

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA EL
SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA BIBLIOTECA
CENTRAL SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR AL 2019”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ELGUERA MONTALBAN, CESAR JEAN

ASESOR

MURILLO MANRIQUE, MARGARITA FREDESVINDA

Villa el Salvador

2019

DEDICATORIA

A Dios por guiarme y darme la oportunidad de cumplir una de mis metas.

A mis padres, por su apoyo en el transcurso de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios por la vida, la salud y por la oportunidad de terminar con satisfacción una de mis metas más importantes para mi realización profesional.

A mi madre Gloria, por todo su apoyo brindado, por los consejos, por todo el esfuerzo y sacrificio que realizó y realiza hasta el día de hoy para el cumplimiento de cada una de mis metas, estoy orgulloso de ti mamá y agradezco a Dios por tenerte como mi madre, te quiero mamá.

A mi padre Pablo, por todo su esfuerzo, por todo el apoyo brindado para culminar mi carrera profesional y por todos los consejos los cuales me ayudaron a mi formación, te quiero papá.

A una persona especial, por cada consejo alentador, por estar presente en este proceso y por confiar en mí.

A mi asesora y revisores por los conocimientos brindados para la realización de este trabajo.

Gracias a todos por formar parte de esta etapa de mi vida.

ÍNDICE

LISTADO DE FIGURAS	vii
LISTADO DE TABLAS.....	viii
INTRODUCCIÓN	ix
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Descripción de la Realidad Problemática	1
1.2 Justificación del Problema.....	1
1.3 Delimitación del Proyecto	2
1.3.1 Teórico.....	2
1.3.2 Temporal.....	2
1.3.3 Espacial.	2
1.4 Formulación del Problema.....	2
1.4.1 Problema General.....	2
1.4.2 Problemas Específicos.	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivos General.	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1 Antecedentes	5
2.2 Bases Teóricas	6
2.2.1 Sistema Fotovoltaico.....	6
2.2.1.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos.....	7
2.2.1.2 Elementos del sistema fotovoltaico.	9
2.2.1.3 Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos....	21
2.2.2 Suministro de Energía	29
2.3 Definición de Términos Básicos	31

CAPÍTULO III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL	33
3.1 Modelo de Solución Propuesto	33
3.1.1 Máxima demanda de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo.....	33
3.1.2 Radiación solar	35
3.1.3 Factor de pérdida.....	36
3.1.4 Cálculo de los componentes del sistema fotovoltaico.....	37
3.1.4.1 Cálculo de los módulos fotovoltaicos	37
3.1.4.2 Cálculo de baterías	41
3.1.4.3 Selección del regulador de carga	43
3.1.4.4 Dimensionamiento del inversor	43
3.1.4.5 Cálculos de conductores eléctricos	44
3.1.5 Cálculo del costo de ahorro de energía utilizando el sistema fotovoltaico.	46
3.2 Resultados	47
3.2.1 Resultados de la máxima demanda de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo.....	47
3.2.2 Resultados de la radiación solar.....	47
3.2.3 Resultados del cálculo de los componentes del sistema fotovoltaico..	48
3.2.3.1 Resultados del cálculo de los módulos fotovoltaicos.....	48
3.2.3.2 Resultados del cálculo de baterías.....	48
3.2.3.3 Resultados de la selección del regulador de carga	48
3.2.3.4 Resultados del dimensionamiento del inversor	48
3.2.4 Resultado del cálculo del costo de ahorro de energía utilizando el sistema fotovoltaico.....	48
CONCLUSIONES	49
RECOMENDACIONES.....	50

BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS.....	53

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de instalación fotovoltaica autónoma.....	7
Figura 2: Sistema de instalación conectado a la red.....	8
Figura 3: Conexión de módulos en serie.....	9
Figura 4: Conexión de módulos en paralelo.....	10
Figura 5: Características principales de un panel solar.....	10
Figura 6: Diferencias entre los paneles fotovoltaicos.....	11
Figura 7: Batería solar.....	13
Figura 8: Partes que conforman una batería.....	15
Figura 9: Ubicación del regulador de carga.....	16
Figura 10: Conexión del regulador en la instalación.....	17
Figura 11: Conectorización de un inversor - regulador en una IA.....	18
Figura 12: Esquema de una instalación autónoma.....	19
Figura 13: Esquema de una instalación conectada a la red.....	19
Figura 14: Componentes de la instalación.....	20
Figura 15: Datos geográficos.....	35
Figura 16: Ubicación satelital.....	35
Figura 17: Irradiación sobre el plano horizontal.....	36
Figura 18: Inclinação de módulos fotovoltaicos.....	39
Figura 19: Separación de módulos fotovoltaicos.....	40
Figura 20: Batería Surrette Rolls modelo: S-550 de 554 Ah.....	42
Figura 21: Diagrama de bloques.....	46

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Tabla de porcentaje de caída de tensión (%).....	26
Tabla 2: Parámetros y caída de tensión de los cables autoportantes.....	28
Tabla 3: Máxima caída de tensión permisible.....	29
Tabla 4: Cuadro de carga de la biblioteca SAM.....	34
Tabla 5: Variables eléctricas para cálculo de la biblioteca SAM.....	34
Tabla 6: Listas de coeficientes de pérdidas.....	36
Tabla 7: Factores para calcular la energía real.....	37
Tabla 8: Cálculo de costos.....	47

INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica que se llevará a cabo en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de La Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur ubicada en el distrito de Villa el Salvador, abarca diferentes criterios de estudio debido al crecimiento de alumnados y docentes en la universidad generando altos costos en las tarifas eléctricas, la cual será cubierta en su mayoría por la energía solar.

Para iniciar con la nueva propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica, se realizará una evaluación y cálculos detallados de cada uno de los elementos del sistema fotovoltaico que se van a instalar, para su posterior diseño.

La presente propuesta se desarrollará mediante diferentes etapas de estudio las cuales se verán a continuación.

El primer capítulo de la propuesta tratará sobre la descripción de la realidad problemática de nuestro estudio, sus justificaciones, así como también se planteará el objetivo general de nuestra propuesta y los objetivos específicos a los cuales se planean llegar a suministrar energía eléctrica a la biblioteca a través de un sistema fotovoltaico.

El segundo capítulo abarca los antecedentes que guardan relación con nuestra propuesta, los sustentos y definición teórica detallando los términos específicos de nuestra propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica, además se muestran las fórmulas que se aplicaran para realizar los cálculos del sistema.

El tercer capítulo abarca el método de desarrollo de la propuesta, la metodología que se empleara para realizar el estudio, los cálculos justificativos de la propuesta del diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica, así como también las conclusiones que se obtienen del trabajo y las recomendaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad el crecimiento de alumnados y docentes en la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, viene generando una gran demanda de energía eléctrica, la cual es consumida en su totalidad por las energías convencionales, contaminando así el medio ambiente y generando altos costos en las tarifas eléctricas.

La biblioteca central Santiago Antúnez de Mayolo presenta problemas tales como: La falta de una buena iluminación para el confort y óptimo estudio, así también una temperatura inadecuada, la sala informática no abastece la demanda de estudiantes, al mismo tiempo no cuenta con conectores de corriente continua para los objetos de estudios de los universitarios tales como (computadoras portátiles, calculadoras portátiles, celulares, filmadores, aparatos multimedia, etc.). Asimismo, la biblioteca no es tomada como carga crítica por el grupo electrógeno perjudicando a los alumnos en pérdidas de datos al realizarse un corte inesperado de energía.

Otro de los problemas es la falta de cultura ecológica, la optimización de recursos renovables y la falta de interés e investigación aporta a la problemática que se ve reflejada en la universidad, siendo esta una institución tecnológica debe revertir esta tendencia aprovechando los conocimientos y los recursos disponibles para solucionar el problema.

Ante esta situación actual se desarrollará el estudio y la propuesta de diseñar el sistema fotovoltaico para el suministro del sistema eléctrico de la biblioteca central Santiago Antúnez de Mayolo, todo esto tomando en cuenta las especificaciones técnicas, los requerimientos y criterios profesionales que nos permitan lograr satisfacer la máxima demanda en la biblioteca, etc.

1.2 Justificación del problema

El presente proyecto se justifica desde el punto de vista tecnológico en cuanto al diseño de un sistema fotovoltaico que pretende suministrar energía eléctrica, para cubrir la máxima demanda de las cargas que tiene la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo, lo cual nos permitirá aportar con la propuesta en

cuanto al ahorro de energía a desarrollar una cultura ecológica y disminuir los altos costos en la facturación de energía eléctrica de la Universidad.

Así mismo se justifica por que aportará con la iniciativa de proponer sistemas de energía renovables que involucra los aportes de nuevos conocimientos y tecnologías en beneficio de los universitarios, básicamente en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

1.3 Delimitación del proyecto

1.3.1 Teórico.

Este proyecto se enmarca en el área de las energías renovables, específicamente en el sistema fotovoltaico mediante celdas que aprovechan la energía solar y lo transforman a energía eléctrica, se considera información que explica el diseño de un sistema fotovoltaico.

1.3.2 Temporal.

El presente proyecto comprende el periodo de octubre a noviembre del 2019, durante el periodo del III programa de titulación.

1.3.3 Espacial.

El desarrollo del presente proyecto está comprendido en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, distrito de Villa el Salvador, región Lima, Perú.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema general.

¿Cómo será el diseño de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019?

1.4.2 Problemas específicos.

1. ¿Cómo se diseñará las celdas del sistema fotovoltaico para cubrir la máxima demanda de energía de la Biblioteca Central Santiago

Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019?

2. ¿Cómo seleccionar las baterías y el regulador de carga para los niveles de tensión requeridos para el suministro de energía en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019?
3. ¿Cómo seleccionar el inversor y los conectores eléctricos para los niveles de tensión del sistema fotovoltaico para la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019?
4. ¿Cuál será el impacto del sistema de facturación de la energía eléctrica en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivos general.

Diseñar un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019.

1.5.2 Objetivos específicos.

1. Diseñar las celdas del sistema fotovoltaico para cubrir la máxima demanda de energía de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019.
2. Seleccionar las baterías y el regulador de carga para los niveles de tensión requeridos para el suministro de energía en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019.
3. Seleccionar el inversor y los conectores eléctricos para los niveles de tensión del sistema fotovoltaico para la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019.

4. Determinar cuál será el impacto del sistema de facturación de la energía eléctrica en la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur al 2019.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

(Jadraque, 2011). En su proyecto de investigación denominado Uso de la Energía Solar Fotovoltaica como Fuente para el Suministro de Energía Eléctrica en el Sector Residencial. Tesis Doctoral. España. Universidad de Granada; en sus conclusiones manifiesta: La importancia que tiene el consumo de energía eléctrica en la edificación, justifica el desarrollo de modelos que permitan obtener la estructura por usos climáticos de dicho consumo. También llegó a la conclusión que desarrollar modelos energéticos, desempeña una función primordial a la hora de evaluar el efecto de políticas destinadas a la conservación de la energía y el impacto que ocasiona cambios en la eficiencia energética del consumo eléctrico.

(Ramos & Luna, 2014). En su proyecto de investigación denominado Diseño de un Sistema Fotovoltaico Integrado a la Red para el Área de Estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca. Tesis para optar el Título de Maestría en Energías Renovables. México. Universidad Tecnológica De Salamanca; plantea que a través de la presente investigación: Se logra la medición de la irradiancia en la Universidad Tecnológica de Salamanca, siendo la única medición directa que presenta la región, ya que los centros de investigación generan la información por trazabilidad y/o proyecciones. Este proyecto es considerado el inicio de una serie de proyectos a la institución para generar una universidad sustentable en su mayoría obviamente por las demandas de algunos equipos se torna un tanto complejo sin embargo existen alternativas para poder reducir los consumos y aprovechar en gran medida los recursos naturales para nuestro beneficio y nuestro entorno.

(Valdiviezo, 2014). En su proyecto de investigación denominado Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica a 15 Computadoras Portátiles en la PUCP. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú Facultad de Ingeniería; en sus conclusiones se establece que: La implementación de esta instalación permitirá que los alumnos puedan acceder a registros históricos de datos de generación de energía

fotovoltaica, y obtengan experiencia práctica del funcionamiento y capacidad de la misma.

(Maltéz, 2012). En su proyecto de investigación denominado Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Alimentar la Red Eléctrica Instalada en Área Comercial. Tesis para optar el Título de Ingeniero Electricista. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala en sus conclusiones manifiesta: La utilización de energías alternativas y renovables ayudan de gran manera al planeta y asimismo un proyecto de este tipo hace que la operación sea un poco más auto sostenible, ya que no se requerirá (en la mayor parte del tiempo) la utilización de la energía entregada por el distribuidor proveniente de motores a base de combustible fósil. Entre los factores que se deben tomar en cuenta para producir energía solar están la ubicación y el área disponible para la colocación de los paneles y el espacio físico, que puede influir de manera muy significativa, ya que las sombras por objetos o edificios aledaños a la instalación no permitirían generar la energía esperada.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Sistema fotovoltaico.

(Mellado, 2002, pág. 21). Ubicado en lugares de difícil acceso a la red convencional, constituido por elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, la energía solar captada lo convierte en energía eléctrica para su utilización.

(Abellá, 2005, pág. 28). Los arreglos fotovoltaicos se pueden formar de acuerdo a la necesidad de tensión requerida teniendo a configurar en serie o en paralelo para llegar a la potencia estimada. La energía solar fotovoltaica es la solución más económica de suministro eléctrico en instalaciones aisladas a la red, para ello los componentes deben estar dimensionados adecuadamente para garantizar el respaldo del sistema en tiempo de invierno o ausencia de la fuente de energía solar; lo recomendable es dimensionar tensiones según las potencias requeridas.

2.2.1.1 Tipos de sistemas fotovoltaicos.

(Méndez & Cuervo, 2012, págs. 43,45). Señalan que los tipos de sistemas fotovoltaicos son:

a) Sistema aislado

Su objetivo es satisfacer parcial o en su totalidad la demanda de energía eléctrica en aquellos sitios donde la red eléctrica no existe o su acceso es difícil. Los sistemas aislados están equipados en su mayoría con un sistema para almacenar energía, ya que sólo pueden proporcionar energía durante el día y la demanda se da a lo largo la noche y del día.

Esto implica que el sistema fotovoltaico se ha de dimensionar de forma que permita, durante las horas de mayor radiación, la recarga de las baterías y la de acumulación alimentación de la carga.

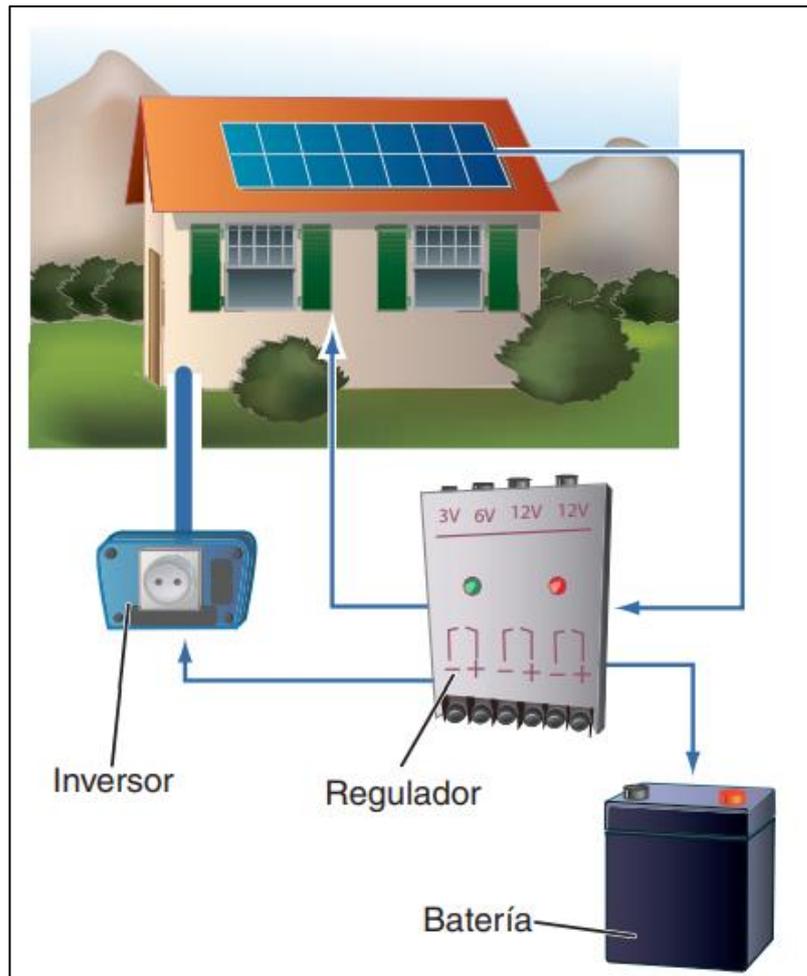


Figura 1: Sistema de instalación fotovoltaica autónoma
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

b) Sistemas de conexión a red

Los sistemas conectados a red su energía producida durante las horas de mayor radiación es orientada a la red eléctrica por ello no cuentan con sistemas de acumulación.

Estas instalaciones cuentan con sistemas de rastreo del estado de la tensión de la red de distribución, de modo que se garantice el correcto funcionamiento de las mismas en lo relacionado a la forma de ceder la energía, tanto en modo como en tiempo, evitando situaciones peligrosas.

Por otra parte, se descarta la opción de las baterías que son el fragmento más complejo y costoso de una instalación (ciclos de carga, vida útil, mantenimiento, etc.).

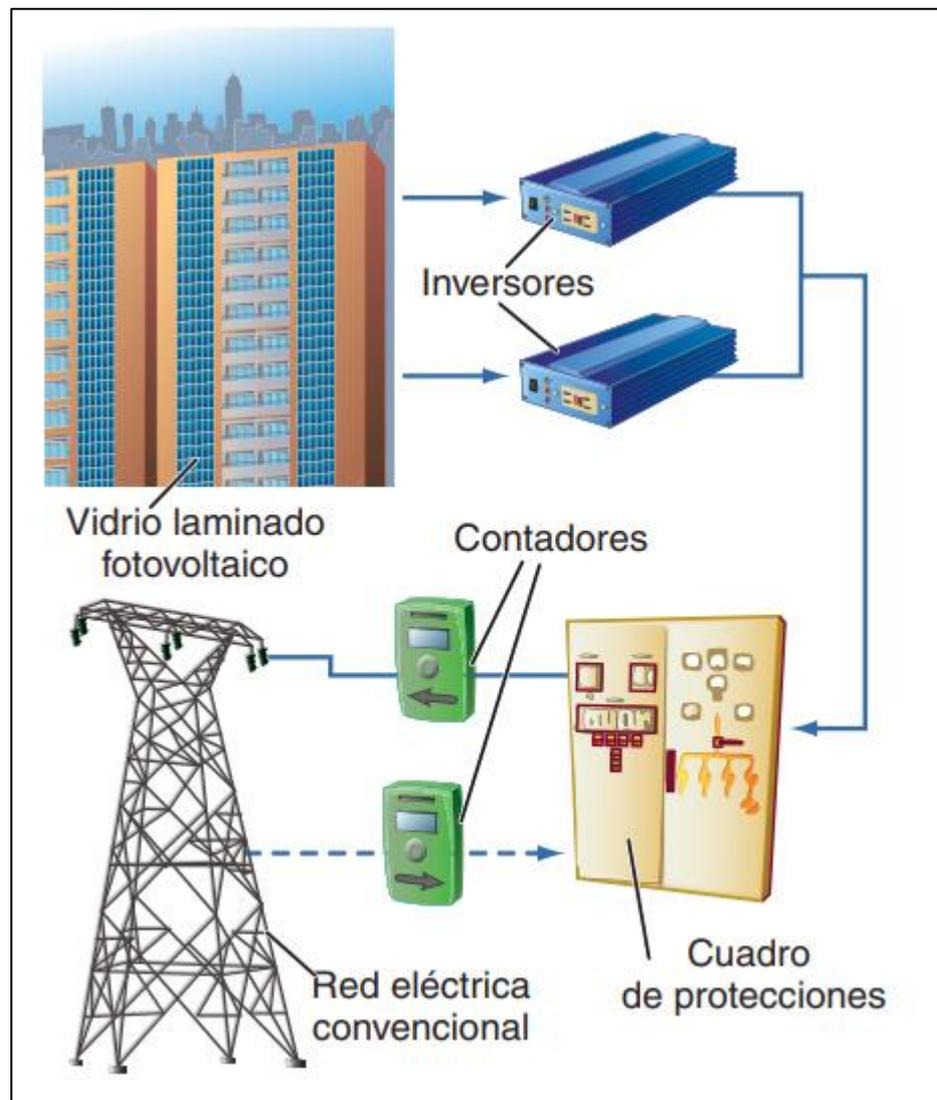


Figura 2: Sistema de instalación conectado a la red
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

c) Sistemas híbridos

El sistema fotovoltaico aislado en algunos casos se puede completar con otro con la conclusión de poseer una mayor garantía de administrar electricidad.

Se denomina sistemas híbridos cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía, y en general se utiliza los grupos electrógenos o la energía eólica.

La configuración de los sistemas híbridos puede ser inconstante, y depende del tipo de equipos que se empleen para adaptar la potencia necesaria.

2.2.1.2 Elementos del sistema fotovoltaico.

A. Módulos fotovoltaicos

(Méndez & Cuervo, 2012, pág. 40). Reciben la energía emitida por el sol para producir energía eléctrica. Están diseñados para obtener voltajes de operación apropiados para el sistema según requerimientos.

A.1 Conexión

(Pareja, 2010, pág. 3). Se conectan ya sea en serie o en paralelo para ajustar una distribución apropiada a los requerimientos.

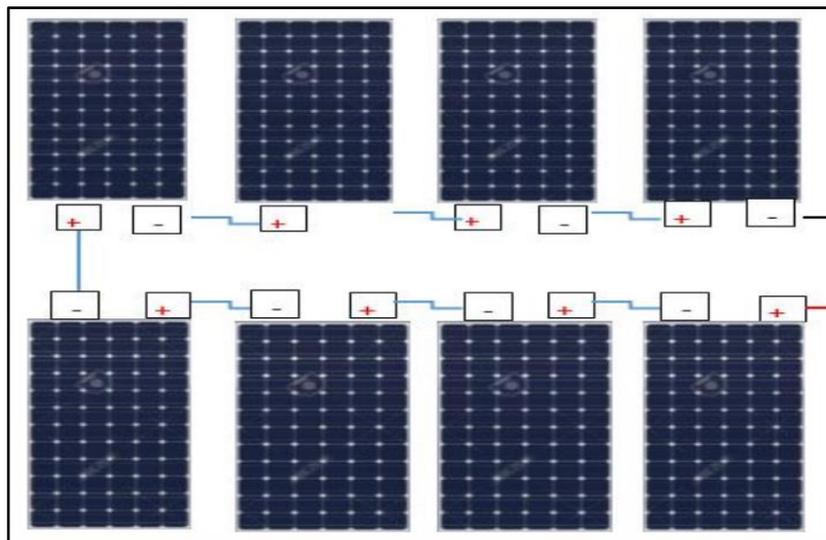


Figura 3: Conexión de módulos en serie
Fuente: Elaboración Propia

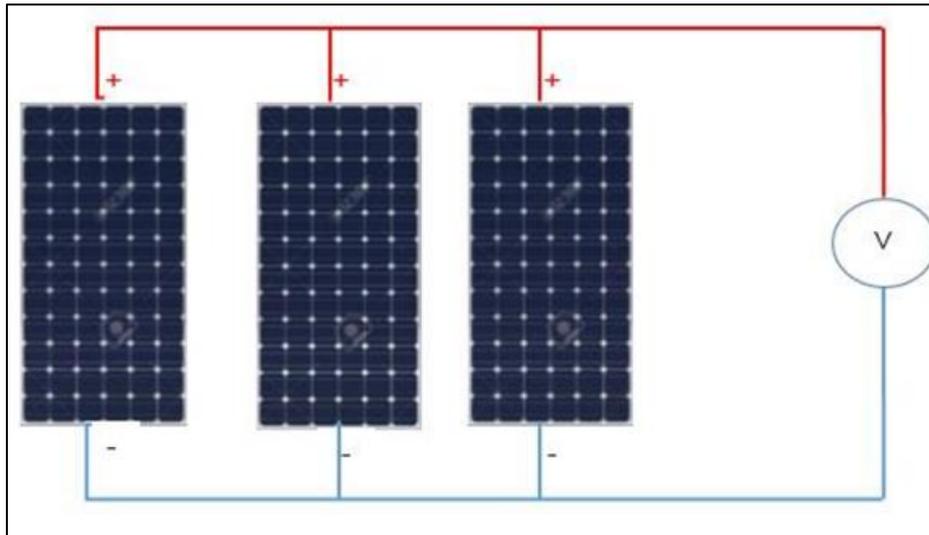


Figura 4: Conexión de módulos en paralelo
Fuente: Elaboración Propia

La energía que produce un módulo dependerá de cuatro factores que son:

- La tensión que pide la carga o la batería
- Irradiancia solar disponible
- La temperatura de las celdas del módulo
- El ángulo de incidencia

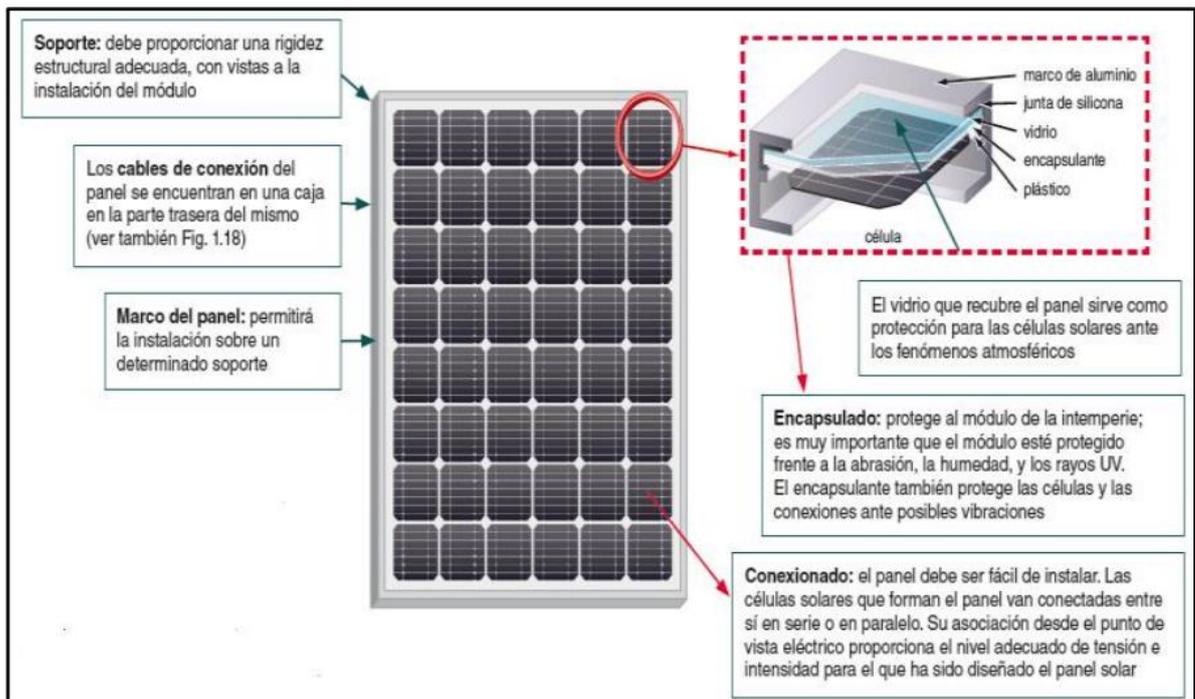


Figura 5: Características principales de un panel solar
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

A.2 Los tipos de paneles solares

(Pareja, 2010, págs. 11,12). Menciona que existen tres tipos de paneles:

➤ Paneles solares monocristalinos

Este tipo de paneles están compuestos por un sistema cristalino de forma ordenada, obteniéndose a partir de silicio puro fundido mezclado con boro, se lo determina por su color azul oscuro y metálico.

➤ Paneles solares policristalinos

Están formados por un sistema de forma ordenada por segmentos separados. Se fabrican de la misma manera como se produce el panel monocristalino a diferencia de menos fases de cristalización, se reconoce por su superficie presenta tonalidades azules y grises metálicos.

➤ Paneles solares amorfos

La composición de estos paneles se caracteriza por su alto nivel de desorden y varios defectos estructurales en su composición química, la forma de obtención tiene una menor inversión económica que los otros tipos de paneles, su superficie presenta una tonalidad homogénea.

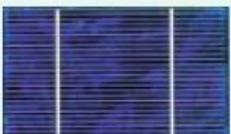
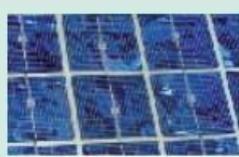
Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %
	Amorfo	16 %	< 10 %

Figura 6: Diferencias entre los paneles fotovoltaicos
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

B. Baterías

(Perpiñan, Colmenar, & Castro, 2012, pág. 52). Dispositivos electroquímicos que transforman la energía química en energía eléctrica. Acumulan la corriente necesaria para luego ser utilizada en periodos de ausencia de radiación solar.

B.1 Tipos de baterías

(Pareja, 2010, págs. 22,23). Señala que las baterías se pueden clasificar en tres tipos:

➤ **Estacionarias monobloc**

Estas baterías se denominan a las que están conformadas por un solo bloque, no hace falta unir las para obtener una tensión de 12 voltios, tienen una menor capacidad de almacenaje que las baterías translucidas y/o herméticas, son usadas para pequeñas instalaciones de menor potencia. Tienen un mayor tamaño que las baterías utilizadas en los automóviles, dependiendo de la capacidad que requiera la batería.

➤ **Estacionarias translucidas o transparentes**

Estas baterías suelen caracterizarse porque están conformadas en células, se puede ver la estructura interna de la batería, al estar constituidas por una célula o vaso, tienen una tensión de 2,2 voltios por lo que es conveniente unir las en serie para alcanzar voltajes mayores, de esa manera para una tensión de 12 voltios es necesario la conexión en serie de 6 baterías, son baterías de mayor volumen y peso que las monobloc, suelen estar distribuidas sin el electrolítico, para su instalación es recomendable ser rellenadas después de su colocación.

➤ **Estacionarias herméticas**

Son las baterías conocidas como sin mantenimiento, no hay acceso al interior, aunque tengan las mismas características en referencia a los materiales activos y a los niveles de carga y

descarga, estas baterías son selladas gelificadas presentado como referencia que el electrolítico es mucho más denso, por lo que no se derraman y pueden colocarse en posición indistinta, para lograr esta densidad debe agregarse dióxido de silicio. En estas baterías no es necesario el mantenimiento de recargar el líquido interno de la batería, asimismo se indica que estas no tienen una buena respuesta ante descargas profundas, el trabajo de mantenimiento consiste en limpieza, verificación de niveles y recargas.



Figura 7: Batería solar
Fuente: Energía solar (2017)

B.2 Características que definen a una batería de acumulación.

- **Capacidad Nominal de una Batería**

(Gasquet, 2004, pág. 41). Está definida por los Watts hora (Wh) de la misma, La capacidad de descarga de una batería, se define por el número de Amperes horas (Ah).

$$Wh = V_n \times Ah \quad (1)$$

- **Vida Útil**

(Méndez & Cuervo, 2012, pág. 104). La vida de una batería se manifiesta en ciclos, que se puntualizan como carga y/o

descarga, profundidad de descarga y la concentración del electrolito.

- **Profundidad de descarga**

Hace referencia al % de energía en Ah que se puede extraer de una batería plenamente cargada que se utiliza durante un ciclo de descarga. Si la descarga se produce en un 20% en un periodo extenso, representará una profundidad de descarga menor (llamada descarga superficial), la mayoría de baterías para aplicaciones fotovoltaicas de ciclo profundo son diseñadas para descargas de hasta un 80% de su capacidad nominal, permitiendo descargas profundas una o dos veces al año. Al producirse constantes ciclos de cargas o descargas profundas, menor será su vida útil de la batería. En las baterías de plomo ácido el factor apropiado de descarga profunda es de 0.7.

- **Días de Autonomía**

(Pareja, 2010, pág. 4). Las baterías son capaces de suministrar energía sin sobrepasar la profundidad máxima de descarga en días determinados, sin presencia de luz solar; la capacidad de la batería depende de la máxima energía (E_{max}), que se debe suministrar a la instalación en ausencia de irradiación solar, días de autonomía (D_{aut}) que conservará el suministro y la profundidad de descarga (P_d) de la batería. Para obtener la cantidad de baterías tanto en serie como en paralelo, primeramente, se debe calcular la capacidad del banco de baterías con sus respectivas características.

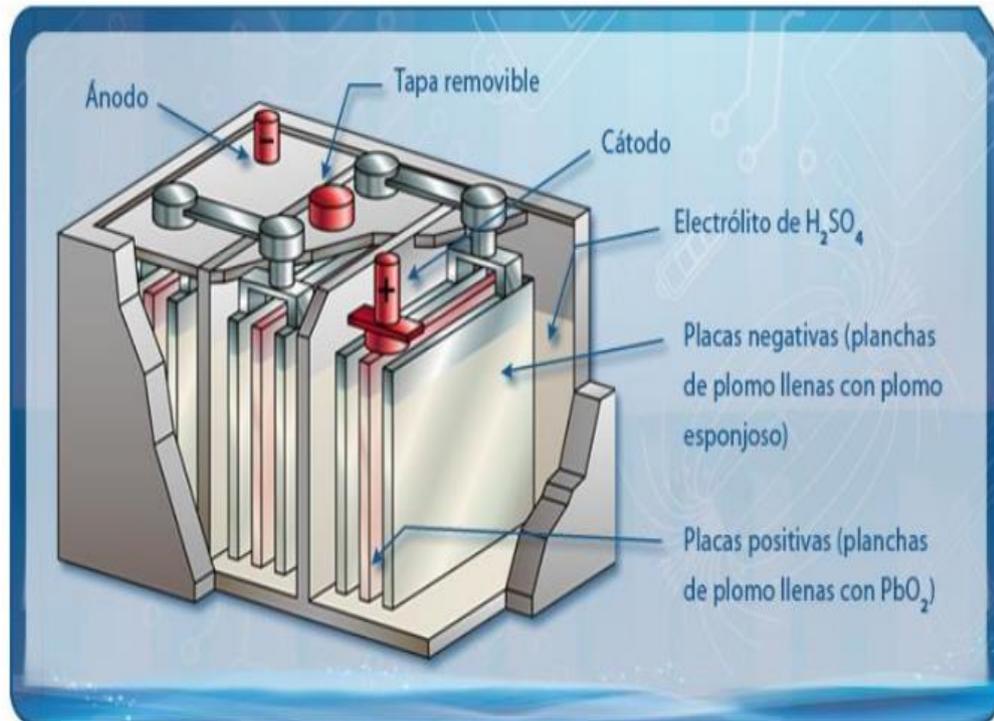


Figura 8: Partes que conforman una batería
Fuente: Física III

C. Regulador de carga

(Mellado, 2002, pág. 48). Sirve para controlar y regular el proceso de carga proporcionado hasta el (100%) y no continúe cargando, aumentando la duración de la misma, protege la vida útil de las baterías por sobre carga y sobre descarga excesiva de las baterías.

(Abellá, 2005, pág. 21). Protege a los acumuladores de excesos de carga y descargas profundas, los ajustes deben realizarse conforme a las tipologías de las baterías y las condiciones de operación del sistema. Se sugiere que el regulador de carga tenga un sistema de compensación de la tensión de corte por excesos de carga en función de la temperatura de la batería.

El controlador debe ser un componente idóneo para proteger los acumuladores y dar el máximo respaldo al sistema que se está diseñando según el lugar para soportar cambios climáticos en periodos de tiempo.

(Jutglar, 2004, pág. 54). También llamado regulación de carga es el elemento que controla la tensión que llega de los paneles solares, la adecua y es enviada a los acumuladores del sistema solar, tiene como función la de garantizar el suministro de energía suficiente a los acumuladores y eludir las condiciones de afluencia, en la descarga su principal objetivo es de fijar el suministro eléctrico diario y eludir la descarga excesiva de los acumuladores, existen dos tipos: reguladores serie: corta el paso de energía del panel fotovoltaico antes que logre la tensión máxima de los acumuladores y regulador paralelo: su trabajo es disipar la potencia (temperatura), con el objeto de eliminar la energía en exceso.

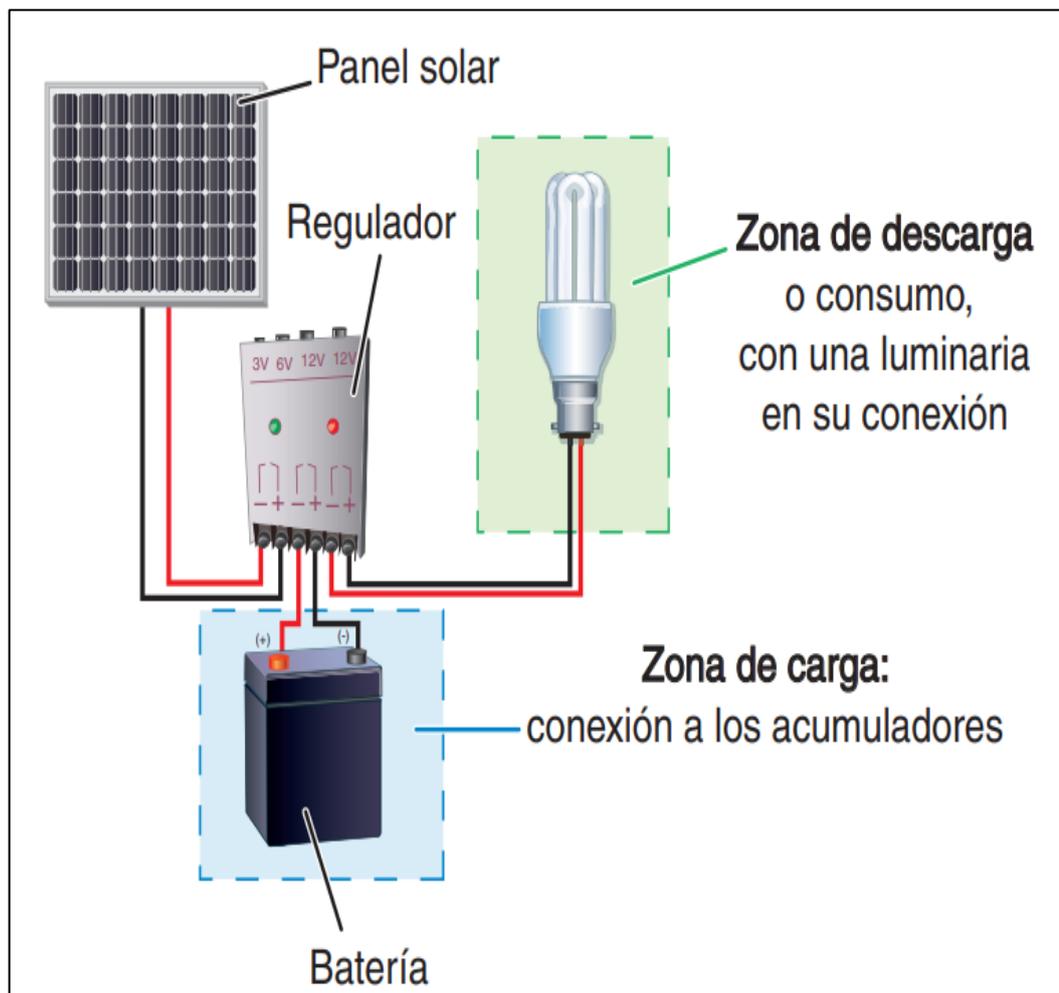


Figura 9: Ubicación del regulador de carga
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

C.1 Tipos de reguladores

(Méndez & Cuervo, 2012, pág. 109). Señalan que existen 2 tipos de reguladores:

➤ Una Etapa:

Es el diseño más simple.

Involucra una sola etapa de control: la descarga o la carga.

Se necesitan dos reguladores, uno para cada etapa.

➤ Dos Etapas

Son más complejos.

Controlan la carga y la descarga simultáneamente.

Son los más habituales en las instalaciones fotovoltaicas.

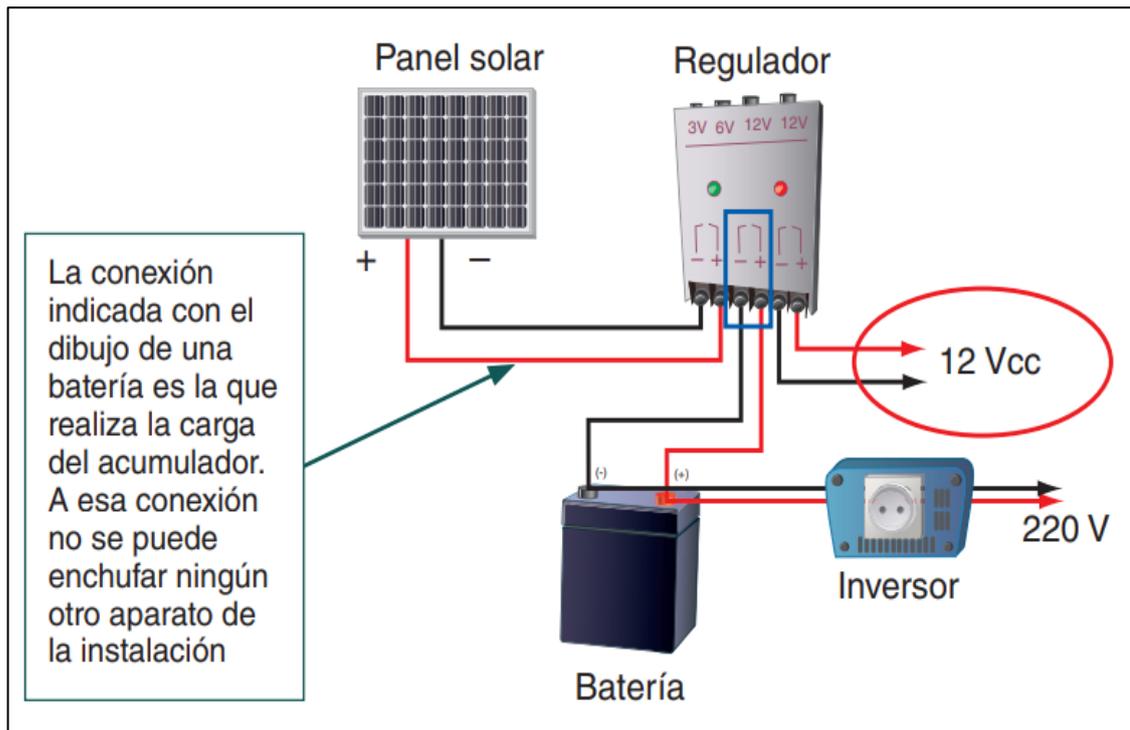


Figura 10: Conexión del regulador en la instalación
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

D. Inversor de voltaje

(Schallenberg Rodríguez, y otros, 2008). Es un aparato electrónico que convierte la corriente continua (CC) en alterna (CA), de tal manera

que los abonados pueden tener el albedrío de utilizar aparatos que requieran 220 V, para cubrir sus necesidades.

- **Inversor de onda Senoidal.**

Existen en el mercado inversores de onda Senoidal con un rendimiento del 90%, teniendo mucho que ver con la potencia. Es importante considerar la potencia eléctrica que el inversor va a suministrar en forma normal, tomar en cuenta el factor de potencia de la carga conectada.

- **Rendimiento en el inversor.**

Este factor toma en cuenta las pérdidas del sistema si se utilizan dispositivos de acondicionamiento de potencia. Por defecto puede tomar el siguiente valor: DC/AC 0.90)

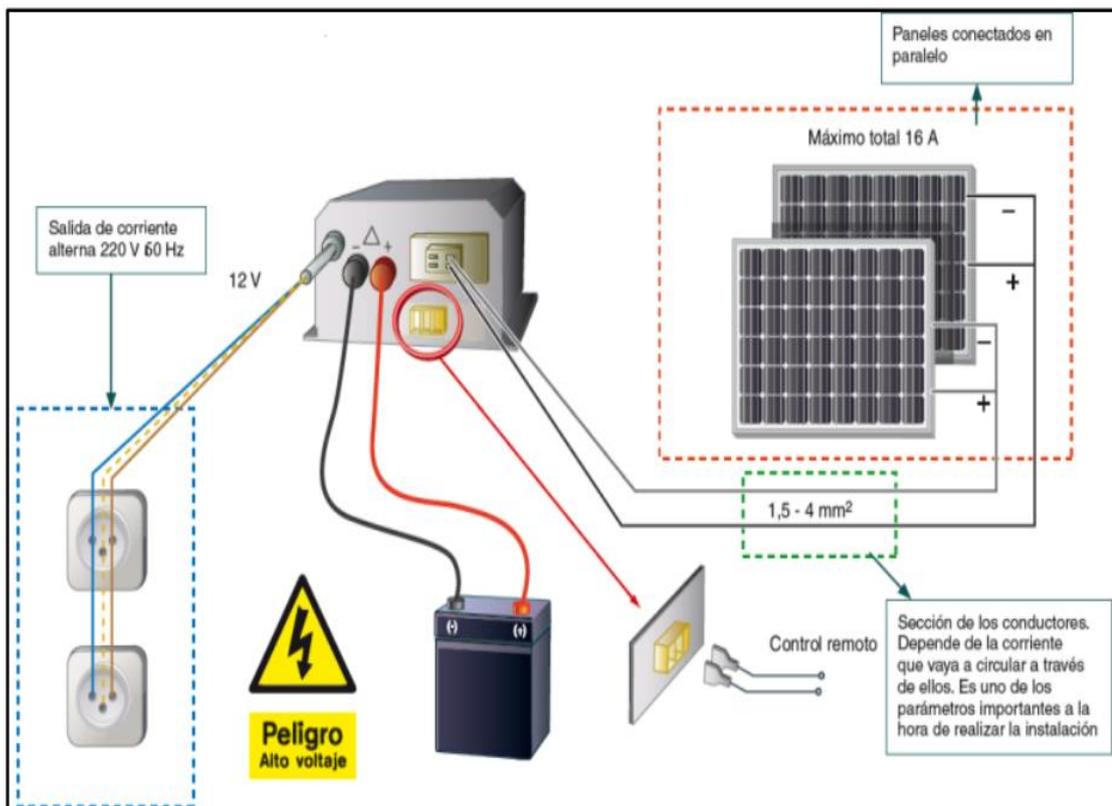


Figura 11: Conectorización de un inversor - regulador en una instalación autónoma
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

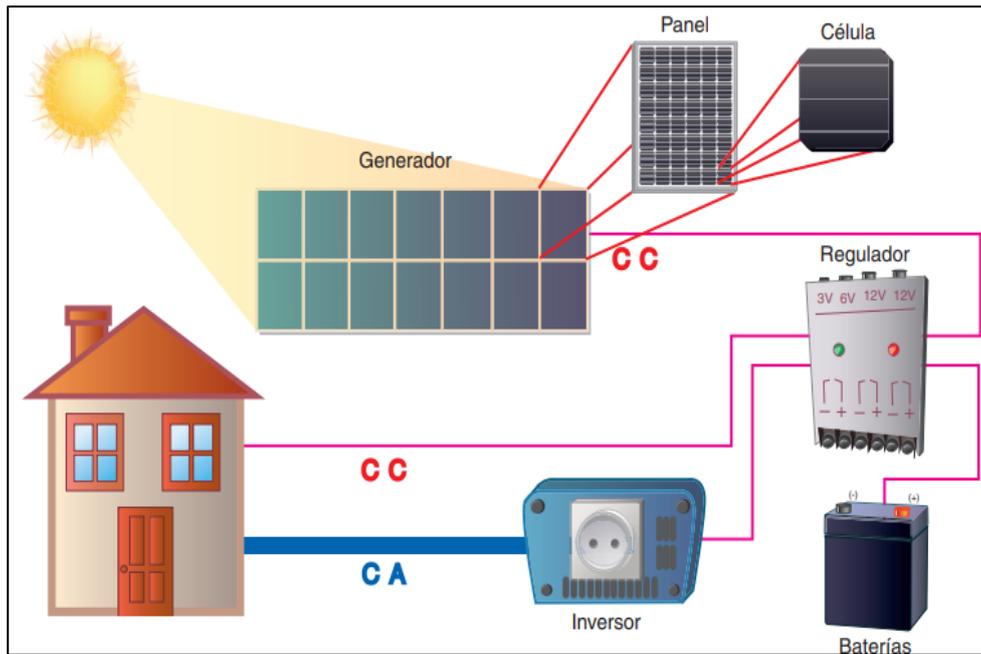


Figura 12: Esquema de una instalación autónoma
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

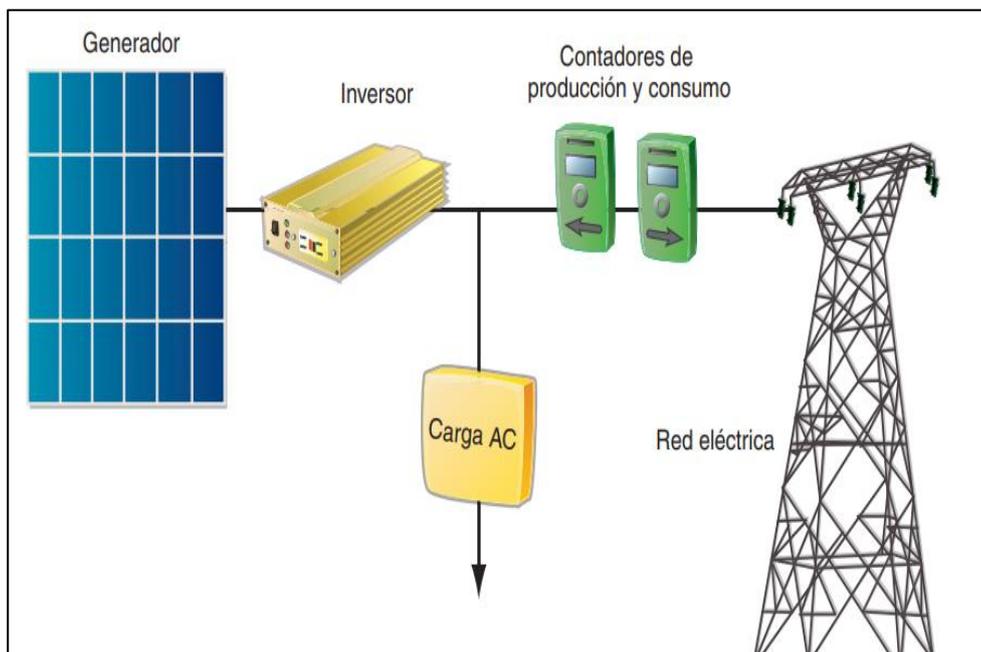


Figura 13: Esquema de una instalación conectada a la red
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

E. Cables

(Perpiñán, 2018, pág. 52). La instalación de sistema de protección es importante para el correcto funcionamiento y larga vida útil. Una adecuada selección de los conductores, como es el tipo y calibre incrementa la confiabilidad del sistema fotovoltaico. Utilizando

conductores que no superen el 3% de caída de tensión en los circuitos, cumpliendo con el reglamento electrónico de baja tensión.

E.1 Tipos de cables

(Méndez & Cuervo, 2012, pág. 276). Señala los tipos de cables son:

➤ **Cable multiconductor - doble aislamiento:**

Este tipo de cable no necesita protección mecánica, es decir, no necesitará realizar su recorrido dentro de un tubo. Su nivel de aislamiento es de 1.000 V.

➤ **Cable multiconductor - simple aislamiento**

Se trata de cables muy flexibles no aptos para la intemperie, por lo que tienen que ser instalados dentro de un tubo de PVC o metálico, que les servirá de protección mecánica Su nivel de aislamiento es de 500 V.

➤ **Cable de un conductor**

Es un cable de cobre con aislamiento de PVC antillama, que no es apto para instalaciones a la intemperie, debe ir bajo tubo. Su nivel de aislamiento es de 750 V.

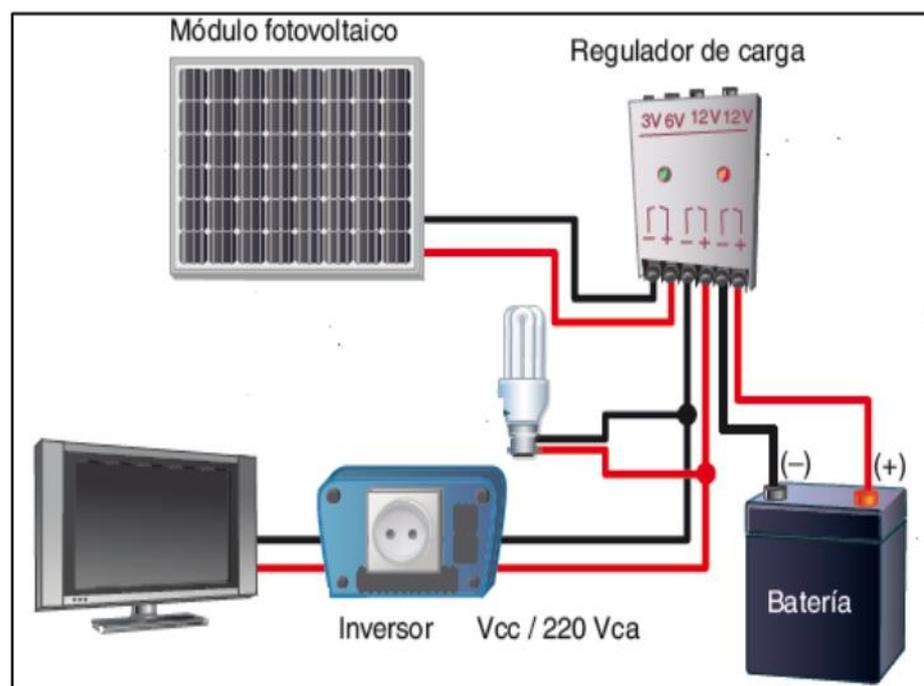


Figura 14: Componentes de la instalación
Fuente: Manual de instalaciones - Componentes de un SF

2.2.1.3 Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos.

A. Cálculo de consumo de energía

(Pareja, 2010, pág. 4). Se obtiene del producto de la potencia (W) de cada una de los artefactos eléctricos instalados por el número de horas de su utilización (h/día). Con la potencia máxima diaria y la tensión del banco de baterías, se logra obtener el valor de corriente máxima de la instalación. Al cálculo del consumo hay que darle un margen de seguridad de (10%, 15% o 25%), el cual será determinado por el diseñador. En la ecuación tomamos el 20%, hay que tener en cuenta que es un 20%, por lo que hay que dividir el 20 por 100.

B. Energía requerida por el sistema (E)

(Perpiñan, Colmenar, & Castro, 2012, pág. 52). La radiación incidente sobre el módulo fotovoltaico no se convierte al 100% en energía eléctrica, existen pérdidas en las células fotovoltaicas debido a sus componentes por ende la energía solar captada debe ser mayor a la energía a consumir Se detallan los rendimientos promedio en los componentes del sistema fotovoltaico como:

- nb. Eficiencia en las baterías = 0,86
- nc. Eficiencia en los cables = 0,98
- nr. Eficiencia en el regulador = 0,95
- ninv. Eficiencia en el inversor = 0,9

Por lo tanto, el valor de E se muestra en la ecuación (Perpiñan, Colmenar, & Castro, 2012, pág. 52). La energía que debe suministrar el sistema fotovoltaico se calcula con la siguiente ecuación.

$$E = \frac{ET}{ninv \times nbat} \quad (2)$$

Dónde:

E = consumo medio diario

ET = energía real consumida en AC

nbat = eficiencia en la batería

ninv = eficiencia en el controlador

C. Cálculo de consumo de energía de cada vivienda

$$E = P \times t \times Fs \quad (3)$$

Dónde:

t = periodo de utilización de equipos

P = potencia de cada vivienda

Fs = factor de simultaneidad

D. Cálculo de la potencia del generador fotovoltaico

$$P = \frac{E}{\text{HSP} \times (1 - Nc)} \quad (4)$$

Dónde:

P = potencia del generador solar m^2

HSP = hora solar pico

Nc = factor de pérdidas en conexiones y por dispersión

E. Cálculo de generador fotovoltaico

N = N° de módulos fotovoltaicos

P = potencia del Generador fotovoltaico

PP = potencia pico del generador fotovoltaico.

$$N = \frac{P}{Pp} \quad (5)$$

F. Cálculo de número de módulos en serie

$$N_{panel_serie} = \frac{V_{batería}}{V_{panel}} \quad (6)$$

G. Cálculo de número de módulos en paralelo

$$N_{panel_par} = \frac{C_{max}}{E_{panel}} \quad (7)$$

Dónde:

C_{max} , es la capacidad en Ah/d.

E_{panel} , es la energía suministrada por un panel

H. Cálculo del controlador de carga (I_r)

Para elegir el regulador de carga se requiere conocer los siguientes parámetros de configuración del generador fotovoltaico como el número de ramas y la intensidad de corto circuito detallada en la siguiente ecuación.

$$I_r = N^{\circ} \text{ ramas} \times I_{sc} \quad (8)$$

Dónde:

I_r = intensidad del regulador

N = número de ramas del generador fotovoltaico

I_{cc} = corriente de corto circuito

I. La corriente de carga se obtiene de la siguiente fórmula

Despejando la ecuación de potencia se obtiene la ecuación de corriente de carga.

$$p = V \times I \times \cos\phi \quad (9)$$

Despejando (I) tenemos:

I = corriente de carga (A)

p = potencia (w)

V = voltaje del sistema en alterna

cos ϕ = factor de potencia (0,9)

J. Cálculo de inclinación y separación de módulos fotovoltaicos

(Perpiñan, Colmenar, & Castro, 2012, pág. 48). Dimensiones y distancias entre filas de un sistema fotovoltaico en determinados instantes del día del año de modo que se debe conservar determinadas distancias al momento del diseño utilizando la siguiente ecuación.

$$d = \frac{h}{\tan \gamma_s} \quad (10)$$

Dónde:

D= distancia entre módulos

h = altura de la fila adyacente

$h = L \times \text{sen} \beta$

$$\gamma_s = \frac{h}{90^\circ - 23}$$

En el medio día del sol de invierno la altura es: $\gamma_s = 90^\circ - 23,45^\circ - \text{lat}$
ó $67 - \text{lat}$.

La distancia mínima que permite 4 horas de sombra alrededor del medio día se demuestra en la siguiente ecuación.

$$d_{\min} = \frac{h}{\tan 61^\circ - \text{lat}} \quad (11)$$

K. Determinación del banco de baterías (C)

(Pareja, 2010, pág. 34). Para definir la capacidad del acumulador en Wh es igual a carga en Ah por la tensión. El banco de baterías se determinará mediante la siguiente ecuación. Se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$C = \frac{E \times N}{Vn \times Pd} \quad (12)$$

C = capacidad de almacenamiento requerido por el sistema (capacidad útil)

E = consumo energético efectivo

Vn = voltaje nominal

N = días de autonomía

Pd = profundidad de descarga

Se toma en cuenta una máxima profundidad de descarga de 70%.

Potencia del inversor: se calcula en base a las cargas en corriente alterna.

P_{inversor} = potencia instalada en el generador fotovoltaico

L. Dimensionamiento del cableado

Se determinarán los conductores en cada tramo del diseño en las ecuaciones siguientes.

$$S = \frac{2 \times L \times I}{\gamma \times e} \quad (13)$$

Dónde:

S = sección del conductor, en mm².

L = longitud

I = intensidad de corriente

γ = conductividad eléctrica del material, para el cobre 56.

e = porcentaje de caída de tensión.

M. Factor de rendimiento del cableado

Registrar el factor que tiene en cuenta las pérdidas en el cableado del sistema, que puede variar desde 0.95 hasta 0.99, el cableado se debe dimensionar para 40 que las caídas de tensión sean menores al 3% (factor > a 0,97) en cualquier circuito del sistema.

N. Cableado

(Perpiñan, Colmenar, & Castro, 2012, pág. 101). La elección del cableado en sistemas fotovoltaicos principalmente se basa en los siguientes criterios: el térmico y el de caída de tensión. Los dos se deben a la resistencia del conductor: el térmico está vinculado con el efecto joule, se considera un emisor de calor que debe quedar por debajo de la soportada por el cable. Caída de tensión, se debe al paso de corriente a través de la resistencia del cable. Para calcular la sección del conductor según el criterio de caída de tensión se aplica la siguiente ecuación.

Tabla 1
Porcentaje de caída de tensión (%)

Tramo	Máxima	Recomendada
Paneles - regulador	3%	1%

Fuente: Elaboración propia

$$S_{dc} = \frac{2 \times L_{dc} \times I_{dc}}{56 \times \% \Delta \times V_{dc}} \quad (14)$$

Dónde:

S_{dc} = sección del del conductor de corriente continua

L_{dc} = distancia a cubrir con un circuito de corriente continua

S_{dc} = sección del del conductor de corriente continua

I_{dc} = corriente nominal

56 = constante para el cobre

$\% \Delta$ = porcentaje de caída de tensión

Factor (2) = el circuito consta de dos conductores

ΔV_{dc} = caída de tensión entre el punto de entrada y salida del circuito de cc.

Para los tramos entre el inversor y puntos de conexión a de red en sistemas monofásicos.

$$S_{1ac} = \frac{2 \times L_{ac} \times I_{ac}}{56 \times \Delta V_{1ac}} \quad (15)$$

O. Cálculo de redes de distribución en baja tensión

Cálculo de caída de tensión

$$\Delta V = K \times I \times L \times 10^{-3} \quad (16)$$

Dónde:

K = longitud del tramo en m

ΔV = caída de voltaje en redes eléctricas

I = corriente del circuito (A)

L = longitud del tramo (m)

Para circuitos trifásicos: $k = \sqrt{3} (r_1 \times \cos \phi + x_1 \sin \phi)$

Para circuitos monofásicos: $k = 2 (r_2 \times \cos \phi + x_2 \sin \phi)$

P. Cálculo para determinar la resistencia eléctrica del conductor

$$r_{40^\circ C} = r_{20^\circ C} [1 + \alpha (t_2 - 20)] \quad (17)$$

Dónde:

$r_{40^\circ C}$ = resistencia eléctrica del conductor a 40°C

$r_{20^\circ C}$ = resistencia eléctrica del conductor a 20°C

α = coeficiente de corrección de temperatura 1/°C: 0,0036

$$t_2 = 40^\circ \text{C}$$

Q. Cálculo de reactancia Inductiva

$$X_1 = \frac{0,1746 \log \text{DMG}}{\text{RMG}} \quad (18)$$

Dónde:

DMG = distancia media geométrica

RMG = radio medio geométrico

Se muestra en la siguiente tabla

Tabla 2

Parámetros y caída de tensión de los cables autoportantes

Formación	Resistencia del conductor de fase (O/Km)		Resistencia del conductor de alumbrado público (O/Km)		Resistencia del conductor neutro (O/Km)		Reactancia Inductiva (O/Km)		Factor de caída de tensión		
	A 20°C	A 40°C	A 20°C	A 40°C	A 20°C	A 40°C	XL (30)	XL (10)	K (380-220 V)	K (440-220 V)	K (220 VAP)
3x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,094	0,123	1,607	-	3,272
3x35+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,100	0,116	2,223	-	3,272
3x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,110	0,110	3,538	-	3,272
3x35x/25	0,868	0,929	-	-	1,38	1,478	0,091	-	1,607	-	-
3x25x/25	1,200	1,285	-	-	1,38	1,478	0,095	-	2,223	-	-

3x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	0,103	-	-	-	-
2x35+16/25	0,868	0,929	1,910	2,045	1,38	1,478	0,086	0,114	3,538	3,780	3,272
2x25+16/25	1,200	1,285	1,910	2,045	1,38	1,478	0,093	0,109	3,538	3,776	3,272
2x16+16/25	1,910	2,045	1,910	2,045	1,38	1,478	0,096	0,096	-	3,765	3,272
2x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,096	-	3,765	3,272
1x16/25	1,910	2,045	-	-	1,38	1,478	-	0,094	-	-	3,272

Fuente: Ministerio Energía y Minas

Tabla 3
Máxima caída de tensión permisible

Descripción	Sistema 380/220 (V)	Sistema 440/220 (V)	Sistema 220 (v)
La caída máxima de tensión entre la subestación de distribución y el extremo terminal más alejado de la red no excederá el 7,0% de la tensión nominal, según la Norma Técnica de Calidad de servicio Eléctrico (NTCSE) para zonas rurales, los valores calculados serán:	26,6	30,8	15,4

Fuente: Ministerio Energía y Minas

2.2.2 Suministro de energía

(Rosalba, 2008, pág. 12). El sector eléctrico pertenece a un sector estratégico en cualquier economía. Actualmente es un servicio indispensable para realizar nuestro trabajo usual de nuestra vida habitual. Desde los hogares hasta los más sofisticados centros de desarrollo científico y tecnológico, tienen como esencial fuente de energía a la electricidad para el desarrollo de sus actividades. Es por ello que es un sector en constante evolución, para

adaptarse a las cambiantes demandas de la vida moderna. Las áreas de evolución que se requiere cubrir son diversas debido a la complejidad del propio sector, es técnica y tecnológicamente demandante. Por otro lado, al ser parte fundamental en la economía se han llevado a cabo muchas acciones encaminadas a hacerlo un servicio rentable; incorporando en él diferentes esquemas de operación. Para la operación propia del sector eléctrico existen tres sectores intrínsecos: generación, transmisión y distribución. Los cuales pueden operar en un monopolio, o bien como empresas independientes. Para uno y otro caso se han creado organismos que complemente está operación, en primera instancia se crearon organismos reguladores para los monopolios. Otros sistemas han venido evolucionando hasta separar totalmente estas actividades y crear mercados eléctricos competitivos en el área de generación y distribución que por su naturaleza lo permiten así, surgieron figuras como empresas comercializadoras del servicio; que no intervienen en ninguno de los tres procesos técnicos, sino que únicamente se dedican a aspectos comerciales de la energía eléctrica.

(Salas, 2013, pág. 19). La energía eléctrica es utilizada al máximo en bienes de modo de progreso por ser denominada energía económica, estableciendo una circunstancia de costo directo o indirecto, completo del producto. Su acceso induce a la realización de modernas empresas de pequeños patrimonios inaugurales, tal Pequeña y Mediana Empresa y Microempresa, lo que se interpreta en una grande propuesta de artículos y beneficios para considerar la demanda de la población. La energía eléctrica es utilizada por lo tanto intensivamente en todos los aspectos referentes en superficies fértiles y por esto debe estar utilizable en multitud y disposición y un determinado precio apropiado al cliente final. Las circunstancias que se hallan envueltos en la consideración de la forma de vida estiman la comodidad social de los habitantes y sociedades desde la subjetividad de la persona y determinadas circunstancias económicas definidas. Si bien el uso eléctrico no procede como punto de clasificación de calidad de vida, tal como la ilusión de vida, es un destello del nivel de percibir que tiene un individuo o familia. De igual forma coopera a retribuir obligaciones esenciales tales como; Manutención, domicilio, salubridad, formación, ya que estas obligaciones

necesitan la utilización de electricidad en su proceso, ejecución, conservación, alumbrado.

2.3 Definición de términos básicos

1. **Aislado eléctricamente:** Separado de otras superficies conductoras por un dieléctrico (incluyendo el aire) que ofrece una alta resistencia al paso de la corriente.
2. **Autodescarga:** Pérdida de carga de la batería cuando ésta permanece en circuito abierto. Habitualmente se expresa como porcentaje de la capacidad nominal, medida durante un mes, y a una temperatura de 20 °C.
3. **Célula solar o fotovoltaica:** Dispositivo que transforma la energía solar en energía eléctrica.
4. **Fuente de energía fotovoltaica:** Matriz o conjunto de matrices que generan energía de corriente continua, a la tensión y corriente del sistema.
5. **Generador fotovoltaico:** Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
6. **Irradiancia:** Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kw/m^2 .
7. **Interruptor:** Seccionador de potencia, seccionador u otro dispositivo diseñado para establecer, interrumpir o cambiar la conexión de un circuito.
8. **Protección:** Conjunto de disposiciones diseñadas para detectar falla u otras situaciones anormales en una red eléctrica, permitir la eliminación de éstas fallas, poner fin a situaciones anormales e iniciar señales o indicaciones.

- 9. Rama fotovoltaica:** Subconjunto de módulos fotovoltaicos interconectados, en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- 10. Sistema eléctrico:** Es el conjunto de elementos que operan de forma ordenada en un determinado territorio para compensar la demanda de energía eléctrica a los usuarios.
- 11. Voltaje final de carga:** Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

3.1 Modelo de solución propuesto

3.1.1 Máxima demanda de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo.

Un primer paso es conocer la energía consumida a diario. Para ello, se calculó la potencia de la instalación teniendo en cuenta la potencia de cada carga que se conecta a la instalación y las horas en las que estará en funcionamiento durante el día.

Para el cálculo de la energía de cada carga se utilizó la siguiente ecuación.

$$E_{carga} = \text{cantidad de equipos} \times \text{horas} \times \text{potencia equipo} \times \text{días a la semana}$$

Considerando que los días de atención de la biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo son de 6 días a la semana aplicamos la fórmula cada piso:

Primer Piso

- Energía consumida semanal Luminaria Spot Led

$$E_{diaria} = 32 \times 6 \times 10 \times 5 = 9600 \text{ Wh/semana}$$

- Energía consumida semanal equipo fluorescente

$$E_{diaria} = 28 \times 6 \times 36 \times 5 = 30240 \text{ Wh/semana}$$

Energía consumida semanal del primer piso = 39840 Wh/semana

Segundo Piso

- Energía consumida semanal Luminaria Spot Led

$$E_{diaria} = 55 \times 6 \times 10 \times 5 = 16500 \text{ Wh/semana}$$

- Energía consumida semanal equipo fluorescente

$$E_{diaria} = 13 \times 6 \times 36 \times 5 = 14040 \text{ Wh/semana}$$

- Energía consumida semanal computadoras

$$E_{diaria} = 20 \times 7 \times 150 \times 6 = 84000 \text{ Wh/semana}$$

Energía consumida semanal del segundo piso = 114540 Wh/semana

La energía total consumida a la semana es igual a 154380 Wh/semana

Tabla 4
Cuadro de carga de la biblioteca SAM

Piso	Descripción	Número	P(W)	Horas/día	Días de uso/semana	Energía (Wh/semana)
1	Luminaria Spot Led	32	10	6	5	9600
	Equipo fluorescente	28	36	6	5	30240
12	Computadoras	20	100	7	6	84000
	Luminaria spot Led	55	10	6	5	16500
	Equipo fluorescente	13	36	6	5	14040
Consumo Total						154380,00 Wh/semana

Fuente: Elaboración propia

La energía consumida diaria es 22054,29 Wh/día.

Tabla 5
Variables eléctricas para cálculo de la biblioteca SAM

Tensión	380/ 220	V-BT
Energía consumida diaria	22054,29	WH/día

Fuente: Elaboración propia

3.1.2 Radiación solar

El sistema fotovoltaico está ubicado en la biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo – Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur en las coordenadas y latitud $12^{\circ}.21330$, en la longitud $76^{\circ}.9322$ W y en la Altitud 188° .

Ciudad	<input type="text" value=" <Nueva Localidad>"/>				
Latitud [°]	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="12"/>	<input type="text" value="48"/>	<input type="text" value="S"/>	<input type="text" value="12°.2133 S"/>
Longitud [°]	<input type="text" value="76"/>	<input type="text" value="55"/>	<input type="text" value="56"/>	<input type="text" value="W"/>	<input type="text" value="76°.9322 W"/>
Altitud [m]	<input type="text" value="188"/>				

Figura 15: Datos geográficos
Fuente: Solarius PV



Figura 16: Ubicación satelital
Fuente: solarius PV

Los niveles de radiación para los puntos de la instalación proporcionada por el simulador Solarius Pv y fuente tomada por Meteonorm 7.1, que es un programa mediante el cual se van a obtener los datos meteorológicos. Los datos de radiación mensual que nos da el simulador es lo siguiente y cada una calculada en KWh/m^2 .

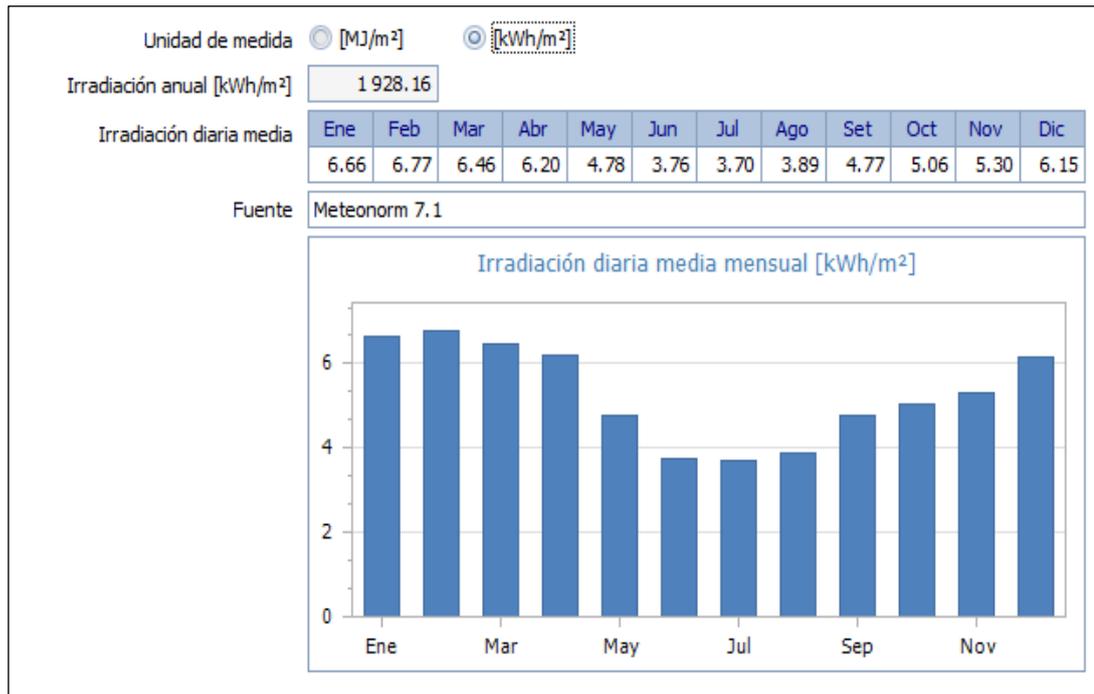


Figura 17: Irradiación sobre el plano horizontal
Fuente: Solarius PV

Las horas solares pico (hsp) es un termino que relaciona el nivel de irradiación sobre los paneles. El mes de julio es el más crítico con una radiación de día promedio de 3.70 KWh/m² y la radiación podemos obtener las horas solares más provechosas dentro del día que será de 3.70 HSP aprovechables al máximo por el panel.

3.1.3 Factor de pérdida

Para calcular la energía real en nuestra instalación, partimos de la máxima demanda calculado anteriormente, de la profundidad de descarga máxima (PD) que por recomendación técnica será al 50%, del número máximo de días de autonomía (N) y del coeficiente de pérdidas.

Tabla 6
Listas de coeficientes de pérdidas

Ka	0.005	Coeficiente de auto descarga de batería
Kb	0.05	Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador
Kc	0.1	Coeficiente de pérdidas en el inversor
Kv	0-15	Coeficiente de otras perdidas del SSF

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7
Factores para calcular la energía real

N	2	Número de días de autonomía
PD	50	% profundidad de descarga
ET	22054,29	Energía consumida diaria

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, aplicaremos la siguiente fórmula para calcular el factor Global de rendimiento:

$$R = 1 - \left[(1 - K_b - K_c - K_v) K_a \frac{N}{PD} \right] - K_b - K_c - K_v$$

$$R = 1 - \left[(1 - 0.05 - 0.1 - 0.15) 0.005 \frac{2}{50} \right] - 0.05 - 0.1 - 0.15$$

$$R = 0.69$$

Considerando la recomendación del PCT de IDEA, para sistemas con acumulador de cargas e inversor de utilización de valores de PR = 0.6, se decidió tomar un valor algo más apropiado que el calculado. El valor de PR considerado será de 0.65.

3.1.4 Cálculo de los componentes del sistema fotovoltaico

3.1.4.1 Cálculo de los módulos fotovoltaicos

A. Potencia del generador fotovoltaico

Utilizando la siguiente ecuación

Dónde: E = energía real

$$P = \frac{E}{HSP \times (1 - NC)}$$

Nc: factor de pérdidas en conexiones y por dispersión (0.04).

La hora solar pico en la central fotovoltaica es de 3.70 Kwh/m^2

$$P = \frac{33929.67}{3.70 \times (1 - 0.04)}$$

$$P = 9552.27$$

Por lo tanto, la potencia del generador fotovoltaico es de 9552.27 W

B. Cálculo del generador fotovoltaico

Una vez obtenida la potencia del generador fotovoltaico se divide entre la potencia nominal para determinar el total de módulos fotovoltaicos.

$$N = \frac{P}{P_n}$$

$$N = \frac{9552.27}{250}$$

$$N = 38.20$$

Los paneles no se pueden fraccionar por lo que la cantidad de paneles será el aproximado superior al dato calculado es decir un total de 40 paneles.

C. Conexión de los paneles fotovoltaicos

▪ Conexión serie

$$N_s = \frac{V_{bat}}{V_{panel}}$$

$$N_s = \frac{48}{24}$$

$$N_s = 2$$

▪ **Conexión paralelo**

$$N_p = \frac{N_T}{N_s}$$

$$N_p = \frac{40}{2}$$

$$N_p = 20$$

Para nuestro generador fotovoltaico se requiere de 40 módulos de 250W, voltaje de 24V. Para configurar el sistema de 48v, se conectarán 2 paneles en serie por rama, formando 2 arreglos solares de 20 ramas cada uno.

D. Cálculo de la inclinación de los módulos fotovoltaicos

Para calcular la inclinación de los módulos fotovoltaicos se asume la latitud del lugar más 10°, resultando un ángulo de 22°.

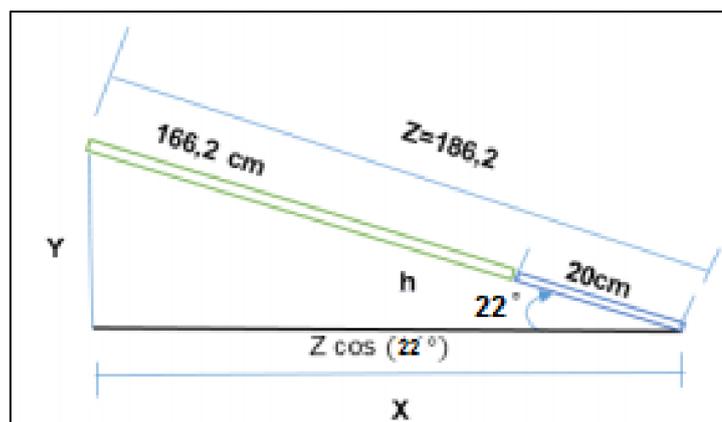


Figura 18: Inclinación de módulos fotovoltaicos
Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, calculamos el valor de (x), el plano horizontal con respecto a la inclinación del módulo.

$$x = 186,2 \times \cos 22$$

$$x = 1,72m$$

Como ya tenemos el valor de x , z despejamos la ecuación para hallar el valor de (y).

$$z^2 = x^2 + y^2$$

$$y = \sqrt{1.862^2 + 1.72^2}$$

$$y = 0.71m$$

La altura con respecto al plano horizontal es de 0.71m

E. Determinación de la separación de los módulos fotovoltaicos

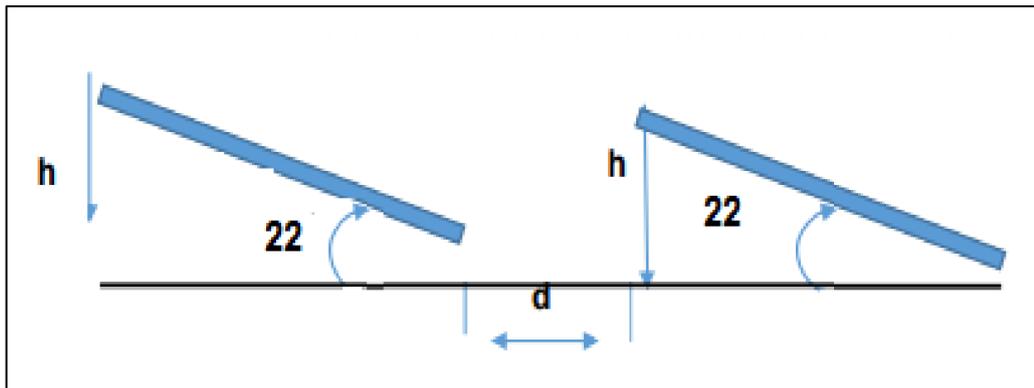


Figura 19: Separación de módulos fotovoltaicos
Fuente: Elaboración propia

Del cálculo anterior tenemos el valor de “ y ” en la cual vamos a reemplazar por h .

$$d_{\text{mínima}} = \frac{h}{\tan 61 - \text{lat}}$$

$$d_{\text{mínima}} = \frac{0.71}{\tan 61 - 12}$$

$$d_{\text{mínima}} = 0.48m$$

Por lo tanto, la distancia mínima entre módulos es = 0,39

3.1.4.2 Cálculo de baterías

Una vez obtenido el factor global de rendimiento, calculamos la energía real de la que se debe disponer diariamente el sistema.

$$E = \frac{Et}{PR}$$

$$E = \frac{22054.29 \text{ Wh/dia}}{0.65}$$

$$E = 33929.67 \text{ Wh / dia}$$

Obtenemos que la energía real de campo solar será de 33929.67 Wh/ día.

Considerando una profundidad de descarga de las baterías al 50% con 3 días de autonomía obtenemos.

$$C = \frac{ExN}{Vn \times PD}$$

$$C = \frac{33929.67 \text{ Whdia} \times 3 \text{ dias}}{48 \times 50\%}$$

$$C = 4241.2088 \text{ Ah}$$

A. Cálculo de número de baterías

$$N = \frac{\text{capacidad total del banco de batería}}{\text{capacidad de la batería}}$$

$$N = \frac{4241.2088 \text{ Ah}}{554 \text{ Ah}}$$

$$N = 7.66 = 8 \text{ bat}$$

Se utilizarán 8 bancos de baterías de 48V cada uno conectado en paralelo, cada batería de 6v, una configuración de 8 baterías por banco.

B. Ficha técnica de baterías

Batería Surrette Rolls modelo: S-550 cuentan con una capacidad de 6 voltios y 554 Ah, capacidad de descarga de 100 horas. Características para ciclos profundos son de fácil transporte. Cuentan con garantía de 24 meses para luego es prolongado hasta 60 meses. La batería Surrette S-550 posee una garantía de 7 años, 2 años de reemplazo.



Figura 20: Batería Surrette Rolls modelo: S-550 de 554 Ah.
Fuente: Autorex (2007)

Especificaciones:

- Casco y tapa: fabricado con un material resistente a golpes llamado polipropileno.
- Masa: 56 kg
- Longitud: 318x181x425mm.
- Autonomía a 100h : 554 Ah
- Autonomía a 50h : 500 Ah
- Autonomía a 20h : 428 Ah

3.1.4.3 Selección del regulador de carga

Mediante la siguiente ecuación obtenemos la intensidad de corriente del regulador.

$$I_{regulador} = I_{generador}$$

$$I_{regulador} = N \text{ ramas} \times I_{sc}$$

$$I_{regulador} = 20 \times 9.09$$

$$I_{regulador} = 181.8 \text{ A}$$

La intensidad de corriente para el regulador será de 181.8 A, dividido en 2 circuitos obtendremos 2 reguladores de 91 A cada uno, con un voltaje de 48 V, en consecuencia, la corriente de carga se demuestra mediante la presente ecuación.

$$P = V \times I \times \cos\phi$$

$$I = \frac{P}{V \times \cos\phi}$$

$$I = \frac{40 \times 250}{220 \times 0.9}$$

$$I = 50.5 \text{ A}$$

Se utilizará 2 controladores de 110 A cada uno con una corriente de 60 A cada uno, siendo los que existen en el mercado.

3.1.4.4 Dimensionamiento del inversor

Se obtiene a partir de la potencia de los módulos instalados en el sistema fotovoltaico.

$P = \text{número de paneles} \times \text{potencia nominal}$

$$P = 40 \times 250W$$

$$P = 10 \text{ KW}$$

Para la selección del inversor se consideró el inversor Sorotec, modelo ssp3115c, determinado para una potencia de 6 KW lo que significa que deberán ser considerados por lo menos 2 inversores para cubrir la potencia instalada.

3.1.4.5 Cálculos de conductores eléctricos

A. Cálculo de conductores eléctricos circuito (generador fotovoltaico caja pack)

Para este diseño se tomo en cuenta la instalación de 20 ramas de 2 paneles solares cada una, distancia de 10m, corriente de corto circuito de 9.09 A, caída de tensión del 3 % y voltaje del sistema 48v dc.

$$S_{dc} = \frac{2 \times L_{dc} \times I_{dc}}{56 \times \% \Delta \times V_{dc}}$$

$$S_{dc} = \frac{2 \times 10 \times 9.09}{56 \times 0.03 \times 48}$$

$$S_{dc} = 2.25 \text{ mm}^2$$

Sumando un total de 200m de conductor de 2.25 mm^2

B. Cálculo tramo caja pack-controlador solar

Para dimensionar el conductor de caja pack hacia controlador solar se tomó en cuenta la distancia de 5m, intensidad de corriente de 91A, caída de tensión del 3 % y voltaje del sistema de 48V dc.

$$S_{dc} = \frac{2 \times L_{dc} \times I_{dc}}{56 \times \% \Delta \times V_{dc}}$$

$$S_{dc} = \frac{2 \times 5 \times 91}{56 \times 0.03 \times 48}$$

$$S_{dc} = 11.28 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, se utilizará un conductor 16 mm^2 , por ser el más próximo en la tabla.

C. Cálculo de conductores tramo controlador – Baterías

Para dimensionar el conductor de controlador hacia baterías se tomó en cuenta la distancia de 7m, intensidad de corriente de 91A, y voltaje del sistema de 48V dc.

$$S_{dc} = \frac{200 \times L_{dc} \times I_{dc}}{56 \times \% \Delta \times V_{dc}}$$

$$S_{dc} = \frac{200 \times 7 \times 9}{56 \times 1 \times 48}$$

$$S_{dc} = 47.40 \text{ mm}^2$$

Se elegirá el conductor más cercano en la tabla que es de 50 mm^2

D. Cálculo de conductores tramo controlador – inversor

Para dimensionar el conductor de controlador hacia baterías se tomó en cuenta la distancia de 5m, intensidad de corriente de 91A, y voltaje del sistema de 48V dc.

$$S_{dc} = \frac{200 \times L_{dc} \times I_{dc}}{56 \times \% \Delta \times V_{dc}}$$

$$S_{dc} = \frac{200 \times 5 \times 91}{56 \times 1 \times 48}$$

$$S_{dc} = 33.85 \text{ mm}^2$$

Se elegirá el conductor más cercano en la tabla que es de 35 mm^2

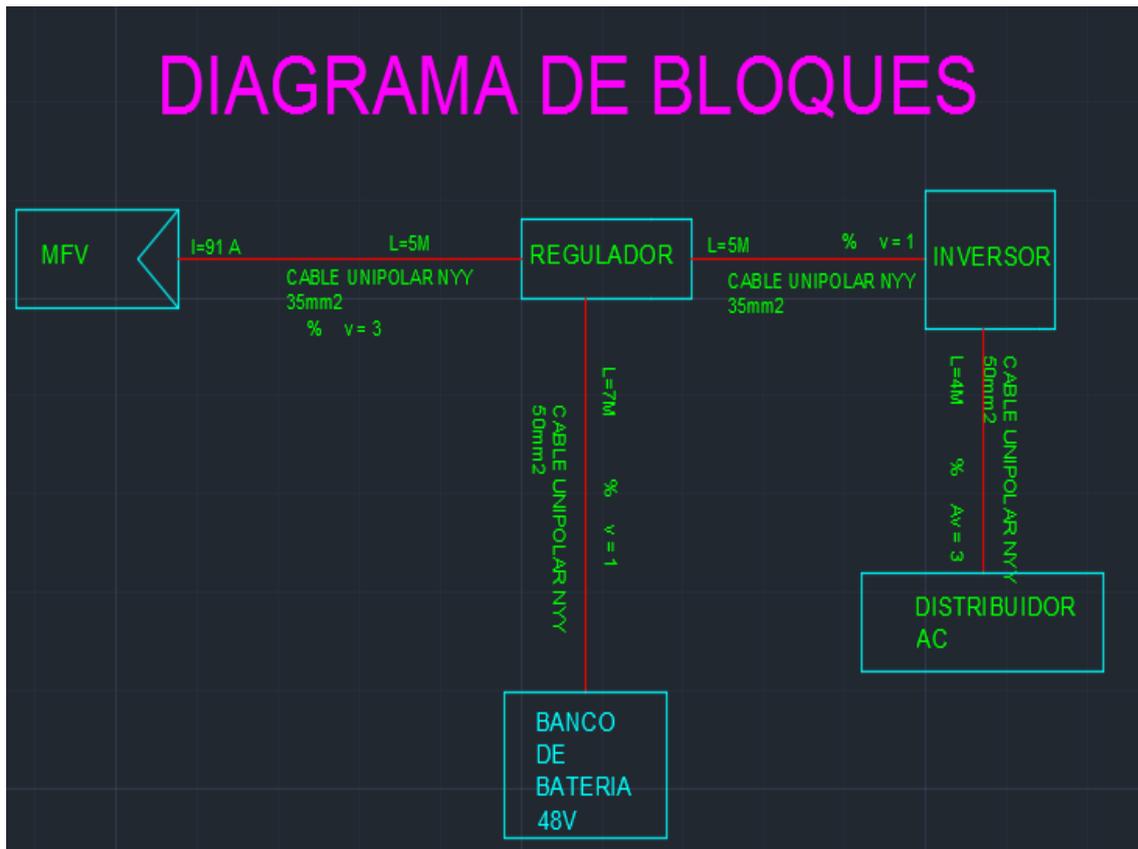


Figura 21: Diagrama de bloques
Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Cálculo del costo de ahorro de energía utilizando el sistema fotovoltaico.

- El cargo fijo mensual es de 4.86
- Asumo que no hay cargo por potencia reactiva en exceso
- El costo estimado de este servicio es de:

Tabla 8
Cálculo de costos

Energía Semanal (kW)	Energía Mensual (kW)	Cargo Fijo	S/. Mensual
154.38 KW	617.52 KW	4.86	S/.3001.15

Fuente: Elaboración propia

Se tiene un ahorro de S/.3001.15 mensuales.

3.2 Resultados

3.2.1 Resultados de la máxima demanda de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo.

Para el presente estudio de cargas se visitaron los ambientes de la Biblioteca Central Santiago Antúnez de Mayolo donde se recolectaron datos de las cargas que están conectadas, de lo cual se obtuvo una energía consumida semanal de 1543380 wh/semana y una energía diaria de 22054,29 wh/día, considerando 5 días de uso a la semana en los aspectos de iluminaria y 6 días en el uso del ambiente informática ya que la biblioteca solo trabaja medio día los días sábados.

3.2.2 Resultados de la radiación solar

El sistema fotovoltaico se ubica en las coordenadas: latitud 12°.21330 S, en la longitud 76°.9322 W y en la altitud 1880. Según Solarius PV el mes de julio es el más crítico con una radiación de día promedio de 3.70 kwh/m², con esta radiación se obtiene las horas solares más provechosas del día que será de 3.70 HSP aprovechables al máximo por el panel.

3.2.3 Resultados del cálculo de los componentes del sistema fotovoltaico

3.2.3.1 Resultados del cálculo de los módulos fotovoltaicos

Para nuestro sistema fotovoltaico se utilizará 40 paneles solares de la marca Kyocera modelo KD250GH-4F82 de 250W y 24V requiere de 40 módulos de 250W, para configurar el sistema de 48v se conectarán 2 paneles en serie por rama, formando 2 arreglos solares de 20 ramas cada uno.

3.2.3.2 Resultados del cálculo de baterías

Se utilizaran 8 bancos de baterías Surrete Rolls modelo S-550 de 48v, cada batería 6 voltios y 554 Ah, con una configuración de 8 baterías por banco.

3.2.3.3 Resultados de la selección del regulador de carga

Para nuestro sistema fotovoltaico se utilizará 2 reguladores Steca Power Tarom ADVANCED 4110 de 110 A, cada uno con un voltaje de 48 para cubrir la intensidad de corriente de 181.8 A.

3.2.3.4 Resultados del dimensionamiento del inversor

En nuestro diseño contamos con dos circuitos de sistema de distribución en baja tensión, en la cual utilizaremos 2 inversores de la marca Sorotec, modelo ssp3115C los cuales estarán en paralelo de 6 kw cada uno para cubrir la potencia instalada .

3.2.4 Resultado del cálculo del costo de ahorro de energía utilizando el sistema fotovoltaico.

Se obtuvo un ahorro de energía mensual de 617.52KW que nos disminuye S/.3001.15 al recibo de luz considerando un cargo fijo de 4.88 obtenido del recibo que emite Luz del Sur a la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

CONCLUSIONES

1. Para elaborar el sistema fotovoltaico se considera una energía teórica que es la referenciada por el consumo de las cargas de la biblioteca y una real que es dispuesta para el cálculo del campo solar, con un factor de pérdidas de 0.65 lo que nos brinda una energía real de 33929.67Wh y se tomó la radiación del mes más crítico de 3.70 kwh/m², el campo solar tendrá una cantidad de 40 módulos de 250w voltaje 24, los cuales se conectarán 2 paneles en serie por rama formando dos arreglos solares de 20 ramas cada uno.
2. Para determinar el número de baterías empezamos por conocer la capacidad total del banco de baterías que es 4241.2088 Ah, obteniendo 8 bancos de baterías de 48v, cada uno conectado en paralelo de 6v con una configuración de 8 baterías por banco. Así también el dimensionamiento del regulador se realizó conociendo el amperaje y número de los paneles como también la capacidad del regulador seleccionado de 60A, resultando 2 reguladores para el sistema.
3. Para el dimensionamiento del inversor se determinó la potencia instalada (10kw), que es el resultado de la cantidad de equipos por la potencia nominal de un panel, seleccionando 2 inversores de 6kv cada uno para cubrir la potencia instalada.
4. Se obtuvo un ahorro de energía mensual de 617.52KW que nos disminuye S/.3001.15 en el sistema de facturación de la energía eléctrica de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

RECOMENDACIONES

1. Conectar el sistema fotovoltaico a la red de distribución de energía eléctrica convencional e involucrar a los estudiantes universitarios de los nuevos sistemas para ser utilizados en futuras instalaciones.
2. Se recomienda que en futuros trabajos sean del tipo on grid para minimizar los costos en baterías y el proyecto sea económicamente viable como también se recomienda realizar un plan de mantenimiento preventivo de los equipos que conforman el sistema fotovoltaico.
3. Se recomienda un rediseño de la iluminación que permita el estudio y el confort visual en zonas de estudio y cómputo, como también la instalación de conectores de corriente continua para los objetos de estudio de los universitarios.
4. Se recomienda el uso de un sistema domótico en la biblioteca para obtener un buen control y automatizar la gestión de una manera eficiente en el uso de la energía, favoreciendo el ahorro de electricidad y logrando una reducción en las tarifas eléctricas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abellá, M. A. (2005). *Sistemas Fotovoltaicos: Introducción al Diseño y Dimensionado de Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid - España: Neografis S.L.
- Cantos, J. (2016). *Configuración de Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. España.
- Gasquet, H. (2004). *Conversión de la luz solar en Energía Eléctrica: Manual Teórico y Práctico sobre los Sistemas Fotovoltaicos*. México: Solartronic.
- Jadraque, G. E. (2011). *Uso de la Energía Solar Fotovoltaica como Fuente para el Suministro de Energía Eléctrica en el Sector Residencial. Tesis Doctoral*. España.
- Jutglar, L. (2004). *Energía Solar*. Barcelona, España: Ediciones CEAC.
- Maltéz, R. G. (2012). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para Alimentar la Red Eléctrica Instalada en Área Comercial. Tesis para optar el Título de Ingeniero Electricista*. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Mellado, F. (2002). *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación.
- Méndez, M. J., & Cuervo, G. R. (2012). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Fundación Confemetal.
- Orbegozo, C., & Arivilca, R. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. Green Energy.
- Pareja, M. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*. España: Ediciones Técnicas Marcombo.
- Perpiñán, L. O. (2018). *Energía Solar Fotovoltaica*. España.
- Perpiñan, Ó., Colmenar, A., & Castro, M. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. España: Promotora General de Estudios S.A.
- Ramos, L. H., & Luna, P. R. (2014). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico Integrado a la Red para el Área de Estacionamiento de la Universidad Tecnológica de Salamanca. Tesis para optar el Título de Maestría en Energías Renovables*. Mexico. Universidad Nacional de Salamanca.
- Rosalba, S. (2008). *Diseño idealizo de un programa para la estimación de la confiailidad de la distribución de energía eléctrica en México*. México.
- Salas, D. (2013). *Diagnóstico, análisis y propuesta de mejora al proceso de gestión de interrupciones imprevistas en el suministro eléctrico de baja tensión*. Lima.

Schallenberg Rodríguez, J., Piernavieja Izquierdo, G., Hernández Rodríguez, C., Unamunzaga Falcón, P., García Déniz, R., Díaz Torres, M., . . . Subiela Ortin, V. (2008). *Energías renovables y eficiencia energética*. Canarias: Instituto Tecnológico de Canarias S.A.

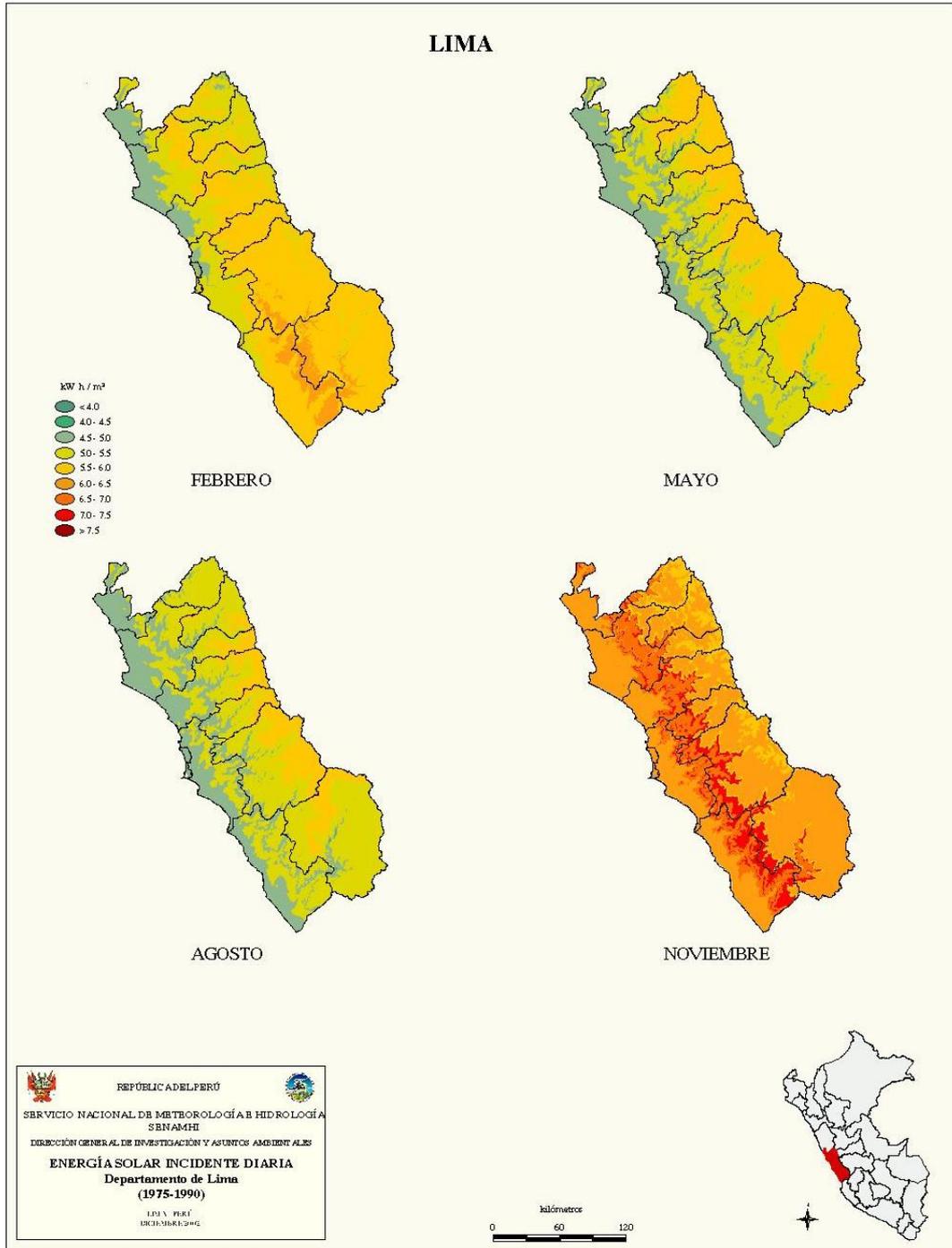
Style, O. (2012). *Energía Solar Autónoma*.

Valdiviezo, S. P. (2014). *Diseño de un Sistema Fotovoltaico para el Suministro de Energía Eléctrica a 15 Computadoras Portátiles en la PUCP. Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico*. Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú.

ANEXOS

Anexo 1

Lima-Callao - Mapa de Irradiación Solar del Departamento



Anexo 2

Ficha técnica de la batería usada



FLOODED DEEP CYCLE BATTERIES

S-550



CONTAINER:	High Density Polypropylene
COVER:	High Density Polypropylene
TERMINALS:	Flag M
HANDLES:	Rope



PLATE HEIGHT:	293 mm	11.550 Inches
PLATE WIDTH:	143 mm	5.625 Inches
THICKNESS (POSITIVE):	4.32 mm	0.170 Inches
THICKNESS (NEGATIVE):	3.05 mm	0.120 Inches

COLD CRANK AMPS (CCA):	0°F / -17.8°C	1315
MARINE CRANK AMPS (MCA):	32°F / 0°C	1645
RESERVE CAPACITY (RC @ 25A):		931 Minutes

CAPACITY **428 AH**

HOUR RATE:	SPECIFIC GRAVITY	CAPACITY / AMP HOUR	CURRENT / AMPS
@ 100 HOUR RATE	1.280	554	5.54
@ 72 HOUR RATE	1.280	524	7.28
@ 50 HOUR RATE	1.280	500	10.00
@ 24 HOUR RATE	1.280	441	18.37
@ 20 HOUR RATE	1.280	428	21.40
@ 15 HOUR RATE	1.280	401	26.76
@ 12 HOUR RATE	1.280	381	31.74
@ 10 HOUR RATE	1.280	364	36.38
@ 8 HOUR RATE	1.280	342	42.80
@ 6 HOUR RATE	1.280	317	52.79
@ 5 HOUR RATE	1.280	300	59.92
@ 4 HOUR RATE	1.280	278	69.55
@ 3 HOUR RATE	1.280	253	84.17
@ 2 HOUR RATE	1.280	218	109.14
@ 1 HOUR RATE	1.280	154	154.08

Amphère Hour capacity ratings based on specific gravities of 1.280. Reduce capacities 5% for 1.265 specific gravity and 10% for specific gravities of 1.250

WWW.ROLLSBATTERY.COM

SURRETTE BATTERY COMPANY 1 STATION RD SPRINGHILL, NS CANADA B0M 1X0

SPEC 01

13-12-01 REV. 1

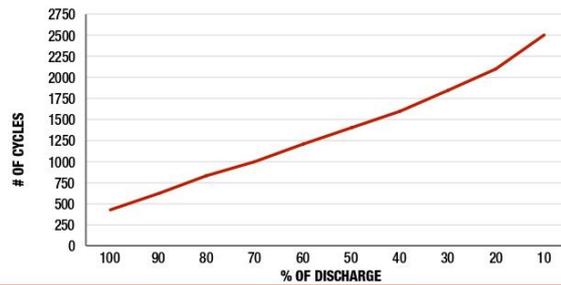
6 VOLTS

WEIGHT DRY:	43 kg	94 Lbs.
WEIGHT WET:	56 kg	123 Lbs.
LENGTH:	318 mm	12 1/2 Inches
WIDTH:	181 mm	7 1/8 Inches
HEIGHT:	425 mm	16 3/4 Inches

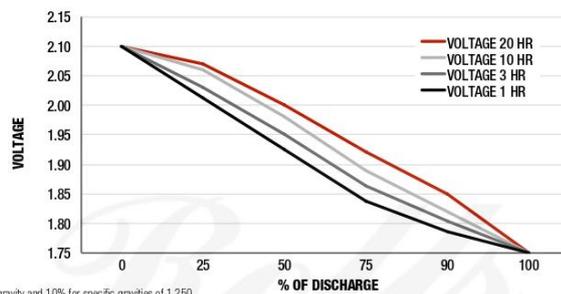
CELLS:	17 Plates/Cell	3 Cell
SEPARATOR THICKNESS:	2 mm	0.061 Inches
GLASS MAT INSULATION:	1 mm	0.02 Inches
ELECTROLYTE RESERVE: ABOVE PLATES	57 mm	2.25 Inches



CYCLE LIFE VS. DEPTH OF DISCHARGE



VOLTAGE VS. DEPTH OF DISCHARGE



AGM & GEL TERMINALS

Torque settings vary by terminal type, please refer to the chart below and/or provided specifications:

AGM Terminals	Torque N.m
Button Terminal (M8)	9.6-10.7
Button Terminal (M10)	12.2-14
AP	5.6-7.9
LT	9.6-10.7
DT (AP and stud terminal)	5.6-7.9
M6 (TP08)	3.9-5.4
M8 (TP08)	9.6-10.7

PARALLEL/SERIES CONNECTIONS

Applications often demand more voltage or more ampere capacity than the capacity of one battery. By connecting multiple batteries in series, parallel or series parallel configurations, you are able to increase the output voltage or battery bank amperage as needed.

To increase voltage, batteries are connected in series. Capacity of the battery bank remains the same as voltage increases. To increase the available amount of current and capacity, batteries are connected in parallel. In this situation it is best to use lower voltage, higher capacity cells to minimize the amount of parallel strings.

To increase voltage, connect the batteries in series as shown in Figure 1.

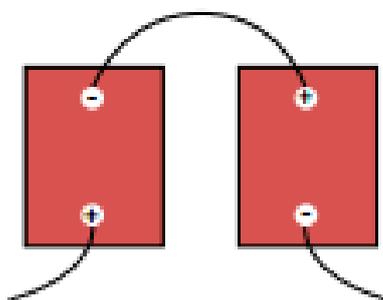


FIGURE 1:
Voltage Increase

To increase capacity and voltage, connect the batteries in series parallel as shown in Figure 2.

EXAMPLE:

Battery Voltage = 6V each
 Battery Capacity = 400 AH each
 System Voltage = 12V
 System Capacity = 800 AH

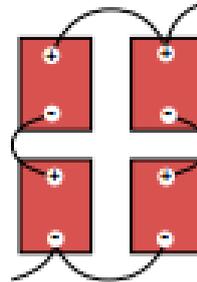


FIGURE 2:
Voltage/Capacity
Increase

EXAMPLE:

Twenty-four (24) 2 Volt models at 2430 AH each = 2430 AH at 48 Volts

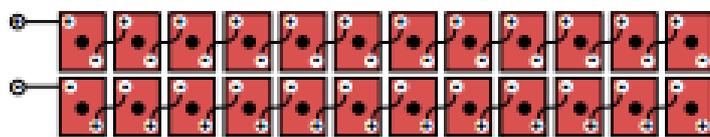


FIGURE 3:
Single Series String
+ "Best Option"

EXAMPLE:

Two (2) strings of eight (8) 6 Volt 428 AH each = 2 x 428 AH at 48 Volts = 856 AH at 48 Volts

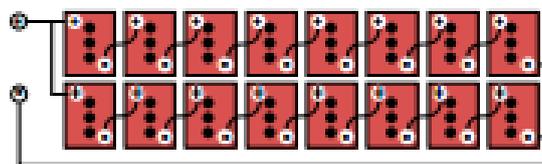


FIGURE 4:
Two Parallel Strings.
Series/Parallel

EXAMPLE:

Three (3) strings of four (4) Batteries at 357 AH each = 3 x 357 AH at 48 Volts = 1071 AH at 48 Volts

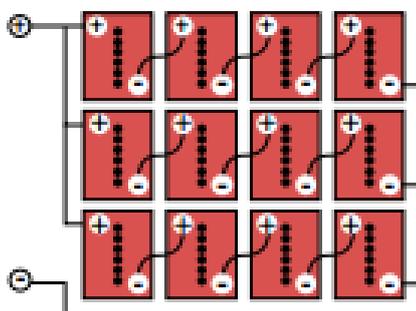


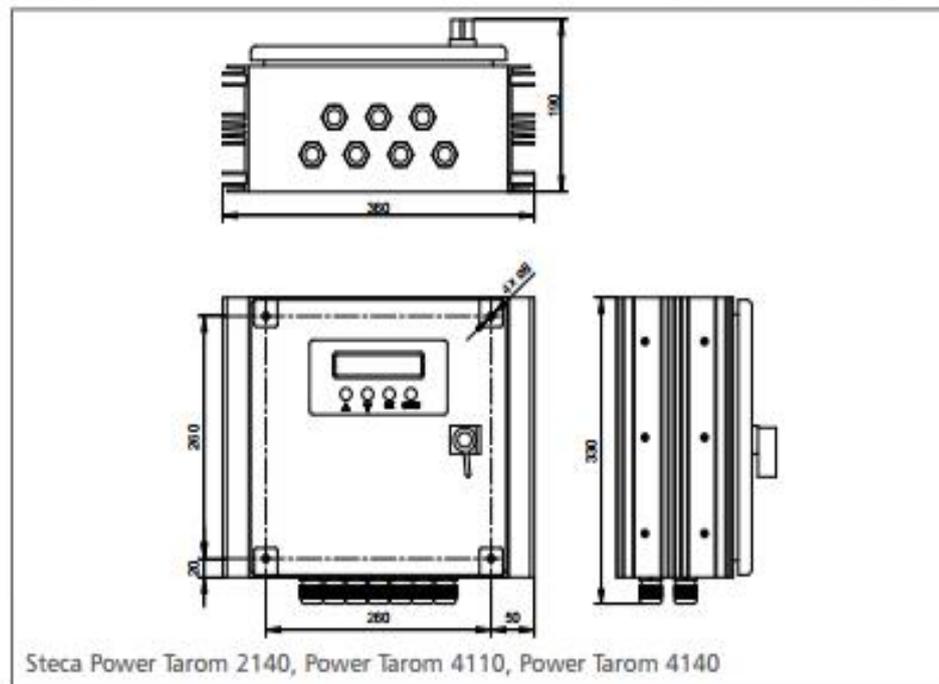
FIGURE 5:
Three Parallel Strings.
Series/Parallel

NOTE: We do not recommend more than three (3) series strings. Multiple parallel connections will often create uneven resistance between strings, causing an imbalance of charging and discharge currents, resulting in possible cell damage or premature failure.

Anexo 3
Inversor Sorotec, modelo ssp3115c



55 A...140 A



Steca Power Tarom 2140, Power Tarom 4110, Power Tarom 4140

Anexo 4

Ficha técnica del Inversor Sorotec, modelo ssp3115c

	2070	2140	4055	4110	4140
Funcionamiento					
Tensión del sistema	12 V (24 V)		48 V		
Consumo propio	14 mA				
Datos de entrada CC					
Tensión de circuito abierto del módulo solar	< 50 V		< 100 V		
Corriente del módulo	70 A	140 A	55 A	110 A	140 A
Datos de salida CC					
Corriente de consumo	70 A	70 A	55 A	55 A	70 A
Tensión final de carga	13,7 V (27,4 V)		54,8 V		
Tensión de carga reforzada	14,4 V (28,8 V)		57,6 V		
Carga de compensación	14,7 V (29,4 V)		58,8 V		
Tensión de reconexión (SOC / LVR)	> 50 % / 12,6 V (25,2 V)		> 50 % / 50,4 V		
Protección contra descarga profunda (SOC / LVD)	< 30 % / 11,1 V (22,2 V)		< 30 % / 44,4 V		
Condiciones de uso					
Temperatura ambiente	-10 °C ... +60 °C				
Equipamiento y diseño					
Ajuste del tipo de batería	líquido (ajustable a través menú)				
Terminal (cable fino / único)	50 mm ² - AWG 1	95 mm ² - AWG 000	50 mm ² - AWG 1	70 mm ² - AWG 00	95 mm ² - AWG 000
Grado de protección	IP 65				
Dimensiones (X x Y x Z)	330 x 330 x 190 mm	360 x 330 x 190 mm	330 x 330 x 190 mm	360 x 330 x 190 mm	
Peso	10 kg				

Anexo 5

Características del Inversor Sorotec, modelo ssp3115c

Características del producto

- Regulador híbrido
- Determinación del estado de carga con Steca AtonIC (SOC)
- Selección automática de tensión
- Regulación MAP
- Tecnología de carga escalonada
- Desconexión de carga en función de SOC
- Reconexión automática del consumidor
- Compensación de temperatura
- Toma de tierra en uno o varios terminales positivos o sólo en uno de los terminales negativos
- Registrador de datos integrado
- Función de luz nocturna con Steca PA 15
- Función de autotest
- Carga mensual de mantenimiento
- Contador de energía integrado

Funciones de protección electrónica

- Protección contra sobrecarga
- Protección contra descarga total
- Protección contra polaridad inversa de los módulos, la carga y la batería
- Protección contra polaridad inversa por medio de fusible interno
- Fusible electrónico automático
- Protección contra cortocircuito de la carga y los módulos solares
- Protección contra sobretensión en la entrada del módulo
- Protección contra circuito abierto sin batería
- Protección contra corriente inversa por la noche
- Protección contra sobretensión y sobrecarga
- Desconexión por sobretensión en la batería

Indicaciones

- Display LCD para textos
 - para parámetros de funcionamiento, avisos de fallo, autotest

Manejo

- Fácil manejo con menús
- Programación por medio de botones
- Conmutación manual de carga

Interfaces

- Interfaz RJ45

Opciones

- Sensor de temperatura externo (incluida en el volumen de suministro)
- Contacto de alarma
- Monitorización de la instalación mediante cable de datos Steca PA CAB 1 Tarcom

Anexo 6

Descripción del Inversor Sorotec, modelo ssp3115c

DESCRIPCIÓN DEL INVERSOR							
	Inversor de corriente solar de SSP3115C 1-6KW	REGULADOR SOLAR:	MPPT				
Instalación:	Montado en la pared	Forma de onda:	onda sinusoidal pura				
Tiempo de transferencia:	10ms típico	Prioridad de AC/Solar:	Opcional				
Función de puente:	Opcional	Generador de la ayuda:	Sí				
Pantalla LCD:	Sí	Con los transformadores:	Sí				
Producción del OEM:	Disponible	Logotipo:	SOROTEC/Custom				
Muestra:	Disponible	Garantía:	Un año				
Aplicación:	dispositivos del hogar o de oficina por ejemplo: refrigerador, aire condicional, TV, ordenador						
Especificación de salida del inversor							
Forma de onda de la salida	Onda sinusoidal pura						
Vatios del poder de los continuos de la salida	1000	1500	2000	3000	4000	50000	6000
Poder VA de los continuos de la salida	1000	1500	2000	3000	8000		6000
Factor de potencia	0.9-1.0						
Voltaje de salida nominal	120VAC (opción) 230VAC						
Regulación de voltaje de salida	+/- 10%rms						
Frecuencia de la salida	50Hz ± 0.3Hz o 60Hz ± 0.3Hz						
Certificación de seguridad	el >88%						
Protección del cortocircuito	Sí, falta después 1s						
Especificación de entrada del inversor							
Voltaje de entrada nominal	12V/24V/48V				96V		
Voltaje mínimo del comienzo	10V/20V/40V				80V		

Anexo 7

Tabla de conductores eléctricos

TABLA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS							
CALIBRE AWG/MCM	SECCIÓN mm ²		AIRE				
			TW- 71	THW- 76	TW- 81	THW- 90	THHW- 91
14	2,08	2,5	25 27	30,2 32	28 30	35 37	35 37
12	3,31	4	30 32	35 40	33 35	40 45	40 45
10	5,26	6	40 45	50 52	44 50	56 61	56 61
8	8,37	10	60 67	70 78	66 74	80 88	80 88
6	13,3	16	80 90	95 110	88 99	107 124	107 124
4	21,15	25	105 120	125 140	116 132	141 158	141 158
2	33,62	35 50	140 150 185	170 175 215	154 165 204	192 197 245	192 197 245
1/0	53,49		195	230	215	260	260
2/0	67,43	70	225 230	265 270	248 253	300 307	300 307
3/0	85,01	95	260 275	310 330	286 303	350 375	350 375
4/0	107,2	120	300 320	360 380	330 352	406 437	406 437
250	127	150	340 375	405 440	374 413	457 501	457 501

Anexo 8

Inversor Sorotec, modelo ssp3115c

Low Frequency Pure sine solar power inverter

Model: 1-6KW

Nominal Voltage:

230VAC

Nominal Input Frequency:

50Hz/ 60Hz



SOROTEC[®]
Power Solutions Expert

China Inversores de corriente solares de baja fricción para el sistema del panel solar, capacidad 1000-10000W proveedor

[View original](#)

Anexo 9

Características eléctricas del panel solar Marca: Kyocera de 250W 24v

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
A 1000 W/m ²		
Potencia nominal	W	250
Tensión máxima del sistema	V	1000
Tensión de máxima potencia	V	29,8
Corriente de mínima potencia	A	8,39
Tensión de circulo abierto	V	36,9
Corriente de cortocircuito	A	9,09
Nivel de eficiencia	%	15,1
Tolerancia de potencia	%	5/-3
Resistencia a la corriente inversa I _g	A	15
Protección máxima del fusible	A	15
Coeficiente de la temperatura de la tensión de circuito abierto	%/k	-0,36
Coeficiente de la temperatura de la corriente de corto circuito	%/k	0,06
Coeficiente de la temperatura a P _{max}	%/k	-0,46
Reducción del nivel de eficiencia de 1000W/m ² a 200W/m	%	6,7

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
TIPO DE MÓDULO PV	UND	KD250GH-4F82
MEDIDAS		
Longitud	Mm	1662 (+- 2,5)
Ancho	Mm	990(+ - 2,5)
Altura/63amos. Caja de contacto	Mm	46
Peso	Kg	20
Cable	Mm	(+)1190/(-)960
Tipo conexión		pv-03(SMK)
Caja de contacto	Mm	123*91,6*16
Numero de diodos bypass		3
Código IP		IP65/IP67
CÉLULAS		
Cantidad por módulo		60
Tecnología celular		Policristalina
Tamaño celular(cuadrado)	Mm	156*156
Conexión de células		3 busbar
DATOS GENERALES		
Garantía de rendimiento		10(3) 25 años(4)
Garantía		10años(5)

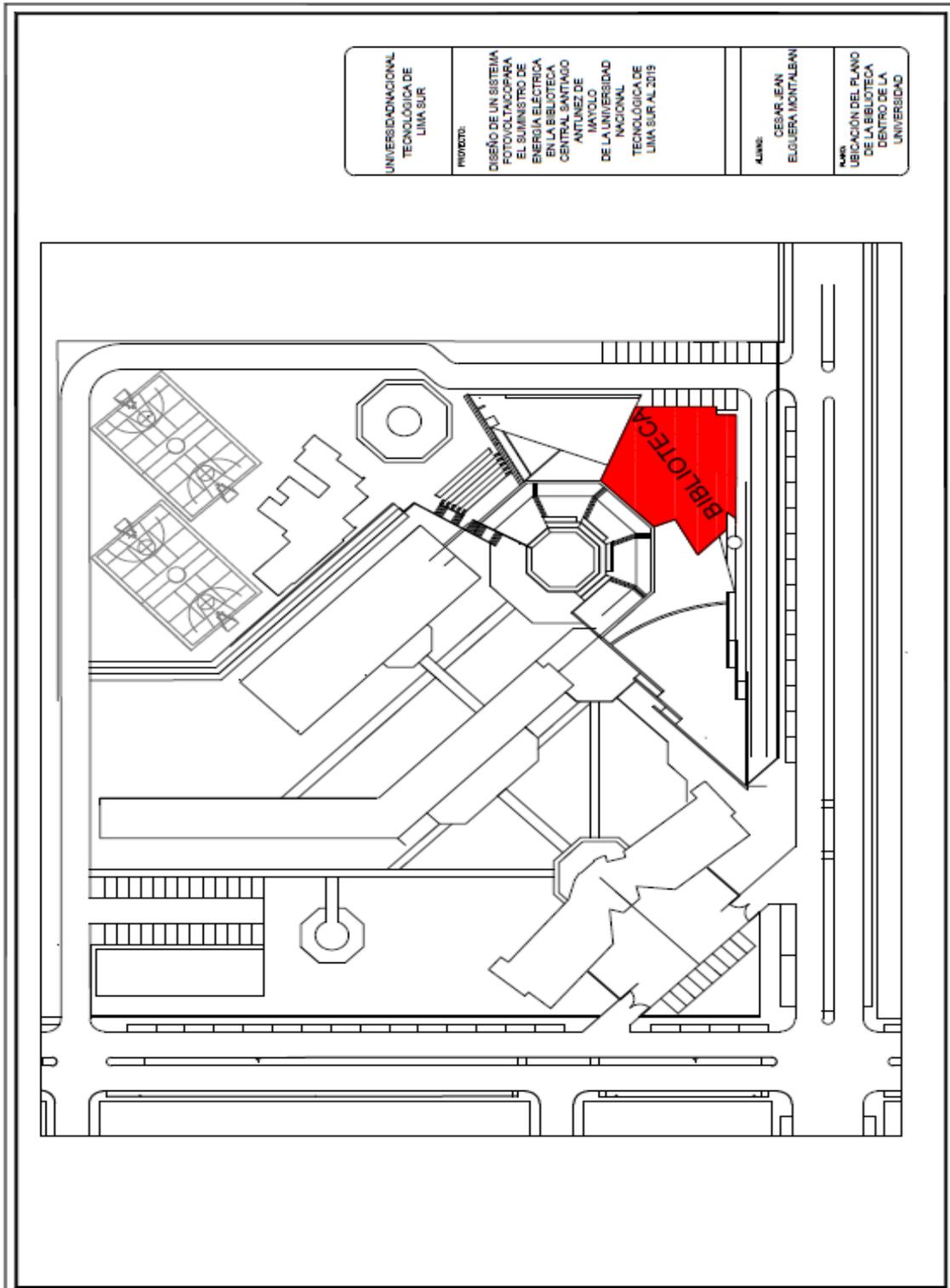
Anexo 10

Panel solar Marca: Kyocera de 250W 24v



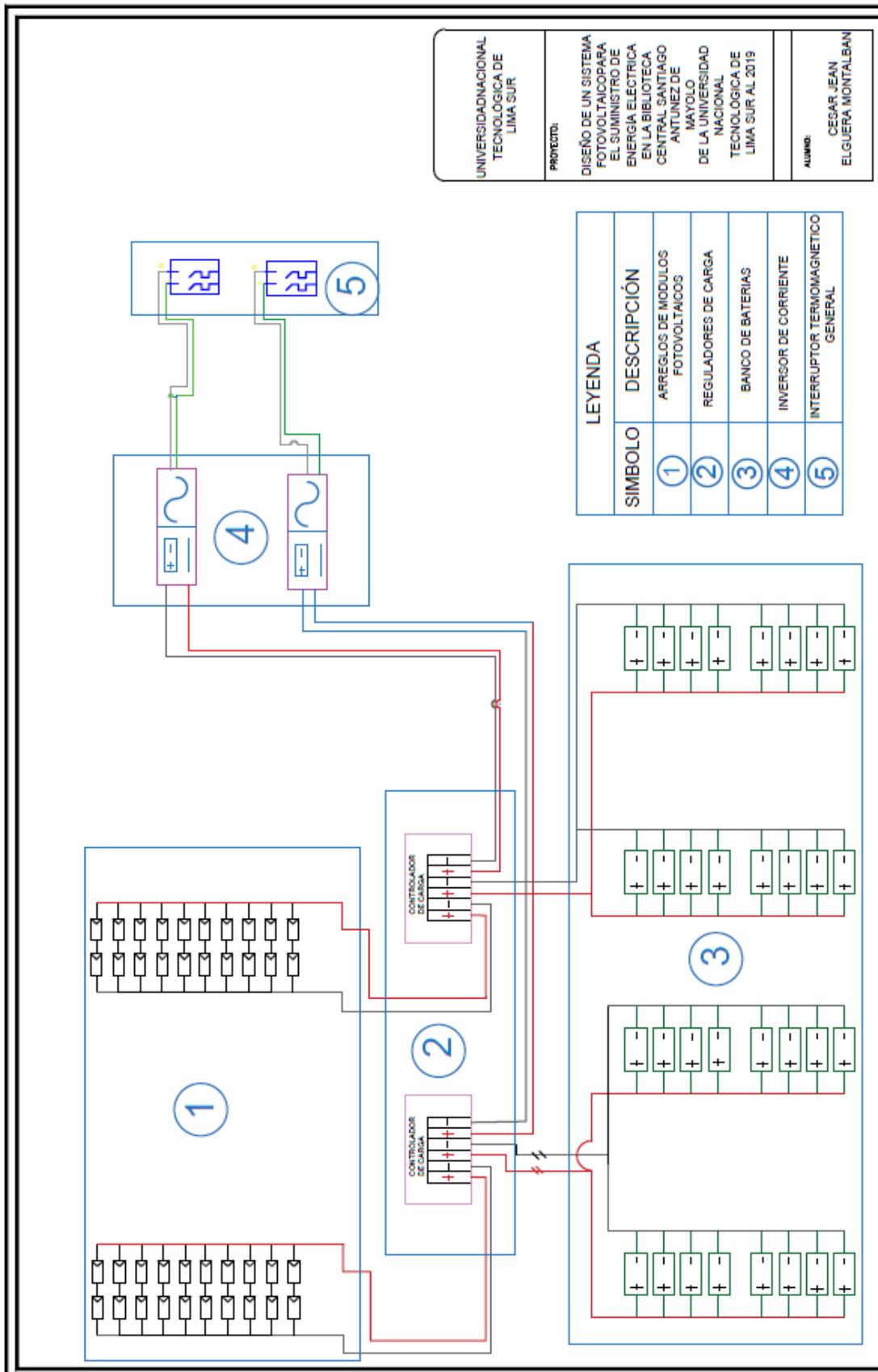
Anexo 11

Ubicación del plano de la biblioteca dentro de la universidad



Anexo 12

Diagrama Unifilar del sistema fotovoltaico



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLOGICA DE
LIMA SUR

PROYECTO:
DISEÑO DE UN SISTEMA
FOTOVOLTAICO PARA
EL SUMINISTRO DE
ENERGIA ELECTRICA
EN LA BIBLIOTECA
CENTRAL SANTIAGO
ANTUNEZ DE
MAYOLO
DE LA UNIVERSIDAD
NACIONAL
TECNOLOGICA DE
LIMA SUR AL 2019

ALUMNO:
CESAR JEAN
ELGUERA MONTALBANI

LEYENDA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
①	ARREGLOS DE MODULOS FOTOVOLTAICOS
②	REGULADORES DE CARGA
③	BANCO DE BATERIAS
④	INVERSOR DE CORRIENTE
⑤	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO GENERAL

Anexo 13

Recibo de suministro de energía eléctrica

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA
 GRUPO 1 SECTOR 3 P.J. VILLA EL SALVADOR
 VILLA EL SALVADOR - LIMA
 REPARTO: DEJAR EN OFICINA DE ABASTECIMIENTO DE LA UNT
 R.U.C.: 20562245032 TELEFONO: 375312309
 Recibo Nro. 231700305 M - ENL 13838
 01777

LUZ DEL SUR
 S.A. CAPITAL Y RESERVA DE ACCIONES - LIMA
 R.S. 00000000000000000000

Nº SUMINISTRO	1519464
----------------------	----------------

DATOS DEL SUMINISTRO			DETALLE DE LOS IMPORTES FACTURADOS				
Recorrido	PROY. 30171	Conector	Alm. CS 2	Descripción	Precio Usado	Cantidad	Importe
Ruta	50-079-0817	Posición	Controlada 250.00 KW	Cargo Fijo			4.08
Tarifa	MT4	Facturación	Variable	Mant. y Reparación de Conexión			18.89
Nivel Tensión	10 KV	Medidor	Tripulato	Consumo de Energía	0.2332	37254.06	8,017.06
Sector Tercero	11900139		Electricista 3 Nive	Consumo de Energía Reactiva Inductiva	0.6497	3709.06	171.02
				Potencia Generada Presente en Punta	49.4400	114.00	1,661.22
				Potencia Distribución Presente en Punta	0.8190	131.79	1,292.08
				Alumbrado Público			890.00
				Índice Compensación			2.74
				I.G.V.			2,834.34
				Electrificación Rural (Ley N° 28740)	0.0084	37254.06	312.50
				SUBTOTAL DEL MES			16,893.02
				TOTAL LUZ DEL SUR			16,893.02

REGISTRO DE DEMANDA / CONSUMO

Historia de Consumo

Importe 2 Últimos meses Facturados

Ago-18 S/ 18,893.00 Ago-19 S/ 12,294.06

Energía Activa (KW.H)			
		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/09/2019)	1400.546	4413.620
Lectura Anterior	(25/08/2019)	1365.840	4355.560
Diferencia entre lecturas		34.706	58.060
Factor de Medición		600	600
Consumo a facturar		20822.00	28836.00

Demanda (KW)			
		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/09/2019)	3.7890	0.1910
Lectura Anterior	(25/08/2019)	3.0000	0.0000
Diferencia entre lecturas		0.7890	0.1910
Factor de Medición		600	600
Potencia Registrada		113.4000	114.0000

Energía Reactiva (KVAR.H)			
		Inductiva	Capacitiva
Lectura Actual	(25/09/2019)	2565.543	
Lectura Anterior	(25/08/2019)	2540.230	
Diferencia entre lecturas		25.313	
Factor de Medición		600	
Consumo Registrado		14886.00	
Consumo a facturar		3703.00	

TOTAL A PAGAR S/	***18,893.10
FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO
30-SET-2019	15-OCT-2019

MENSAJES AL CLIENTE

16 OCT 2019

Recarga por FOSB (Ley 27516) S/ 390.46

Secuencia	00115
Suministro	1519464 2
Vencimiento	15-OCT-2019
Código	30-079-0817
Tarifa	MT4
0150005	***18,893.10
RECIBO 38077	S/ ***18,893.10
Total a Pagar	***18,893.10

15194643 09600001889310