



**UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ**

**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN  
ALTERNATIVO PARA TORRES  
DE TELECOMUNICACIONES  
DE TELEFONÍA MÓVIL EN  
EL MUNICIPIO SAN DIEGO**

**Autores:**

Bou Mansour B. Charbel E.

C.I: 26.337.288

Figueredo L. Jesús A.

C.I: 27.657.861

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ALTERNATIVO PARA TORRES DE  
TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL MUNICIPIO  
SAN DIEGO**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
**INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES**

**Autores:**

Bou Mansour B. Charbel E.

C.I: 26.337.288

Figueredo L. Jesús A.

C.I: 27.657.861

**Tutor:** José R. Centeno

San Diego, Marzo de 2020



FI-L.-001-2019-3CR (TG)

Valencia, 09 de diciembre de 2019

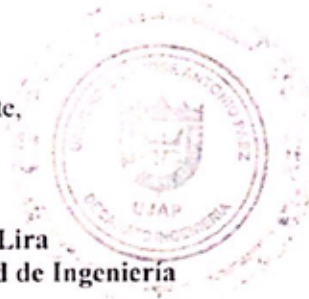
Ciudadanos:  
Bou Mansour, Charbel E.  
26.337.288  
Figueredo L., Jesús A.  
27.657.861  
Presente-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 05-2019 de fecha 11-09-2019 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ALTERNATIVO PARA TORRES DE TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO** presentado por usted (es) como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. José Centeno C.I: 10.738.814 como Tutor Académico que los asesorara en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Luis Lira  
Decano de la Facultad de Ingeniería



c.e. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

L/a.a.

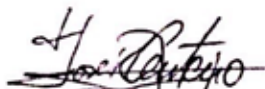


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Jose Rafael Centeno Herreriquez titular de la cedula de identidad N° 10.738.814, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el(los) ciudadano(s) Charbel Eduardo Bou Mansour Barrios y Jesús Alejandro Figueredo López, portador(es) de la cedula de identidad N° 26.337.288 y N° 27.657.861, titulado **“SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ALTERNATIVO PARA TORRES DE TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL MUNICIPIO SAN DIEGO”**, presentado como requisito parcial para optar al titulo de Ingeniero de Telecomunicaciones, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego a los 26 días del mes de Febrero del año dos mil veinte.



Ing. Jose Centeno

C.I: 10.738.814

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de grado está dedicado a mi familia por su apoyo y comprensión en lo largo de toda carrera académica, en especial a mi padre William Bou Mansour por su ayuda y por representar un buen ejemplo a seguir, a mi madre Yelitza Barrios de Bou Mansour por sus consejos para que todo esto se hiciera realidad, a mi hermano Guillermo Bou Mansour el cual siempre ha estado para mí.

A mi amigo Lcdo. Sergio Mantovani por ser una excelente persona y por darme las mejores bases académicas para poder estudiar y aprobar con grandes méritos todas mis evaluaciones, en fin, gracias por dotarme de todos los conocimientos.

A todos mis amigos que estuvieron conmigo compartiendo todas las experiencias vividas en todo el tiempo que estuvimos en la Universidad, gracias a todos y cada uno de ellos por estar en este camino todo el tiempo en las buenas y en las malas.

Charbel E. Bou Mansour B.

## **DEDICATORIA**

A mi padre Matías Figueredo y a mi madre Gledys López por ser ambos ejemplos a seguir a lo largo de mi vida y que me han inspirado en mis estudios y apoyado a lo largo de mi carrera universitaria, por siempre estar a mi lado guiándome cuando los necesitaba.

A mis hermanos mayores Francisco Figueredo y Matías Emilio Figueredo, que desde que yo era pequeño han cuidado de mí.

A toda mi familia que siempre han estado ahí, mostrándome un camino de éxito y ayudándome cada uno a su manera para que yo, como ellos antes de mí, pueda travesar ese camino y llegar a un lugar mucho mejor.

A mis amigos que me han acompañado durante este tiempo en la universidad, algunos que ya han avanzado más lejos y otros que vendrán después de que sea mi turno de dar ese paso, todas las experiencias que compartimos, los problemas que combatimos juntos, y los éxitos que recabamos, todo esto siempre será una gran memoria para mí.

Jesús A. Figueredo L.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la empresa Telefónica Venezolana C.A., junto con los ingenieros Jorge Tejada, Gerónimo Del Valle, Long Mock, Rino De Giusti, Nestor Arcano, Rainier Blanco y Alex Tejada por el apoyo brindado en el acceso a las instalaciones y la realización de las mediciones necesarias, incluyendo su orientación durante el desarrollo de este trabajo de grado.

Al ingeniero José Centeno por su labor de tutoría y guía proporcionada en este proyecto.

Al ingeniero Jesús Rodríguez por su constante apoyo e instrucción.

A la Universidad José Antonio Páez por proporcionar una gran facilidad para el acceso de la información necesaria utilizada para la realización del trabajo de grado.

## ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO		Pg
ÍNDICE DE FIGURAS.....		xii
ÍNDICE DE TABLAS.....		xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....		xv
RESUMEN.....		xvi
INTRODUCCIÓN.....		1
<b>CAPÍTULO</b>		
<b>I EL PROBLEMA</b>		
1.1 Planteamiento del Problema.....		2
1.2 Formulación.....		4
1.3 Objetivos.....		4
1.3.1 Objetivo General.....		4
1.3.2 Objetivos Específicos.....		4
1.4 Justificación del Problema.....		4
1.5 Alcance.....		5
1.6 Limitaciones.....		5
<b>II MARCO TEÓRICO</b>		
2.1 Antecedentes.....		6
2.2 Bases Teóricas.....		9
2.2.1 Antenas.....		9
2.2.2 Torres de Telecomunicaciones.....		10
2.2.3 Tipos de Torres de Telecomunicaciones.....		11
2.2.3.1 Torres Autosoportadas.....		11

2.2.3.2	Torres Arriostradas o Atirantadas.....	11
2.2.3.3	Torres Tipo Monopolo.....	12
2.2.4	Alimentación Primaria AC.....	12
2.2.5	Energía Mareomotriz.....	13
2.2.6	Energía Eólica.....	15
2.2.7	Biomasa.....	17
2.2.8	Efecto Fotoeléctrico.....	18
2.2.9	Paneles Fotovoltaicos.....	20
2.2.10	Tipos de Células Fotovoltaicas.....	20
2.2.10.1	Células de Silicio.....	21
2.2.10.2	Células de Lámina Delgada.....	22
2.2.10.3	Células de Banda Intermedia.....	22
2.2.10.4	Células Tándem.....	23
2.2.10.5	Módulo Fotovoltaico.....	23
2.2.11	Baterías.....	24
2.2.12	Clasificación de las Celdas y las Baterías.....	25
2.2.13	Grupo Electrónico.....	27
2.2.13.1	Partes que componen un Grupo Electrónico..	26
2.2.13.2	Tipos de Grupos Electrónicos.....	26
2.2.14	Cuadro de Fuerza.....	28
2.2.15	Raspberry.....	31
2.3	Definición de Términos Básicos.....	32

### **III MARCO METODOLÓGICO**

3.1	Tipo de Investigación.....	36
3.2	Diseño de la Investigación.....	36
3.3	Nivel de la Investigación.....	37
3.4	Población y Muestra.....	37

3.4.1	Población.....	37
3.4.2	Muestra.....	38
3.5	Técnica e Instrumentos de recolección de datos.....	38
3.5.1	Técnicas de Recolección de Datos.....	38
3.5.2	Instrumentos de Recolección de Datos.....	39
3.6	Fases de la Investigación.....	39

#### **IV RESULTADOS**

4.1	FASE I: Diagnostico de las fuentes de alimentación presentes en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.....	42
4.2	FASE II: Identificación de las fallas y puntos críticos del sistema de alimentación actual presente en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.....	47
4.3	FASE III: Determinar las variables de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego	52
4.4	FASE IV: Análisis de las alternativas para los Sistemas de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.....	55
4.5	FASE V: Diseño del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.....	60
4.6	FASE VI: Realización de un Estudio de Factibilidad técnico, operativo, económico, ambiental y social para la implementación del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego	66

<b>CONCLUSIONES</b> .....	70
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	72
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Pg</b>
1 Arreglo de Antenas.....	10
2 Torre de Telecomunicaciones.....	11
3 Tipos de Torres de Telecomunicaciones.....	12
4 Diagrama Red de Alimentación Eléctrica.....	13
5 Generador Mareomotriz de Corriente de Marea.....	14
6 Generador Mareomotriz de Presa de Marea.....	15
7 Aerogeneradores.....	16
8 Biomasa.....	18
9 Efecto Fotoeléctrico.....	19
10 Panel Fotovoltaico.....	20
11 Tipos de Células de Silicio.....	22
12 Banco de Baterías.....	25
13 Grupo Electrónico (Motogenerador) .....	28
14 Cuadro de Fuerza.....	29
15 Rectificador NPR48.....	29
16 Circuito Controlador.....	30
17 Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS).....	31
18 Interior del Cuadro de Fuerza presente en la Instalación.....	42
19 BTS NOKIA 1900 MHZ.....	43
20 Racks 3 y 4 del Cuarto de Comunicaciones, estación Variante Norte..	44
21 Interconexión Sistema de Alarmas.....	45
22 FLUKE 345 PQ CLAMP METER.....	46
23 Breaker Principal AC.....	47

<b>24</b>	Gestor Banco de Baterías HUAWEI.....	48
<b>25</b>	Rectificadores HUAWEI R4850G 50A.....	49
<b>26</b>	Diagrama Físico de Puesta a Tierra BTS.....	49
<b>27</b>	Motogenerador Detroit Diesel.....	50
<b>28</b>	Tablero Principal AC y DC.....	50
<b>29</b>	Gráfico Pérdida de Control de Equipos.....	51
<b>30</b>	Gráfico de Consumo AC-DC 24 Horas.....	54
<b>31</b>	Gráfico Consumo de Corriente DC 24 Horas.....	55
<b>32</b>	Ubicación de la Estación Variante Norte.....	56
<b>33</b>	Funcionamiento Básico de un Panel Fotovoltaico.....	58
<b>34</b>	Irradiancia Horizontal Global en Venezuela.....	59
<b>35</b>	Diseño de Célula Fotovoltaica.....	62
<b>36</b>	Distribución Física BTS “Variante Norte” .....	63
<b>37</b>	Arreglo de Paneles en Proporción 3 x 5.....	64
<b>38</b>	Ventana Principal de la Interfaz Gráfica de la RASPBERRY PI.....	66

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLAS</b>	<b>Pg</b>
<b>1</b> Consumo Promedio Eléctrico del Sistema de Comunicación Estudiado.....	53
<b>2</b> Tabla Climática / Datos Históricos Del Tiempo Valencia.....	57
<b>3</b> Especificaciones Paneles Fotovoltaicos DAH Solar.....	61
<b>4</b> Estructura de Costos de Componentes.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXOS</b>	<b>Pg</b>
<b>A</b> Plano físico de la torre de telecomunicaciones “Variante Norte”.....	74
<b>B</b> Esquema eléctrico unifilar del sistema de alimentación de la torre de telecomunicaciones “Variante Norte” .....	75
<b>C</b> Esquema eléctrico de conexiones del sistema de alimentación alternativo.....	76
<b>D</b> Diseño físico de la estación el sistema de alimentación alternativo....	77
<b>E</b> Plano físico de los paneles solares en arreglo 3X5.....	78
<b>F</b> Diagrama de bloques de la interfaz gráfica del gestor sistema de alarmas.....	79
<b>G</b> Código del gestor de alarmas diseñado en Python.....	80
<b>H</b> Ventana Principal de la Interfaz Gráfica de la RASPBERRY PI.....	83
<b>I</b> Especificaciones RASPBERRY PI.....	84
<b>J</b> Hoja de especificaciones RASPBERRY PI de puertos.....	85



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES**

**SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ALTERNATIVO PARA TORRES DE  
TELECOMUNICACIONES DE TELEFONÍA MÓVIL EN EL MUNICIPIO  
SAN DIEGO**

**Autores:** Charbel Eduardo Bou Mansour Barrios  
Jesús Alejandro Figueredo López

**Tutor:** Ing. José Rafael Centeno

**Fecha:** Marzo 2020

**RESUMEN**

Las telecomunicaciones tienen una gran importancia, la cual no puede medirse en una única escala, el área de la telefonía móvil ha causado prácticamente que la capacidad de comunicación instantánea con cualquier otra persona sin importar la distancia que los separe se vuelva una norma, por lo que garantizar este servicio de manera constante es indispensable. Considerando las interrupciones de energía eléctrica que afectan a Venezuela actualmente, las cuales generan fallas o evitan el correcto funcionamiento de los equipos de transmisión necesarios para proporcionar el servicio telefonía móvil, surge la necesidad de buscar alternativas para generar la energía que requieren estos equipos. Esta investigación tuvo como objetivo la propuesta de un diseño de un Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego. La investigación se enmarcó dentro de un proyecto factible, sustentado en un diseño documental y de campo, contando con un nivel descriptivo. La información fue recopilada a través de la observación y realización de mediciones de las variables pertinentes, contando además con entrevistas que fueron realizadas a expertos de años de experiencia en el área del servicio de telefonía móvil. Finalmente se logró un diseño de un sistema alternativo de alimentación que tiene como objetivo evitar las interrupciones del servicio de comunicaciones debido a un fallo en el suministro eléctrico, por otra parte, al crear un gestor independiente y con una interfaz gráfica más amigable con el usuario la detección de fallas fue más eficiente para así poder proveer un mejor servicio.

**Descriptor:** Torres de Telecomunicaciones, telefonía móvil, energía, servicio.

## INTRODUCCIÓN

Las telecomunicaciones son importantes en múltiples facetas, con factores económicos, sociales e inclusive culturales de por medio. Es que son esas telecomunicaciones las que posibilitan el surgimiento de conceptos como la globalización, la sociedad de la información y del conocimiento, entre otros, por lo tanto, tomando todos estos elementos que son considerados de tal importancia en la actualidad es importante garantizar la continuidad y calidad de estos servicios.

En la actualidad en Venezuela se han presentado una serie de interrupciones eléctricas que han afectado la disponibilidad del servicio de telefonía móvil, incomunicando a una gran cantidad de personas, es por esto que la presente investigación tiene como finalidad proponer un Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.

El trabajo está estructurado en cuatro capítulos, el Capítulo I, titulado El Problema, en el cual se describe planteamiento, formulación, objetivos, justificación y alcance incluyendo algunas limitantes, siguiendo con el Capítulo II, titulado Marco Teórico, donde están los antecedentes, bases teóricas y definición de términos, avanzando al Capítulo III, titulado Marco Metodológico, donde se expresan el tipo, diseño y nivel de la investigación, población y muestra escogidos, técnicas e instrumentos de recolección de datos y las fases metodológicas, por último el Capítulo IV, titulado Resultados, donde estos son expresados de acuerdo a su fase respectiva junto con los datos relevantes obtenidos, incluyendo su análisis y el desarrollo del diseño para la propuesta, seguido posteriormente de las conclusiones alcanzadas en este proyecto y las recomendaciones para desarrollos similares futuros.

# **CAPÍTULO I**

## **EL PROBLEMA**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

Las telecomunicaciones son toda clase de transmisión y recepción de señales, que en la mayoría de los casos son electromagnéticas, las cuales contienen imágenes, sonidos, signos y en general cualquier tipo de información que se emplea para la comunicación a una cierta distancia. Para el contexto actual la importancia de las telecomunicaciones alcanza niveles nunca antes vistos, ya que incluso se concibe como una infraestructura básica para el contexto de la sociedad. Tan sólo hay que pensar en lo clave que resulta poder comunicar casi cualquier orden política o militar en instantáneo y a distancia.

En ese orden de ideas, para la Edad Contemporánea las telecomunicaciones son importantes en múltiples facetas con factores económicos y sociales de gran relevancia. Vale la pena pensar en que son esas telecomunicaciones las que posibilitan el surgimiento de conceptos como la globalización, la sociedad de la información y del conocimiento, entre otros. Por otro lado, los medios de comunicación de masas se apoyan en las telecomunicaciones para así compartir el público, y para dar un ejemplo claro de su importancia, sólo es necesario pensar en el internet como el máximo exponente actual de estas características.

Como parte de la telecomunicación hay que incluir tecnologías como: la telefonía móvil, televisión, radio, comunicaciones de datos, redes informáticas o internet. En definitiva, un asunto clave para el hombre moderno, por lo que se puede decir que a lo largo del último siglo las telecomunicaciones han experimentado un gran desarrollo y avance en todo el mundo, permitiendo la comunicación e interconexión de innumerables usuarios actualmente a través de la tecnología de la telefonía y más recientemente, en las últimas décadas, la telefonía móvil.

Uno de los elementos actuales del sistema de telecomunicaciones móvil que garantiza la disponibilidad de este servicio son las torres de telecomunicaciones en las cuales existen diversos elementos que estas estructuras deben soportar, como antenas de transmisión y equipos para telecomunicaciones, entre otros. Cuando se construyen estas torres, se instalan antenas en su parte superior, y en la parte inferior se instalan los equipos adicionales para su funcionamiento. De esta manera, al instalar todos los equipos y operar correctamente se está llegando a la utilización de la estructura para lo que fue construida. Hay veces que en una misma estructura se encuentran más de un equipo, ya que la empresa que haya construido la torre, puede rentar a otra empresa para que también instale sus equipos.

Es en estas torres donde son ubicadas las antenas que proporcionan la cobertura del servicio de telefonía móvil en una zona determinada, donde se encuentren estas ubicadas, para lo cual estas mismas requieren de un suministro constante y confiable de energía eléctrica para su correcto y continuo funcionamiento, el cual se ha vuelto indispensable en la era moderna, ya que la capacidad de comunicarse de manera prácticamente instantánea con cualquier persona que posee un dispositivo móvil en cualquier parte del mundo que actualmente se ha vuelto una parte de la vida cotidiana de cada persona, y una necesidad para una gran cantidad de servicios que pueden ser desde pedidos de comida a domicilio hasta servicios de emergencia, como lo son los bomberos, la policía, o ambulancias.

Tomando en consideración todo lo expuesto con anterioridad se ha generado la necesidad del desarrollo de nuevos métodos y controles para garantizar que en caso de fallas o cortes de energía el servicio se vea ininterrumpido. En el mundo se han presentado interrupciones y fallas de este servicio por diversos motivos y causas. En la actualidad en Venezuela el suministro eléctrico ha presentado una serie de fallas e irregularidades de gran envergadura, causando, subsecuentemente, interrupciones de los servicios de la telefonía móvil, al perder las torres de telecomunicaciones su alimentación.

## **1.2 Formulación del Problema**

¿Cómo disminuir el impacto de las fallas sobre los dispositivos de las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil debido a las interrupciones de energía eléctrica?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Proponer el diseño de un Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Diagnosticar las fuentes de alimentación presentes en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.
- Identificar las fallas y puntos críticos del sistema de alimentación actual presente en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.
- Determinar las variables de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.
- Analizar las alternativas para los Sistemas de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego
- Diseñar el Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.
- Realizar un Estudio de Factibilidad técnico, operativo, económico, ambiental y social para la implementación del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego.

## **1.4 Justificación del Problema**

En tiempos recientes las interrupciones de energía eléctrica han generado una gran cantidad de inconvenientes en el sector de las telecomunicaciones, por lo que, el diseño de un Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones busca principalmente prevenir que las fallas del sistema eléctrico afecten a los sistemas

de telecomunicaciones ubicados en estas estructuras, además de garantizar un servicio continuo y de calidad para los usuarios de los servicios de transmisión de información basados en las mismas, como puede ser desde telefonía móvil hasta enlaces empresariales y de seguridad, cuya caída o interrupción debido a estas interrupciones de energía puede generar desde inconveniencias menores hasta pérdidas económicas e incluso pudiera llevar a la pérdida de vidas, lo que pudiera prevenirse con la comunicación apropiada e inmediata con los servicios de emergencia respectivos, por lo que garantizar el servicio de telecomunicación se vuelve un asunto indispensable.

### **1.5 Alcance**

Tomando en cuenta el objetivo general de esta investigación “Proponer el diseño de un Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”, por lo que se abarcó la elaboración de un diseño de un sistema de alimentación alternativo de energía para las torres de telecomunicaciones y los equipos instalados en estas mismas, presentando los cálculos pertinentes de consumo y generación necesarios, además de los estudios relacionados de factibilidad.

### **1.6 Limitaciones**

- Acceso a las instalaciones de la torre de telecomunicaciones.
- Acceso a la información.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes

González, R. (2013) en su trabajo de grado titulado **“Estudio de un sistema de energía solar fotovoltaica aislado para alimentación de estaciones de comunicaciones aisladas”**, realizado en la Universidad Carlos III de Madrid, España, para optar al título de Ingeniero Eléctrico, este proyecto se realizó debido a la falta de señal de telefonía móvil en el pueblo y alrededores. La zona más cercana al pueblo donde se pudo recibir cobertura de telefonía móvil se encuentra a tres kilómetros del pueblo por una pista forestal.

En el momento de desarrollo de este proyecto, en el pueblo solo había un único teléfono, ubicado en la cantina del pueblo. Esto causaba que las llamadas realizadas o recibidas estuvieran vinculadas al horario propio de la cantina. Por tanto, si se produjera una emergencia fuera del horario de apertura de esta cantina, el tiempo empleado para llamar a los servicios de emergencia sería demasiado largo en casos graves y pudiera producirse alguna desgracia.

El objetivo de este trabajo se basó en la realización del dimensionado de una instalación solar fotovoltaica aislada para alimentar un repetidor de telefonía móvil en las cercanías de Peñalba de Santiago para dotar de cobertura telefónica el pueblo y sus alrededores. El conjunto de la instalación está compuesto por una estación base de comunicaciones, una antena, y la instalación fotovoltaica necesaria. Al ser el objetivo del trabajo el dimensionado de la instalación solar fotovoltaica, tanto la elección de la estación base de comunicaciones, como de la antena, puede que no sean las más adecuadas. De estos dos elementos, los datos importantes y representativos para este trabajo son sus consumos energéticos.

Esta investigación aporta información de interés sobre el funcionamiento de los paneles fotovoltaicos configurado como un tipo de alimentación AC, la cual hace totalmente independiente la torre de cualquier otro suministro de energía eléctrica.

Así mismo, Alvarado, G. y García, A. (2012) en su trabajo de grado titulado **“Estudio de sistemas de respaldo de energía eléctrica para cuarto de telecomunicaciones en la finca limoncito”**, realizado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, contempló el estudio de los diferentes sistemas de respaldo de energía eléctrica para su aplicación a los equipos de la caseta de telecomunicaciones de la finca Limoncito, como complemento a la reubicación de la torre y la construcción de una nueva caseta de equipos de telecomunicaciones, es fundamental conocer los diferentes tipos de sistemas de alimentación ininterrumpida, conocidos como SAI's o simplemente UPS, seguido de un estudio completo acerca de los SAI's y sus diferentes tipos, modo de funcionamiento, infraestructuras de telecomunicaciones, sistemas de alimentación tanto en DC como en AC, y diversos tipos de torres que se utilizan en enlaces de voz y video.

También se hace la propuesta de un SAI para la caseta de equipos actuales y para la caseta futurista y todos los equipos que se instalaran en su interior así como se describe el diseño de una conexión a internet desde la caseta de equipos con el aula de clases, esta como está alejada a más de 130 metros, se analizó de mejor forma que debía realizarse un enlace inalámbrico con equipos los equipos de radio nanostation que también se describen y que operan en la banda de 5Ghz. El trabajo anterior aportó puntos importantes del funcionamiento de un cuarto de telecomunicaciones y como se puede implementar un sistema de respaldo de energía adecuado.

En este mismo orden de ideas, Montemayor, C. (2010) en su trabajo de grado titulado **“Instalación fotovoltaica aislada para torres de comunicaciones”**, realizado en la Universidad Politécnica de Catalunya, España, para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, llevó a cabo el desarrollo de una instalación

fotovoltaica aislada para un conjunto de torres de comunicaciones en la India, combinándolo con su actual generador diesel, con la colaboración de la empresa encargada del proyecto real, SunEnergy Europe S.L., empresa de ingeniería de origen alemán especializada en el desarrollo de proyectos fotovoltaicos. El proyecto tuvo como objeto estudiar la implantación de un sistema híbrido de generador diesel y generador fotovoltaico aislado para unas torres de comunicaciones en India con el fin de sustituir el actual sistema de únicamente generador diesel. Con esto se buscó conseguir una reducción de costes operacionales y de mantenimiento para la instalación, que ayude, si es posible, a la decisión de implantar el sistema fotovoltaico por completo en un futuro.

Para realizar el proyecto, los autores colaboraron con la empresa SunEnergy Europe S.L., dedicada a la Ingeniería Fotovoltaica. La elección del tema se debe al interés por las energías renovables, tanto del punto de vista electrónico/eléctrico como desde el punto de vista medioambiental. En este proyecto se espera aprender más sobre un mercado aun en crecimiento como son las energías renovables y poder estudiar un caso real de fotovoltaica.

Como meta final, el proyecto tuvo como objeto estudiar la implantación de un sistema híbrido de generador diesel y generador fotovoltaico aislado para unas torres de comunicaciones en India con el fin de sustituir el actual sistema de únicamente generador diesel. Con esto se busca conseguir una reducción de costes operacionales y de mantenimiento para la instalación, que ayude, si es posible, a la decisión de implantar el sistema fotovoltaico por completo en un futuro. La investigación aporó valores reales de instalación de un sistema de respaldo para las torres de telecomunicaciones.

Por último, López, M. y Rosania, R. (2008) en su trabajo de grado titulado **“Optimización del sistema de monitoreo de alarmas de las radios bases de la red celular de Movistar”**, Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela, para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones, su investigación fue ejecutada atendiendo a la problemática existente de la empresa de telecomunicaciones Movistar, referida a

las afectaciones ocurridas como consecuencia de las fallas detectadas en el sistema actual de monitoreo de alarmas, se planteó este trabajo especial de grado para ofrecer algunas medidas que proporcionen una mayor consistencia y certeza en el manejo y el control de los eventos ocurridos en las estaciones de radio bases. El trabajo se enmarco en el concepto de proyecto factible, aplicando una investigación mixta que compone un estudio tan documental como de campo.

El trabajo contempla la descripción de la situación actual del sistema de monitoreo de alarmas y la recomendación realizada, en base a una evaluación detallada, para la implementación de un nuevo mecanismo de gestión y notificación de datos. Entre los resultados alcanzados con el desarrollo de este trabajo especial de grado se destacan la definición de fallas y las debilidades del sistema actual de monitoreo de alarmas, la proyección del dispositivo de telemetría para la adquisición de alarmas en las estaciones de radio bases, la evaluación de proveedores encontrados en el mercado tanto nacional como internacional y las pruebas realizadas para medir la capacidad de respuesta del equipo evaluado.

El presente proyecto apporto el funcionamiento del sistema de alarma de las torres como falla de AC, Motogenerador encendido, Combustible, etc, y que otros equipos se pueden anexar aparte de los que ya están instalado.

## **2.2 Bases Teóricas**

### **2.2.1 Antenas**

Son un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Convierte la onda guiada por la línea de transmisión (el cable o guía de onda) en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre, una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas y una receptora realiza la función inversa. (ver figura 1).

Las señales de radiofrecuencia se propagan por el aire en forma de ondas electromagnéticas. Esto quiere decir que las moléculas de aire son capaces de reaccionar ante las variaciones de campos eléctricos y magnéticos provocados por el

sistema radiante. Estos dos planos se producen en planos perpendiculares y, a su vez, la perpendicular común a los dos planos definirá la dirección en la que se propagará la onda radiada.



**Figura 1:** Arreglo de Antenas  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

### **2.2.2 Torres de Telecomunicaciones**

Las torres de telecomunicaciones están diseñadas para soportar antenas de transmisión de señales electromagnéticas en las bandas de frecuencia de Radio Frecuencia (RF) que contienen dentro de ellas los sistemas de AM, FM, telefonía móvil y enlaces de microondas. (ver figura 2).

Estas estructuras pueden variar según las necesidades y las condiciones del sitio en donde se vaya a colocar. Así, existen desde Torres Arriostradas (torres con tirantes), Torres Auto soportadas, monopolos, mástiles, entre otras, las cuales suelen estar compuestas 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 los requerimientos para poder suministrar un correcto funcionamiento. También la geometría de una estructura, como una torre auto soportada, por ejemplo, puede variar según el fabricante de la torre. (ver figura 3).



**Figura 2:** Torre de Telecomunicaciones  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

## **2.2.3 Tipos de Torres de Telecomunicaciones**

### **2.2.3.1 Torres Autosoportadas**

Estas torres se construyen sobre terrenos, en áreas urbanas o cerros, y deberán de contar con una cimentación adecuada para poder resistir las fuerzas a las que están sometidas. La geometría de estas torres depende de la altura, la ubicación y del fabricante de la torre.

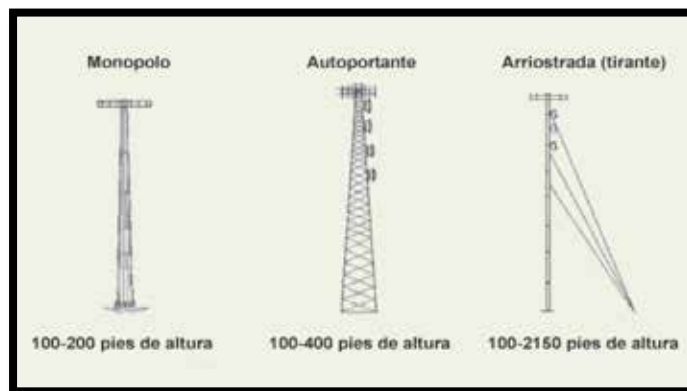
### **2.2.3.2 Torres Arriostradas o Atirantadas**

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 deben de colocar el apoyo de las torres y sus arriostres sobre columnas y elementos resistentes, porque la descarga de la torre no podría colocarse sobre una losa o algún otro elemento inadecuado, porque este podría fallar. La base de la torre transmitirá un esfuerzo de

compresión en donde este apoyada, y los arriostres generalmente transmitirán esfuerzos de tensión.

### 2.2.3.3 Torres Tipo Monopolo

Estas estructuras son instaladas en lugares en donde se requiere conservar la Estética, pues son las que ocupan menos espacio, y se pintan de algún color o se adornan para que se permita que la estructura se camufle y se simule la vegetación. Como estas estructuras están sobre terrenos, se deberá de construir una cimentación adecuada para resistir los efectos de la misma.



**Figura 3:** Tipos de Torres de Telecomunicaciones

**Fuente:** Instalación y Puesta en Funcionamiento de una Torre de Telecomunicaciones, pág. 19 (2018)

### 2.2.4 Alimentación Primaria AC

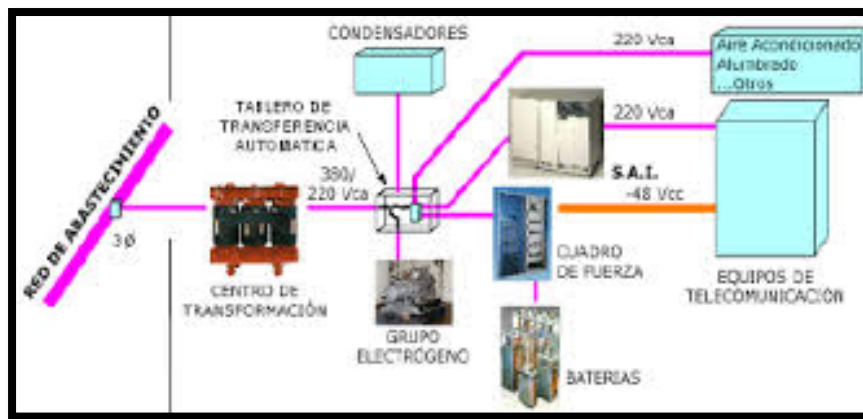
Es la primera elección para suplir los requerimientos de energía de los equipos de telecomunicaciones y demás dispositivos instalados. Para asegurar la calidad de la alimentación primaria AC se debe disponer de una línea dedicada y exclusiva desde la empresa comercializadora de electricidad al cuarto de comunicaciones que sea totalmente independiente al sistema de climatización y otros que requieran mayor potencia, cuyos consumos se calculan aparte, y una toma de tierra exclusiva y aislada de muy buena calidad.

Las razones de una línea directa y exclusiva son:

- Asegurar la potencia suficiente.

- Evitar la interferencia de máquinas que producen transitorios.
- Evitar que las protecciones generales corten la alimentación del sistema.

Los dispositivos de alimentación primaria AC dependen de la potencia total consumida por la carga que va a alimentar, ya que cada dispositivo tiene un consumo independiente de energía y que esta expresado en voltios. (ver figura 4).



**Figura 4:** Diagrama Red de Alimentación Eléctrica

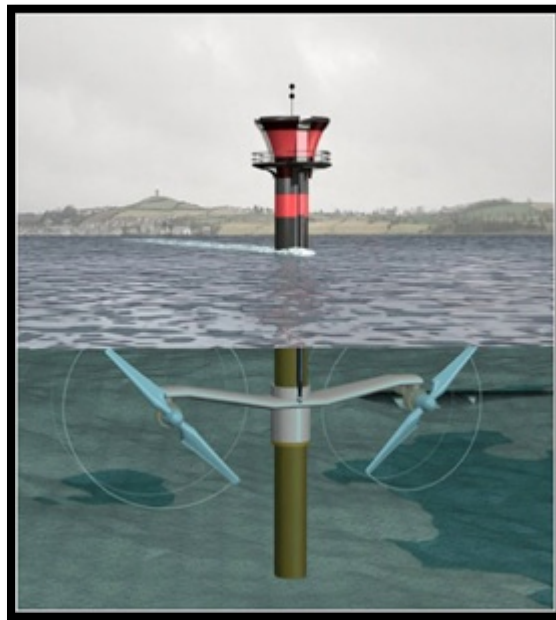
Fuente: Alvarado, García, pág. 16 (2012)

### 2.2.5 Energía Mareomotriz

La energía mareomotriz se produce gracias al movimiento generado por las mareas, esta energía es aprovechada por turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica, finalmente este último está conectado con una central en tierra que distribuye la energía hacia la comunidad y las industrias. Al no consumir elementos fósiles ni tampoco producir gases que ayudan al efecto invernadero se le considera una energía limpia y renovable. Dentro de sus ventajas el ser predecible y tener un suministro seguro con potencial que no varía de forma trascendental anualmente, solo se limita a los ciclos de marea y corrientes. La instalación de este tipo de energía se realiza en ríos profundos, desembocaduras (estuarios) de río hacia el océano y debajo de este último aprovechando las corrientes marinas. Participante de este efecto son el sol, la luna y la tierra. Siendo la más importante en esta acción la luna, por su cercanía.

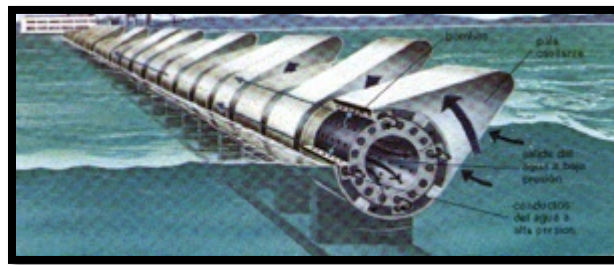
La luna y la Tierra ejercen una fuerza que atrae a los cuerpos hacia ellas: esta fuerza de gravedad hace que la Luna y la Tierra se atraigan mutuamente y permanezcan unidas. Como la fuerza de gravedad es mayor cuanto más cerca se encuentren las masas, la fuerza de atracción que ejerce la Luna sobre la Tierra es más fuerte en las zonas más cercanas que en las que están más lejos, esta desigual atracción que produce la Luna sobre la Tierra es la que provoca las Mareas en el mar, como la Tierra es sólida, la atracción de la Luna afecta más a las aguas que a los continentes, y por ello son las aguas las que sufren variaciones notorias de acuerdo a la cercanía de la Luna. Existen tres métodos de generación:

- **Generador de Corriente de Marea:** Los generadores de corriente de marea hacen uso de la energía cinética del agua en movimiento a las turbinas de la energía, de manera similar al viento (aire en movimiento) que utilizan las turbinas eólicas. Este método está ganando popularidad debido a costos más bajos y a un menor impacto ecológico en comparación con las presas de marea. (ver figura 5).



**Figura 5:** Generador Mareomotriz de Corriente de Marea  
Fuente: <http://eco.microsiervos.com/images/turbina-marina.jpg>

- **Presa de Marea:** Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura (o pérdida de carga) entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente los diques en todo el ancho de un estuario, y sufren los altos costes de la infraestructura civil, la escasez mundial de sitios viables y las cuestiones ambientales. (ver figura 6).



**Figura 6:** Generador Mareomotriz de Presa de Marea

**Fuente:** <http://www.audiolibrogratis.com/2011/08/podcast-la-energia-de-las-mareas.html>

- **Energía Mareomotriz Dinámica:** La energía mareomotriz dinámica es una tecnología de generación teórica que explota la interacción entre las energías cinética y potencial en las corrientes de marea. Se propone que las presas muy largas (por ejemplo: 30 a 50 km de longitud) se construyan desde las costas hacia afuera en el mar o el océano, sin encerrar un área. Se introducen por la presa diferencias de fase de mareas, lo que lleva a un diferencial de nivel de agua importante (por lo menos 2.3 metros) en aguas marinas ribereñas poco profundas con corrientes de mareas que oscilan paralelas a la costa, como las que encontramos en el Reino Unido, China y Corea. Cada represa genera energía en una escala de 6 a 17 GW.

### 2.2.6 Energía Eólica

La energía eólica es la energía obtenida del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es transformada en otras formas útiles para las actividades humanas.

El término eólico viene del latín Aeolicus, perteneciente o relativo a Eolo, dios de los vientos en la mitología griega. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir energía eléctrica mediante aerogeneradores, como se ven en la Figura 7. A finales de 2007, la capacidad mundial de los generadores eólicos fue de 94.1 gigavatios, mientras la eólica genera alrededor del 1% del consumo de electricidad mundial. El mayor productor de energía eólica del mundo es Estados Unidos, seguido de Alemania, China, India y España. En América Latina el mayor productor es Brasil. En España, la energía eólica abasteció de electricidad al equivalente a 12 millones de hogares, esto es un 18% de las necesidades del país.

La energía eólica es un recurso abundante, renovable, limpio y ayuda a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero al reemplazar termoeléctricas a base de combustibles fósiles, lo que la convierte en un tipo de energía verde. Sin embargo, el principal inconveniente es su intermitencia. La energía eólica se obtiene al convertir el movimiento de las palas de un aerogenerador en energía eléctrica. Un aerogenerador, como se muestra en la Figura 7, es un generador eléctrico movido por una turbina accionada por el viento, sus predecesores son los molinos de viento.



**Figura 7:** Aerogeneradores

**Fuente:** <https://como-funciona.co/un-aerogenerador/>

Un aerogenerador lo conforman la torre; un sistema de orientación ubicado al final de la torre, en su extremo superior; un armario de acoplamiento a la red eléctrica pegado a la base de la torre; una góndola que es el armazón que cobija los componentes mecánicos del molino y que sirve de base a las palas; un eje y mando del rotor por delante de las palas; y dentro de la góndola, un freno, un multiplicador, el generador y el sistema de regulación eléctrica.

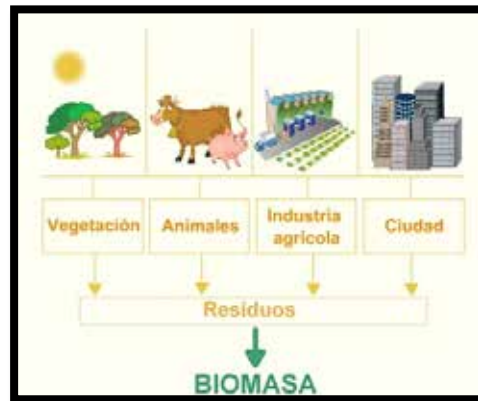
### **2.2.7 Biomasa**

La más amplia definición de BIOMASA sería considerar como tal a toda la materia orgánica de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. Clasificándolo de la siguiente forma:

- Biomasa natural, es la que se produce en la naturaleza sin la intervención humana.
- Biomasa residual, que es la que genera cualquier actividad humana, principalmente en los procesos agrícolas, ganaderos y los del propio hombre, tal como, basuras y aguas residuales.
- Biomasa producida, que es la cultivada con el propósito de obtener biomasa transformable en combustible, en vez de producir alimentos, como la caña de azúcar en Brasil, orientada a la producción de etanol para carburante.

Desde el punto de vista energético, la biomasa se puede aprovechar de dos maneras, ver Figura 8; quemándola para producir calor o transformándola en combustible para su mejor transporte y almacenamiento la naturaleza de la biomasa es muy variada, ya que depende de la propia fuente, pudiendo ser animal o vegetal, pero generalmente se puede decir que se compone de hidratos de carbono, lípidos y proteínas. Siendo la biomasa vegetal la que se compone mayoritariamente de hidratos de carbono y el animal de lípidos y proteínas. Pudiéndose obtener combustibles:

- Sólidos, Leña, astillas, carbón vegetal.
- Líquidos, biocarburantes, aceites, aldehídos, alcoholes, cetonas, ácidos.
- Gaseosos, biogás, hidrógeno.



**Figura 8: Biomasa**

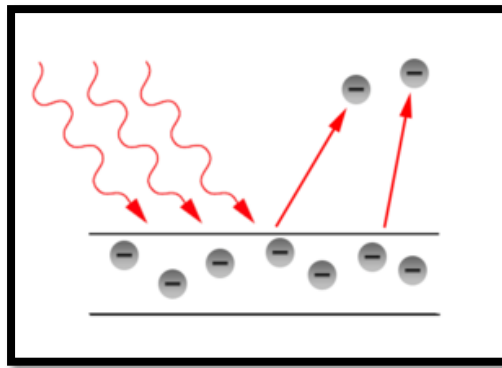
**Fuente:** [http://newton.cnice.mec.es/materiales\\_didacticos/energia/biomasa.htm](http://newton.cnice.mec.es/materiales_didacticos/energia/biomasa.htm)

### 2.2.8 Efecto Fotoeléctrico

Se define como efecto fotoeléctrico a la aparición de una corriente eléctrica en ciertos materiales cuando éstos se ven iluminados por radiación electromagnética, sin que sea necesario que aparezca o intervenga ningún efecto mecánico o físico. La fotoelectricidad fue descubierta y descrita experimentalmente por Heinrich Hertz en 1887. A pesar de ello el efecto fotoeléctrico constituyó un misterio abierto para los científicos hasta que Albert Einstein en 1905 aportó una explicación al mismo basando su formulación de la fotoelectricidad en una extensión del trabajo sobre los cuantos de Max Planck. La luz está constituida por pequeñas partículas llamadas fotones. Los fotones tienen una energía característica determinada por la frecuencia de la luz, que puede alcanzar los mil billones de hercios. Cuanto mayor es la frecuencia de la luz, mayor es la energía de los fotones que la componen, independientemente de la intensidad de la luz.

En el modelo del átomo de un material, los electrones se encuentran girando alrededor del núcleo. Un electrón puede desligarse de su átomo y pasar a otro cercano. Este suceso, en grandes cantidades, configura un flujo entre dos puntos del material llamado corriente eléctrica, como se muestra en la Figura 9. Para que este suceso ocurra, se necesita una determinada cantidad de energía que depende del material. Los

materiales conductores necesitan una energía muy pequeña, sin embargo, los materiales aislantes necesitan una alta energía. Este fenómeno se describe mediante el efecto fotoeléctrico: un fotón entrega una determinada cantidad de energía a un electrón, el cual se desliga de su átomo de origen y va a parar al flujo de corriente eléctrica. Cuando este efecto se aplica en la generación de electricidad mediante la energía lumínica, recibe el nombre de efecto fotovoltaico.



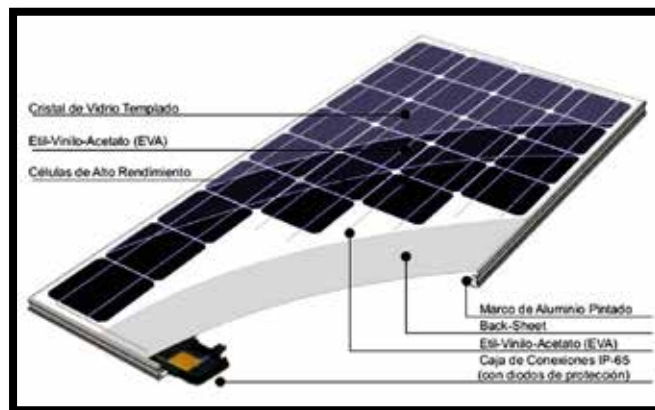
**Figura 9:** Efecto Fotoeléctrico  
Fuente: wikibooks, Efecto Fotoeléctrico (2019)

La zona de baja de energía recibe el nombre de banda de valencia y la zona de electrones con alta energía, banda de conducción, donde puede darse la corriente eléctrica. En los materiales aislantes, la separación de las bandas y, por lo tanto, la energía requerida para pasar de una banda a otra, es muy amplia. En los materiales conductores, en cambio, las dos bandas están prácticamente pegadas y la energía requerida es mínima. En los semiconductores, según el tipo de material, la energía mínima del fotón para hacer saltar los electrones de la banda de valencia a la banda de conducción será diferente. Solo energías comprendidas en una estrecha banda consiguen generar electricidad en una célula fotovoltaica, mientras que energías diferentes no son absorbidas por los electrones y no generan electricidad. Esto significa que solo una parte de la energía solar recibida por la célula es convertida en electricidad y el resto se pierda. La relación entre la energía solar recibida y la energía eléctrica generada es la eficiencia de conversión.

Finalmente, para que, con independencia de que exista un potencial eléctrico, se genere una corriente eléctrica en el material fotoeléctrico producido ante la incidencia de luz solar, es necesario que exista un circuito eléctrico por el que discurra el flujo de electrones liberados.

### 2.2.9 Paneles Fotovoltaicos

La producción de energía solar fotovoltaica consiste en el aprovechamiento de la radiación solar incidente sobre células fotoeléctricas, capaces de convertir la luz solar recibida en un potencial eléctrico. Para poder utilizar la energía solar es necesario un dispositivo que capture esta energía y la transforme en energía eléctrica. Este dispositivo es el panel o módulo fotovoltaico, como se muestra en la Figura 10, formado por células fotovoltaicas. Actualmente existen diversos tipos de paneles agrupados según la tecnología utilizada en la fabricación de sus células. Unas tienen mayor eficiencia que otras a la hora de convertir la energía solar en energía eléctrica, sin embargo, su coste de fabricación también es mayor.



**Figura 10:** Panel Fotovoltaico

Fuente: TRITEC INTERVENTO, Tipos de paneles fotovoltaicos (2019)

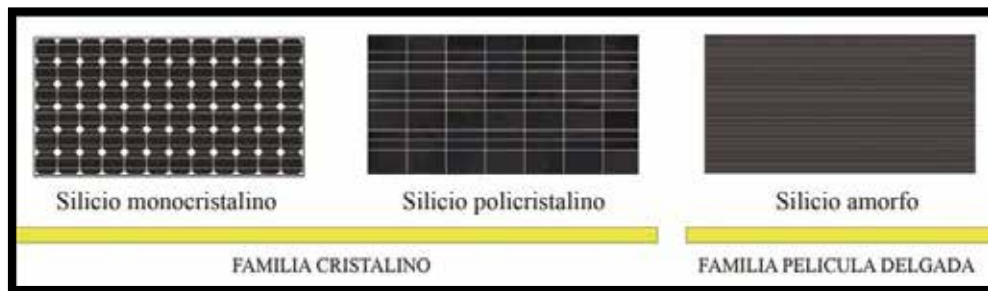
### 2.2.10 Tipos de Células Fotovoltaicas

Según el material con el que están hechas las células fotovoltaicas, cambia su eficiencia y su diseño notablemente.

### 2.2.10.1 Células de Silicio

Hoy día, el 90% de las células fotovoltaicas comerciales que se fabrican son mediante obleas de silicio cristalino. El silicio, al ser muy abundante en la naturaleza, abarata enormemente su coste. Existen tres tipos de células de silicio (ver figura 11):

- **Silicio Puro Monocristalino:** Se obtienen a partir de silicio muy puro, creando una sola pieza de cristal. Son difíciles de fabricar, de larga durabilidad y caras. Su rendimiento es relativamente alto, de un 16% los modelos comerciales. Existe un modelo fabricado mediante una tecnología llamada Saturno, que consigue obtener obleas con rendimientos de hasta el 18%.
- **Silicio Puro Policristalino:** Se construyen dejando solidificar lentamente sobre un molde la pasta de silicio, obteniendo un sólido formado por muchos pequeños cristales desordenados. Tienen una superficie granulada y un grosor mayor que las monocristalinas. Su fabricación es más fácil, por lo que resultan más económicas, pero tienen un rendimiento alrededor del 14% en los modelos comerciales. También tienen una durabilidad inferior a las anteriores, por lo que habitualmente se utilizan en zonas donde pueden resultar dañadas mediante granizo, arena o nieve.
- **Silicio Amorfo:** En este caso, el panel no tiene estructura cristalina. Es el tipo de célula con el proceso de fabricación más sencillo y barato, aunque con menos durabilidad y rendimiento (aproximadamente del 7%). Se construyen a base de evaporar sobre un cristal el material semiconductor. Se utilizan principalmente en dispositivos electrónicos como relojes o calculadoras, en paneles portátiles o en plantas fotovoltaicas en condiciones de poca irradiación directa.



**Figura 11:** Tipos de Células de Silicio  
Fuente: ENERLAB (2019)

### 2.2.10.2 Células de Lámina Delgada

Estas células tienen un espesor aproximadamente cien veces menor que las células basadas en silicio cristalino, lo que supone un ahorro de material empleado y un ensamblado más sencillo que repercute favorablemente en los costes de producción. Además, se obtiene una mejor eficiencia a escala de laboratorio. Las células de lámina delgada más utilizadas son las de telurio de cadmio (CdTe) y las de cobre, indio, galio y selenio comprimidos (CIGS). La tecnología CdTe posee eficiencias de un 11% en modelos comerciales. Sin embargo, presentan la desventaja de la utilización de cadmio, material muy tóxico para el medio ambiente. Últimamente esta tecnología ha sufrido un gran crecimiento.

La tecnología CIGS comienza a dejarse ver en los mercados. Tiene la dificultad en la fabricación de poder controlar sus parámetros de procesamiento, ya que la lámina cuenta con cuatro o cinco elementos diferentes. La eficiencia media de los módulos comerciales ronda el 12%. Las láminas obtenidas mediante CIGS son flexibles y suelen utilizarse en pequeños dispositivos como teléfonos móviles, PDAs u ordenadores portátiles.

### 2.2.10.3 Células de Banda Intermedia

Otra línea de investigación que se está llevando a cabo en la actualidad, enfocada a lograr células solares de lámina policristalina de elevada eficiencia, se centra en la obtención de nuevos materiales de banda intermedia. En el modelo de bandas de los

materiales semiconductores básicos, los fotones de energía menor a la mínima son desaprovechados. La teoría de los materiales de banda intermedia intenta resolver este problema.

Estos materiales consisten en un semiconductor básico, con una banda de valencia y una banda de conducción, al que se le añade una tercera banda, la banda intermedia, situada entre estas dos. En este caso, los fotones que inciden con suficiente energía pueden seguir provocando el salto de la banda de valencia a la banda de conducción. La diferencia es que los fotones con energía menor no son totalmente desaprovechados, sino que hacen saltar los electrones hasta la banda intermedia, para que posteriormente, otro fotón de baja energía pueda hacerlo saltar a la de conducción. De esta forma, mediante un salto de dos fases, pueden utilizarse fotones de baja energía para conseguir corriente eléctrica, obteniendo una eficiencia mayor.

#### **2.2.10.4 Células Tándem**

Este tipo de células se crean con dos o tres bandas de diferentes niveles de energía. Con esto se consigue aprovechar mejor el espectro incidente de energía. El rendimiento de las células tándem es mejor en comparación con las células comunes. La desventaja es su elevado coste debido a la creación mediante la superposición de dos o tres células. Son muy utilizadas en aplicaciones espaciales, como por ejemplo en satélites.

#### **2.2.10.5 Módulo Fotovoltaico**

La célula solar proporciona muy poca energía, y a muy baja tensión, además de ser muy frágil. Los fabricantes agrupan las células procurando que trabajen como una sola de gran tamaño, buscando los niveles de tensión y potencia adecuados para cada tipo de aplicación. También se les añade una protección a los agentes climatológicos adversos. Es lo que se le denomina panel o módulo fotovoltaico. En el panel, se asocian eléctricamente un determinado número de células solares y se protege todo el compacto sellándolo al vacío. Los módulos comerciales más usuales hoy día están compuestos de 40 a 60 células, y con tensiones que pueden variar de muy pocos volts

a más de 50V. También se pueden encontrar módulos más pequeños para integrarlos en electrónica de consumo o para aplicaciones portátiles.

### **2.2.11 Baterías**

En un sistema fotovoltaico, existen muchos factores que afectan a la energía captada, como puede ser la irradiación solar (no habrá la misma irradiación por la mañana o por la tarde, si está el cielo despejado o nublado o si es verano o invierno) o la temperatura ambiente (que modifica la potencia de pico del panel).

Estas variabilidades pueden controlarse mediante el uso de la red eléctrica, donde la energía generada en exceso puede ser vertida, y a su vez, la red puede entregar energía cuando la demanda supera la producción fotovoltaica. Sin embargo, en una instalación aislada esto no es posible. En tal caso, para suministrar energía cuando los paneles no son capaces de hacerlo, se utilizan baterías recargables. Estas baterías se recargan mediante la energía captada por los paneles en periodos de alta luminosidad para que puedan ser utilizadas cuando se necesiten. Pero para una instalación fotovoltaica aislada, no todos los tipos de baterías son útiles y hay muchas variables que afectan a su normal funcionamiento.

En primer lugar, debe diferenciarse una celda y la batería en sí: Una celda es la unidad básica electroquímica que hace la función de fuente de energía eléctrica mediante la conversión de energía química. La celda está compuesta por los electrodos, unos separadores, el electrolito, el contenedor y los terminales. Una batería consiste en la unión eléctrica de una o varias celdas electroquímicas, en serie o en paralelo, con el fin de conseguir los niveles de tensión y corriente necesarios. Las baterías también pueden incluir visualizadores, controles u otros componentes como pueden ser fusibles o diodos.

La conversión de energía química a energía eléctrica es producida por una reacción oxidación-reducción, también llamada redox. En las baterías recargables, el proceso de recarga se realiza mediante la operación inversa. Este tipo de reacción consiste en la transferencia de electrones de un material a otro mediante un circuito

eléctrico. En las celdas electroquímicas, el electrodo que ofrece electrones al circuito eléctrico es el ánodo, el cual sufre una oxidación durante el proceso químico. En el cátodo se efectúa la reducción y recibe electrones del circuito. El electrolito es el medio por el que se transfieren los iones en el interior de la celda, entre el cátodo y el ánodo. Suele tratarse de un líquido con sustancias disueltas que aportan conductividad iónica, sin embargo, existen baterías que utilizan un electrolito sólido que hacen la función de conductor iónico. (ver figura 12).

### **2.2.12 Clasificación de las Celdas y las Baterías**

Las celdas electroquímicas y las baterías se clasifican en primarias o secundarias según si son no recargables o recargables. Las baterías primarias son aquellas que no tienen la capacidad de ser recargadas eléctricamente con facilidad o eficiencia. Como ventajas, presentan una larga vida, una alta densidad de energía y poca necesidad de mantenimiento. Las baterías secundarias son las conocidas como baterías recargables. Una vez descargadas, mediante una corriente en sentido opuesto, pueden ser recargadas hasta alcanzar su condición inicial. Estas baterías poseen una alta velocidad de descarga, curvas de descarga más lineales y un buen funcionamiento a bajas temperaturas. Sin embargo, como inconveniente, tienen una densidad de energía menor a las primarias.



**Figura 12:** Banco de Baterías

**Fuente:** Revista Electro Industria, Riego de explosión en salas de baterías (2011)

Existen otros tipos de baterías, como las baterías de reserva, utilizadas principalmente en armamento militar ya que permiten liberar una cantidad de energía enorme en muy poco tiempo, o las células de combustible, que no se tratan en este proyecto. Los sistemas generadores de energía como los fotovoltaicos utilizan baterías secundarias o recargables, ya que la intención es recoger la energía sobrante para utilizarla cuando haga falta.

### **2.2.13 Grupo Electrónico**

El grupo electrónico es la máquina encargada de generar electricidad a partir de un motor de gas, gasolina o diesel, este motor es el encargado de accionar el rotor del generador para crear una corriente alterna y de ese modo producir electricidad, como este está representado en la Figura 13, además los grupos electrónicos pueden ser, dependiendo de su capacidad para generar energía y su tamaño: grupos electrónicos portátiles, grupos electrónicos remolcados o grupos electrónicos fijos para su instalación en el interior de edificios, entre otros.

#### **2.2.13.1 Partes que componen un Grupo Electrónico**

- Motor: Según la potencia útil que se quiera suministrar habrá un determinado motor que cumpla las condiciones requeridas.
- Sistema Eléctrico del Motor: de 12 Vcc o 24 Vcc
- Alternador
- Sistema de Refrigeración: Por medio de aire (consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor) agua o aceite (consta de un radiador o un ventilador interior para enfriar sus propios componentes)
- Depósito de Combustible Bancada
- Aislamiento de la Vibración
- Silenciador y Sistema de Escape
- Sistema de Control: Para controlar el funcionamiento y salida del grupo electrónico y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento
- Interruptor automático de salida.

### **2.2.13.2 Tipos de Grupos Electrógenos**

Los generadores electrógenos dependen de un combustible para su arranque y generación de electricidad entonces según su tipo de combustible, potencia y eficiencia se detallan a continuación los siguientes:

- **Grupos Electrógenos a Gasolina**

Este tipo de grupo electrógeno funciona a gasolina, son de baja potencia y del tipo portátil y su rango puede oscilar entre 5-10Kw.

- **Grupos Electrógenos a Diesel**

Los grupos electrógenos con motor diesel tienen un motor que se enciende por compresión, es un tipo de motor de combustión interna. El combustible en un motor diesel se enciende exponiéndolo repentinamente a la alta temperatura y presión de un gas comprimido que contiene oxígeno, en lugar de una fuente independiente de energía de ignición, tienen un rango de energía de 5 KW hasta 2,5 MW.

- **Grupos Electrógenos a Gas**

Estos generadores a gas tienen una alta potencia de salida sin perder las pocas emisiones de tan solo 0'7 gramos por hora y están dimensionados para todo tipo de empresas, pueden alimentar varios dispositivos sin tener que preocuparse de quedarse sin combustible, este generador opera silenciosamente son fiables, eficientes, de mantenimiento económico y respetuosos con el medioambiente.

- **Grupos Electrógenos Insonorizados**

Los grupos electrógenos insonorizados están ganando posiciones, ya que, gracias a las nuevas tecnologías, se está consiguiendo la difícil tarea de resolver la confrontación entre eficiencia y emisiones acústicas. Se ha conseguido desarrollar grupos electrógenos insonorizados con un rendimiento muy elevado a la vez que se ha conseguido que los grupos electrógenos desprendan el menor ruido posible.

- **Grupos Electrógenos Inverter**

Los grupos electrógenos inverter, son ligeros, de funcionamiento suave y regular, consumen poco y gozan de una increíble relación precio-tamaño-potencia,

ideales para el uso en grandes superficies, empresas, centros comerciales, entre otras. Pese al tamaño, le sorprenderán por su gran versatilidad, potencia, constancia y calidad.



**Figura 13:** Grupo Electrónico (Motogenerador)  
Fuente: SHX SUNKINGS (2019)

#### **2.2.14 Cuadro de Fuerza**

Los elementos encargados de suministrar energía DC son los cuadros de fuerza también conocidos como Power Plants (plantas de poder), que son el conjunto de equipos constituidos principalmente por: bancos rectificadores o convertidores, circuitos controlador y baterías transformando la energía AC en DC, entre los requerimientos que deben satisfacer están; mantenimiento de valores de voltaje entre un margen determinado, minimizar los efectos de las perturbaciones y ruidos procedentes de la red de suministro primario, funcionamiento automático, adecuados dispositivos de protección que impidan desperfectos o perturbaciones importantes en los equipos de telecomunicaciones, alto grado de fiabilidad. ( ver figura 14).



**Figura 14:** Cuadro de Fuerza  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

Los elementos básicos del cuadro de fuerza o power plant son:

- **Rectificadores**

Son los encargados de transformar la corriente alterna procedente del suministro AC en corriente continua estabilizada que alimente a los equipos de telecomunicaciones y además mantenga la carga o recargue en su caso las baterías del equipo de fuerza. ( ver figura 15).



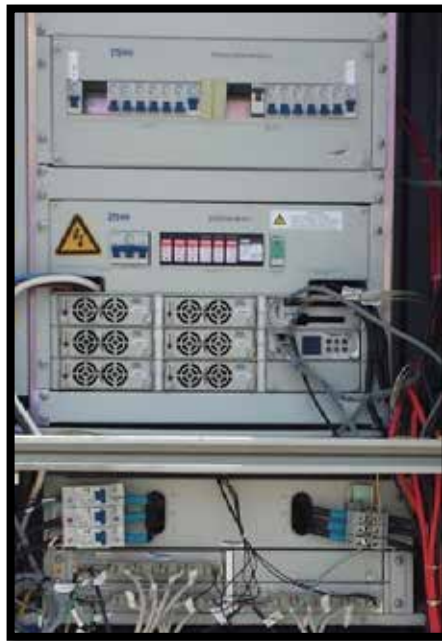
**Figura 15:** Rectificador NPR48  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Circuito Controlador**

Es el cerebro del banco de fuerza, y como su nombre lo indica, este dispositivo se encarga de controlar todo el sistema, normalmente presenta un teclado y una pantalla incorporados para su comisionamiento (configuración de parámetros de operación), o a su vez, un puerto para conectarlo a una computadora y mediante un software específico poder programar cada una de sus funciones. El controlador central se tratará de un inversor que podrá controlar el estado de la batería, gestionar el tipo de alimentación de la torre de comunicaciones y convertir de alterna a continua la corriente generada por el grupo electrógeno. El segundo controlador será un convertidor CC/CC para el generador fotovoltaico que convertirá la tensión producida por el generador a una tensión utilizable por la carga. ( ver figura 16).

- **Baterías en el Banco de Fuerza**

Su misión es proporcionar alimentación en corriente continua a los equipos, en caso de fallo del suministro primario de energía, durante un tiempo determinado (aproximadamente unas 4 horas dependiendo del modelo y características).



**Figura 16:** Circuito Controlador  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Sistemas de Alimentación Ininterrumpida (SAI)**

Es un equipo diseñado para suministrar energía estabilizada y filtrada a cargas críticas de una central de telecomunicaciones, sistemas de procesamiento de datos, entre otros. Los SAI's son básicamente equipos de estructura modular y sirven como una fuente permanente para los equipos de telecomunicaciones, entregan una tensión nominal de 48 VDC. ( ver figura 17).



**Figura 17:** Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI/UPS)

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

### **2.2.15 Raspberry**

Raspberry Pi es una serie de pequeñas computadoras de una sola placa desarrolladas en el Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi para promover la enseñanza de la informática básica en las escuelas y en los países en desarrollo. El modelo original se hizo mucho más popular de lo esperado, vendiéndose fuera de su mercado objetivo para usos como la robótica. No incluye periféricos (como teclados y ratones) ni estuches. Sin embargo, algunos accesorios se han incluido en varios paquetes oficiales y no oficiales.

La organización detrás de la Raspberry Pi consta de dos brazos. Los dos primeros modelos fueron desarrollados por la Fundación Raspberry Pi. Después de que se lanzó el Pi Model B, la Fundación creó Raspberry Pi Trading, con Eben Upton como CEO, para desarrollar el tercer modelo, el B +.

Raspberry Pi Trading es responsable del desarrollo de la tecnología, mientras que la Fundación es una organización benéfica educativa para promover la enseñanza de la informática básica en las escuelas y en los países en desarrollo. Según la Fundación Raspberry Pi, en febrero de 2015 se vendieron más de 5 millones de Raspberry Pis, lo que la convierte en la computadora británica más vendida. Para noviembre de 2016 habían vendido 11 millones de unidades y 12,5 millones para marzo de 2017, lo que la convierte en la tercera "computadora de uso general" más vendida. En julio de 2017, las ventas alcanzaron casi 15 millones. En marzo de 2018, las ventas alcanzaron los 19 millones. La mayoría de los Pis se fabrican en una fábrica de Sony en Pencoed, Gales, mientras que otros se fabrican en China y Japón.

### **2.3 Definición de Términos Básicos**

#### **Antena**

Es un dispositivo (conductor metálico) usado para las transmisiones en frecuencias AM o FM, diseñado con el objetivo de emitir y/o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma energía eléctrica en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa. Las características de las antenas es que dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida.

#### **Breaker o Disyuntores**

Son dispositivos de protección, su principio de funcionamiento es termoeléctrico, es decir en caso de circulación excesiva de corriente por cortocircuito o sobre corriente, abre el circuito que protegen evitando el posible daño del equipo.

#### **Banco de Condensadores AC**

Los condensadores, tienen como objetivo mejorar la eficiencia de los grandes consumos de energía que se producen (minimizan las pérdidas de potencia reactiva y mejoran el factor de potencia). En grandes centrales telefónicas o en el área netamente industrial, es importante utilizar bancos de condensadores.

### **Célula Fotoeléctrica**

También llamada celda solar, célula solar, fotocélula o célula fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica.

### **Circuito Controlador**

Es un circuito eléctrico u otro componente electrónico utilizado para controlar otro circuito o componente. Normalmente, se utilizan para regular la corriente que fluye a través de un circuito o para controlar otros componentes. El término se usa a menudo, por ejemplo, para un circuito integrado especializado que controla interruptores de alta potencia en convertidores de potencia de modo conmutado. Un amplificador también puede ser considerado un controlador para altavoces.

### **Fotón**

Es la partícula elemental responsable de las manifestaciones cuánticas del fenómeno electromagnético. Es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, la luz infrarroja, las microondas y las ondas de radio.

### **Grupo Electrónico**

Es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizados cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar, o cuando son frecuentes los cortes en el suministro eléctrico.

### **Puesta a Tierra**

También conocido como conexión a tierra, es la conexión de las superficies conductoras expuestas a algún punto no energizado; comúnmente es la tierra sobre la que se posa la construcción, de allí el nombre. Al sistema de uno o varios electrodos que proveen la conexión a tierra se le llama "toma de tierra". Las puestas a tierra se emplean en las instalaciones eléctricas como una medida de seguridad.

## **Python**

Es un lenguaje de programación interpretado, de alto nivel y de propósito general. Creada por Guido van Rossum y lanzada por primera vez en 1991, la filosofía de diseño de Python enfatiza la legibilidad del código con su uso notable de espacios en blanco significativos. Las construcciones del lenguaje y su enfoque orientado a objetos tienen como objetivo ayudar a los programadores a escribir código claro y lógico para proyectos de pequeña y gran escala. Los intérpretes de Python están disponibles para muchos sistemas operativos. Una comunidad global de programadores desarrolla y mantiene CPython, una implementación de referencia de código abierto. Una organización sin fines de lucro, Python Software Foundation, administra y dirige recursos para el desarrollo de Python y CPython.

## **Radiofrecuencia (RF)**

También denominado espectro de radiofrecuencia, es un término que se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre los 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz).

## **Régimen Transitorio**

También conocido como solamente "transitorio", es aquella respuesta de un circuito eléctrico que se extingue en el tiempo, en contraposición al régimen permanente, que es la respuesta que permanece constante hasta que se varía bien el circuito o bien la excitación del mismo.

## **Tablero de Transferencia Automática (TTA)**

Es un dispositivo que realiza la conmutación, en caso de corte o suspensión de la energía eléctrica pública, con el sistema de respaldo de energía respectivo.

## **Transformadores**

Son los elementos encargados de adaptar los altos valores de tensión que suministran las compañías eléctricas a valores más pequeños. En aquellos edificios de relevante importancia estratégica en la red, el suministro energético primario puede estar duplicado.

## **2G**

La telefonía móvil 2G no es un estándar o un protocolo, sino que es una forma de marcar el cambio de protocolos de telefonía móvil analógica a digital. Proporciona un servicio denominado Short Message Service y una mayor capacidad de envío de datos desde dispositivos fax y módem.

## **3G**

Es la abreviación de tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o servicio universal de telecomunicaciones móviles). Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir voz y datos no-voz.

## **4G**

Es la sigla utilizada para referirse a la cuarta generación de tecnologías de telefonía móvil. Está basada completamente en el protocolo IP, siendo un sistema y una red, que se alcanza gracias a la convergencia entre las redes de cable e inalámbricas.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Tipo de Investigación**

La investigación se realizó bajo la de modalidad “proyecto factible” ya que consistió en la propuesta de diseño de un sistema de alimentación alternativo para torres de radiocomunicaciones de telefonía móvil en el municipio San Diego. Según normas para la elaboración y presentación de los Anteproyectos, proyectos y trabajos de grado (Mijares, García, 2007):

Proyecto Factible:

Consistirá en la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades. (p. 5)

#### **3.2 Diseño de la Investigación**

La investigación enmarcada en un proyecto factible consto de un diseño de los tipos de investigación documental y de campo; descritos de esta manera según normas para la elaboración y presentación de los Anteproyectos, proyectos y trabajos de grado:

Investigación De Campo:

Se entenderá por investigación de campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Los datos serán recogidos en forma directa de la realidad; en este sentido se trata de investigaciones a partir de datos originales o primarios. Sin embargo, se aceptarán también estudios sobre datos censales o muestrales no recogidos por el estudiante, siempre y cuando se utilicen los registros originales con los datos no agregados;

o cuando se trate de estudios que impliquen la construcción o uso de series históricas y, en general, la recolección y organización de datos publicados para su análisis mediante procedimientos estadísticos, modelos matemáticos, econométricos o de otro tipo. (p. 4)

Investigación Documental:

Se entenderá por investigación documental, el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en trabajos previos, información y datos divulgados por medios impresos, audiovisuales o electrónicos. La originalidad del estudio se reflejará en el enfoque, criterios, conceptualizaciones, reflexiones, conclusiones, recomendaciones y, en general, en el pensamiento del estudiante. (p. 5)

### **3.3 Nivel de la Investigación**

La presente investigación fue de carácter descriptivo, pues en la misma, se buscó describir el proceso, las características y propiedades de un sistema de alimentación alternativo para torres de radiocomunicaciones.

Según Arias, F (2012):

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p. 24)

### **3.4 Población y Muestra**

#### **3.4.1 Población**

Según Arias, F (2012) la población se describe como:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (p. 81)

De esta forma la población delimitada para este proyecto comprendió las torres de telecomunicaciones presentes en el municipio San Diego, Estado Carabobo.

### **3.4.2 Muestra**

Según Arias, F (2012): “La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible” (p. 83). La muestra es todo aquel subconjunto considerado en una determinada población, a la cual se aplicará la posterior técnica de recolección de datos.

En el presente proyecto se estudió la propuesta de diseño del sistema alternativo de energía para la torre de telecomunicaciones Variante Norte ubicada en San Diego, Estado Carabobo.

## **3.5 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

### **3.5.1 Técnicas de Recolección de Datos**

Es el medio por el cual el investigador facilita la recolección de datos, valiéndose del mismo para obtener la información necesaria para el desarrollo de la investigación.

En esta investigación se optó por utilizar como técnicas de recolección de datos la observación directa estructurada en las instalaciones de la estructura de la torre de telecomunicaciones. Según Arias, F (2012):

La observación es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos. (p. 69)

Observación estructurada:

Es aquella que además de realizarse en correspondencia con unos objetivos, utiliza una guía diseñada previamente, en la que se especifican los elementos que serán observados. (p.70)

También se utilizó la revisión documental. Según Hernández, Fernández, y Baptista (2014) la denominan, revisión de la literatura y la definen como: “...implica detectar, consultar y obtener la bibliografía (referencias) y otros materiales que sean útiles para los propósitos del estudio, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria para enmarcar nuestro problema de investigación” (p. 61).

Además fue utilizada como técnica la entrevista semi estructurada, realizando preguntas a empleados de la empresa Telefónica C.A que han sido una gran fuente de información. Según Arias, F (2012):

La entrevista, más que un simple interrogatorio, es una técnica basada en un diálogo o conversación “cara a cara”, entre el entrevistador y el entrevistado acerca de un tema previamente determinado, de tal manera que el entrevistador pueda obtener la información requerida. (p. 73)

Entrevista semi estructurada o informal:

En esta modalidad no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos que permiten definir el tema de la entrevista, de allí que el entrevistador deba poseer una gran habilidad para formular las interrogantes sin perder la coherencia. (p. 73)

### **3.5.2 Instrumentos de Recolección de Datos**

Un instrumento sirve como recurso material que se relacionará con el individuo al cual se le hace el análisis. Para el autor Arias, F. (2012): “Un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información.” (p. 68).

La presente investigación, tuvo como instrumento de recolección de datos la lista de cotejo, que según Arias, F (2012) la lista de cotejo o de chequeo: “también denominada lista de control o de verificación, es un instrumento en el que se indica la presencia o ausencia de un aspecto o conducta a ser observada”. (p. 70)

También fueron utilizados instrumentos de medición electrónicos, como lo son la pinza amperimétrica y el multímetro, ambos de gran importancia para medir las variables de alimentación de los equipos estudiados.

### **3.6 Fases de la Investigación**

**Fase I:** “Diagnostico de las fuentes de alimentación presentes en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

Se realizó la evaluación y observación directa en las mediciones de interés, tomando una lista de las características actuales que poseen las torres de telecomunicaciones, se elaboró un plan de acción acompañado de los métodos y técnicas a ejecutar.

**Fase II:** “Identificación de las fallas y puntos críticos del sistema de alimentación actual presente en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

Se realizó a través de la información adquirida un evaluó de los puntos débiles y fuertes del sistema y se evaluará las cargas críticas del sistema.

**Fase III:** “Determinación de las variables de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

Se hizo una observación de todos los equipos y se midieron todos sus valores de consumo respectivos necesarios para la posterior implementación de la nueva fuente de energía.

**Fase IV:** “Análisis de las alternativas para los Sistemas de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

Se realizó una investigación mediante la web, guías y datos de campo tomando referencias e información acerca de los tipos de energía alternativos que se pueden suministrar y se hizo una evaluación a nivel de las instalaciones y ubicación de las mismas con la finalidad de determinar cuál de las mismas resultaría la más viable para el desarrollo subsecuente del diseño.

**Fase V:** “Diseño del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

Se realizó una evaluación a nivel de planos físicos (eléctricos y estructurales) de cómo están construidas actualmente las torres de telecomunicaciones para ejecutar la elaboración del diseño del sistema de energía alternativo contando con los resultados obtenidos en las fases previas.

**Fase VI:** “Estudio de Factibilidad técnico, operativo, económico, ambiental y social para la implementación del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego”

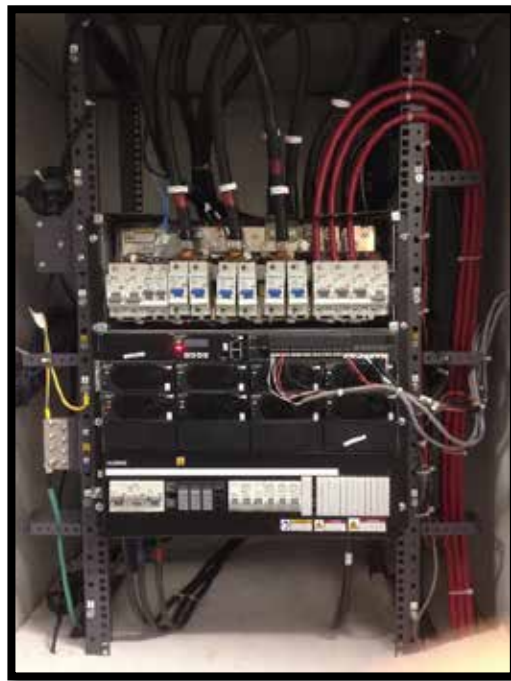
Mediante la información obtenida, se evaluó la factibilidad del tipo de alimentación de energía alternativa que fue diseñada junto con las consecuencias positivas (internamente) que trae consigo la aplicación de la propuesta de diseño del sistema alternativo de energía para las torres de telecomunicaciones, adicionalmente se hizo una observación (externamente) de los las torres de telecomunicaciones para evaluar el antes y después de la propuesta de diseño del sistema alterno de energía.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1 FASE I: Diagnostico de las fuentes de alimentación presentes en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego

En esta primera fase se realizó una visita con el personal técnico de Telefónica Venezolana C.A. a las instalaciones de la torre de telecomunicaciones, durante la cual se efectuó una inspección y estudio del sistema de alimentación de los equipos instalados en el cuarto de comunicaciones, procediendo con su identificación y subsecuente medición de sus valores de consumo eléctrico. En el avance de la inspección se realizó un estudio completo del sistema de alimentación del cuarto de comunicaciones en la cual se logró obtener resultados pertinentes para el desarrollo de la investigación. (ver Figura 18)



**Figura 18:** Interior del Cuadro de Fuerza presente en la Instalación  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

Los diversos equipos instalados en el cuarto de comunicaciones están conformados por las siguientes unidades, como se muestran en las Figuras 19 y 20:

- Unidad de Banda Base: HUAWEI BBU 3900
- Unidad de Banda Base: HUAWEI BBU 3910
- Router de Acceso Multiservicio: HUAWEI ATN 950B
- Router de Agregación de Servicios: ALCATEL-LUCENT 7705 SAR-8
- Plataforma de Aprovechamiento Multiservicio (MSPP): ECI XDM 100
- Sistema de Comunicaciones Convergente: ERICSSON CONSONO MD110
- Radio PDH: NERA FIU 19E
- Rectificadores: HUAWEI R4850G
- Panel de Control: HUAWEI SMU02B
- BTS NOKIA 1900 MHZ
- BTS NOKIA 850 MHZ



**Figura 19:** BTS NOKIA 1900 MHZ  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

El sistema de alimentación presente en la instalación está comprendido por 2 tableros de distribución uno principal y uno secundario, el principal es el encargado de la alimentación de los rectificadores presentes dentro del cuadro de fuerza y proporciona también la energía al segundo tablero, es el cuadro de fuerza la unidad que se encarga de la alimentación de -48 Voltios de los equipos del cuarto de comunicaciones, el tablero secundario se encarga de la alimentación de los elementos externos como son las luces internas, las lámparas de emergencia, el extractor, el balizaje, y los 2 aires acondicionados para la refrigeración del recinto.



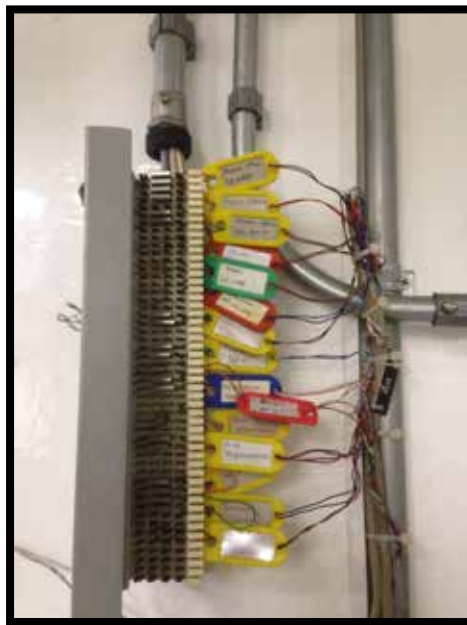
**Figura 20:** Racks 3 y 4 del Cuarto de Comunicaciones, estación Variante Norte

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

Es el cuadro de fuerza donde se puede visualizar, en líneas generales, el estado del consumo energético de todos los elementos presentes en el cuarto de comunicaciones, ya que es aquí donde se encuentran los rectificadores que proporcionan una alimentación estable en corriente continua a los dispositivos del

recinto, todo esto incluyendo el estado de carga y periodo de vida de las baterías, incluyendo el estado de algunas alarmas puede visualizarse en el panel de control.

El sistema actual de gestión de alarmas es manejado a través de un sistema analógico en el cual todas las alarmas van conectadas individualmente a un sistema de distribución en el cual estas son centralizadas para posteriormente ser gestionadas a través de una aplicación interna en función de códigos de comando para la consulta y gestión de estas alarmas, entre las cuales se encuentran alarmas de alta temperatura, baja carga de las baterías, baterías en mal estado, breaker de las baterías, interrupción de alimentación AC, alto voltaje, bajo voltaje, falla de rectificadores, puerta abierta, entre varias sub-denominaciones de las clases antes mencionadas. (ver Figura 21).



**Figura 21:** Interconexión Sistema de Alarmas

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

En el caso de que el servicio eléctrico sea interrumpido, el conmutador, que generalmente está conectado a la línea de entrada eléctrica, llevando la energía de la entrada directamente hacia la salida donde se conectan los diferentes dispositivos, conecta dicha salida al inversor, por lo que en ese momento concreto es el arreglo del

banco de baterías el que se encarga de la alimentación del cuadro de fuerza. Ese traspaso desde la interrupción de energía eléctrica a la alimentación de las baterías (llamado tiempo de conmutación) suele estar en el orden de los 5 milisegundos, lo cual resulta imperceptible para la mayoría de los equipos electrónicos.

Durante el desarrollo de esta inspección se procedió a realizar las mediciones del consumo eléctrico correspondiente de los equipos antes mencionados utilizando principalmente como instrumento de medición la pinza amperimétrica FLUKE 345 PQ CLAMP METER, mostrada a continuación en la Figura 22, cuya variedad de funciones permitió tanto la medición de voltaje, corriente, potencia trifásica del cuadro de distribución, entre otras variables, una función de gran importancia de este instrumento es que el mismo permite grabar las mediciones realizadas dentro de un periodo determinado de tiempo, facilitando el estudio de las variaciones presentadas por las variables medidas durante periodos extensos de tiempo.



**Figura 22:** FLUKE 345 PQ CLAMP METER

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

## 4.2 FASE II: Identificación de las fallas y puntos críticos del sistema de alimentación actual presente en las Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego

En esta segunda fase se pudieron determinar, junto con el personal técnico de Telefónica Venezolana C.A., las posibles fallas que pudiesen ocurrir además de los puntos críticos del sistema de alimentación en las torres de telecomunicaciones, durante el desarrollo de la visita se procedió al estudio de forma exhaustiva de todos los equipos tanto internos como externos, tomando en cuenta su correcto funcionamiento y que consecuencias podrían acarrear si uno de estos fallara o no estuviese presente.

Entre las fallas más comunes que pueden ocurrir en una torre de telecomunicaciones se tienen en cuenta los siguientes casos:

- **Falla de Energía Principal AC:** En el caso de un corte de energía una estación de telecomunicaciones tiene sus sistemas de respaldo, el primero que entra en acción es el banco de baterías que está en el interior del cuadro de fuerza, este es el encargado de soportar la estación en el caso de un corte eléctrico, pero este no puede trabajar solo ya que no tiene forma de volverse a cargar a menos que una fuente alternativa cargue el banco mismo, el tiempo de duración promedio de este banco baterías es de aproximadamente 2 – 3 horas, eso dependiendo del tipo de carga que posea la estación. (ver Figura 23).



**Figura 23:** Breaker Principal AC

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Energía Principal DC (Banco de Baterías):** Este caso es muy común en baterías desgastadas por el tiempo o por la carga y descarga muy continua, esto ocurre debido a que si hay una falla eléctrica y luego entra un sistema alterno de energía sea DC-DC o AC-DC, este debe cargar en primer orden las baterías que están en un estado denominado flotación, indiferentemente del caso si hay un alto consumo de baterías, a tal punto que las mismas se descargan por debajo del umbral, estas necesitarían mayor corriente de carga debido a su bajo voltaje, trayéndoles consecuencias negativas al resto de los equipos de telecomunicaciones que están instalados en las BTS. (ver Figura 24).



**Figura 24:** Gestor Banco de Baterías HUAWEI

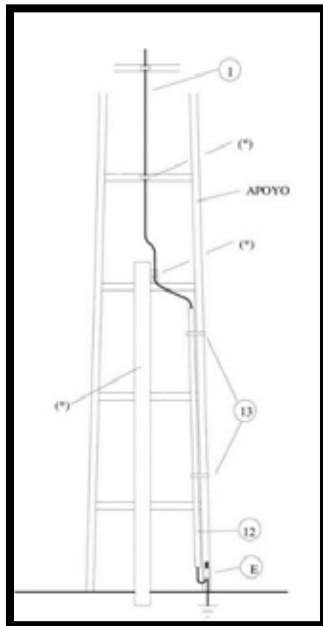
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Rectificadores:** En una BTS un rectificador, mostrado en la figura 21, es el encargado de cambiar la polaridad de la energía que suministran las baterías la cual es de 48V DC y estos las convierten en -48V DC, si uno de estos rectificadores falla pondrían en peligro la integridad de los equipos en dicha torre ya que el resto trabajaría con un mayor consumo. (ver Figura 25)



**Figura 25:** Rectificadores HUAWEI R4850G 50A  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Puesta a Tierra:** Esta falla se ha vuelto muy común hoy en día debido al vandalismo de las estaciones, una estación de telecomunicaciones cuenta con diversos puntos de puesta a tierra, esto sirve para darle mayor estabilidad a los equipos en cuanto de consumo eléctrico se habla. (ver Figura 26).



**Figura 26:** Diagrama Físico de Puesta a Tierra BTS  
**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Motogenerador:** En la circunstancia de que un Motogenerador, como se muestra en la Figura 27, u otro equipo alternativo de energía falle esto principalmente perjudicaría a las baterías ya que las obligaría a descargarse porque estas no tendrían otra forma de cargarse nuevamente.



**Figura 27:** Motogenerador Detroit Diesel

Fuente: Bou Mansour, Figueredo (2019)

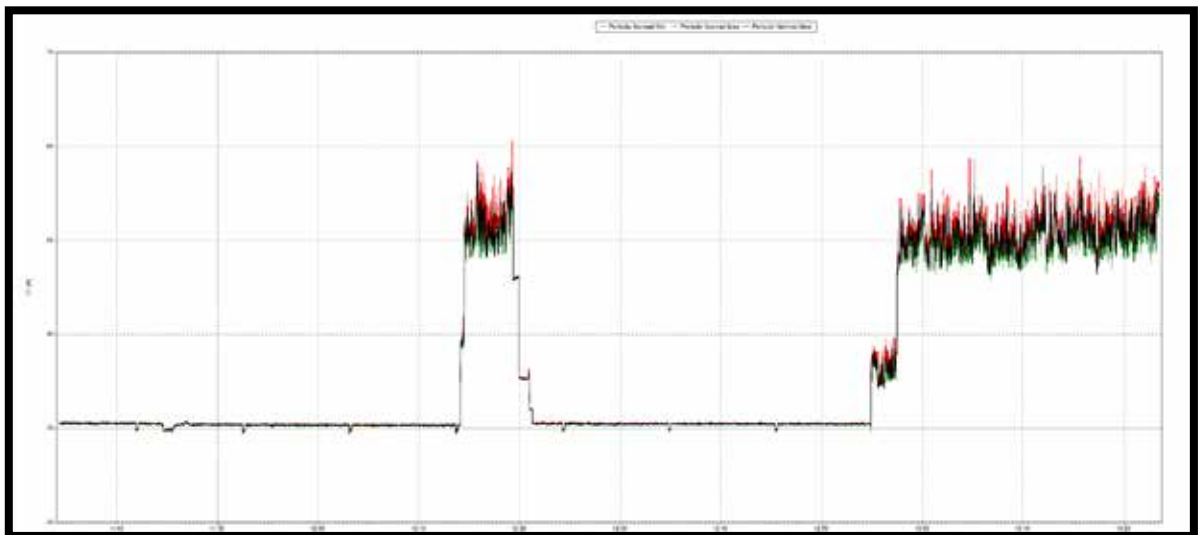
- **Falla de Breakers Eléctricos:** Esta falla es muy común en el caso de que se instale un breaker de menor consumo causando que el mismo se dispare si se supera el umbral de carga, si uno de estos se dispara podría dejar sin gestión algún equipo o la estación completa. Cabe a destacar que esta falla puede ocurrir tanto en AC como en DC. (ver Figura 28).



**Figura 28:** Tablero Principal AC y DC

Fuente: Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Control de Equipos:** Todas la torres de telecomunicaciones no son iguales ni en diseño ni en función, esto debido a que principalmente existen tres tipos de torres, principales como la de los MTSO (también llamado Red CORE, o simplemente CORE), distribuidoras y terminales, un caso particular que ocurrió durante el desarrollo de esta investigación fue cuando una estación distribuidora dejo de funcionar debido a un fallo eléctrico, esto trajo como consecuencia la perdida de gestión o desconexión momentánea de las torres terminales ya que el nivel de comunicaciones entre ellas es MTSO-DISTRUBIDORAS-TERMINALES o viceversa, esto produjo que los equipos generaran picos de energía anormales debido a la conexión y desconexión de las BTS distribuidoras, es decir era un fallo de energía que no era en la torre estudiada pero que estaba siendo afectada por otra torre de mayor jerarquía a la que esta respondía, todo a consecuencia del corte eléctrico. Cabe a destacar que si un equipo de telecomunicaciones pierde conexión este seguirá consumiendo potencia, pero sin carga de tráfico, es decir, solo consumiría lo mínimo requerido por estar encendido. (ver Figura 29)



**Figura 29:** Gráfico Pérdida de Control de Equipos

Fuente: Bou Mansour, Figueredo (2019)

- **Falla de Gestión de Equipos:** Todos los equipos de comunicaciones de las BTS poseen sistemas denominados gestores los cuales son los encargados de la configuración o comprobación del correcto funcionamiento de los equipos a distancia, se dice que una torre de comunicaciones pierde gestión cuando tiene una falla eléctrica crítica o un equipo en mal funcionamiento, si es debido a un corte eléctrico no se podrá acceder a la torre de forma remota hasta que esta recupere gestión, cabe a destacar que esto no especifica si es un corte de energía, motogenerador con combustible bajo, puerta abierta, entre otras condiciones de falla, solo nos dice que no está disponible en este momento, dándonos a entender que esta fuera de línea.

El estudio de los fallos de energía que puede tener una estación de telecomunicaciones son de suma importancia ya que nos ayuda principalmente a prevenirlos y saber cómo actuar ante un fallo de estos equipos.

Los sistemas de telecomunicaciones aparte de ser muy costos son muy sensibles fluctuaciones eléctricas por lo cual puede causar pérdida de gestión, fallos catastróficos, interrumpir momentáneamente la transmisión, daños irreversibles a un equipo de telecomunicaciones entre otros factores.

#### **4.3 FASE III: Determinar las variables de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego**

En esta fase se procedió al estudio del sistema actual alimentación de la BTS denominada “Variante Norte” ubicada en San Diego Edo. Carabobo, consta por una única alimentación primaria AC trifásica, también posee un arreglo de baterías la cual es la fuente de alimentación primaria DC, las cuales sustentan la estación de 2-3 horas dependiendo de la carga de las baterías, rectificadores y el estado actual de las mismas.

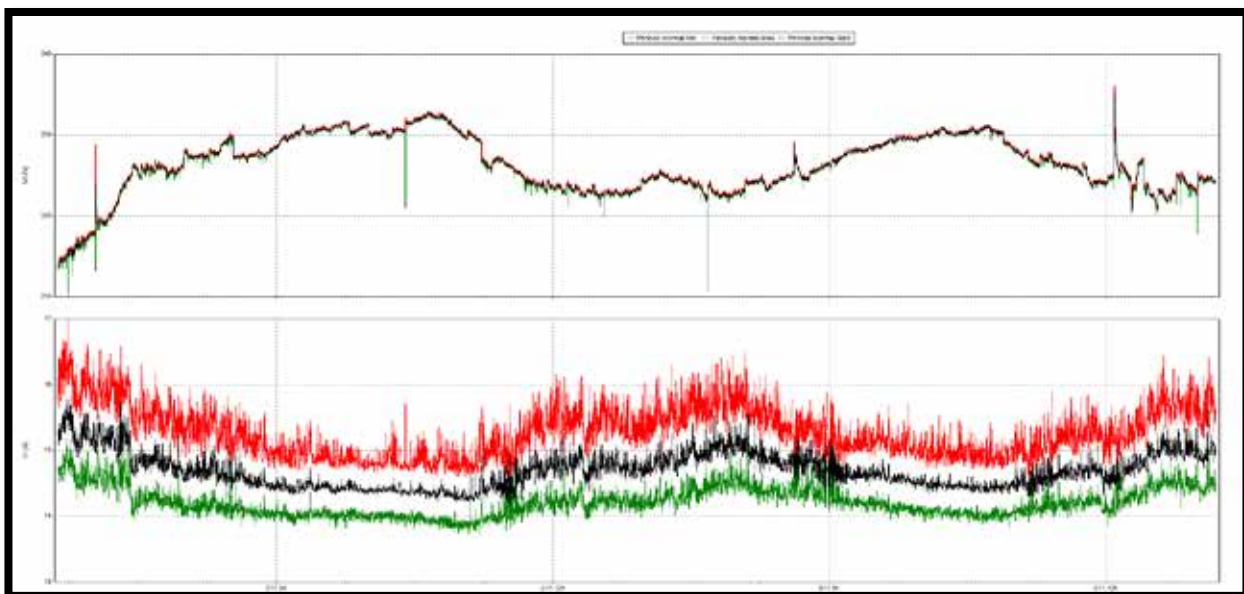
A continuación, se muestra en la Tabla 1 la información pertinente al consumo promedio de corriente en Amperios y la potencia correspondiente en Vatios (DC) asociada que requieren los equipos de comunicaciones en su totalidad, desglosado individualmente para cada equipo/unidad, y un promedio total de toda la estación.

<b>Cantidad</b>	<b>Clase de Equipo</b>	<b>Corriente (A)</b>	<b>Potencia (W)</b>
2	BTS NOKIA 1900 MHZ	27,5 A	1457,5 W
2	BTS NOKIA 850 MHZ	25,4 A	1346,2 W
1	Unidad de Banda Base HUAWEI BBU 3900	35,3 A	1870,9 W
1	Unidad de Banda Base HUAWEI BBU 3910	16,8 A	890,4 W
2	Router de Acceso Multiservicio HUAWEI ATN 950B	2,1 A	111,3 W
1	Router de Agregación de Servicios ALCATEL-LUCENT 7705 SAR-8	2,2 A	116,6 W
1	Plataforma de Aprovisionamiento Multiservicio (MSPP) ECI XDM 100	4,1 A	217,3 W
1	Sistema de Comunicaciones Convergente ERICSSON CONSONO MD110	3,4 A	180,2 W
1	Radio PDH NERA FIU 19E	1,9 A	100,7 W
	<b>Total</b>	<b>173,7 A</b>	<b>9206,1 W</b>

**Tabla 1:** Consumo Promedio Eléctrico del Sistema de Comunicación Estudiado

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

Tomando en cuenta estos valores promedio tomados y comparándolos con el valor dado en la unidad de control del cuadro de fuerza que fue de unos 173 Amperios DC en total se puede asegurar la exactitud de estos valores. También se debe considerar el consumo que manifiestan tanto el sistema de alumbrado interno, como el sistema de refrigeración formado por 2 unidades de 2 toneladas (24000 BTU) cada uno, que finalmente se acumulan en alrededor de 5430 W de potencia consumida aproximadamente. (ver Figura 30)



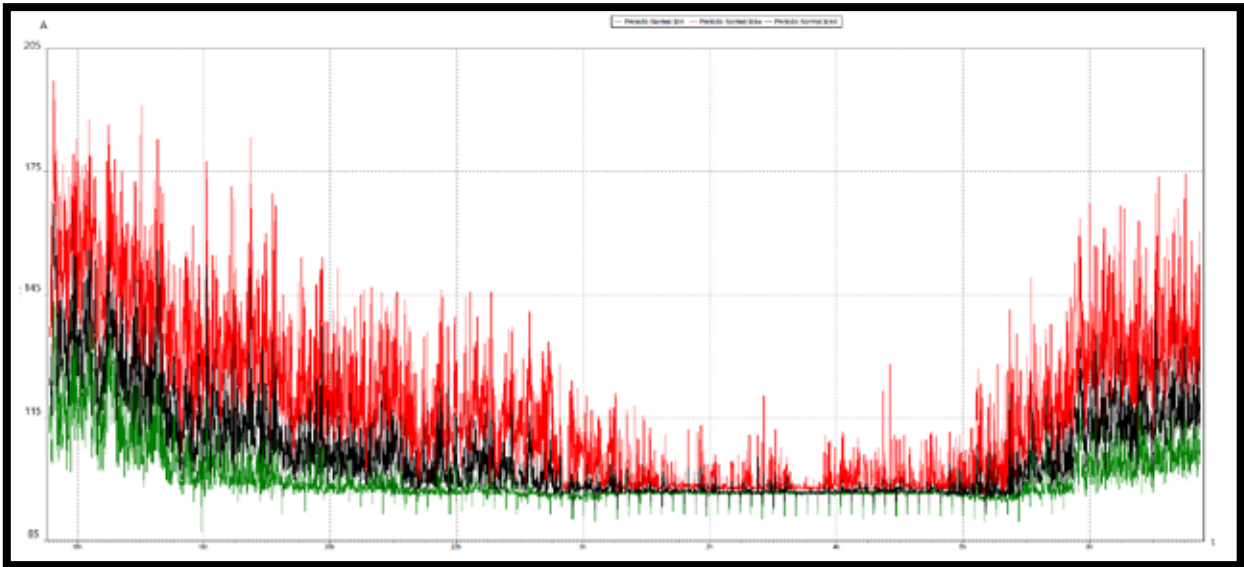
**Figura 30:** Gráfico de Consumo AC-DC 24 Horas

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

También se debe tomar en cuenta que el consumo de energía de una BTS no es constante en un intervalo de tiempo, ya que a mayor tráfico la estación tendrá un mayor consumo de energía por parte de los diversos equipos que están instalados en ella.

Las horas de mayor tráfico de una estación de telecomunicaciones están comprendidas en las horas de entre las 10am-1pm y 7pm-10pm ya que en esos intervalos de horas hay mayor de usuarios conectados exigiéndole así a la BTS

aumentar su potencia para poder proveer de un buen servicio a los usuarios conectados.  
(ver Figura 31)



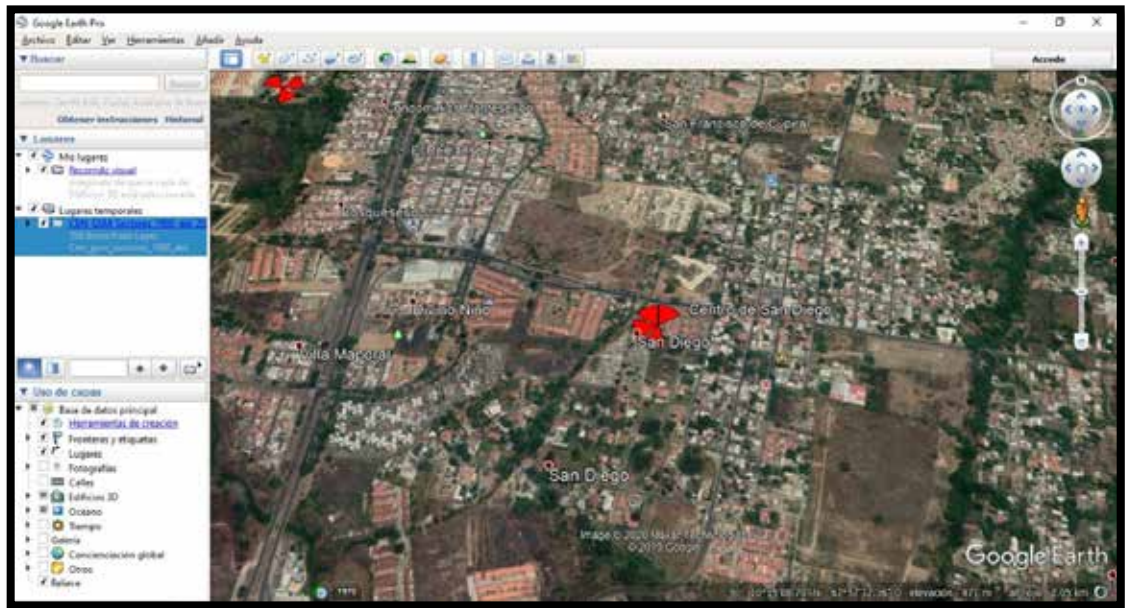
**Figura 31:** Gráfico Consumo de Corriente DC 24 Horas

Fuente: Bou Mansour, Figueredo (2019)

Gracias a la adquisición de estos datos se puede proceder con la etapa de diseño de un sistema alternativo de energía que cumpla con los estándares de potencias reflejadas en las tablas de consumo y de tráfico de una estación de telecomunicación de telefonía móvil.

#### **4.4 FASE IV: Análisis de las alternativas para los Sistemas de Alimentación para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego**

Para el desarrollo de esta fase basándose en los resultados obtenidos previamente en relación a la energía necesaria para el funcionamiento del sistema, fueron evaluadas las múltiples opciones de sistemas de alimentación alternativos, entre los cuales se investigó las vías de solución tanto eólica, solar, mareomotriz y de biomasa, por lo tanto uno de los puntos principales de estudio durante la visita realizada fueron las condiciones climáticas de la región y lo que representa su ubicación geográfica mostrada a continuación en la Figura 32.



**Figura 32:** Ubicación de la Estación Variante Norte

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2019)

La estación Variante Norte se encuentra ubicada en el Municipio San Diego, ubicado en el estado Carabobo, el cual es uno de los veintitrés estados junto con el Distrito Capital y las Dependencias Federales, los cuales forman la República Bolivariana de Venezuela. Está ubicado en el centro-norte del país, en la región Central. Gracias a ser un estado cercano a las costas marítimas de Venezuela tiene temperaturas bastante cálidas. Su temperatura media anual es de 26 °C. A la sombra 23,3 °C con máximo de 32,6 °C y mínima de 18,5 °C. El clima es tropical en Valencia, en invierno hay mucho menos lluvia que en verano. Este clima es considerado Aw (clima de sabana tropical) según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Valencia se encuentra a 24.5 °C. La precipitación es de 1153 mm al año. La ciudad está situada una altitud de 479 msnm. El mes más seco es febrero, con 6 mm de precipitación, mientras que la precipitación media en julio es de 190 mm, el mes en el que se tienen las mayores precipitaciones del año.

En la Tabla 2 mostrada a continuación se muestran los datos de temperatura, tanto temperaturas medias como mínimas y máximas, además de precipitaciones promedio de cada mes del año.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	23.6	24.2	25.1	25.6	25.3	24.6	24.1	24.2	24.4	24.7	24.5	23.8
Temperatura min. (°C)	16.7	16.9	17.9	19.5	20	19.7	18.9	18.8	18.8	19	18.5	17.6
Temperatura máx. (°C)	30.6	31.5	32.3	31.7	30.7	29.6	29.4	29.6	30	30.4	30.5	30.1
Precipitación (mm)	7	6	10	62	137	173	190	188	148	139	68	25

**Tabla 2:** Tabla Climática / Datos Históricos Del Tiempo Valencia

Fuente: <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/venezuela/carabobo/valencia-5835/>

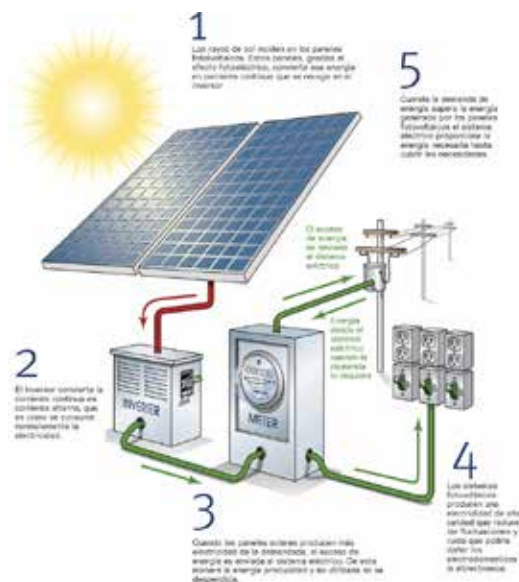
Tomando en cuenta todos los datos recabados se procedió con el estudio y análisis de las alternativas de alimentación disponibles, comenzando por la energía mareomotriz, la cual se produce gracias al movimiento generado por las mareas, esta energía es aprovechada por turbinas, las cuales a su vez mueven la mecánica de un alternador que genera energía eléctrica, el cual está conectado con una central en tierra que distribuye la energía, basándonos en esto y conociendo la ubicación de la estación la cual no se encuentra relativamente cerca de la costa sino aproximadamente a unos 50 Km de distancia, lo cual implicaría no solo la instalación de las turbinas, que por si solas presentan un gran costo, sino también la creación de una infraestructura considerable de transporte para esta energía, se puede decir que el uso de este tipo particular de energía requiere de una gran inversión, todo lo cual resultaría impráctico.

A continuación se analizó la energía de la biomasa que es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica o industrial formada en algún proceso biológico o mecánico; generalmente se obtiene de las sustancias que constituyen los seres vivos, considerando que esta clase de energía se produce mayormente a través de la quema de material orgánico, se requeriría la instalación de generadores que funcionen a través de esta modalidad, además se incurriría en requerimientos de transporte del material biocarburante y su constante necesidad de

restitución, lo cual resultaría en un sistema de baja confianza dependiendo de la constancia del suministro de la materia prima, lo cual no sería viable.

Otro caso de estudio es el de la energía eólica la cual es un tipo de energía cinética producida por el efecto de las corrientes de aire, esta energía se puede convertir en electricidad a través de un generador eléctrico, en este contexto se incurre en el problema de la carencia de espacio para la instalación de los aerogeneradores, al contar la instalación con alrededor de 320 m<sup>2</sup>, además de contar el factor aleatorio que presentan los vientos en esta región del país incluyendo su baja tasa, lo que incurre en una baja viabilidad para una generación de energía constante y fiable.

Finalmente, llegando al caso de la energía solar, que es la energía contenida en la radiación solar que es transformada mediante los correspondientes dispositivos, en forma de energía térmica o energía eléctrica, al estar la instalación ubicada en el trópico y en una zona de alta incidencia solar, además del tamaño relativo de los paneles solares y la facilidad de los arreglos que se puede realizar con los mismos, fue concluido que esto representa la solución más practica para el desarrollo del sistema de alimentación alternativo. (ver Figura 33)



**Figura 33:** Funcionamiento Básico de un Panel Fotovoltaico

Fuente: <https://www.renova-energia.com/categoria-producto/paneles-solares/>

Subsecuente para el diseño de un sistema de alimentación alternativo en base a la utilización de paneles solares se ha de considerar el concepto de la irradiancia solar, que es la potencia por unidad de área (vatios por metro cuadrado,  $W/m^2$ ), recibida del Sol en forma de radiación electromagnética según se informa en el rango de longitud de onda del instrumento de medición. La irradiancia solar a menudo se integra durante un período de tiempo determinado para informar la energía radiante emitida en el entorno (julios por metro cuadrado,  $J/m^2$ ), durante ese período de tiempo. La irradiancia horizontal global (Global Horizontal Irradiance, GHI) es la irradiación total del sol sobre una superficie horizontal en la Tierra. En base a la ubicación mostrada previamente y superponiendo los datos en el mapa de Irradiancia Horizontal Global en Venezuela mostrado en la Figura 29, se puede denotar que en la zona se encuentra un promedio aproximado de uso  $6 - 6.2 \text{ kWh}/m^2$  que se denota como un valor de alta importancia para las consideraciones subsecuentes en la realización del diseño utilizando paneles solares del sistema de alimentación alternativo. (ver Figura 34)



**Figura 34:** Irradiancia Horizontal Global en Venezuela

Fuente: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/venezuela>

Las torres de telecomunicaciones debido a su gran relevancia necesitan mas de una fuente de alimentación, una que es la fuente de alimentación primaria y otra la fuente de alimentación secundaria o alterna. La estación de telecomunicaciones denominada como “Variante Norte” presenta unas condiciones tanto climáticas como físicas, las cuales hacen que la opción factible sea para el sistema de alimentación alternativo sea la utilización de paneles fotovoltaicos.

#### **4.5 FASE V: Diseño del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego**

En la siguiente fase se procedió a diseñar un sistema de alimentación que fuese viable tanto física como geográficamente para las torres de telecomunicaciones, tomando en cuenta los estudios anteriores realizados como son los niveles de consumo de energía, ubicación y factibilidad de distintos sistemas de energía. Gracias a todo esto se pudo seleccionar los paneles fotovoltaicos como la opción más favorable por las condiciones antes mencionadas que presenta esta estación de telecomunicaciones.

Las consideraciones necesarias para conocer la cantidad de paneles solares mínima necesaria se basan en el consumo total reportado por la estación, que incluye tanto el consumo de los equipos instalados en el cuarto de comunicaciones de unos 9206,1 W como las unidades de refrigeración e iluminación cuya medida se encontró alrededor de 5430 W de consumo. Se ha de denotar que para el desarrollo de este diseño se han escogido los paneles solares producidos por la empresa DAH solar, recordando que los paneles solares o también llamados módulos o placas solares son dispositivos que tienen la función de convertir la energía que nos proporciona el Sol en electricidad, en resumen, son dispositivos que convierten la luz en electricidad, de los modelos disponibles de esta empresa se escogió el modelo de panel HCM72X9, este modelo viene en 3 versiones diferentes, una versión de 300 Watts, otra de 330 Watts y una de 350 Watts, en la tabla mostrada a continuación se muestran las especificaciones de este tipo de paneles.

<b>Nombre de la Marca</b>	<b>Número de Modelo</b>
DAH solar	HCM72X9
<b>Peso</b>	<b>Eficiencia del panel</b>
22.5 Kg	20,5%
<b>Tipo</b>	<b>Marco</b>
BIPV, flexible, todo negro, bifacial, media celda, PERC	Aleación de aluminio anodizado
<b>Medidas del Panel</b>	<b>Medidas de la Célula Solar</b>
1960 * 991 * 40 mm / 2010 * 1002 * 40 mm	156.75 * 156.75 mm / 158.75 * 79.375 mm
<b>Certificado</b>	<b>Impermeable</b>
CE / TUV / SGS / IEC / CEC / INMETRO / ISO	Clasificación IP68

**Tabla 3:** Especificaciones Paneles Fotovoltaicos DAH Solar

**Fuente:** [https://www.alibaba.com/product-detail/DAH-Solar-Panel-Price-300W-330W\\_62008544186.html?spm=a2700.7735675.normalList.32.6f3c5bd02lhQUQ&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/DAH-Solar-Panel-Price-300W-330W_62008544186.html?spm=a2700.7735675.normalList.32.6f3c5bd02lhQUQ&s=p)

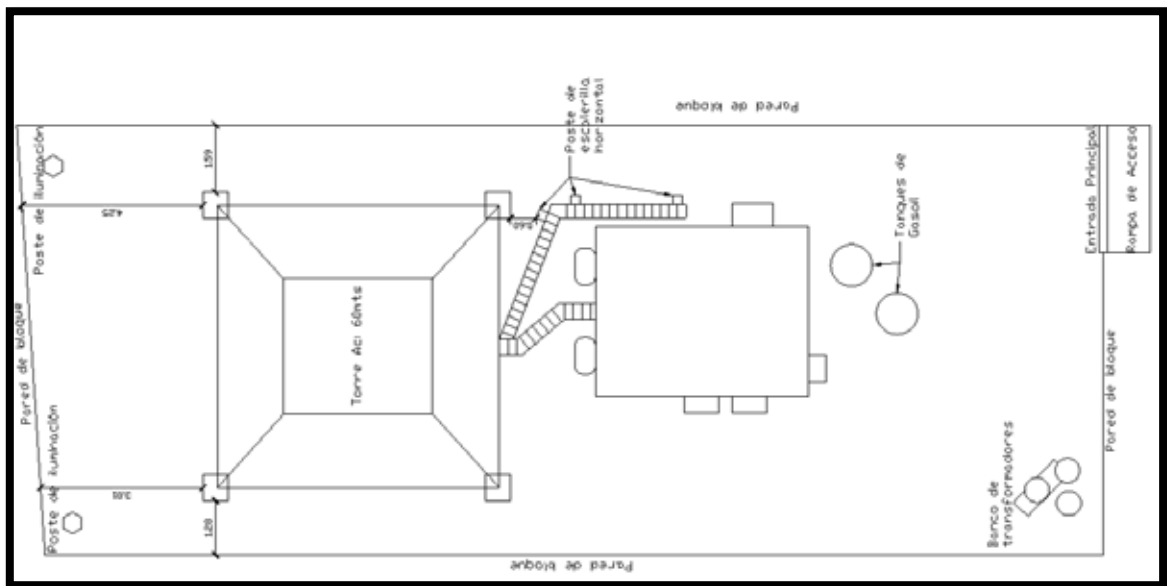
En este diseño se seleccionó la versión de los paneles capaces de generar 350 Watts, en base a esto y con los datos de consumo obtenidos con anterioridad se procedió al cálculo de la cantidad necesaria de paneles para este sistema.

$$X = \frac{9206,1W + 5430W}{350W} = 41.817 \text{ Paneles} = 42 \text{ Paneles}$$

Siendo X la cantidad mínima de paneles necesarios para la alimentación del sistema, todo esto es considerando condiciones ideales de irradiación horizontal sobre los paneles, y como consecuencia de esto ha de establecerse un margen de seguridad para garantizar que la energía generada por los paneles solares sea superior al mínimo necesario para asegurar el correcto funcionamiento de todo el sistema, por lo que se prosiguió a calcular la cantidad necesaria de paneles tomando como dicho margen de seguridad un 40% de incremento en la potencia consumida por el sistema.

$$X = (9206,1W + 5430W)$$

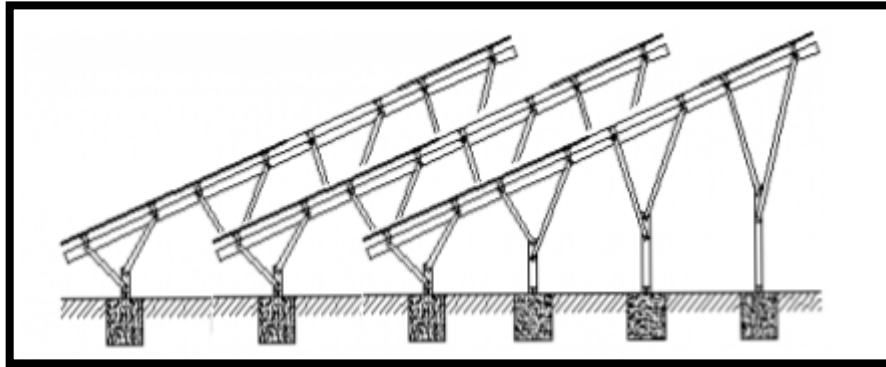
Radios enlaces, etc. Al ser una estación con diferentes plataformas posee un gran espacio de terreno comprendido de unos 320 metros cuadrados, la cual entre la torre y cuarto de comunicaciones ocupa solo 180 metros cuadrados de construcción, dejándonos la posibilidad de usar 80 metros cuadrados más si se quiere ampliar la estación o instalar equipos de esta categoría sin afectar el acceso a la estación y el diseño de distribución de la misma. (ver Figura 36)



**Figura 36:** Distribución Física BTS “Variante Norte”

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2020)

Por otro lado también en otras estaciones es viable instalar paneles solares sobre la misma torre de telecomunicaciones, pero en esta no es viable, ya que lo máximo de carga que podemos instalar en una torre como la de “Variante norte” que mide 45 metros de altura es de solo unos 400kg, esto es solo por el lado de equipos, se tiene en cuenta que el total de los paneles que hemos calculado anteriormente comprende alrededor de los 300kg así que no sería viable instalar la totalidad de las células fotovoltaicas, por lo que se decidió por motivos de distribución instalar 2 arreglos de 15 paneles sobre el cuarto de comunicaciones y otros 2 arreglos en el terreno sin disponer del espacio que hay en la BTS. (ver Figura 37)



**Figura 37:** Arreglo de Paneles en Proporción 3 x 5

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2020)

Los paneles solares en la mayoría a su salida el voltaje producido es de tipo DC, este nos serviría si quisiéramos alimentar solo los equipos de telecomunicaciones nada más, pero debemos tomar en cuenta que la potencia consumida en AC es superior a la consumida en DC, porque esta aparte de los equipos de telecomunicaciones este alimenta a los sistemas de refrigeración como son los aires acondicionados, sistemas de iluminación, cuadro de fuerza, entre otros elementos. (ver Anexo B)

El diseño eléctrico se propuso de la siguiente manera, en primer orden se tiene la energía principal AC que está comprendida por un medidor de corriente, un supervisor de fase, breaker principal y luego alimenta la estación si está estable y el supervisor lo autoriza, si hay una falla eléctrica el supervisor de fase primario aísla el AC suministrado por la red y activa un retardo junto con la transferencia de energía, la cual es la encargada de esperar entre 3 a 5 minutos a que la energía se reestablezca, si esto no ocurre activa nuestros paneles fotovoltaicos suministrando energía DC que convertimos a AC con un circuito inversor DC – AC, este también estará controlado por un supervisor de fase secundario y nos activara cuando el transferidor nos ordene, también posee un tablero AC – DC secundario para los paneles fotovoltaicos, una vez que el sistema alterno de alimentación este activado este se encargara de cargar nuestro banco de baterías que estaban funcionando como un UPS mientras el retardo de reloj del trasfer cambiaba de red de alimentación, una vez cargadas las baterías el sistema

alternativo dejara de funcionar solo si la energía suministrada por la red vuelve a estar activa, si esto ocurre el supervisor de fase primario enviara un señal al transfer switch indicando que haga el cambio de líneas y reestablezca todo a la normalidad. (ver Anexos C – D - E)

Todo sistema de telecomunicaciones actuales poseen su gestor del tipo interfaz el cual se encarga de ver en tiempo real estado de los equipos que están activos en la estación, también poseen un sistema de alarmas que está ligado por la parte de telefonía dependiendo la tecnología, estas alarmas se envían por vía de un gestor en forma de código de programación dependiendo del fabricante, como este nuevo sistema de alimentación alternativo es un equipo nuevo que se está añadiendo a la estación también debe crearse un gestor que supervise todos los sistemas de la estación de telecomunicaciones, desde la red de telefonía, acceso radio, estado energía AC, estado energía DC, entre otros factores.

La interconexión del sistema de alarma se realizó en el cuadro de fuerza de la BTS, el cual consta de una tarjeta del tipo controladora que es la que convierte los pulsos de fallas en códigos de programación para que así los gestores U2000 de HUAWEI de telefonía móvil sea UMTS o LTE los interprete y los pase a la interfaz, pero en una forma muy técnica (Por código de falla). El gestor alarmas para el sistema de alimentación de las BTS se elaboró el diseño con una tarjeta controladora del tipo RASPBERRY PI la cual fue programada en Python, creando una interfaz que nos permita ver todas las alarmas de la estación de una forma más visual amigable con el usuario y no por código de falla. (ver Anexos F – G)

La conexión de esta nueva tarjeta del tipo RASPBERRY PI interpreta los pulsos en vez de código de falla como se hacía anteriormente. Esta se conectó antes de la tarjeta controladora original de la estación ubicada en el cuadro de fuerza, para así poder tener dos gestores funcionales en simultaneo sin que uno afecte al otro negativamente. (ver Anexos H – I - J).

Esta tarjeta obtiene la información a través de una librería de alarmas existentes con sus estatus, además también posee la información general de la estación, tal como

es el nombre de la estación de telecomunicaciones, cell id y región en donde esta ubicada, que luego toda la información es post procesada por la interfaz creada en Python. (ver Figura 38)



**Figura 38:** Ventana Principal de la Interfaz Gráfica de la RASPBerry PI

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2020)

El diseño actual que ha sido propuesto permite de una forma prolongada de tiempo proveer de un servicio de forma constante en una zona geográfica determinada y también al poseer un sistema de alarmas que puede ser gestionada a través de una interfaz que fuese amigable con el usuario para así poder de forma más eficiente conocer que está fallando en la estación de telecomunicaciones.

#### **4.6 FASE VI: Realización de un Estudio de Factibilidad técnico, operativo, económico, ambiental y social para la implementación del Sistema de Alimentación Alternativo para Torres de Telecomunicaciones de Telefonía Móvil en el Municipio San Diego**

En la presente fase se procedió a estudiar todos los aspectos relevantes internos que pudo dejar el diseño del sistema de alimentación alternativo en las torres de telecomunicaciones, tomando en cuenta distintos puntos de observación, las cuales son las siguientes:

- **Factibilidad Técnica:** Los sistemas de telecomunicaciones ubicados en la estación denominada “Variante Norte” consta con una serie de equipos que consumen altos nivel de potencia de forma constante, el diseño en cuestión es factible ya que gracias a este se puede prolongar el servicio, añadiendo células fotovoltaicas y un gestor que las pueda supervisar de forma a distancia, para así saber el estado actual de la estación. Para el diseño del sistema de alimentación alternativo se propusieron los siguientes componentes: paneles fotovoltaicos, inversor DC – AC, supervisores de fase, panel de breakers, breakers, transferswitch (suministrado por la estación), reloj con delay (suministrado por la estación) y para el gestor de las alarmas de las BTS se propuso un RASPBERRY PI, el cual fue programado en Python.
- **Factibilidad Operativa:** En la operatividad de la estación no la afecta en nada ya que como se está prolongando el servicio en el caso de un fallo energético esta no dejaría de estar operando. El diseño del sistema alimentación alterno fue para que la estación por ninguna circunstancia dejase de operar que ya esto perjudicaría de forma negativa a los usuarios y monetariamente a la empresa ya que no estaría produciendo un servicio por ese instante de tiempo.
- **Factibilidad Económica:** Todos los equipos de telecomunicaciones representan un alto costo en cuanto a repuestos o componentes se refiere, sin embargo, esto representa una cantidad mínima en comparación con las ganancias monetarias que produce a la hora de tener un servicio de consumo de voz y datos de forma constante. Si una de estas estaciones llegase a estar fuera de servicio por tiempo prolongado, esto representaría una pérdida considerable para la empresa ya que dejó de proveer un servicio del cual se

espera constancia. El diseño de este sistema de energía alterno soluciona este problema en cuanto una falla de suministro eléctrico se refiere ya que no solo se constaría de una única forma de alimentación, sino que también tendría una secundaria, esta se encargaría de sustentar la estación el tiempo necesario hasta la energía primaria se reestablezca. Los componentes necesarios para que el diseño propuesto se pudiese implementar se mostraran a continuación en la Tabla 4 con la lista de precios de cada equipo propuesto.

<b>Cantidad</b>	<b>Clase de Equipo</b>	<b>Costo (\$)</b>	<b>Costo (BsS)</b>
60	Paneles fotovoltaicos HCM72X9	250 \$	1.125.000.000 BsS
01	Convertidor DC – AC Powermaster B00FJYFLT45	560\$	42.000.000 BsS
02	Supervisor de fase trifásica	180\$	13.500.000 BsS
01	Transfe Swtich con reloj 2500 AMP 4 POLOS	3.740\$	262.500.500 BsS
02	Panel de Breaker	200\$	15.000.000 BsS
04	Breaker	100\$	7.500.000 BsS
01	CanaKit RASPBerry PI	120\$	9.000.000 BsS
	<b>Total</b>	20.000\$	1.500.000.000 BsS

**Tabla 4:** Estructura de Costos de Componentes

**Fuente:** Bou Mansour, Figueredo (2020)

- **Factibilidad Ambiental:** En cuanto al medio ambiente se refiere al ser una energía verde o también denominada renovable, es decir, no es contaminante, no presenta un riesgo donde está ubicada la estación de telecomunicaciones y así se evita el uso de motogeneradores que lo que hacen es contaminar con monóxido de carbono el entorno que la rodea y además también produce contaminación sónica que afecta a los pobladores del área.

- **Factibilidad Social:** En la sociedad las comunicaciones se han vuelto muy relevantes para la vida cotidiana, así que cada vez la calidad del servicio ha mejor y más eficiente. Los sistemas de energía de las estaciones son uno de los más importantes de las BTS, ya que las estaciones están siempre operativas previendo de un servicio de forma constante. Gracias al diseño del sistema de alimentación alterno que fue elaborado el servicio puede ser garantizado sin afectar a los usuarios en el caso de un corte del sistema de alimentación eléctrico tradicional.

## CONCLUSIONES

En el desarrollo de este proyecto se pudo comprender los principios del funcionamiento de una torre de telecomunicaciones tanto por los equipos propios internos que la conforman como por sus equipos externos y por su gran relevancia en la vida cotidiana de la sociedad moderna por lo cual es necesaria la constancia del servicio que estas proporcionen.

Actualmente en Venezuela las torres de telecomunicaciones se ven afectadas por fallas en el suministro eléctrico lo cual conlleva a proponer diseño de un sistema de alimentación alternativo en las misma. En este caso particular la propuesta se realizó para la estación de telecomunicaciones denominada “Variante Norte” propiedad de TELEFONICA VENEZOLANA C.A., al ser una estación de gran importancia por poseer múltiples servicios como lo son GSM, UMTS, LTE, radio enlaces de clientes corporativos, en consecuencia, a la cantidad de servicios que posee, sus niveles de consumo de potencia son superiores a otras estaciones de menor envergadura. Cabe destacar que el consumo de potencia no es lineal ya que en determinadas horas del día el tráfico de datos que suministra la estación es mayor debido a la cantidad de usuarios conectados. Para la realización del diseño de este sistema de alimentación alternativo se tomaron estos niveles de consumo en estas horas determinadas del día como valor de referencia ya que era necesario de saber los valores máximo de consumo de la instalación.

Durante este estudio se identificaron un gran número de fallas que se pueden presentar en esta clase instalación, siendo la más común la falla del suministro eléctrico AC, por lo que la misma causa a largo plazo deterioro de los equipos como en las baterías, rectificadores, entre otros.

Se analizaron diferentes alternativas de fuentes de alimentación, y debido a la zona geográfica donde se encuentra esta estación se determinó que la opción viable es

la energía solar a través de paneles fotovoltaicos, los elementos escogidos para el desarrollo de este diseño.

Debido a que el consumo en corriente alterno (AC) mayor que la corriente directa (DC) se decidió que los paneles fotovoltaicos alimenten el sistema a través de un inversor para poder realizar una distribución de cargas correctamente por medio de los tableros de distribución.

Este tipo de alimentación alternativa al ser una energía verde, no contamina el medio ambiente que la rodea. Este diseño proporcionaría estabilidad en el servicio y ayudaría a garantizar su continuidad y así proveerles a los usuarios seguridad de que sus comunicaciones no serán interrumpidas. Entre una de las grandes ventajas del diseño de un sistema de alimentación alternativo en base a la energía solar, se encuentra que los mismos requieren de mínimo mantenimiento y su instalación es simple. Finalmente se logró completar en su totalidad los objetivos específicos planteados lo cual se tradujo en la culminación en la propuesta de diseño factible.

## RECOMENDACIONES

Finalizado completamente el desarrollo de la propuesta se pueden acotar las siguientes recomendaciones:

- Al ser un diseño versátil se puede aplicar el mismo estudio a estación de telecomunicaciones con valores de consumo distintos para aplicar un patrón de diseño similar.
- Estudiar los consumos de potencia y tráfico durante un periodo de tiempo extenso para obtener unas mediciones más exactas.
- Realizar todos planos eléctricos para cada instalación ya que ellos varían entre una estación y otra.
- Se recomienda realizar el estudio de consumo de carga ya que estos varían entre una estación y otra.
- En caso de implementar la propuesta, se recomienda para la adquisición de la (s) batería (s) realizar la figura de concurso público “licitación pública” (anteriormente denominado licitación pública).
- El diseño del sistema de supervisión de alarma realizado puede ser expandido para la inclusión de una gran variedad de estaciones, para lo cual será necesaria la creación y expansión de una base de datos con toda la información pertinente de las estaciones a supervisar, incluyendo el desarrollo de un sistema de actualización vía WEB de las mismas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abella Miguel Alonso (2005), **Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones Solares Fotovoltaicas**. CIEMAT, Madrid.

Abu-Rub Haitham, Malinowski Mariusz y Al-Haddad Kamal (2014), **Power Electronics for renewable energy systems, transportation and industrial applications**. Editorial Wiley.

Arias, Fidas (2012). **Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología**. Edición N° 6. Editorial Episteme.

Haykin, Simon (2015), **Sistemas de Comunicación**. Edición N° 4. Editorial Limusa Wiley  
McMaster University

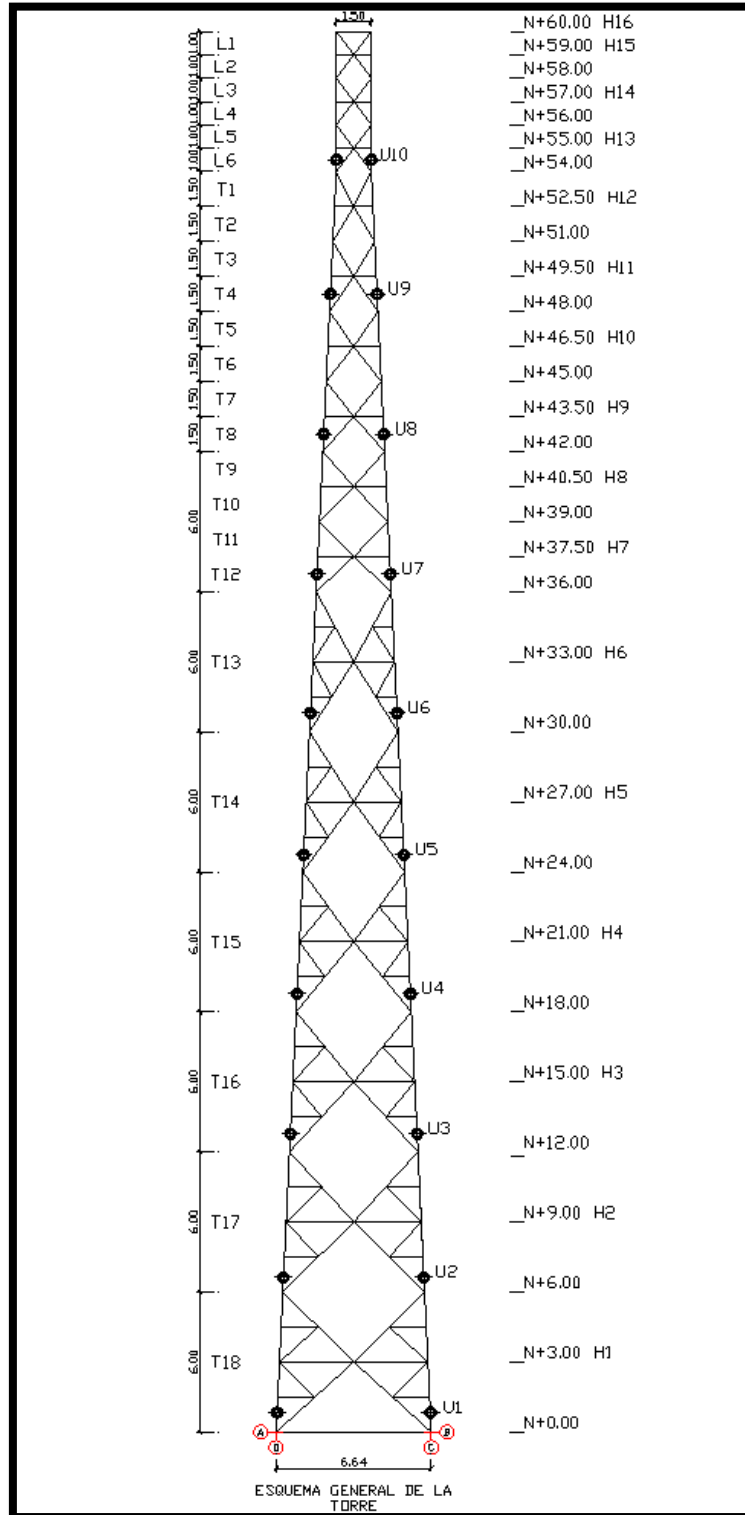
Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (2014) **Metodología de la Investigación**. Edición N° 6. Editorial McGrawHill.

Mijares Héctor y García Luis (2007), **Normas para la elaboración y presentación de los anteproyectos, proyectos y trabajos de grado**. Universidad José Antonio Páez, San Diego, Edo. Carabobo.

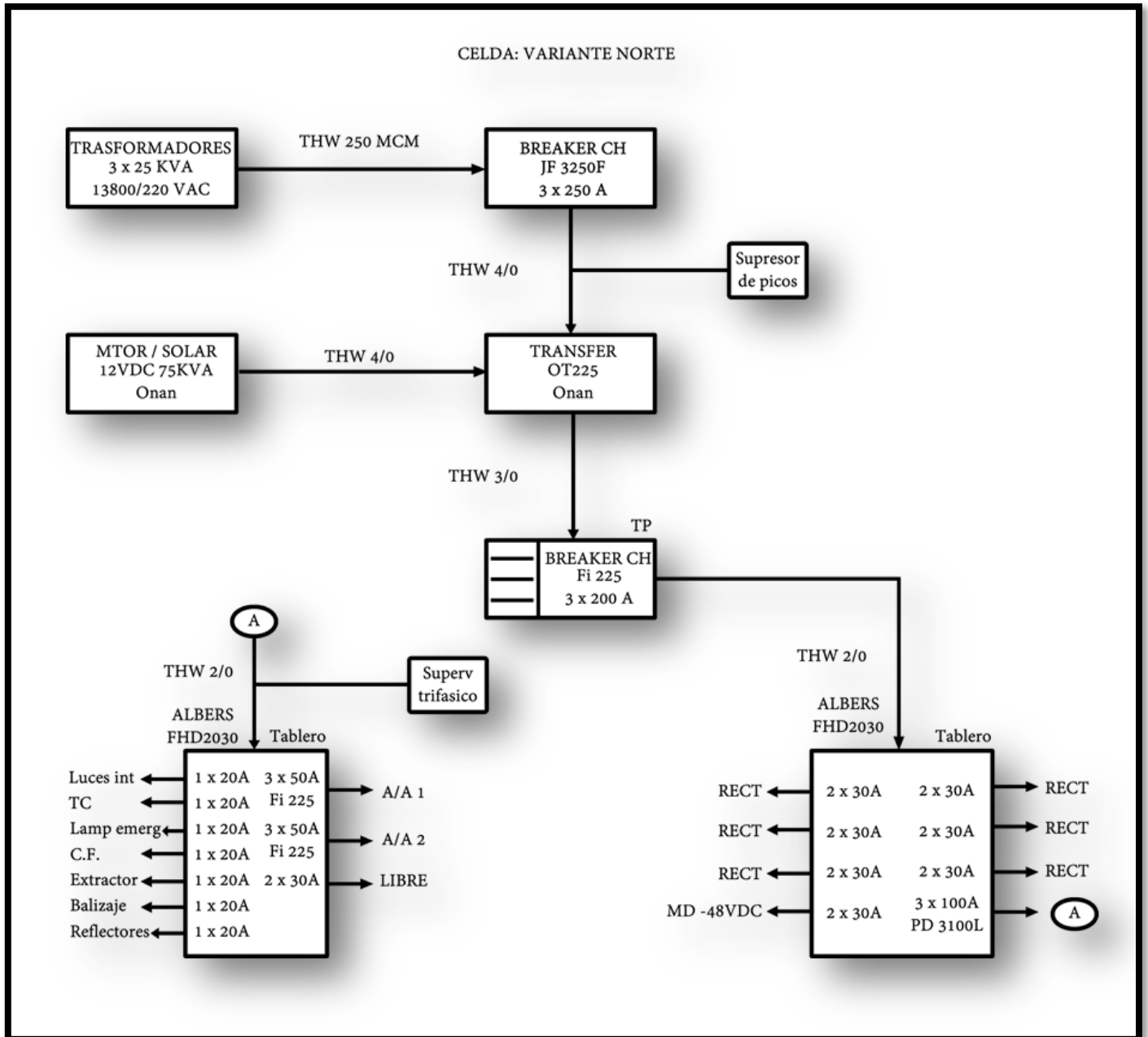
MOTOROLA, INC. (2012), **Glosario celular de términos y acrónimos**. Edición N° 8. Editorial Cellular Infrastructure Groupe.

## ANEXOS

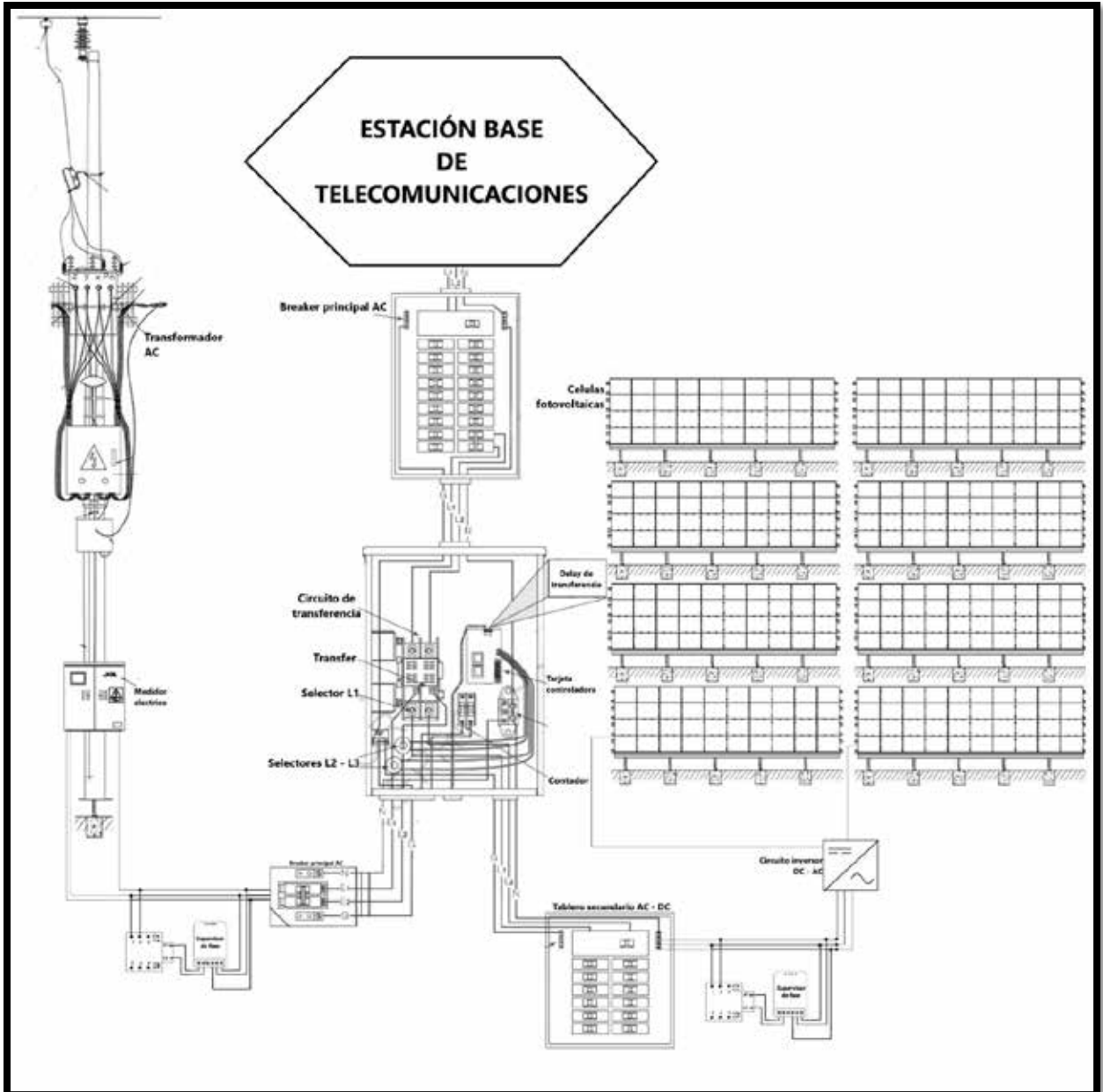
### ANEXO A: Plano físico de la torre de telecomunicaciones “Variante Norte”



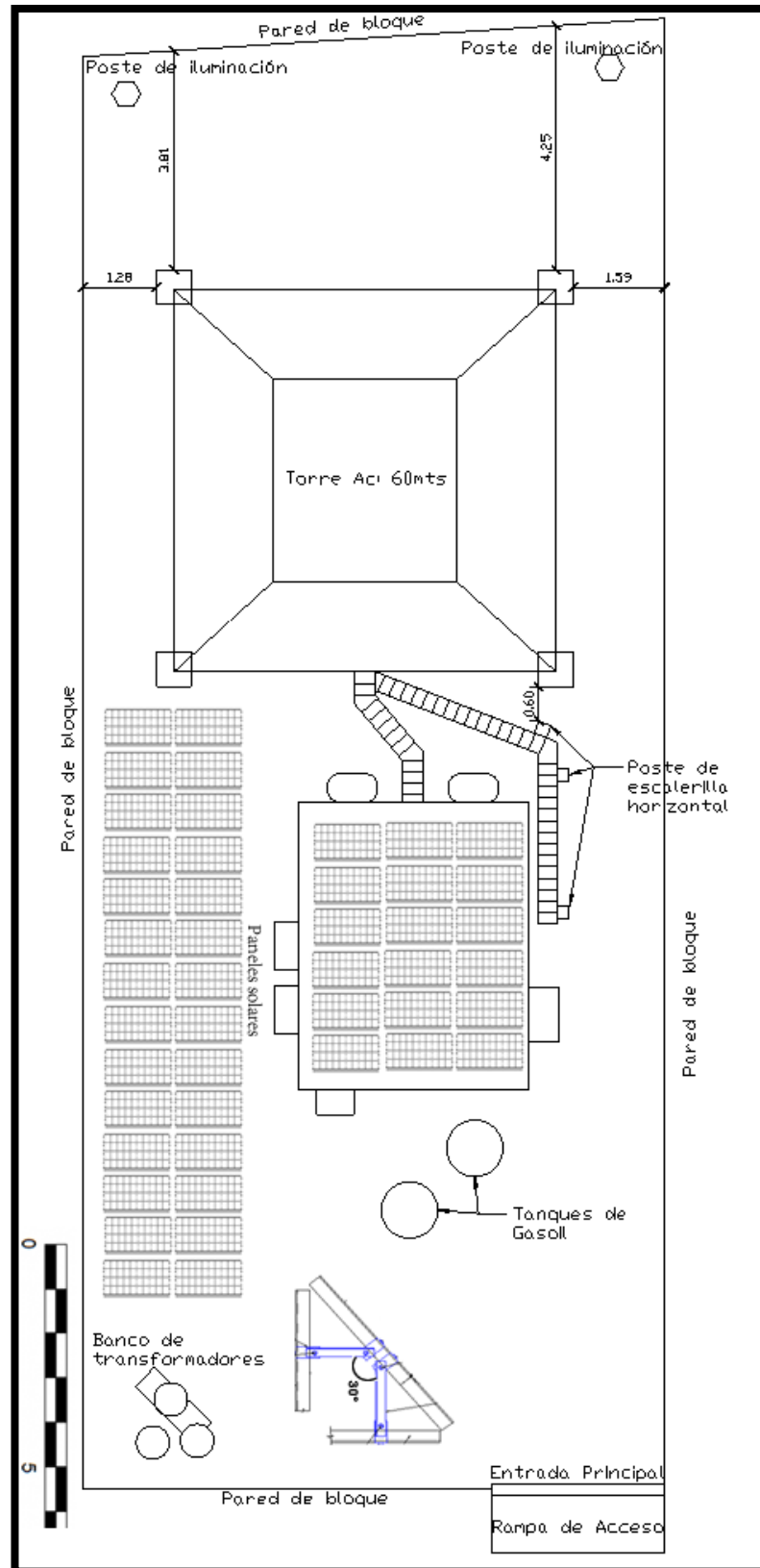
**ANEXO B: Esquema eléctrico unifilar del sistema de alimentación de la torre de telecomunicaciones “Variante Norte”**



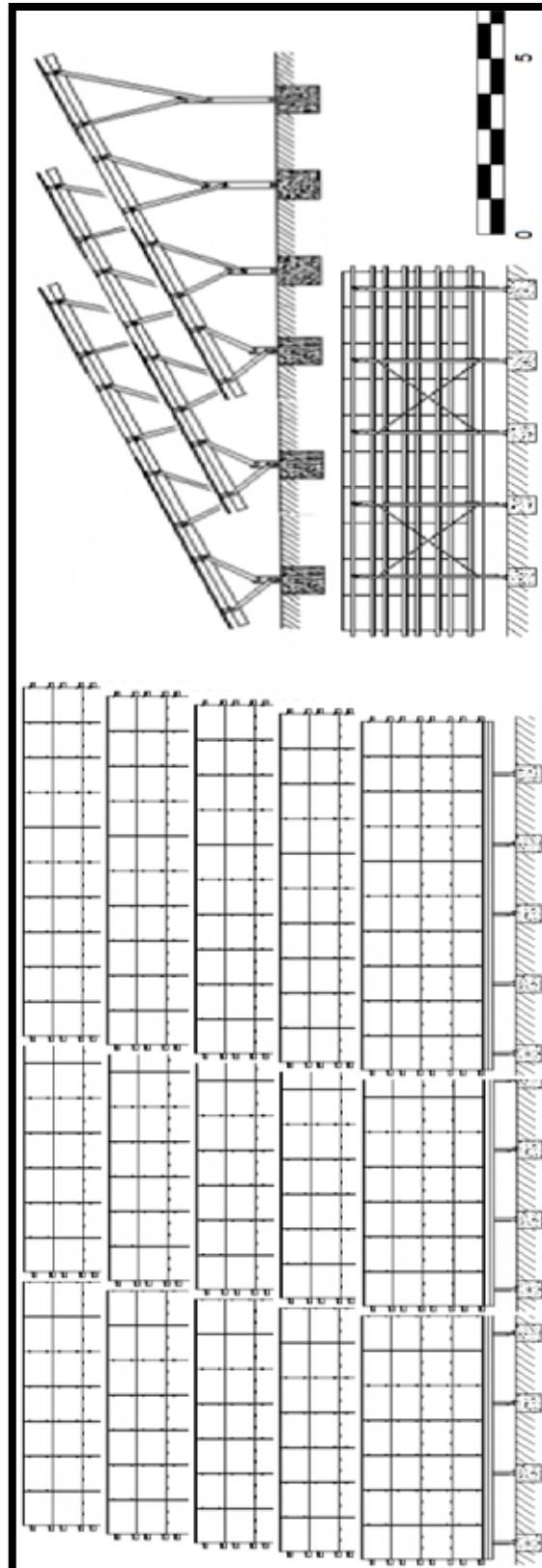
## ANEXO C: Esquema eléctrico de conexiones del sistema de alimentación alternativo



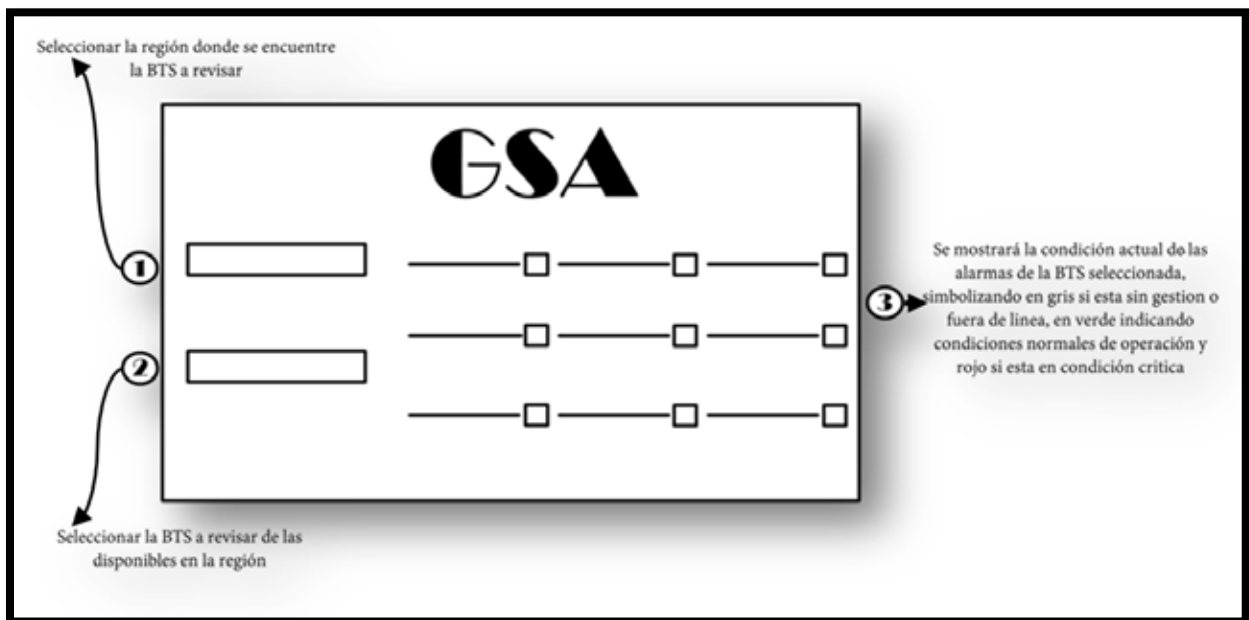
## ANEXO D: Diseño físico de la estación el sistema de alimentación alternativo



**ANEXO E: Plano físico de los paneles solares en arreglo 3X5**



## ANEXO F: Diagrama de bloques de la interfaz gráfica del gestor sistema de alarmas





```

InterfazPy - C:\Users\user\Desktop\CSA\InterfazPy\5.5.3
File Edit Format Run Options Window Help

self.step2.grid(row=1, column=3, padx=6, pady=6)
self.step3.grid(row=2, column=3, padx=6, pady=6)
self.step4.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
self.step5.grid(row=1, column=3, padx=6, pady=6)
self.step6.grid(row=2, column=3, padx=6, pady=6)
self.step7.grid(row=0, column=7, padx=6, pady=6)
self.step8.grid(row=1, column=7, padx=6, pady=6)
self.step9.grid(row=2, column=7, padx=6, pady=6)

self.txt = Label(self, text="    Botón de Acción", padx=5, pady=5)
self.txt.grid(row=0, column=6, padx=6, pady=6)

MAIN_WINDOW.configure(WIDTH=700, HEIGHT=900)
MAIN_WINDOW.resizable(WIDTH=False, HEIGHT=False)
self.place(width=700, height=900)

def IDleccionada(self, event):
    id = self.combo1.get()
    txt = self.combo2.get()
    # eg == "Selec Accion"
    self.combo1["values"] = ["Botón Variante=Botón"]
    #id=
    self.combo1["values"] = [""]

def btn_accionada(self, event):
    btn = self.combo2.get()
    datos = tabla_guia.get()
    # datos[0] == 0:
    self.dig1 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
    self.dig1.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
    # datos[0] == 1:
    self.dig1 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
    self.dig1.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
    # datos[0] == 2:
    self.dig1 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
    self.dig1.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
    # datos[1] == 0:
    self.dig2 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
    self.dig2.grid(row=1, column=3, padx=6, pady=6)
    # datos[1] == 1:
    self.dig2 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
    self.dig2.grid(row=1, column=3, padx=6, pady=6)
    # datos[1] == 2:

```

```

InterfazPy - C:\Users\user\Desktop\CSA\InterfazPy\5.5.3
File Edit Format Run Options Window Help

# datos[1] == 0:
self.dig2 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig2.grid(row=1, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[2] == 0:
self.dig3 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig3.grid(row=2, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[2] == 1:
self.dig3 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig3.grid(row=2, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[2] == 2:
self.dig3 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig3.grid(row=2, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[3] == 0:
self.dig4 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig4.grid(row=0, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[3] == 1:
self.dig4 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig4.grid(row=0, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[3] == 2:
self.dig4 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig4.grid(row=0, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[4] == 0:
self.dig5 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig5.grid(row=1, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[4] == 1:
self.dig5 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig5.grid(row=1, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[4] == 2:
self.dig5 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig5.grid(row=1, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[5] == 0:
self.dig6 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig6.grid(row=2, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[5] == 1:
self.dig6 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig6.grid(row=2, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[5] == 2:
self.dig6 = ttk.Label(self, text="    ", background="red", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig6.grid(row=2, column=7, padx=6, pady=6)
# datos[6] == 0:
self.dig7 = ttk.Label(self, text="    ", background="grey", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig7.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[6] == 1:
self.dig7 = ttk.Label(self, text="    ", background="green", borderwidth=1, anchor="w", relief=RAISED)
self.dig7.grid(row=0, column=3, padx=6, pady=6)
# datos[6] == 2:

```

```

C:\Users\Jovan\Desktop\OSK\Interfacy (3.6.2)
File Edit Format Run Options Window Help
self.d1ap3 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="red", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap3.grid(row=1, column=3, padx=5, pady=5)
## d1apc[3] == 0:
self.d1ap4 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap4.grid(row=2, column=3, padx=5, pady=5)
##if d1apc[3] == 1:
self.d1ap4 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap4.grid(row=2, column=3, padx=5, pady=5)
##if d1apc[3] == 2:
self.d1ap4 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="red", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap4.grid(row=2, column=3, padx=5, pady=5)
## d1apc[4] == 0:
self.d1ap7 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap7.grid(row=0, column=7, padx=1, pady=5)
##if d1apc[4] == 1:
self.d1ap7 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap7.grid(row=0, column=7, padx=1, pady=5)
##if d1apc[4] == 2:
self.d1ap7 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="red", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap7.grid(row=0, column=7, padx=1, pady=5)
## d1apc[7] == 0:
self.d1ap8 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap8.grid(row=1, column=8, padx=1, pady=5)
##if d1apc[7] == 1:
self.d1ap8 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap8.grid(row=1, column=8, padx=1, pady=5)
##if d1apc[7] == 2:
self.d1ap8 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="red", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap8.grid(row=1, column=8, padx=1, pady=5)
## d1apc[8] == 0:
self.d1ap9 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap9.grid(row=2, column=9, padx=1, pady=5)
##if d1apc[8] == 1:
self.d1ap9 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="green", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap9.grid(row=2, column=9, padx=1, pady=5)
##if d1apc[8] == 2:
self.d1ap9 = tk.Label(self.ecq3, text=" ", background="red", borderwidth=1, anchor="c", relief=RAISED)
self.d1ap9.grid(row=2, column=9, padx=1, pady=5)

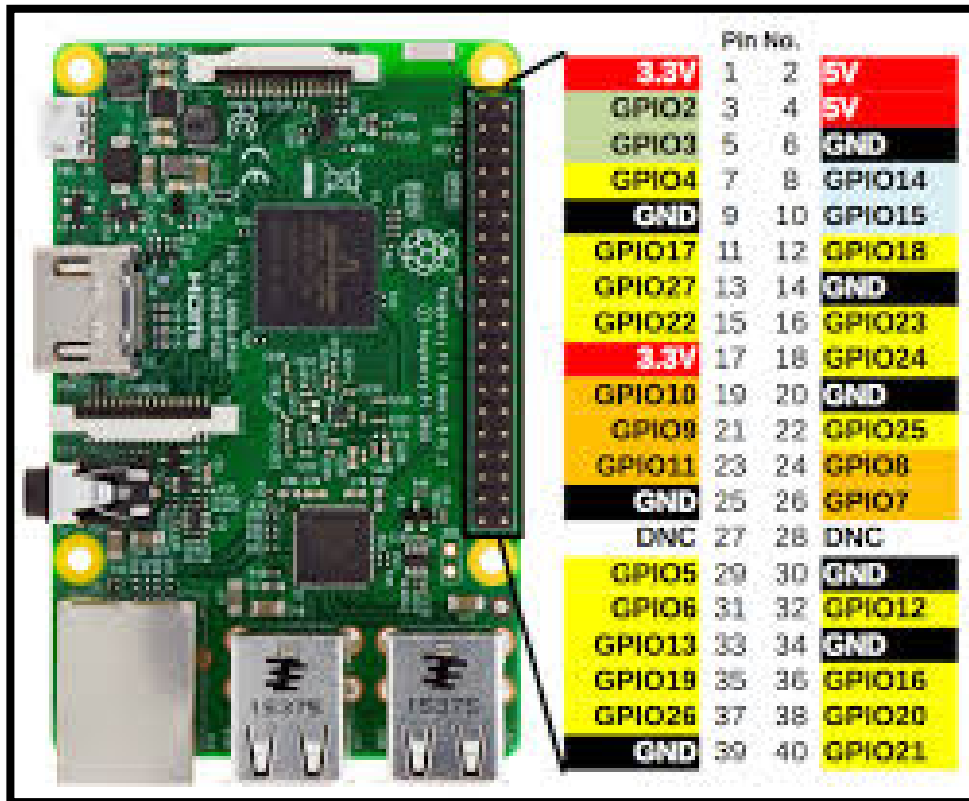
main_window = tk.Tk()
app = Application(main_window)
app.mainloop()
Ln 181 Col 0

```

**ANEXO H: Ventana Principal de la Interfaz Gráfica de la RASPBERRY PI**



## ANEXO I: Especificaciones de puertos RASPBERRY PI



Peripherals	GPIO	Particle	Pin #		Pin #	Particle	GPIO	Peripheral
	3.3V		1	X	2		5V	
I2C	GPIO2	SDA	3	X	4		5V	
	GPIO3	SCL	5	X	6		GND	
Digital I/O	GPIO4	DO	7	X	8	TX	GPIO4	UART
	GND		9	X	10	RX	GPIO15	Serial 1
Digital I/O	GPIO17	D1	11	X	12	DM/A0	GPIO18	PWM 1
Digital I/O	GPIO27	D2	13	X	14		GND	
Digital I/O	GPIO22	D3	15	X	16	DM/A1	GPIO23	Digital I/O
	3.3V		17	X	18	DM/A2	GPIO24	Digital I/O
SPI	GPIO10	MOSI	19	X	20		GND	
	GPIO9	MISO	21	X	22	DM/A3	GPIO25	Digital I/O
	GPIO11	SCK	23	X	24	CE0	GPIO8	SPI
	GND		25	X	26	CE1	GPIO7	(chip enable)
DO NOT USE	ID_SD	DO NOT USE	27	X	28	DO NOT USE	ID_SC	DO NOT USE
Digital I/O	GPIO5	D4	29	X	30		GND	
Digital I/O	GPIO6	D5	31	X	32	DM/A4	GPIO12	Digital I/O
PWM 2	GPIO13	D6	33	X	34		GND	
PWM 2	GPIO19	D7	35	X	36	DM/A5	GPIO16	PWM 1
Digital I/O	GPIO26	D8	37	X	38	DM/A6	GPIO26	Digital I/O
	GND		39	X	40	DM/A7	GPIO21	Digital I/O

## ANEXO J: Hoja de especificaciones RASPBERRY PI

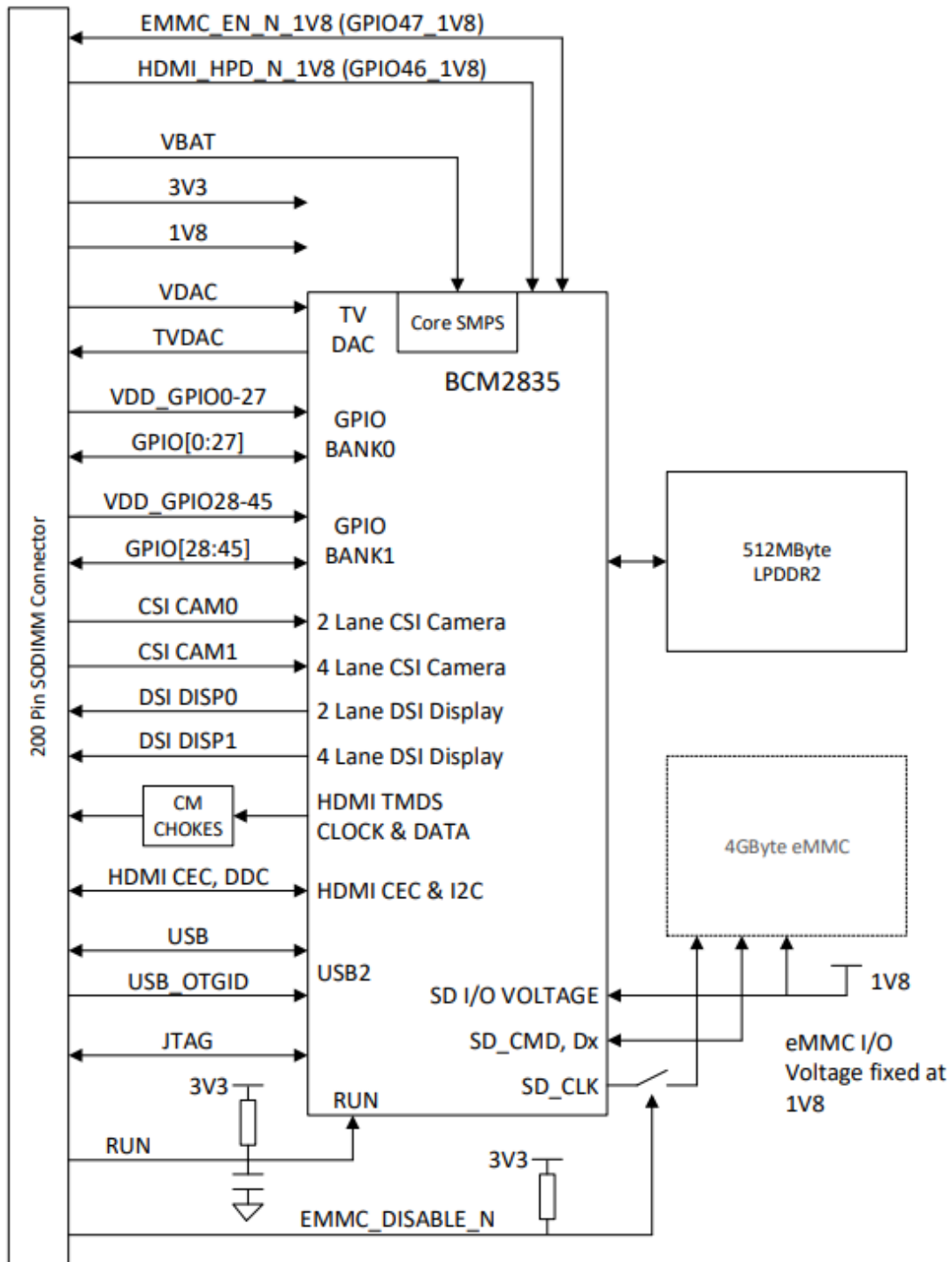


Figure 1: CM1 Block Diagram

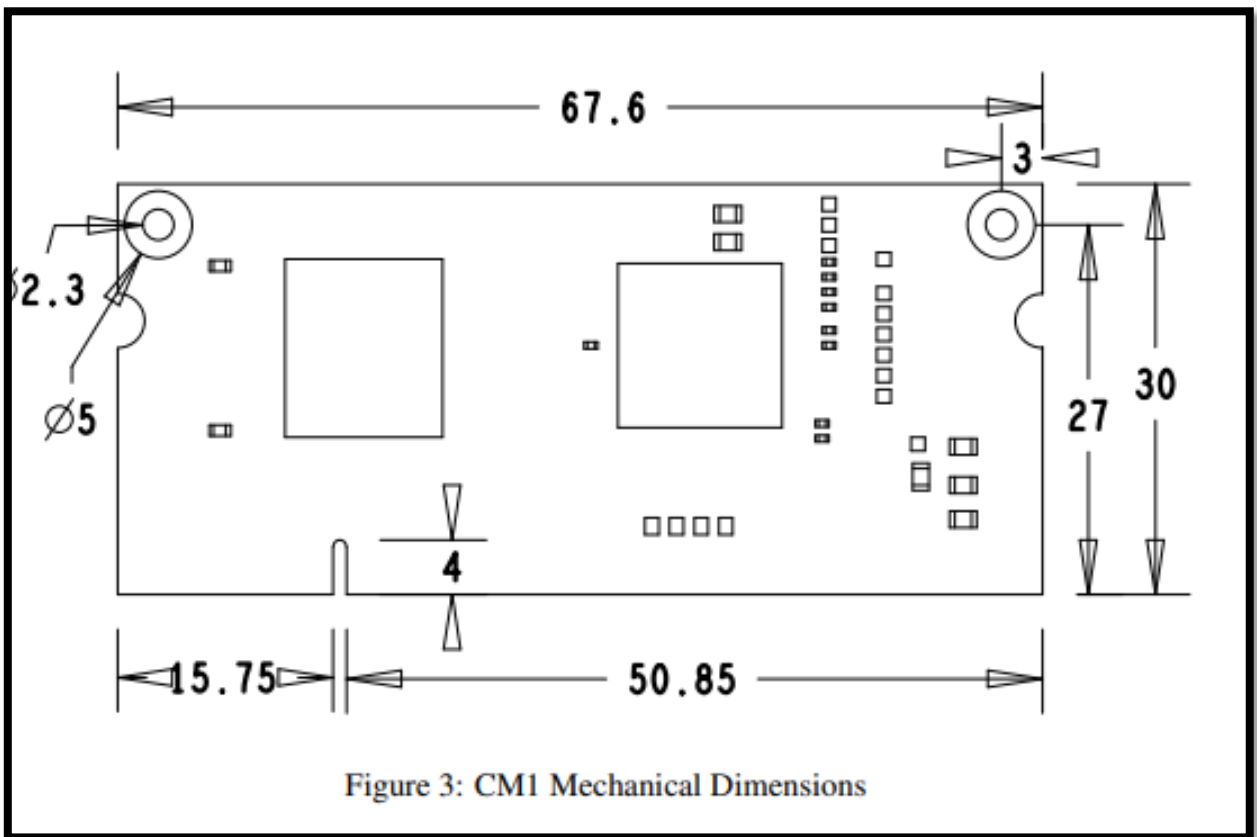


Figure 3: CM1 Mechanical Dimensions

## 6 Electrical Specification

**Caution!** Stresses above those listed in Table 4 may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only; functional operation of the device under these or any other conditions above those listed in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Symbol	Parameter	Minimum	Maximum	Unit
V <sub>BAT</sub>	Core SMPS Supply	-0.5	6.0	V
3V3	3V3 Supply Voltage	-0.5	4.10	V
1V8	1V8 Supply Voltage	-0.5	2.10	V
VDAC	TV DAC Supply	-0.5	4.10	V
GPIO0-27_VDD	GPIO0-27 I/O Supply Voltage	-0.5	4.10	V
GPIO28-45_VDD	GPIO28-27 I/O Supply Voltage	-0.5	4.10	V
SDX_VDD	Primary SD/eMMC Supply Voltage	-0.5	4.10	V

Table 4: Absolute Maximum Ratings

DC Characteristics are defined in Table 5

Symbol	Parameter	Conditions	Minimum	Typical	Maximum	Unit
$V_{IL}$	Input low voltage <sup>a</sup>	VDD_IO = 1.8V	-	-	0.6	V
		VDD_IO = 2.7V	-	-	0.8	V
$V_{IH}$	Input high voltage <sup>a</sup>	VDD_IO = 1.8V	1.0	-	-	V
		VDD_IO = 2.7V	1.3	-	-	V
$I_{IL}$	Input leakage current	TA = +85°C	-	-	5	μA
$C_{IN}$	Input capacitance	-	-	5	-	pF
$V_{OL}$	Output low voltage <sup>b</sup>	VDD_IO = 1.8V, IOL = -2mA	-	-	0.2	V
		VDD_IO = 2.7V, IOL = -2mA	-	-	0.15	V
$V_{OH}$	Output high voltage <sup>b</sup>	VDD_IO = 1.8V, IOH = 2mA	1.6	-	-	V
		VDD_IO = 2.7V, IOH = 2mA	2.5	-	-	V
$I_{OL}$	Output low current <sup>c</sup>	VDD_IO = 1.8V, VO = 0.4V	12	-	-	mA
		VDD_IO = 2.7V, VO = 0.4V	17	-	-	mA
$I_{OH}$	Output high current <sup>c</sup>	VDD_IO = 1.8V, VO = 1.4V	10	-	-	mA
		VDD_IO = 2.7V, VO = 2.3V	16	-	-	mA
$R_{PU}$	Pullup resistor	-	50	-	65	kΩ
$R_{PD}$	Pulldown resistor	-	50	-	65	kΩ

<sup>a</sup> Hysteresis enabled

<sup>b</sup> Default drive strength (8mA)

<sup>c</sup> Maximum drive strength (16mA)

Table 5: DC Characteristics