83% (tasa promedio) con una TIR de 38%, lo que hace viable económicamente nuestro proyecto.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

De acuerdo al estudio realizado en el presente proyecto de investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a) El sistema de red inalámbrico con torres repetidoras para abastecer de internet asequible al centro poblado de Nuevo Chirimoto nos proporcionó una viabilidad técnica y económica; teniendo como resultado una implementación de tres torres repetidoras, una de ellas abastecida con SFV, un sistema con un ancho de banda de más de 100Mbps capaz de proveer de internet hasta 50 usuarios con una tasa de transferencia de 2Mbps/1Mbps para cada usuario, con pago mensual de S/. 80 soles y una TIR promedio de 38%.
- b) Los puntos establecidos fueron dimensionados con el software de Google Earth, con el que se diseñó la ruta del enlace consiguiendo tres puntos, (punto Moyobamba, punto SFV y punto Nuevo Chirimoto).
- c) Con ayuda del software Airlink se dimensionó el sistema de telecomunicación, para ello se simularon las condiciones del enlace obteniendo como resultado el radio Rocket 5AC Prism Gen2 quien cumplía con parámetros que se requerían para el enlace, como la distancia de 53 Km en el tramo más largo y 100 Mbps de ancho de banda.

- d)** El consumo máximo del sistema de telecomunicación en el punto del SFV es de 564 watts.
- e)** El dimensionamiento del diseño de la red de energía en el punto del SFV se realizó con 3,65 HPS en el mes más bajo (Marzo) y dio como resultado, 1 panel de 250Wp, dos baterías de 150 AH, un controlador de carga MPPT 75/15, 3 convertidores reguladores  $V_{DC} - V_{DC}$  quienes suplirán el uso del inversor ya que no es necesario el uso de  $V_{AC}$ .
- f)** El diseño del sistema de estructura se hizo con la ayuda del software Airlink, el cual nos permitió encontrar la altura, considerando para el proyecto una torre arriostrada triangular de 6 tramos T30x30x30 de 18m con una carga útil de 200Kg.
- El soporte solar irá montado en la torre arriostrada con una inclinación de  $25^{\circ}$ , el gabinete en donde irán todos los componentes del SFV no estará montado en la estructura por exceso de carga.
- g)** Para el diseño del sistema de protección se consideró un pararrayos iónico PDC – 755 con una derivación de cable de cobre forrado de 50 mm<sup>2</sup>, con puesta a tierra única y equipotencial.
- Para proteger los equipos de los pulsos electromagnéticos (PEM) y las sobretensiones perjudiciales se consideró la implementación del surge protector ETH-SP quien realiza la descarga de forma segura por la puesta a tierra mediante un cable de cobre aislado de 2,5mm<sup>2</sup>.
- h)** Efectuando los metrados de todos los subsistemas del proyecto, considerando transporte, montaje y mano de obra, la inversión es de S/. 40 781 soles.

- i) Efectuando el análisis económico y financiero se obtuvo:

Tabla 34: Indicadores de rentabilidad.

Indicador	BBVA (12,01%)	Interbank (29,65%)	Promedio (20,83%)
VAN	S/. 99 558	S/. 12 220	S/. 44 371
TIR	41%	36%	38%

**Fuente:** Elaboración propia.

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la inversión es rentable en cualquier tasa de interés bancario (máxima, mínima y promedio).

## 6.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a lo desarrollado en el presente trabajo de proyecto de tesis se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

- a) Se recomienda realizar el estudio de las descargas atmosféricas en las zonas del montaje de las estructuras, a fin de realizar el dimensionamiento del diseño del sistema de protección.
- b) Se recomienda realizar mediciones eléctricas de la resistencia del terreno en cada zona, para realizar una correcta instalación de puesta a tierra que garantice la derivación de las descargas atmosféricas.
- c) Se recomienda realizar las visitas técnicas a cada uno de los puntos considerados para en enlace y corroborar la línea de vista que arrojan los software de Google Earth y Airlink.
- d) Se recomienda realizar el diseño de un sistema de monitoreo, para la vigilancia de los equipos instalados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### BIBLIOGRAFÍA

- a) Camacho, Luis y Rey, Carlos. 2008. *Redes Inalámbricas para zonas Rurales*: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- b) Llauce Chozo, Anthony. 2016. *Implementación de Sistema Fotovoltaico para Reducir el Consumo de Combustibles Fósiles en la Generación de Energía Eléctrica en el Restaurant el Cruceño, Ubicado en el Km 901, Carretera Lambayeque-Piura*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- c) Chamorro, Lilian y Pietrosevoli, Ermanno. 2008. *Redes Inalámbricas para el Desarrollo en América Latina y el Caribe*: Asociación Para el Progreso de las Telecomunicaciones.
- d) Canales Vega, Luis. *Diseño VHF de la Red Pastaza Alto para el Proyecto EHAS-PAMAFRO*. Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- e) Grupo NAP, 2002. *Energía Solar fotovoltaica*. Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- f) Villafuente, Dante. 2017. *“Acceso a Internet en Zonas Rurales del Perú. Recogiendo Mejores Prácticas de Gestión Social de las Tecnologías de Información y Comunicación”*, Tesis de Maestría, Universidad Latinoamericana de Ciencias Sociales Sede Ecuador.

## LINKOGRAFIA

- a) Google Earth. <https://www.google.com/intl/es-419/earth/> (Consultada el 15 de Agosto del 2019).
- b) Airlink. <https://link.ui.com/#> (consultada el 18 de Agosto del 2019).
- c) Europe SunFields. Manual de cálculo de sistemas fotovoltaicos aislados. <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/> (Consultada el 19 de Setiembre del 2019).
- d) PVsyst. Photovoltaic Software. <https://www.pvsyst.com/> (Consultada el 22 de Setiembre del 2019).
- e) Sitio de la web oficial de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://www.pucp.edu.pe/> (Consultada el 23 de Setiembre del 2019).
- f) Operacionalización de Variables. <https://docplayer.es/335738-Operacionalizacionde-variables-moises-apolaya-segura-medico-epidemiologo-jefe-seccion-salud-publica-disan-fap.html> (Consultada el 23 de Setiembre del 2019).
- g) DamiaSolar. [https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/significado-valores-isc-imp-voc-vmp-instalacion\\_1](https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/significado-valores-isc-imp-voc-vmp-instalacion_1) (Consultada el 25 de Setiembre del 2019).
- h) GeneratuLuz. Web de energías renovables. <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/reguladores/comparativa-entre-reguladores-pwm-y-mppt/> (Consultada el 24 de Setiembre del 2019).
- i) Perudatasat. Telefonía Satelital. <https://www.perudatasat.com/> (Consultada el 25 de Setiembre del 2019).

- j)** Ubiquiti – Democratizing Profesional Network Technology.  
<https://www.ui.com/>. (Consultada el 26 de Setiembre del 2019).
- k)** PCenterPerú. Empresa dedicada a Telecomunicaciones.  
<https://www.pcenterperu.com/> (Consultada el 27 de Setiembre del 2019).
- l)** Movistar. Planes de internet de alta velocidad.  
<https://www.movistar.com.pe> (Consultada el 29 de Setiembre del 2019).

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** Ubicación de los puntos del enlace Moyobamba-Nuevo Chirimoto.

**ANEXO B:** Radiación Solar Punto SFV, Software de dimensionamiento Nastec.

**ANEXO C:** Diseño integral del sistema de Energía y Distribución.

**ANEXO D:** Especificaciones técnicas del Rocket AC Prism Gen2.

**ANEXO E:** Especificaciones técnicas del Switch TpLink 5 puertos.

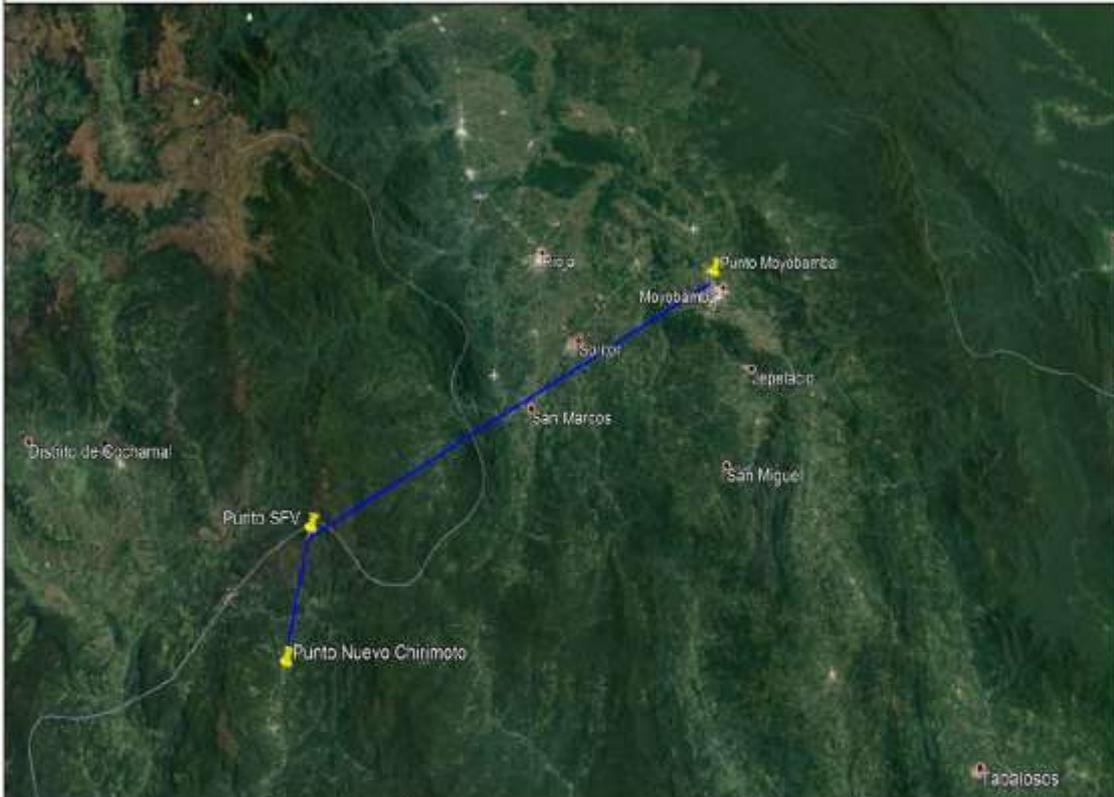
**ANEXO F:** Especificaciones técnicas del Panel Solar Yingli 250Wp.

**ANEXO G:** Ficha del cuestionario.

**ANEXO H:** Registros fotográficos.

**ANEXO A:**

**PUNTOS DEL ENLACE MOYOBAMBA-NUEVO CHIRIMOTO**



ZONA	LATITUD	LONGITUD
Punto Moyobamba	6°1'40.08"S	76°58'55.55"O
Punto SFV	6°24'25.20"S	77°16'19.20"O
Punto Nuevo Chirimoto	6°30'42.50"S	77°14'56.70"O

## **ANEXO B:**

### **TELESOF PERÚ E.I.R.L**

Jr. La Merced Nro. 552 La Laguna Amazonas - Chachapoyas - Chachapoyas, ,  
Chachapoyas, Perú, Chachapoyas  
Tel: 930264800, Fax: ,  
VAT: 20603426771

### **Attention to**

Miguel Alejandro Garro Gómez  
TELESOF PERÚ E.I.R.L  
Jr. La Merced Nro. 552 La Laguna Amazonas - Chachapoyas - Chachapoyas, 01001,  
Chachapoyas, Perú, Chachapoyas  
Tel: 930264800, Fax: , mrgarrogoz@hotmai.com  
VAT: 18%

The information provided in this document is the result of calculations based on statistical data and approximations. Nastec disclaims any liability arising from errors.

powered by  
**NASTEC**<sup>®</sup>  
> we move it faster >

## SUMMARY

1. Installation place
2. System parameters
3. Pump performance
4. Datasheet
5. Bill of materials

The information provided in this document is the result of calculations based on statistical data and approximations. Nastec disclaims any liability arising from errors.

powered by   
**NASTEC**<sup>®</sup>  
> we move it faster >

# 1. INSTALLATION SITE

## Location

Chachapoyas, Perú



Latitude	Longitude	Altitude (M)	GMT Offset (Hour(S))
-6.407	-77.272	3200	-6

Selected months for operation

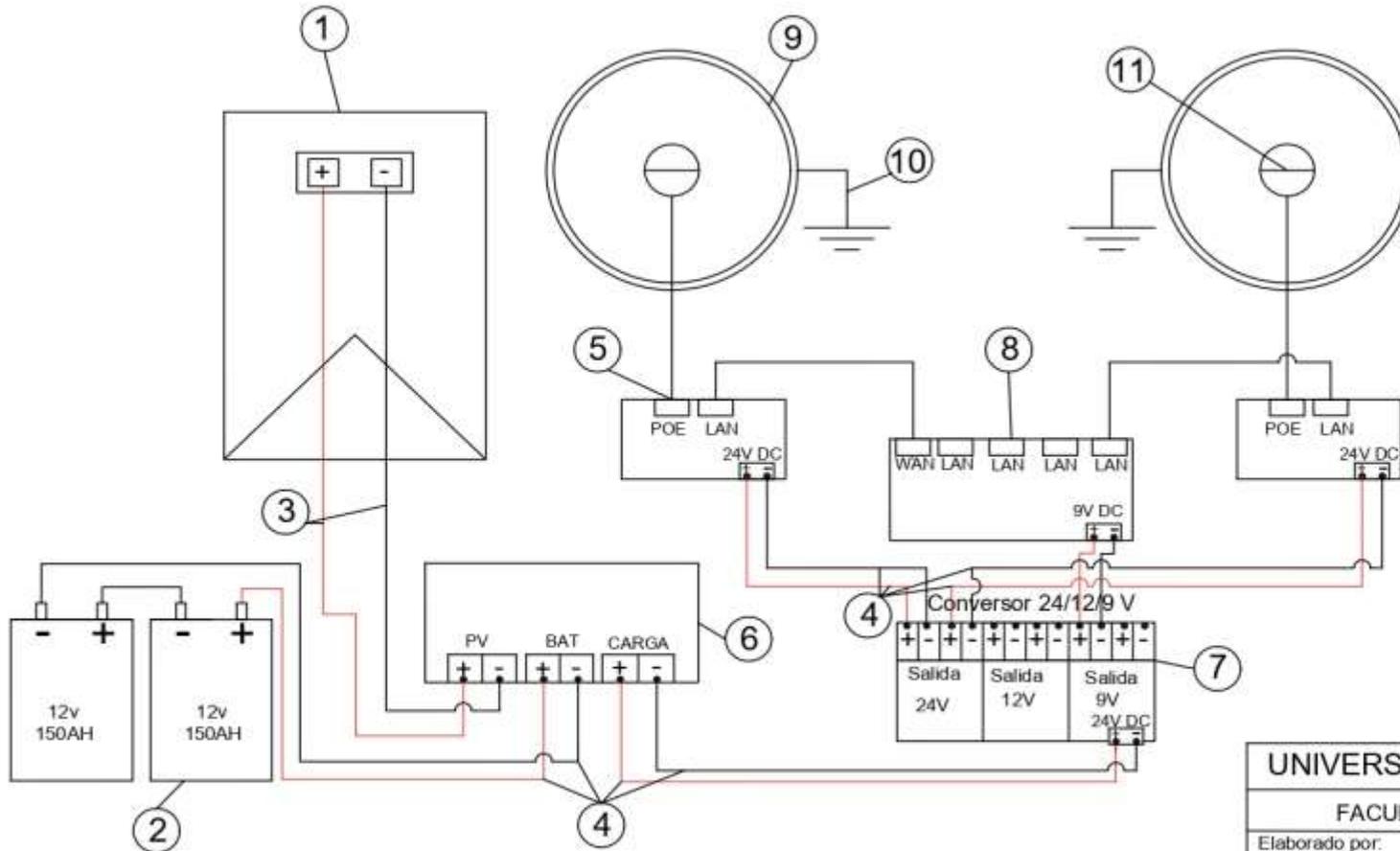
	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	AVG
Average daily solar irradiance [kWh/m <sup>2</sup> /day] for latitude tilted panels	3.84	3.77	3.65	3.96	4.10	4.06	4.43	4.72	4.71	4.66	4.43	4.02	4.20
Max daily ambient temperature [°C]	29.91	29.16	29.42	28.90	29.48	29.83	30.02	31.15	32.21	32.47	31.54	30.39	30.37
Min daily ambient temperature [°C]	23.23	22.57	22.64	22.00	21.97	21.65	21.02	21.63	23.03	23.81	23.57	23.38	22.54
Average daily temperature [°C]	26.57	25.87	26.03	25.45	25.72	25.74	25.52	26.39	27.62	28.14	27.56	26.89	26.48

The information provided in this document is the result of calculations based on statistical data and approximations. Nastec disclaims any liability arising from errors.



**ANEXO C:**

**DISEÑO DE SISTEMA INTEGRAL**



ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Panel solar 200W
2	Bateria de ciclo profundo 150AH
3	Cable de cobre 4 mm <sup>2</sup>
4	Cable de cobre 2,5 mm <sup>2</sup>
5	Poe pasivo
6	Controlador regulador MPPT 75/15
7	Convertidor regulador DC-DC
8	Switch TP Link
9	RocketDish dr-5g30
10	Derivación a tierra
11	Rocket 5AC Prism Gen2

<b>UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO</b>		
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA</b>		
Elaborado por:		
Br. GARRO GÓMEZ MIGUEL ALEJANDRO		
<b>PROYECTO DE TESIS :</b>		<b>UBICACIÓN :</b>
DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TORRES REPETIDORAS, ABASTECIDO CON SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA DE ELLAS, PARA PROVEER DE INTERNET ASEQUIBLE AL CENTRO POBLADO DE NUEVO CHIRIMOTO Y ALREDEDORES		SECTOR : NUEVO CHIRIMOTO: DISTRITO : OMA PROVINCIA : R. DE MENDOZA DPTO. : AMAZONAS
<b>PLANO :</b>		<b>ESCALA :</b>
DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE TELECOMUNICACIÓN Y ENERGÍA		S/E
		<b>Nº DE PLANO :</b>
		P - 04
		FECHA : Nov. 2019

## ANEXO D:

# Specifications

RP-5AC-Gen2		
Dimensions	88 x 40 x 230 mm (3.47 x 1.58 x 9.06")	
Weight	400 g (14.11 oz)	
Networking Interface	(1) 10/100/1000 Ethernet Port	
RF Connectors	(2) RP-SMA (Waterproof), (1) GPS* (Waterproof)	
LEDs	(4) Signal Strength, GPS*, LAN, Power	
Enclosure	Die-Cast Aluminum with White Powder Coating	
Max. Power Consumption	9.5W	
Power Supply	24V, 1A Gigabit PoE Adapter (Included)	
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	
Processor Specs	Atheros MIPS 74Kc	
Memory	128 MB DDR2 SDRAM	
Supported Voltage Range	18-26VDC	
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels	
Channel Sizes	PtP Mode	PtMP Mode
	10/20/30/40/50/60/80 MHz	10/20/30/40 MHz
ESD/EMP Protection	± 24 kV Contact / Air for Ethernet	
Operating Temperature	-40 to 80° C (-40 to 176° F)	
Operating Humidity	5 to 95% Noncondensing	
RoHS Compliance	Yes	
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4	
Modes	Access Point, Station	
Services	Web Server, SNMP, SSH Server, Telnet , Ping Watchdog, DHCP, NAT, Bridging, Routing	
Utilities	airMagic, airView, Antenna Alignment Tool, Discovery Utility, Site Survey, Ping, Traceroute, Speed Test	
Distance Adjustment	Dynamic Ack and Ackless Mode	
Power Adjustment	Software Adjustable UI or CLI	
Security	WPA2 AES Only	
QoS	Supports Packet Level Classification WMM and User Customer Level: High/Medium/Low	
Statistical Reporting	Up Time, Packet Errors, Data Rates, Wireless Distance, Ethernet Link Rate	
Other	Remote Reset Support, Software Enabled/Disabled, VLAN Support, 256QAM, GPS*, TX Filter	
Ubiquiti Specific Features	30/50/60 MHz Channels, airMAX ac Mode, Traffic Shaping with Burst Support, Discovery Protocol, Frequency Band Offset, Ackless Mode	
Certifications	CE, FCC, IC	

\* GPS sync support available in airOS firmware v8.3.0 and newer.

## ANEXO E:

CARACTERÍSTICAS DE HARDWARE	
Interface	Puertos de 5 10/100Mbps RJ45 Negociación AUTO/AUTO MDI/MDIX
Cantidad de Ventiladores	Sin Ventilador
Consumo de Energía	Máximo: 1.87W (220V/50Hz)
Fuente de Alimentación Externa	Adaptador de corriente externo (salida: 9.0VDC / 0.6A)
Dimensiones (W X D X H)	4,1 x 2,8 x 0,9 pulg. (103,5 x 70 x 22 mm)
Consumo Máximo de energía	1.87W(220V/50Hz)
Disipación Máxima de Calor	6.38BTU/h
CARACTERÍSTICAS DE SOFTWARE	
Transfer Method	Almacenamiento y Retransmisión
Advanced Functions	Tecnología Ecológica, ahorradora de energía de hasta 60% Control de Flujo, Contrapresión 802.3X

## ANEXO F:

# YGE 60 Cell 40mm SERIES

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Parámetros eléctricos para STC							
Tipo de Módulo			1125K(2%)	1125K(2%)	1125K(2%)	1125K(2%)	
Potencia de salida	$P_{max}$	W	250	245	240	235	230
Tolerancia	$\Delta P_{max}$	W					-0 / +5
Eficiencia del módulo	$\eta_m$	%	15,3	15,0	14,7	14,4	14,1
Tensión en $P_{max}$	$V_{mp}$	V	30,4	30,2	29,5	29,5	29,5
Intensidad en $P_{max}$	$I_{mp}$	A	8,24	8,11	8,14	7,97	7,80
Tensión en circuito abierto	$V_{oc}$	V	38,4	37,8	37,5	37,0	37,0
Intensidad en cortocircuito	$I_{sc}$	A	8,79	8,63	8,65	8,54	8,40

STC: 1000 W/m<sup>2</sup> Irradiancia, 25°C Temperatura, AM 1,5 distribución espectral según EN 60904-1  
Reducción media de la eficiencia relativa de 3% a 200 W/m<sup>2</sup> según EN 60904-1

Parámetros Eléctricos en Temperatura de Operación Nominal de la Célula(TONC)							
Potencia de salida	$P_{max}$	W	181,1	177,9	174,3	170,7	167,0
Tensión en $P_{max}$	$V_{mp}$	V	27,6	27,2	26,6	26,6	26,6
Intensidad en $P_{max}$	$I_{mp}$	A	6,56	6,54	6,56	6,42	6,29
Tensión en circuito abierto	$V_{oc}$	V	35,4	34,5	34,2	33,8	33,8
Intensidad en cortocircuito	$I_{sc}$	A	7,12	6,99	7,01	6,92	6,81

TONC: Temperatura en circuito abierto del módulo a 800W/m<sup>2</sup> de irradiación, 20°C de temperatura ambiente y 1m/s de velocidad del viento

### CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura de Operación Nominal de la Célula	TONC	°C	46 +/- 2
Coefficiente de temperatura para $P_{max}$	$\gamma$	%/°C	-0,45
Coefficiente de temperatura para $V_{oc}$	$\beta_{voc}$	%/°C	-0,33
Coefficiente de temperatura para $I_{sc}$	$\alpha_{isc}$	%/°C	0,06
Coefficiente de temperatura para $V_{mp}$	$\beta_{vmp}$	%/°C	-0,45

### CONDICIONES DE OPERACIÓN

Máxima tensión del sistema	1000V <sub>DC</sub>
Valor máximo del fusible en serie	15A
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperaturas de funcionamiento	-40°C hasta 85°C
Máxima carga estática frontal (nieve y viento)	5400Pa
Máxima carga estática posterior (viento)	2400Pa
Max. impacto por granizo (diámetro / velocidad)	25mm / 23m/s

### MATERIALES

Cubierta frontal (material / espesor)	Vidrio templado de bajo contenido en hierro / 3,2mm
Marco (material / color / color del anodizado / Número de Busbars)	60 / silicio multicristalino / 156 x 156 mm / 2 o 3
Encapsulante (material)	Etilvinilacetato (EVA)
Marco (material / color / color del anodizado / sellado del marco)	Aluminio anodizado / plata / claro / sílica o cinta adhesiva
Caja de conexiones (grado de protección)	≥ IP65
Cable (longitud / sección)	1100mm / 4mm <sup>2</sup>
Conector (tipo / grado de protección)	MC4 / IP67 o Amphenol H4 / IP68

\* Debido a la continua innovación, investigación y mejora de producto, la información y las especificaciones citadas en esta hoja de características están sujetas a cambios sin previo aviso. Las especificaciones pueden variar ligeramente y no están garantizadas.

† Los datos no están referidos a un solo módulo y no son parte de la oferta, sirven sólo para su comparación entre diferentes tipos de módulos.

Yingli Green Energy Holding Co. Ltd.  
service@yinglisolar.com  
Tel: 0086-312-8929802

**YINGLISOLAR.COM**

© Yingli Green Energy Holding Co. Ltd | CS\_YGE60Cell-29b\_40mm\_SP\_SP\_201206\_v02.17

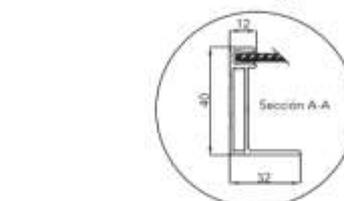
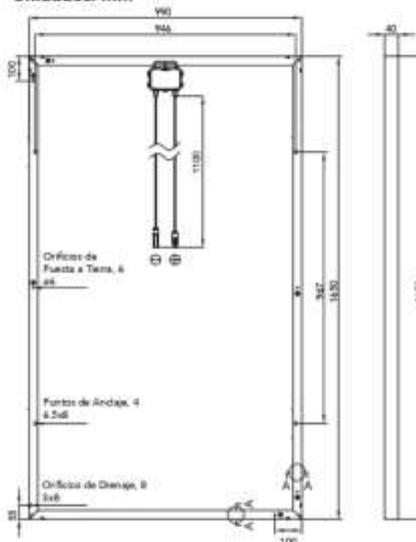
### CARACTERÍSTICAS GENERALES

Dimensiones (longitud / anchura / profundidad)	1650mm / 990mm / 40mm
Peso	19,1kg

### ESPECIFICACIONES DEL EMBALAJE

Numero de módulos por pale	26
Numero de pales por contenedor (40')	28
Dimensiones del Embalaje (longitud / anchura / profundidad)	1700mm / 1150mm / 1190mm
Peso del pale	534kg

Unidades: mm



**Advertencia:** Leer el Manual de Instalación y Uso en su totalidad antes de manejar, instalar y operar módulos Yingli.

Nuestros Colaboradores:





**ANEXO G:**

Estimado(a) Participante:

El Presente cuestionario tiene como propósito recabar información sobre el acceso al internet en el Centro Poblado de Nuevo Chirimoto. Consta de una serie de preguntas; al leer cada una de ellas, concentre su atención de manera que la respuesta que emita sea fidedigna y confiable. La información que se recabe tiene por objetivo la realización de un trabajo de investigación relacionado con dichos aspectos.

**PARTE I: INFORMACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA**

Año: \_\_\_\_\_ Sexo: \_\_\_\_\_ Edad: \_\_\_\_\_

1. Ocupación: \_\_\_\_\_ 2. Promedio de Ingreso mensual: \_\_\_\_\_

**Instrucciones:**

En las proposiciones que se presentan a continuación existen cinco (5) alternativas de respuesta, responda según su apreciación.

- Señale con una (X) en la casilla correspondiente a la observación que se ajuste a su caso en particular.
- Asegúrese de marcar una sola alternativa para cada pregunta
- Por favor, no deje ningún ítem sin responder para que exista una mayor confiabilidad en los datos recabados.
- Si urge alguna duda, consulte con el encuestador.

**PARTE II: CUESTIONARIO**

<b>Leyenda:</b>		<b>DN:</b> Definitivamente No	<b>PN:</b> Probablemente No	<b>I:</b> Indeciso		
		<b>PS:</b> Probablemente Sí	<b>DS:</b> Definitivamente Sí			
<b>ITEM</b>	<b>PROPOSICIÓN</b>	<b>DN</b>	<b>PN</b>	<b>I</b>	<b>PS</b>	<b>DS</b>
1	¿Consideras que internet es una herramienta útil?					
2	¿Tienes acceso al servicio de internet?					
3	¿Crees que el pago de tu servicio es barato?					
4	¿Estás interesado en tener servicio de internet?					
5	¿Consideras S/. 80 soles mensuales un precio rentable para poder tener acceso al servicio de internet?					

***¡Gracias por su colaboración!***

**ANEXO H:**

**Caja Piura Nuevo Chirimoto - Personal Encuestado**



**Centro de Salud Nuevo Chirimoto - Personal Encuestado**



Comisaría PNP Nuevo Chirimoto - Instalación de Internet Satelital



Vista Panorámica del Punto del SFV



Vista Panorámica del Centro Poblado de Nuevo Chirimoto

