

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRONICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER
PARTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN
DOMICILIO TIPO R4 EN LA CIUDAD DE TRUJILLO-2016”**

**PROYECTO DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO ELECTRONICO
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONTROL Y AUTOMATIZACION**

AUTORES: BR. NECOCHEA CHAMORRO PAUL FRANCIS
BR. RAMIREZ RAMOS WALTER ARMANDO

ASESOR: Ing. LINARES VERTIZ SAUL NOE

TRUJILLO - PERÚ
2016

ACREDITACIONES

TÍTULO: “**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER PARTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN DOMICILIO TIPO R4 EN LA CIUDAD DE TRUJILLO-2016**”

AUTOR (ES): BR. NECOCHEA CHAMORRO PAUL FRANCIS
BR. RAMIREZ RAMOS WALTER ARMANDO

APROBADO POR:

Ing. Luis Alberto Vargas Díaz
PRESIDENTE
N° CIP 104175

Ing. Lenin Humberto Llanos León
SECRETARIO
N° CIP 139213

Ing. Guillermo David Evangelista
Adrianzén
VOCAL
N° CIP 187682

Ing. Saúl Noé Linares Vertiz
ASESOR
N° CIP 142213

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Dando cumplimiento y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra consideración el Informe del Trabajo de Investigación Titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER PARTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN DOMICILIO TIPO R4 EN LA CIUDAD DE TRUJILLO-2016**”, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen, excusándonos de antemano de los posibles errores involuntarios cometidos en el desarrollo del mismo.

Trujillo, 07 de Julio de 2016.

Br. Necochea Chamorro Paul Francis

Br. Ramirez Ramos Walter Armando

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Tesis:

A Dios, por brindarme salud y fuerza para superar los momentos difíciles.

Al amor de mi vida, mi esposa, por estar siempre a mi lado en todos los momentos importantes de mi vida quien me incentivo a continuar desarrollándome profesionalmente.

A mis queridos Hijos, Adriana, Ximena y Brunito por brindarme su amor y por ser para mí un motivo de superación y esfuerzo.

A mi Padre y mi Madre, quienes me dieron la vida para afrontar todos los retos de mi presencia en este mundo.

A mis hermanos, que siempre me han brindado su apoyo en momentos difíciles, sus consejos y enseñanzas, siempre los tendré presente.

Walter Armando Ramírez Ramos

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo de Tesis:

A Dios, que me brinda sabiduría, amor y
paciencia.

A mi amada madre y hermano, que son el pilar y
empuje en mi vida, brindándome apoyo moral,
ánimos para seguir adelante y por ser para mí un
ejemplo de superación y esfuerzo

Paúl Francis Necochea Chamorro

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de poder llegar a nuestras metas trazadas, realizar nuestros objetivos y por darnos salud y su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos camino en el ámbito laboral.

A todos nuestros Docentes universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para nuestro desarrollo profesional.

Los Autores de la Tesis

A Dios por regalarme la vida, por darme fortaleza y ayudarme a superar los obstáculos de la vida.

A mi Esposa María del Carmen Carranza Moreno por su amor y por sus consejos recibidos a lo largo de mi vida junto a ella.

A mis hermanos, en especial a Jaime, Alfredo y Carlos, que siempre me han brindado su apoyo en momentos difíciles, siempre los tendré presente.

A todos mis compañeros y Docentes de la Universidad, por haber compartido momentos gratos a lo largo de la carrera y haber compartido experiencias que me son útiles para afrontar las dificultades que trae la vida profesional.

Walter Armando Ramírez Ramos

A mi madre Gabriela Chamorro Valderrama y mi hermano Jorge Necochea Chamorro por haberme brindado lo mejor de ellos, su gran amor y haberme dado la mejor herencia que es mi educación, por sus grandes consejos como amigos, sus enseñanzas y fortalezas que siempre tendré presente en el transcurso de toda mi vida.

Paúl Francis Necochea Chamorro

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se centra en realizar un Diseño de un Sistema Fotovoltaico para abastecer parte del consumo de energía eléctrica en un domicilio tipo R4 en la ciudad de Trujillo en el año 2016.

Se plantea en primer lugar la problemática existente tanto con el aumento de dispositivos eléctricos y electrónicos en casa, el uso inadecuado de equipos eléctricos y electrónicos y la posibilidad de migrar a otro plan tarifario de mayor costo por kwh si su proyección de consumo va en aumento.

Del mismo modo se define el problema en proponer una alternativa tecnológica que permita disminuir el consumo de energía eléctrica en una residencia tipo R4 en la ciudad de Trujillo.

Por lo tanto, nuestro objetivo general está orientado a diseñar un sistema de abastecimiento alternativo de energía eléctrica para atender parte del consumo de la vivienda tipo R4 a partir de la identificación del consumo energético de la residencia tipo R4, análisis del consumo de los equipos que pueden ser alimentados desde el sistema fotovoltaico y el dimensionamiento los diversos componentes a utilizar en el diseño del sistema fotovoltaico.

Luego seleccionamos bajo un criterio de ingeniería todos los equipos dimensionados detallando sus parámetros y características de funcionamiento óptimo considerando sus tolerancias, márgenes de seguridad, coeficientes de pérdidas, etc.

Finalmente analizamos los resultados obtenidos desde el levantamiento de información hasta la evaluación de factibilidad del diseño del sistema fotovoltaico.

ABSTRACT

This research focuses on making a design of a photovoltaic system to supply part of the electricity consumption in a household type R4 in the city of Trujillo in 2016.

The existing problem arises in the first place both with increased electrical and electronic devices at home, improper use of electrical and electronic equipment and the ability to migrate to another tariff plan higher cost per kWh if its projected consumption is increasing.

Similarly the problem is defined in proposing a technological alternative to reduce power consumption in a residence type R4 in the city of Trujillo.

Therefore, our overall objective is aimed at designing a system of alternative electricity supply to meet part of consumption of type R4 property from the identification of the energy consumption of the type R4 residence, consumption analysis teams they can be fed from the PV system and dimensioning the various components used in the design of the photovoltaic system.

Then we select under criteria sized engineering teams all detailing its parameters and characteristics of optimal performance considering tolerances, safety margins, loss coefficients, etc.

Finally, we analyze the results obtained from gathering information to evaluating feasibility of photovoltaic system design.

INDICE

I. ASPECTOS INFORMATIVOS	01
II. DISEÑO DE LA INVESTIGACION	04
1. EL PROBLEMA	04
1.1. Planteamiento del Problema	04
1.2. Formulación del Problema	07
1.3. Objetivos de la Investigación	07
1.4. Justificación de la Investigación	07
1.4.1. Importancia de la Investigación	08
1.4.2. Viabilidad de la Investigación	08
1.5. Limitaciones de Estudio	08
2. MARCO TEORICO	08
2.1. Antecedentes de la Investigación	08
2.2. Fundamentación Teórica de la Investigación	13
2.2.1. Disipación de Potencia en una Resistencia	13
2.2.2. Factores que influyen en la Calidad de Energía Consumida	14
2.2.3. Energía Eléctrica	14
2.2.4. Eficiencia Energética	16
2.2.5. Consumos Eléctricos	17
2.2.6. Energía Solar	20
2.2.7. El Efecto Fotovoltaico	21
2.2.8. Unidades en Energía Solar	23
2.2.9. Inclinación y Orientación	24
2.2.10. Sombras y Reflejos	25
2.2.11. Mediciones de Energía Solar	27

2.2.12. Medidas de Temperatura de los Módulos	29
2.2.13. Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico Domiciliario	31
2.2.13.1. Módulo Fotovoltaico	33
2.2.13.2. Regulador de Carga	34
2.2.13.3. Baterías Solares	37
2.2.13.4. Inversor de Voltaje	43
2.2.13.5. Cables Eléctricos	43
2.2.14. Dimensionamiento de los Sistemas solares Fotovoltaicos	44
2.2.14.1. Descripción del Método Simplificado	45
2.2.14.2. Cálculo del Consumo de Energía	45
2.2.14.3. Cálculo del Generador Fotovoltaico	47
2.2.14.4. Cálculo de la Batería	48
2.2.14.5. Cálculo del Regulador de Carga	49
2.2.14.6. Cálculo del Inversor DC/AC	50
2.2.14.7. Correcta Disposición del Cableado	51
2.3. Definición de Términos Básicos	52
3. HIPOTESIS	54
3.1. General	54
3.2. Variables y Definición Operacional	54
4. MATERIAL Y PROCEDIMIENTOS	55
4.1. MATERIAL	55
4.1.1. Población	55
4.1.2. Muestra	55
4.1.3. Unidad de Análisis	55
4.2. METODOLOGIA	55

4.2.1. Nivel de Investigación	55
4.2.2. Diseño de Investigación	55
4.2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	68
4.2.4. Técnicas de Procesamiento y análisis de Datos	69
5. RESULTADOS	75
5.1. Selección de la Batería	75
5.2. Selección de los Paneles o Módulos Fotovoltaicos	76
5.3. Selección del Regulador de Carga	77
5.4. Selección del Inversor DC/AC	78
5.5. Plano de distribución Eléctrica del Sistema FVD	80
6. ANALISIS DE RESULTADOS	81
7. CONCLUSIONES	81
8. RECOMENDACIONES	82
9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	83
ANEXOS	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Descripción de cada etiqueta de eficiencia energética.	20
Tabla 2.2: Tecnologías importantes de celdas solares.	22
Tabla 2.3: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica.	23
Tabla 4.1: Datos consolidados del consumo promedio de energía de las viviendas tipo R4.	56
Tabla 4.2: Consumo promedio de energía eléctrica de los 6 últimos meses de las viviendas tipo R4.	57
Tabla 4.3: Selección de artefactos eléctricos a independizar con el sistema fotovoltaico.	58
Tabla 4.4. Tabla de consumo de los artefactos eléctricos a independizar.	59
Tabla N° 4.5: Potencia en W de los artefactos eléctricos seleccionados.	67
Tabla 4.6: Consumo promedio consolidado de energía eléctrica en una vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo en el año 2016.	73

INDICE DE GRAFICOS

Figura N° 2.1: Perfil de consumo eléctrico en una familia en un día típico.	18
Figura N° 2.2: La energía desde la perspectiva del consumo y del ahorro	19
Figura N° 2.3: Etiqueta de eficiencia energética.	19
Figura N° 2.4: Puesta de sol.	21
Figura N° 2.5: Esquema del Efecto Fotovoltaico.	21
Figura N° 2.6: Sistema solar y algunos obstáculos bajos.	26
Figura N° 2.7: Modelo de Piranómetro.	28
Figura N° 2.8: Modelo de medidor fotovoltaico.	29
Figura N° 2.9: Efecto de la temperatura de la celda en la curva I-V de un módulo.	30
Figura N° 2.10: Componentes de un SFD básico.	32
Figura N° 2.11: Tipos de módulos fotovoltaicos.	34
Figura N° 2.12: Reguladores o controladores de carga.	35
Figura N° 2.13: Tipos de baterías solares.	37
Figura N° 2.14: Inversor de voltaje.	43
Figura N° 2.15: Diagrama de flujo de un Sistema Fotovoltaico.	44
Figura N° 2.16: Diagrama unifilar de un sistema FV.	51
Figura N° 4.1: Ubicación satelital de la ciudad de Trujillo	61
Figura N° 4.2: Desplazamiento del sol en el proceso de radiación diaria.	62
Figura N° 4.3: Mapa de radiación solar de la ciudad de Trujillo	62
Figura N° 4.4: Radiación solar mensual de la ciudad de Trujillo según Data center de la NASA.	63
Figura N° 4.5: Mapa de radiación solar de la ciudad de Trujillo - invierno	64
Figura N° 4.6: Corriente máxima de operación del panel	66
Figura N° 4.7: Número de personas que habitan en la vivienda y n° de habitaciones	70

que presenta.

Figura N° 4.8: Consumo mensual de energía en la vivienda	70
Figura N° 4.9: Mes que se consume mayor energía.	71
Figura N° 4.10: Tendencia de adquisición de artefactos eléctricos	71
Figura N° 4.11: Malos hábitos de consumo energético en la vivienda.	72
Figura N° 4.12: Consumo promedio mensual de energía eléctrica en una vivienda tipo R4	74
Figura N° 4.13: Diagrama circular de los consumos porcentuales de los artefactos eléctricos de las viviendas tipo R4.	74
Figura N° 5.1: Configuración de Baterías de 12v – 137 Ah.	75
Figura N° 5.2: Baterías de 12v – 137 Ah marca TROJAN modelo 5SHP-GEL	76
Figura N° 5.3: Módulo fotovoltaico Marca CSUN a 24v 250w	77
Figura N° 5.4: Regulador de carga marca PHOCOS tipo MPS de 45A y 24 v.	78
Figura N° 5.5: Inversor de tensión 24v/5000w	79
Fig. N° 5.6: Plano de Distribución Eléctrica de los componentes del sistema fotovoltaico	80

I. ASPECTOS INFORMATIVOS

1. Título: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA ABASTECER PARTE DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN DOMICILIO TIPO R4 EN LA CIUDAD DE TRUJILLO - 2016”**
2. Equipo investigador :
 Br. Necochea Chamorro Paul Francis
 Br. Ramirez Ramos Walter Armando
3. Asesor: Ing. Saúl Linares Vertiz
4. Tipo de Investigación: Aplicada, exploratoria
5. Régimen de la Investigación: Libre
6. Línea de Investigación: Control y Automatización
7. Institución a la que pertenece el proyecto: Universidad Privada Antenor Orrego
8. Unidad Académica: Facultad de Ingeniería, Escuela profesional de Ingeniería Electrónica
9. Lugar de desarrollo del proyecto: Distrito Trujillo.
10. Duración de la ejecución del proyecto: 4 meses
11. Cronograma de actividades (Hacer un diagrama de Gantt)

Actividades	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				N° HRS/SEM	
	S1	S2	S3	S4														
1. Planificación	X	X																42
2. Organización		X	X															42
3. Recolección de datos				X	X	X	X											84
4. Procesamiento de datos							X	X	X	X								84
5. Redacción del informe			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						210
6. Presentación del Informe													X	X				42

Fuente: Elaboración Propia

12. Recursos:

12.1 Personal.

BR. Necochea Chamorro Paul Francis

BR. Ramirez Ramos Walter Armando

Ing. Saúl Linares Vertiz.

12.2 Bienes.

- Laptop Lenovo
- Celular iPhone
- Lapiceros
- Cuaderno

12.3 Servicios.

- Movilidad
- Impresión
- Fotocopiado
- Empastado
- Espiralado
- Comunicaciones

13. Presupuesto:

Tabla 1.2. Recursos

Naturaleza del Gasto	Descripción	Cantidad	Precio unitario (S/.)	Precio total (S/.)
Personal	Investigador	2	S/. 40 diarios	S/. 6000.00
	Asesoría	1	-	-
Bienes	MATERIAL DE ESCRITORIO			
	Lapiceros	4	S/. 1.00	S/. 4.00
	Cuaderno	1	S/. 5.00	S/. 5.00
	Libros	1	S/. 250.00	S/. 250.00
	EQUIPOS			
	Laptop	1	S/ 2,500.00	S/. 2,500.00
	Celular	2	S/ 800.00	S/. 1600.00
Servicios	Movilidad	400	S/1.00	S/ 400.00
	Impresión	800	S/ 0.20 / hoja	S/ 160.00
	Fotocopiado	500	S/ 0.10 / hoja	S/ 50.00
	Empastado	6	S/ 30.00/u	S/ 180.00
	Espiralado	6	S/ 10.00 /u	S/ 60.00
	Comunicación	200	S/ 1.00 /u	S/200.00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.3. Resumen de Presupuesto

Personal	S/. 6000.00
Bienes	S/. 2768.00
Servicios	S/. 750.00
TOTAL	S/. 9518.00

Fuente: Elaboración Propia

14. Financiamiento:

Todo el presupuesto será financiado con recursos propios del investigador.

II. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1. EL PROBLEMA

1.1.Planteamiento del problema.

El Diario Gestión (2015) indica que la intervención del estado peruano en la generación de energía eléctrica, fue de 24.8% respecto del total generado para el mercado eléctrico, mientras que la producción de las centrales de los grupos privados Endesa, Suez y AEI, alcanzaron presencias de 18.1%, 14.3% y 9.7%, respectivamente.

A su vez, la generación de energía eléctrica en el Perú está basada en su mayoría a hidroeléctricas (52.9%), termoeléctricas (45.11%) y otras formas de generación de energía como biomasa, biogás, eólica, etc. (1.99%).

Asimismo, en las últimas décadas la demanda de energía en el Perú ha aumentado en forma sostenida, como respuesta al crecimiento en diversos sectores: comercial, construcción, industrial, minero, social; que son los que más demandan energía eléctrica.

Además, según el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (2016), las tarifas eléctricas son fijadas por la Gerencia Adjunta de Regulación Tarifaria, quien aprueba las tarifas eléctricas en forma definitiva. De esta manera según el pliego tarifario máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por OSINERGMIN, dispone que mientras se incremente el consumo de energía eléctrica residencial se incrementará su costo por kwh.

Por otro lado, el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007) en el Perfil sociodemográfico del Departamento de la Libertad basado en los censos Nacionales 2007 XI de población y VI de vivienda indica que en el período intercensal 1993 - 2007, la disponibilidad de artefactos y equipos en los hogares liberteños se incrementó sustancialmente.

A su vez, en un anuncio difundido por Radio Programas del Perú (2011) mencionó que la empresa Procobre señala que se podría economizar mucha energía si la población, por ejemplo, eliminase la costumbre de

dejar la luz encendida o erradicar la práctica de mantener equipos electrónicos enchufados sin usarlos.”

- **Delimitación**

La presente investigación se delimita al estudio del consumo de energía eléctrica, en una vivienda tipo R4 en la ciudad de Trujillo, en el año 2016.

- **Características problemáticas**

- ✓ Aumento de dispositivos eléctricos y electrónicos en casa.
- ✓ Uso inadecuado de equipos eléctricos y electrónicos.
- ✓ Migración a otro plan tarifario de mayor costo por kwh.

- **Análisis de características problemática**

- Aumento de dispositivos eléctricos y electrónicos en casa.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007). El Perfil sociodemográfico del Departamento de la Libertad basado en los censos Nacionales 2007 XI de población y VI de vivienda indica que en el período intercensal 1993 - 2007, la disponibilidad de artefactos y equipos en los hogares liberteños se incrementa sustancialmente. La tenencia de televisor a color en los hogares creció a una tasa anual de 11,1%, en este mismo período intercensal, el equipo de sonido presenta una alta tasa de crecimiento promedio anual (7,4%), en cambio, la radio muestra la menor velocidad de crecimiento (2,8%), que en términos absolutos expresa que 6 mil 197 hogares acceden a este artefacto cada año.

Según el Diario Gestión (2016) las ventas en el mercado nacional de electrodomésticos crecerían entre 8% y 11% informó el Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial de la Cámara de Comercio de Lima (CCL).

Según IPSOS (2016) El 84.9% de los hogares en el Perú tienen telefonía celular, 32.3% tienen una computadora.

- ✓ Uso inadecuado de equipos eléctricos y electrónicos.

Radio Programas del Perú (2011), manifiesta que “La principal causa del desperdicio de energía eléctrica es su uso irracional ocasionado por malos hábitos o la ineficiencia de instalaciones y equipamientos, afirmó hoy Procobre, una red de instituciones latinoamericanas cuya misión es la promoción del uso del cobre.”

Radio Programas del Perú (2016) Asimismo, anuncia que “Usar adecuadamente los artefactos eléctricos en tu hogar ayuda a preservar su vida útil y a ahorrar dinero en la cuenta de luz a fin de mes. El consumo de electricidad que se genera cuando un aparato está apagado pero conectado representa hasta un 12% en la factura de luz.”

- ✓ Migrar a otro plan tarifario de mayor costo por kwh.

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (2016): A través del Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por GART-OSINERGMIN, relaciona y asocia, que mientras se incrementa el consumo de energía eléctrica residencial se incrementará su costo por kwh, dado que migraría de su plan establecido a otro plan de mayor costo.

- **Definición del problema**

El problema se define en proponer una alternativa tecnológica que permita disminuir el consumo de energía eléctrica en una residencia tipo R4 en la ciudad de Trujillo.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo disminuir el consumo de energía eléctrica en una residencia tipo R4 en la ciudad de Trujillo?

1.3. Objetivos de la Investigación

Objetivo general:

Diseñar un sistema de abastecimiento alternativo de energía eléctrica para atender parte del consumo de una vivienda tipo R4.

Objetivos específicos:

- Identificar el consumo energético de la residencia tipo R4.
- Analizar el consumo de los equipos que pueden ser alimentados desde el sistema fotovoltaico.
- Dimensionar los diversos componentes a utilizar en el diseño del sistema fotovoltaico.
- Analizar resultados.

1.4. Justificación de la investigación

En lo social:

- La investigación permitirá saber si el sistema cumple con las expectativas y poder implementarse en un futuro.

En lo Académico:

- El trabajo permitirá al investigador aumentar sus conocimientos sobre tecnologías fotovoltaicas.

• *En lo económico:*

El trabajo permitirá la disminución de gastos por consumo eléctrico, ligado al plan tarifario contratado.

1.4.1. Importancia de la investigación

La presente investigación es importante porque permite disminuir la dependencia a la red eléctrica pública identificando que equipos y artefactos consumen más energía dentro de la vivienda adoptando una práctica de eficiencia energética que tiene como objeto reducir el consumo de energía eléctrica haciendo uso eficiente de la misma, así como implementando sistemas alternativos de abastecimiento de energía como los sistemas fotovoltaicos , de esta manera beneficiar a los residentes de las viviendas reduciendo su consumo de la red eléctrica pública.

1.4.2. Viabilidad de la investigación

En la presente investigación se cuenta con los recursos humanos necesarios, financiamiento propio, materiales y equipos seleccionados de acuerdo a las necesidades planteadas para desarrollo de la investigación.

1.5. Limitaciones del estudio

La presente investigación presenta algunas limitaciones por la falta de acceso a la información y el desconocimiento de los usuarios de los datos técnicos de los equipos eléctricos de las viviendas tipo R4.

2. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Pérez, D. (2009), en su investigación “análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollitas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos”, se propuso como objetivo desarrollar un proyecto que permita determinar la conveniencia de la utilización de energías no convencionales para sistemas de iluminación de bajo consumo, utilizando

paneles fotovoltaicos y diseñar un sistema que permita conmutar en forma automática entre energía eléctrica proporcionada por paneles solares y red eléctrica convencional. Su estudio concluyó que el uso de fuentes de energías alternativas, son medidas que permiten aliviar el uso de las energías convencionales, logrando con esto alcanzar una cierta independencia, consiguiendo además, disminuir los niveles de consumo de energía y contaminación al dejar de utilizar en parte combustibles fósiles, disminuyendo también la necesidad de construir centrales hidroeléctricas para satisfacer la demanda energética. El aporte principal al trabajo de investigación es que proporciona información técnica sobre las formas de captación de la energía solar, colectores solares y sus características de funcionamiento, así como el cálculo del consumo energético en las diferentes habitaciones de la vivienda.

Bárcena, A. (2014), en su estudio de investigación “Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable”, se propuso como objetivo estudiar la factibilidad técnica y viabilidad económica de un sistema de autoabastecimiento eléctrico con base a paneles fotovoltaicos en una casa habitación en el Municipio de Tlayacapan, Estado de Morelos y analizar diferentes configuraciones de sistemas fotovoltaicos a diferentes voltajes de trabajo, con y sin baterías y paneles de diferente calidad, en función de los costos de inversión, mantenimiento y operación de dichos sistemas determinar cuál configuración de operación genera resultados de rentabilidad económica

más atractivos. La investigación concluyó que el cálculo de la inversión inicial muestra que existe una diferencia económica significativa entre sistemas con y sin baterías. El incremento del costo en el sistema con baterías nos da un mayor tiempo de recuperación y por otro lado el sistema sin baterías interconectados a la red de CFE si obtuvo un tiempo óptimo de recuperación dentro de su vida útil, dejando una ganancia al final del período de estudio de 20 años, dando como resultado para nuestro caso de estudio que este sistema si es factible para su instalación.

El aporte principal al trabajo de investigación es que nos proporciona un panorama general de las energías y técnicas sustentables, la forma de instalación, en este caso es la casa habitación con todas sus características y necesidades energéticas solares, con los datos obtenidos de los cálculos para diversos sistemas fotovoltaicos de uso común, se empezarán a elegir los dispositivos existentes en el mercado que cumplan con la normatividad y con los requerimientos del sistema.

Dimter, D. (2010), en su estudio de investigación “Solución de abastecimiento eléctrico a través de paneles fotovoltaicos para una vivienda en la ciudad de Valdivia”, se propuso como objetivo desarrollar el proyecto de una vivienda unifamiliar completo aplicando la energía solar fotovoltaica para cubrir las necesidades de energía eléctrica de los habitantes, incluyendo ahorros y eficiencia energética. La investigación concluyó que en cuanto al objetivo principal que hace referencia al desarrollo de la vivienda se realizó satisfactoriamente con todos los

elementos propuestos, energía fotovoltaica, eficiencia energética y una propuesta de ahorro de energía planteado por el Programa Chile Sustentable, además que a lo largo del desarrollo de esta Tesis el tema de la crisis energética tanto en Chile como en el resto del mundo cobra mayor importancia, es por esto que el conocimiento de las energías mal llamadas alternativas, se convierte en algo importantísimo si es que no fundamental para los profesionales que se están desarrollando, así como también la conciencia a fondo del uso eficiente de la energía que sí disponemos.

El aporte principal al trabajo de investigación es que tan importante como la producción limpia de energía es el buen uso que hacemos de ella. Un tema tan importante como es la Eficiencia Energética que apunta al uso Óptimo de la energía, pero sin disminuir el nivel de vida, ni su calidad como consumidores del sector residencial dado que se considera un gran porcentaje de la demanda total de electricidad y en donde podemos encontrar varias formas de disminuir el consumo de energía.

Gálviz, J. (2013), en su estudio de investigación “Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazaret corregimiento del municipio de Uribía, departamento de la guajira – Colombia.”, se propuso como objetivo formular un proyecto de generación de energía eléctrica a través de la conversión de energía solar fotovoltaica, que beneficie a la población del corregimiento de Nazaret en el departamento de la Guajira, el cual pueda representar una alternativa de solución para la Deficiencia energética que

padece la región. La investigación concluyó que el proyecto para uso de energía renovable para soluciones de suministro eléctrico en comunidades que no lo poseen tiene como fin crear una alternativa energética alineada con la protección ambiental y orientada a solucionar de forma eficaz el problema de cobertura energético de comunidades que actualmente no lo poseen por limitantes económicas y geográficas principalmente.

El aporte principal al trabajo de investigación es el análisis de la demanda de energía de las diferentes estructuras de las edificaciones que se daría de acuerdo al análisis técnico establecido una vez dimensionadas las necesidades de la comunidad en donde se puede dar un mayor impacto, además se realiza el estudio técnico para definir la solución de tecnología apropiada y el diseño del proceso de implementación, operación y mantenimiento.

Ladino, R. (2011), en su estudio de investigación “la energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia”, se propuso como objetivo describir las implicaciones sociales, ambientales, económicas y políticas del uso de energía solar fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural. Caso: Vereda Carupana, municipio de Tauramena, Departamento de Casanare. La investigación concluyó que través de solo con programas sociales pueden acceder a las energías renovables como única fuente energética sostenible en la búsqueda de mejoramiento en su calidad de vida. No obstante las comunidades rurales beneficiadas como es el caso de la vereda de Carupana, luego de instaladas no existen programas

sociales y técnicos de seguimiento, control y mantenimiento de estos sistemas, que permita conocer información útil para replicar estos resultados a otras comunidades rurales. Sobre los mercados energéticos renovables especialmente la energía fotovoltaica existe información pero no es suficiente, que permita algún grado de aproximación su aplicabilidad en Colombia a mediano plazo. Las políticas públicas mencionan las energías alternativas, pero no puntualizan programas concretos hacia las zonas rurales colombianas.

El aporte principal al trabajo de investigación es Incluir dentro de los planes energéticos nacionales el desarrollo de las energías renovables, y el análisis positivo sobre la eficiencia energética como un medio de cambio hacia el buen uso de la energía eléctrica convencional.

2.2 . Fundamentación teórica de la investigación

2.2.1. Disipación de potencia en una resistencia:

Cuando circula la corriente eléctrica por una resistencia, se produce calor debido a la fricción, entre los electrones libres en movimiento y los átomos que obstruyen el flujo de los electrones. El calor es una evidencia de que la potencia se usa para producir la corriente eléctrica. Este es el principio usado en los fusibles para protección de las instalaciones eléctricas, en donde el calor resultante de las altas corrientes, funde al elemento fusible. Dado que la potencia es disipada en la resistencia de un circuito, es conveniente entonces, expresar también la potencia en términos de la resistencia

R, de manera que la fórmula $P=I \cdot R$ [sic], se puede modificar sustituyendo $V=R \cdot I$, resultando $P=I^2 R$. (Harper, 1994, p.95).

2.2.2. Factores que influyen en la cantidad de energía consumida

Resulta claro que la cantidad de energía eléctrica que “consume” un artefacto cualquiera dependerá directamente del tiempo durante el cual esté funcionando: mientras mayor sea el tiempo de funcionamiento, mayor será el consumo total de energía eléctrica (el cual se transforma en otro tipo). Por otra parte también influye la rapidez con que el artefacto eléctrico consume energía. Para tener una medida de la rapidez con que un artefacto consume energía se debe considerar una magnitud física como es la potencia que no indica la cantidad total de energía que un artefacto consume, sino que mide la rapidez con que este artefacto está consumiendo dicha energía. (Tambutti, 2005, p. 142).

2.2.3. Energía Eléctrica

Se relaciona la energía con la potencia, se deduce que la energía es el producto de la potencia por el tiempo. El cálculo de la energía eléctrica consumida por un receptor es muy interesante, especialmente para los consumidores, ya que sobre él se establecen los costos que facturan las compañías eléctricas.

$$E=P \cdot t$$

El julio es la unidad perteneciente al sistema internacional. Como es muy pequeña, se suele utilizar más el Kwh. (Alcalde, 2010, p.22).

- **Energía Activa**

Según Escudero (2011, p.441): “Todas las máquinas eléctricas alimentadas en corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se mide en Kwh y se denomina energía activa. Los receptores que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos.”

- **Energía Reactiva**

La energía reactiva se define como la energía ocupada en ciertos equipos eléctricos tales como motores, transformadores, soldadoras al arco, tubos fluorescentes, hornos de inducción, que no queda registrada en el medidor como energía efectivamente consumida, pero que se puede calcular a través del factor de potencia. En artefactos tales como estufas, planchas, calefones, cocinas o lámparas incandescentes, la totalidad de la energía requerida para el funcionamiento es transformada en calor o luz (energía activa). Pero existen otros artefactos como motores, equipos de iluminación fluorescente (tubos) equipos electromecánicos (lavarropas, heladeras, aire acondicionado) en las cuales una parte de la energía se transforma en frío, luz, movimiento, etc. (energía activa) y la parte restante es requerida para su propio funcionamiento (energía reactiva). (Escudero, 2011, p.442).

2.2.4. Eficiencia energética

Se entiende por eficiencia energética y uso racional de la energía eléctrica en “obtener el máximo rendimiento de la energía consumida y de las instalaciones necesarias para su generación, transporte y utilización, garantizando un funcionamiento sin interferencias de todos los receptores conectados a la red de distribución.” (Balcells et al. 2011, p.13).

Una vivienda construida hoy en día consume la mitad de energía que una vivienda realizada a principios de los años sesenta. La calefacción y la producción de agua caliente representan aún hoy una cuarta parte de la energía consumida y contribuyen en igual medida a la producción de emisiones de CO₂. El uso racional de la energía es una de las cuatro prioridades del Plan de acción para el medio Ambiente, puesto en marcha en Enero del año 2001 por la Unión Europea. Para lograr este objetivo, hay que fomentar el ahorro energético a través de medidas pasivas y activas, y promover el uso de fuentes de energía renovables. (Rey y Velasco, 2006, p.8).

Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales, crea también ambientes agradables, saludables, seguros y confortables, a su vez posibilita a los usuarios disfrutar de atmósferas agradables, emplea apropiadamente los recursos tecnológicos (fuentes luminosas, luminarias, sistemas ópticos, equipos

de control, etc), hace un uso racional de la energía para contribuir a minimizar el impacto ecológico y ambiental; todo esto por su puesto, dentro de un marco de costos razonable, que no solamente debe incluir inversiones iniciales sino también los gastos de mantenimiento.(Sánchez y Cárcel, 2015, p.21).

2.2.5. Consumos eléctricos

Se denomina perfil de consumo eléctrico, o perfil de carga, a la curva que muestra la distribución diaria de la potencia que se consume en cada hora. Esta curva proporciona información sobre la simultaneidad de algunos consumos, fundamental para determinar la potencia máxima que requiere una vivienda. (Cantos, 2016, p.3).

La figura 01, muestra el típico perfil de consumo diario de una familia donde pueden observarse tres picos, correspondientes a la preparación del desayuno, la comida y la cena, respectivamente, momentos en los que se usan electrodomésticos de gran consumo: horno, microondas, batidora, etc. También puede verse que el consumo nunca llega a ser nulo, debido al constante funcionamiento del refrigerador y al modo stand-by de algunos dispositivos.

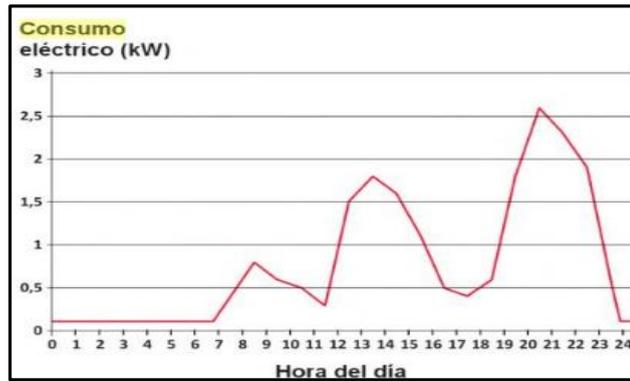


Fig. 2.1: Perfil de consumo eléctrico en una familia en un día típico.

Fuente:

<https://books.google.com.pe/books?id=EHDICwAAQBAJ&pg=PA3&dq=consumo+energ%C3%A9tico+en+una+vivienda&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewiYhvHq8IXNAhWGaz4KHZeYD5MQ6AEIMDAE#v=onepage&q=consumo%20energ%C3%A9tico%20en%20una%20vivienda&f=false>

La obtención de la potencia para una vivienda se puede resumir de la siguiente manera:

La mayoría de las personas interesadas en las fuentes alternativas de energía al echar un vistazo a una turbina eólica o a un calefactor solar preguntan inmediatamente “¿Qué aparatos puede alimentar este equipo? ¿Cuánta potencia suministran?” “¿tendré suficiente con eso?” No hay ningún sistema de energía alternativa que permita satisfacer todas las necesidades de una vivienda moderna, por lo que será necesario emplear una combinación de sistemas. Podemos utilizar una chimenea para calentarnos, calefactores solares para obtener agua caliente o podemos usar células solares fotovoltaicas para iluminar la vivienda. Es necesario planificar cuidadosamente la instalación, porque todo sistema basado en fuentes alternativas de energía será una mezcla de diversas cosas. (Bridgewater, 2009, p.14).

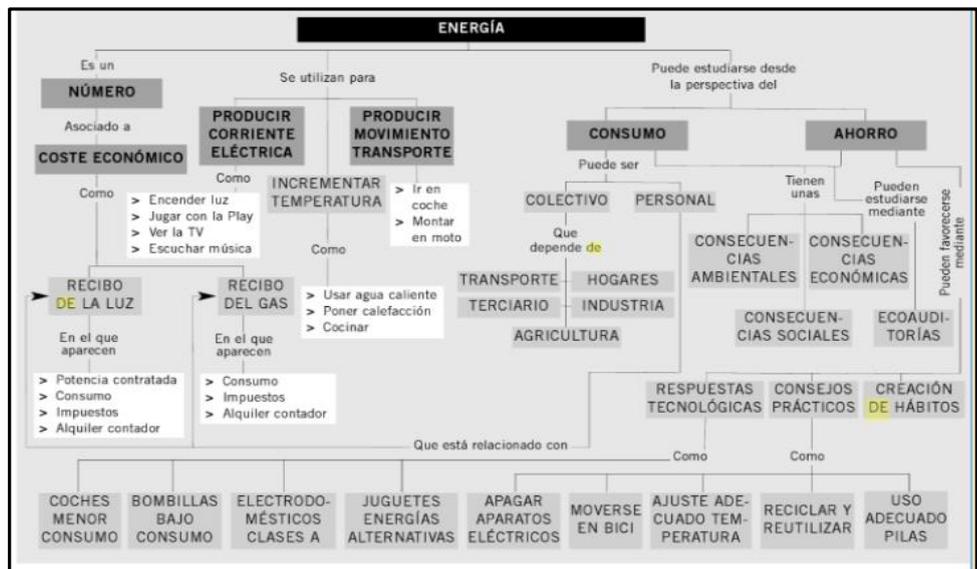


Fig. 2.2: La energía desde la perspectiva del consumo y del ahorro

Fuente: https://books.google.com.pe/books?id=ppkgCAAQBAJ&pg=P443&dq=ahorro+de+consumo+de+energia&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiCjbGuh_7MAhXH5iYKHW7ZDnMQ6AEIzAB#v=onepage&q=ahorro%20de%20consumo%20de%20energia&f=false

- **Etiquetas Energéticas**

Existen 7 clases energéticas que van de la letra A (Más eficiente) a la letra G (Menos eficiente) en función de los consumos eléctricos.

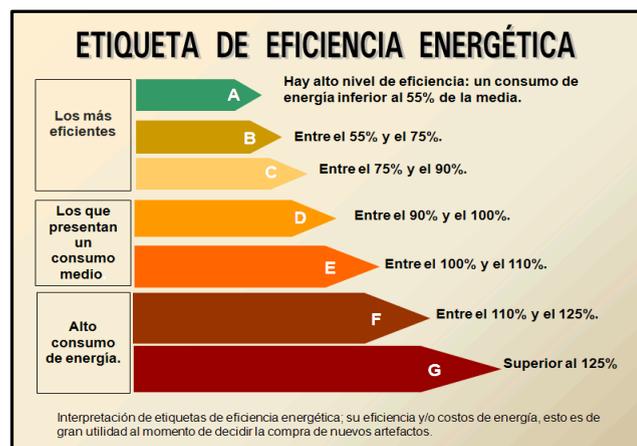


Fig. 2.3: Etiqueta de eficiencia energética

Fuente: <http://www.edpenergia.es/es/hogares/hogares-eficientes/etiquetas-energéticas>

Tabla 2.1: Descripción de cada etiqueta de eficiencia Energética

Clase energética	Consumo energético	Evaluación
A	<55%	Bajo consumo de energía
B	55-75%	Bajo consumo de energía
C	75-90%	Bajo consumo de energía
D	90-100%	Consumo de energía medio
E	100-110%	Consumo de energía medio
F	110-125%	Alto consumo de energía
G	>125%	Alto consumo de energía

Fuente: <http://www.edpenergia.es/es/hogares/hogares-eficientes/etiquetas-energéticas>.

2.2.6. Energía Solar

Es la energía radiante producida en el Sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados **fotones (luz)**, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestres.

Sin la presencia del sol no existiría vida en la tierra. El planeta sería demasiado frío, no crecerían las plantas ni habría vida alguna, excepto

algunas bacterias. Todos nuestros recursos energéticos provienen indirectamente del sol. Los combustibles fósiles son plantas y árboles muy antiguos, que crecieron gracias a la luz solar y han sido comprimidos durante millones de años.



Fig. 2.4: Puesta de sol

Fuente: www.peru.indymedia.org

2.2.7. El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico se produce cuando el material de la celda solar (silicio u otro material semiconductor) absorbe parte de los fotones del sol. El fotón absorbido libera a un electrón que se encuentra en el interior de la celda. Ambos lados de la celda están conectados por un cable eléctrico, así que se genera una corriente eléctrica.

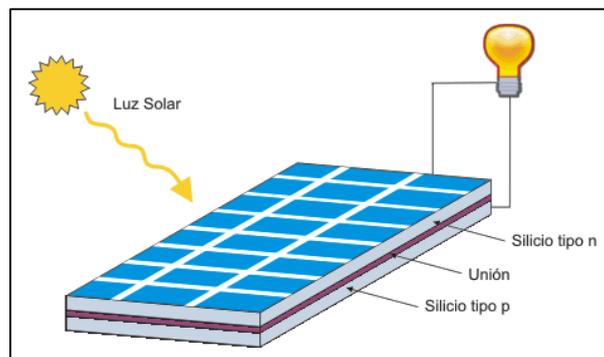


Fig. 2.5: Esquema del Efecto Fotovoltaico

Fuente: www.textoscientificos.com

La eficiencia de las celdas solares es determinante para reducir los costos de los sistemas fotovoltaicos, ya que su producción es la más cara de todo el sistema. El Cuadro siguiente muestra un panorama de las eficiencias alcanzadas en diversos tipos de celdas.

En el Perú, las principales tecnologías que se comercializan son: Módulos de silicio monocristalino, policristalino y películas delgadas de silicio amorfo.

Tabla 2.2: Tecnologías importantes de celdas solares

Tecnología	Símbolo	Característica	Eficiencia de Celdas en laboratorio (%)	Eficiencia típica en Módulos comerciales (%)
Silicio monocristalino	sc-Si	Tipo oblea	24	13 – 15
Silicio policristalino	mc-Si	Tipo oblea	19	12 – 14
Películas de silicio cristalino sobre cerámica	f-Si	Tipo oblea	17	(8 – 11)
Películas de silicio cristalino sobre vidrio		Película delgada	9	
Silicio amorfo (incluye tandems silicio-germanio)	a-Si	Película delgada	13	6 – 9
Diseleniuro de cobre-indio / galio	CIGS	Película delgada	18	(8 – 11)
Telurio de cadmio	CdTe	Película delgada	18	(7 – 10)
Celdas orgánicas (incluye celdas de TiO ₂ sensibles a la humedad)		Película delgada	11	
Celdas tandem de	III-	Tipo oblea y película delgada	30	

alta eficiencia	V	da		
Celdas concentradoras de alta eficiencia	III-V	Tipo oblea y película delgada	33 (tandem) 28 (solo)	

Fuente: Green y otros, 1999

2.2.8. Unidades en energía solar

La radiación solar, la potencia solar, así como muchas otras variables pueden medirse en diversos tipos de unidades. En el siguiente cuadro se da una visión general de las diferentes unidades comúnmente utilizadas y se dan sus factores de conversión.

Tabla 2.3: Unidades utilizadas en energía solar fotovoltaica

Unidad	Explicación	Conversión
Potencia solar		
Wp	Watt pico	
W	Watt	-----
KW	Kilowatt (1000 W)	
W/m ²	Watt por metro cuadrado	
Energía solar		a kWh/m²
Kwh/m ²	Kwh por metro cuadrado	1
KJ/cm ²	KJ por centímetro cuadrado	2.778
MJ/m ²	MJ por metro cuadrado	0.2778
KCal/cm ²	1 000 Calorías por centímetro cuadrado	11.67
Btu/ft ²	Unidades térmicas británicas por pie cuadrado	0.0428
Langley	Caloría por centímetro cuadrado	0.0116

Fuente: Elaboración propia

Cuando queremos adquirir un módulo FV, lo que debemos indicarle al proveedor es la **potencia** que necesitamos. La potencia eléctrica de un módulo FV se expresa en **Watt Pico (Wp)**. Esta medida nos dice que, en un día despejado y soleado, a las 12 del mediodía, un módulo de 50 Wp produce 50 W a luz solar plena, indiferentemente de dónde sea instalado. Esta potencia es medida en los laboratorios del fabricante y debe garantizar ese valor.

2.2.9. Inclinación y orientación

Muchos de los módulos FV están inclinados para coleccionar mayor radiación solar. La cantidad óptima de energía se colecta cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud.

Sin embargo, hay que tener en cuenta que el **ángulo mínimo de inclinación** debería ser de por lo menos 15° para asegurar que el agua de las lluvias drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo. A latitudes mayores ($> 30^{\circ}$ Norte o Sur), los módulos a veces están más inclinados sobre el ángulo de latitud para tratar de nivelar las fluctuaciones por estaciones.

Los módulos deben estar inclinados en la dirección correcta. Esto significa: en el hemisferio sur, los módulos están mirando exactamente hacia el Norte y en el hemisferio norte, los módulos están mirando hacia el Sur. Para saber dónde se encuentra el Norte y el Sur, se debe utilizar una brújula.

Por supuesto, algunas veces hay circunstancias locales que impiden la correcta colocación de los módulos. Por ejemplo, los módulos deben acoplarse sobre un techo inclinado que no tiene la inclinación adecuada y que no está mirando exactamente al sol.

En países cercanos al ecuador, las consecuencias de desviaciones de las inclinaciones óptimas son poco importantes. El ángulo de inclinación es pequeño, así que los módulos FV normales (normal = línea haciendo ángulo de 90° con el módulo) nunca se desvían mucho del ángulo promedio de incidencia sobre la radiación solar (que está cercana al Cenit sobre la superficie de la tierra). Aun así, de ser posible, es mejor dejar que los módulos miren al sol.

2.2.10. Sombras y reflejos

Es obvio que deben evitarse las sombras lo más posible. ¿Pero cuál es exactamente la influencia de un pequeño árbol al Este de un módulo FV?, ¿un edificio alto a 100 metros?, ¿o una pared detrás de los módulos?

Primero, uno debe considerar que la sombra puede crear problemas con puntos calientes. Suponga, que de una serie de celdas, una está en la sombra y las otras están en el sol. Las celdas que están en el sol producen corriente eléctrica que debe correr también por la celda que está en la sombra, la cual está actuando como una gran resistencia. Esta celda puede calentarse mucho por ese efecto.

En segundo lugar, cualquier sombra tiene su influencia negativa sobre el rendimiento de un sistema solar. Así que aún un árbol pequeño (además del hecho de que árboles pequeños se convierten en árboles grandes) puede tener una influencia sustancial sobre el rendimiento si está justo en el lugar equivocado. Como regla, la influencia de objetos en los alrededores puede descuidarse cuando el ángulo de la línea desde el módulo fotovoltaico hasta la cima del objeto con la horizontal es menor a 20° , así como lo muestra la siguiente figura.

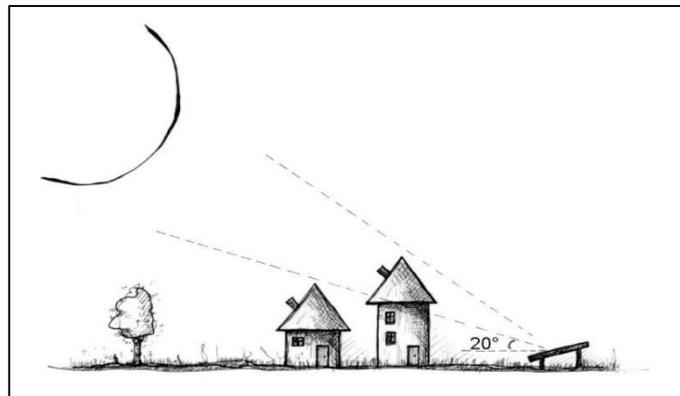


Fig. 2.6: Sistema solar y algunos obstáculos bajos

Fuente: Carlos Orbegozo

Por lo tanto, la influencia de los obstáculos cercanos es importante. Lo que también es importante es que las circunstancias locales pueden cambiar: se construye nuevos edificios, árboles y arbustos crecen, nuevas fábricas se construyen botando humo y polvo, etc. Al escoger el lugar para un sistema FV, todos estos futuros cambios deben tomarse en cuenta, obviamente si es que pueden predecirse.

2.2.11. Mediciones de Energía Solar

Para determinar el tamaño de un sistema FV, usualmente no es necesario medir la radiación solar porque los valores promedios se conocen para muchos de los lugares sobre la Tierra. Los valores promedios pueden usarse y esto es suficientemente exacto para los estudios de factibilidad. Sólo se deben considerar mediciones in situ cuando se realizan estudios de factibilidad para sistemas muy grandes que demandan grandes inversiones.

En el Perú tenemos ya un Atlas Solar, el cual nos da una primera aproximación de los lugares donde la radiación solar se puede aplicar. Para acceder a este Atlas, el enlace (link) es: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar>

En este proyecto de investigación es de utilidad fundamentar la medición de la radiación solar, ya que es lo primero que debemos hacer antes de dimensionar o instalar un sistema FV.

- **Instrumentos de medición**

El instrumento que sirve para medir la energía solar es el **solarímetro**. Básicamente hay dos tipos de solarímetros: el **piranómetro** y el **medidor fotovoltaico**. Ambos tipos miden la radiación solar tanto directa como indirecta (difusa).

a.- El piranómetro posee una pequeña plancha de metal negro en su interior, con una termocupla unida a ella.

Esta plancha negra se calienta al sol y con la termocupla, el aumento de temperatura se puede medir. La plancha y la termocupla están cubiertas y aisladas por una cúpula de vidrio. La salida de la termocupla es medida para la radiación instantánea total en un momento dado.



Fig. 2.7: Modelo de Piranómetro.

Fuente: vppx134.vp.ehu.es

b.- El medidor fotovoltaico no es nada más que una pequeña célula fotovoltaica que genera electricidad. La cantidad de electricidad es medida para conocer la radiación instantánea. Estos medidores son mucho más económicos que los piranómetros pero menos exactos.



Fig.2.8: modelo de medidor fotovoltaico.

Fuente: www.arquimedes.tv

Una ventaja de los medidores fotovoltaicos es que también están disponibles con un integrador, para que la radiación total diaria u horaria pueda ser medida sin dificultad. Si se utilizan los piranómetros, esto no puede realizarse automáticamente. Si la insolación total por hora o por día es requerida, tendrán que utilizarse los **data loggers** (acumuladores de datos) para almacenar las mediciones instantáneas. En un estudio de medición del recurso sol, la radiación solar debe medirse bajo el mismo ángulo en que están colocados los módulos.

2.2.12. Medidas de temperatura de los módulos

La eficiencia de los módulos FV está influenciada por la temperatura de los módulos. A menor temperatura, mayor eficiencia. Por lo tanto,

si se hace una evaluación detallada del funcionamiento del sistema FV, será necesario medir la temperatura de los módulos. También el aire puede medirse para tener un indicador de la diferencia de temperatura entre el aire ambiente y los módulos fotovoltaicos.

Estas temperaturas pueden medirse con un termómetro estándar como las termocuplas o termómetros infrarrojos (que funcionan bajo el principio de que la radiación de un cuerpo es proporcional a su temperatura).

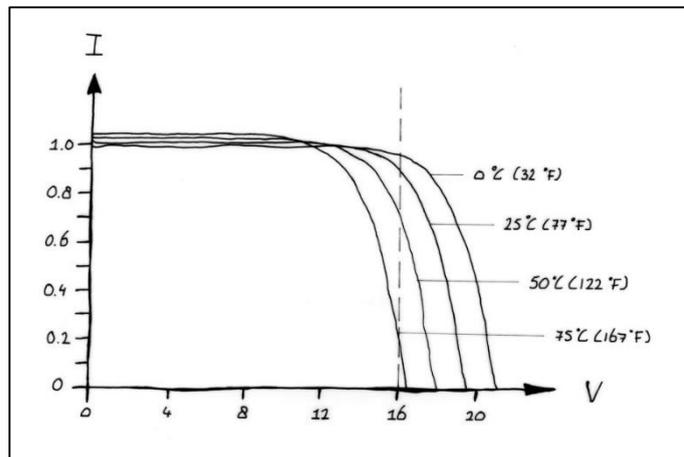


Figura 2.9: Efecto de la temperatura de la celda en la curva I-V de un módulo
Fuente: Carlos Orbegozo

La figura anterior muestra la influencia de la temperatura en la eficiencia de celdas FV. Se demuestra que el efecto de la temperatura es pequeño pero no debe menospreciarse. En el gráfico, las eficiencias del módulo se dan para un rango de temperaturas desde 0° C hasta 75° C (ó 32° F hasta 167° F). El voltaje (V) cae

con el aumento de la temperatura, mientras que la corriente (I) aumenta ligeramente. Para obtener la salida máxima a un voltaje de operación de aproximadamente 16V (que es lo usual), se debe mantener la temperatura de las celdas lo más baja posible.

Tomamos en cuenta que la temperatura dada es la temperatura de la celda y no la temperatura del ambiente. Las celdas, por ser azules, absorben una considerable cantidad de radiación que provoca un aumento en la temperatura de la celda (sólo una parte de la radiación es convertida en electricidad, el resto es convertida en calor o reflejada). En promedio, las celdas estarán 30°C más calientes que la temperatura del ambiente.

2.2.13. Componentes de un Sistema solar fotovoltaico Domiciliario

El Sistema fotovoltaico domiciliario (SFD), produce energía eléctrica directamente de la radiación solar. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el **modulo fotovoltaico**. La corriente producida por el modulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12V (Voltios), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24V ó 48V.

La energía eléctrica producida se almacena en **baterías**, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea

baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado). De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía.

El **regulador de carga** es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil.

El **Sistema Fotovoltaico Domiciliario** permite la alimentación autónoma de equipos de iluminación, refrigeradores de bajo consumo, radio, televisor. Garantizando un servicio de energía eléctrica ininterrumpido, de larga vida útil y con el mínimo mantenimiento. Este sistema está conformado básicamente de un **módulo fotovoltaico** (generador fotovoltaico), **una batería** (sistema de acumulación), **un regulador de carga** (equipo de control) y **las cargas en corriente continua** (luminarias, Televisor etc.). A estos elementos hay que añadir los materiales auxiliares de infraestructura (cables, estructuras soporte, etc.).

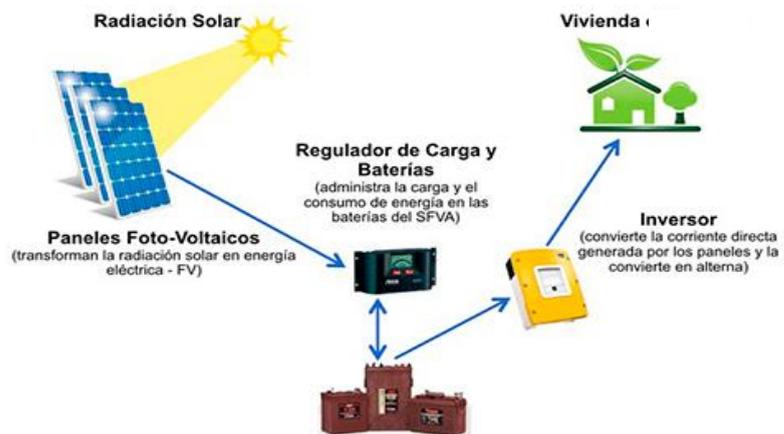


Fig. 2.10: Componentes de un SFD básico

Fuente:

https://www.google.com.pe/search?q=diagramas+de+dise%C3%B1o+de+sistemas+fotovoltaicos+autonomos&biw=1280&bih=923&site=webhp&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjQnufC3tfNAhWQZiYKHRiaDxUQ_AUIBigB#imgrc=0fhmRYNHOOgNEM%3A

2.2.13.1. Módulo Fotovoltaico

Según Castejón, A. (2010), el módulo fotovoltaico es un conjunto de celdas fotovoltaicas que sirven para transformar la radiación solar (luz solar) en energía eléctrica.

- Genera un voltaje y corriente requeridos por las cargas. Esta energía es de 12V DC (voltaje de corriente continua) para el uso de diferentes equipos, como radio grabadoras, lámparas, bombas de agua, televisores, etc.
- Si se utilizan artefactos eléctricos estándar, es necesario cambiar 12V DC a un voltaje mayor de corriente alterna 220V AC, que es el voltaje que utilizamos en las zonas urbanas.
- Todas las características básicas de un módulo fotovoltaico están señaladas bajo condiciones estándar:

(Radiación = 1 000 W/m², T = 25 °C):

Potencia Pico [Wp] = Máxima salida de potencia en Watts pico

(Por ejemplo: 36 Wp)

Corriente de cortocircuito [A] = Corriente entre los polos

conectados de un módulo (por ejemplo: 2.31A para un

módulo de 36 Wp).

Tensión de circuito abierto [V]= Voltaje entre los polos de un módulo sin carga (por ejemplo: 20.5V para un módulo de 36 Wp).

La superficie del silicio monocristalino es completamente negra o, en algunos casos, completamente azul oscuro (figura de la izquierda), mientras que el silicio policristalino presenta zonas negras y otras azules de diferentes tonalidades (figura de la derecha). (Castejón, 2010, p.165).

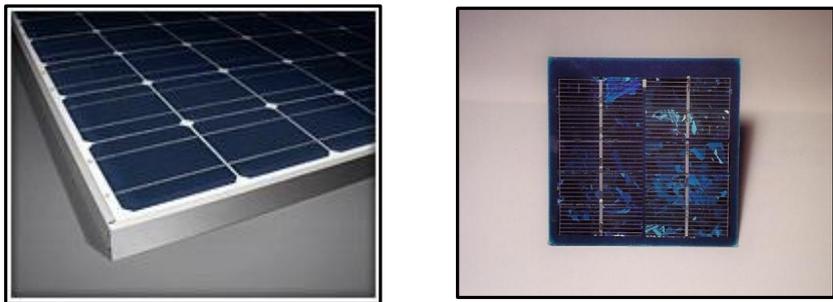


Fig. 2.11: Tipos de módulos fotovoltaicos
(Monocristalino y policristalino)

Fuente: www.suntechnics.com

Fuente: web.tiscali.it

2.2.13.2. Regulador de carga (Controlador de carga)

Este componente tiene la finalidad de producir el acople correcto entre el módulo, la batería y la carga (TV, DVD, radio, lámparas, etc.). En general cumple las siguientes funciones:

- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia el uso final si el tiempo de demanda de electricidad coincide con las horas de sol.

- Dirige la electricidad generada en los módulos FV hacia la batería, en caso que haya un exceso de potencia solar (la potencia generada es mayor que la demanda de potencia)
- Impide daños en los cables y evitar cortocircuitos en todo el SFD.
- Hace que la batería dure más tiempo.
- Protege y sirve para impedir la eventual corriente que pueda fluir de la batería hacia el módulo en periodos sin sol.
- Protege la(s) batería(s) de los riesgos de sobrecarga y descarga profunda, regulando la entrada de corriente proveniente del módulo a la batería y la salida de corriente de la batería a la carga (aparatos, equipos), evitando que la batería se sobrecargue o que trabaje con voltajes por debajo de lo permitido. (Harper, 2010, p. 345).



Fig.2.12: Reguladores o controladores de carga

Fuente: www.altertec.com

Fuente: www.morningstarcorp.com

Las características principales de la unidad son:

- Máxima corriente aceptada, proveniente de los módulos FV (por ejm: 5 A)
- Máxima corriente de suministro a la batería (por ejm: 5 A)
- Indicador de bajo voltaje de la batería (por ejm: LED)
- Indicador de carga solar (por ejm: LED)
- Voltaje de entrada de carga de batería (Depende del tipo de batería. Para una batería sellada, será de 13.3 - 14.0V)
- Voltaje de entrada de descarga (para una batería sellada, entre 11.4 y 11.9V)
- Tipo de regulación (estado sólido y con un relay)
- Dispositivo de reseteo (automático o manual)
- Protección eléctrica (fusibles para cortocircuito o iluminación)
- Protección contra polaridad inversa (fusible o diodo bloqueador)
- Voltajes de entrada regulables
- Su carcasa debe ser a prueba de agua (IP 10 o más).

2.2.13.3 Baterías solares

- La batería es uno de los componentes más importantes del sistema; tiene como función almacenar la electricidad generada por el módulo y suministrarla a los equipos cuando lo necesiten.
- Están diseñadas únicamente para utilizarla en sistemas fotovoltaicos.
- Es necesario proteger la batería colocándola sobre una base de madera e instalarla en un lugar protegido, ventilado y donde no le llegue el sol.
- Existen varios tipos de batería que puede servir para estos fines. En los sistemas fotovoltaicos se usa comúnmente las baterías de plomo-ácido.



Fig. 2.13: Tipos de baterías solares

Fuente: www.algarvesolarlights.biz

Fuente: www.codeso.com

La acumulación de la energía sirve para:

- Almacenar el excedente producido en el día, para ser consumido en la noche.
- Tener una reserva que permite sobrepasar sin problemas varios días sucesivos de baja insolación (días nublados).

A.- Capacidad de almacenamiento de la batería

Se denomina *capacidad* a la cantidad de energía que una batería puede almacenar. Por ejemplo, un tanque de agua con una capacidad de 8 000 litros puede almacenar como máximo 8 000 litros. Del mismo modo, una batería sólo puede almacenar una cantidad fija de energía eléctrica que por lo general figura en la parte exterior de la batería.

La capacidad de una batería se mide en amperios-hora (Ah). Esto indica la cantidad de energía que puede generar una batería antes de descargarse completamente (observe que la unidad amperios-hora no es realmente una medida de energía; para convertir amperios-hora a energía en watts-hora, multiplíquelos por el voltaje de la batería).

Teóricamente, una batería de 100Ah deberá generar una corriente de 2A para 50 horas (es decir, 2 amperios por 50 horas es igual a 100 amperios-hora).

Sin embargo, la capacidad de almacenamiento estimada es un parámetro general, y no una medida exacta, del tamaño de la batería; ya que la capacidad cambia según la antigüedad y estado de la batería, así como según la velocidad a la que se sustrae la energía. Si la corriente se extrae rápidamente de la batería, su capacidad se reduce.

B.- Carga, descarga y estado de carga

La *corriente de carga* es la corriente eléctrica de la que está provista una batería y que está almacenada en ella. Así como toma más o menos tiempo llenar un tanque de agua, dependiendo de la velocidad con que ingrese el agua, así el tiempo requerido para cargar completamente una batería depende de la magnitud de la corriente con la cual se carga.

Se puede determinar aproximadamente la cantidad de energía recibida por una batería (**Q**, en amperios horas), multiplicando la corriente de carga (**I**, amperios) por el tiempo de carga (**T**, en horas):

$$\mathbf{Q \text{ (cantidad de carga en Ah) = I (corriente de carga en A) * T (tiempo en h)}}$$

Si se multiplica esta fórmula (Q) por el voltaje de batería, se obtendrá la cantidad de energía suministrada a la batería, expresada en watts-hora.

No se debe cargar baterías a una corriente mayor de un décimo de su capacidad estimada. Por lo tanto, una batería de 100Ah no deberá ser cargada a una corriente de más de 10 amperios.

Descarga es el estado de la batería cuando su energía está usada por una carga (por ejemplo, luces, radio, TV o bombas de agua). La corriente de descarga representa la velocidad a la que se sustrae corriente de la batería. Si desea, puede calcular la cantidad de energía extraída de una batería durante un periodo de tiempo (como en el caso del cargado de energía), multiplicando la corriente de descarga por el tiempo de uso de la carga.

El **estado de carga** representa la cantidad de energía restante en la batería. Éste indica si una batería está completamente cargada, cargada a medias o completamente descargada. En el caso de una batería de plomo-ácido, es posible medir su estado de carga utilizando un higrómetro o un voltímetro.

C.- Ciclo, ciclo de vida y profundidad de descarga

En un SFD, una batería se carga diariamente mediante un módulo FV y luego se descarga debido al uso durante la noche y la madrugada. Un periodo de carga junto con su correspondiente periodo de descarga, conforman lo que llamamos un *ciclo*. Por ejemplo, en un ciclo, una batería de 100Ah podría cargarse hasta un 95% de su capacidad durante el día y luego descargarse a un 75% de su estado de carga durante la noche, debido al uso de las luces y de la TV.

El *ciclo de vida* de una batería es el número estimado de ciclos de duración de una batería. La mayoría de baterías tienen un ciclo de vida de varios **miles de ciclos**; las baterías de níquel–cadmio tienen un ciclo de vida más largo que el de las baterías de plomo-ácido. El *ciclo de vida promedio* de una batería (el cual debe ser especificado por el fabricante o el distribuidor) es el número estimado de ciclos de duración de una batería antes de que su capacidad disminuya a un 80% de su capacidad nominal. El ciclo de vida real se acorta debido a descargas profundas, alta temperatura, falta de mantenimiento, y demasiadas descargas a alta

velocidad. Esto es típico durante largos periodos nublados, o cuando la carga es mucho mayor que la entrada de sol.

D.- Tipos de batería

Las baterías solares han sido especialmente diseñadas para usos con módulos FV, con el fin de superar los problemas del uso de baterías convencionales. Entre sus características podemos mencionar:

- Un buen ciclo de vida, es decir, entre 1,000 y 2,000 ciclos (entre 3 y 6 años), en caso de que las baterías no pasen por ciclos profundos muy a menudo.
- Un porcentaje de auto descarga bajo, entre 2% y 4% al mes.
- Un gran depósito de electrolito para evitar daños por causa de exceso de gasificación y para disminuir la necesidad de agregar agua destilada.
- Mucha mayor tolerancia a los ciclos profundos que las baterías para autos. Sometida a una descarga diaria de 40% - 50%, la batería solar durará mucho tiempo. Incluso, una descarga diaria del 10% le otorga un periodo más largo de vida.

2.2.13.4. Inversor de voltaje

Existen casos en que se desea usar cargas (aparatos, equipos) convencionales. Aunque ésta no es siempre la mejor opción desde el punto de vista de la eficiencia energética, implica que la salida de un SFD sea cambiada de bajo voltaje (12V ó 24V DC) a 220V AC, 50 ó 60 Hertz.



Fig. 2.14: Inversor de voltaje

Fuente: www.passivhaus-vauban.de

2.2.13.5 Cables eléctricos

Los cables utilizados en un sistema FV están cuidadosamente diseñados. Como el voltaje en un sistema FV es voltaje bajo: 12V ó 24V CC, las corrientes que fluirán a través de los cables son mucho más altas que las de los sistemas con voltaje de 110 ó 220V CA. La cantidad de potencia en watts producida por la batería o módulo FV está dada por la siguiente fórmula:

$$P = U * I \text{ (watts)}$$

Donde **U** es la tensión en Voltios (V) e **I** es la corriente en Amperios (A).

2.2.14. Dimensionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos

El dimensionamiento del sistema FV consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía de los usuarios. En zonas rurales y aisladas, donde no existen sistemas auxiliares, el sistema FV debe poseer una alta **confiabilidad**. Debido a que un sistema es un conjunto de componentes, cada uno de ellos debe ser tan confiable, que no ponga en peligro al sistema. El método de dimensionamiento se fundamenta en el balance de energía:

$$\text{Energía generada} = \text{Energía consumida} + \text{Pérdidas propias del sistema FV}$$

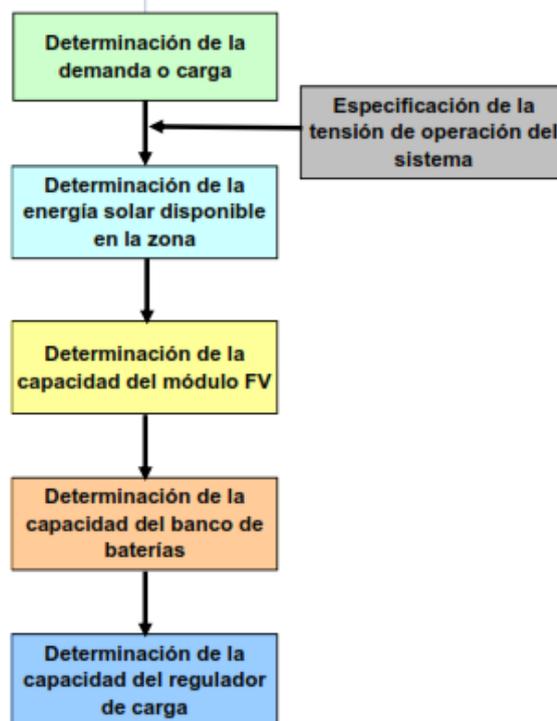


Fig. 2.15: Diagrama de flujo de un Sistema Fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

2.2.14.1. Descripción del método simplificado

Tradicionalmente, el método simplificado de dimensionado se ha basado en un balance energético diario en las condiciones más desfavorables. Ahora bien, la experiencia muestra que es más conveniente realizar un balance de carga (Ah/día), en vez de energía (Wh/día) ya que la batería tendrá una tensión variable a lo largo del mismo dependiendo de su estado, y, consiguientemente, haciendo un balance en Amperios-hora generados y consumidos, evitamos el error derivado de la variación de la tensión de funcionamiento del sistema.

Este método utiliza valores medios mensuales diarios de radiación global y de la carga. En este caso se considerarán sólo los valores correspondientes al mes más desfavorable en la relación carga/radiación. Además hay que definir el número máximo de días de autonomía previstos para la instalación, en función de:

- Características climáticas de la zona
- El uso o finalidad de la instalación

2.2.14.2. Cálculo del consumo de energía

Conceptualmente, el cálculo de la energía de consumo necesaria diariamente (Wh/día), E_t , es sencillo, pues basta con multiplicar la potencia (W) de cada una de los equipos

que se dispone (luces, televisores, videos, ordenadores, etc.) por el número de horas de su utilización respectivamente (h/día). Es claro que este último parámetro se ve afectado por muchos factores tales como el número de usuarios, sus actividades, costumbres y entorno socioeconómico, la época del año, etc. que resultan de difícil predicción pero que habrá que estimar en base a la experiencia y los datos que se dispongan. Para estimar la carga de consumo diaria (Ah/día), L_t , únicamente habrá que dividir la energía de consumo diaria (Wh/día) por la tensión nominal del sistema (V_n), o bien realizar los cálculos anteriores en función de la corriente de consumo de cada equipo (A) en vez de la potencia (W).

La carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L , se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico,

$$L = L_{dc} + \frac{L_{ac}}{\eta_{inv}}$$

Donde:

- L : carga real necesaria (Ah/día)
- L_{dc} : cargas en corriente continua (Ah/día)
- L_{ac} : cargas en corriente alterna (Ah/día)
- η_{inv} : eficiencia media del inversor: ejm: 85%

2.2.14.3. Cálculo del generador fotovoltaico

La potencia pico del generador fotovoltaico se determinará teniendo en cuenta la radiación total diaria incidente sobre la superficie de los módulos, $G_m(\beta)$, y el rendimiento global de la conversión fotovoltaica en el que se incluye las pérdidas por conexionado, dispersión de parámetros, efecto de la temperatura, acumulación de suciedad en la superficie de los módulos, etc.

El cálculo del número de módulos viene dado por la expresión:

$$N = N_{pp} \times N_{ps}$$

$$N_{ps} = \frac{V_{ng}}{V_{np}}$$

$$N_{pp} = \frac{L}{I_m \times G}$$

N_{ps} : N° de módulos asociados en serie para trabajar a la tensión nominal del sistema.

N_{pp} : N° de módulos asociados en paralelo para entregar la intensidad adecuada de energía.

V_{ng} : Tensión nominal de la instalación.

V_{np} : Tensión nominal del módulo: 12V DC (24V DC en casos especiales).

L : Energía real a suministrar (Ah)

I_m : Valor medio que toma la intensidad en el rango de

tensión de trabajo, desde el punto de máxima potencia al de corto circuito.

G_{dm} (β): Radiación global diaria media mensual sobre el plano inclinado en el " peor mes".

2.2.14.4. Cálculo de la batería

Para el cálculo de la batería es necesario estimar el número de días de autonomía requerido en la instalación, *d*, que evidentemente dependerá del número de días seguidos sin sol que pueden darse en la ubicación de la misma (nubosidad local).

El sistema de acumulación, en Ah, vendrá determinado por la expresión:

$$C_{Ah} = \frac{L \times d}{P_d}$$

Donde:

C : Capacidad de la batería (Ah).

L : Carga real de consumo (Ah/día)

d : Días de autonomía de la instalación. Este parámetro viene fundamentalmente determinado por las características climatológicas de la zona y el uso o finalidad de la aplicación. La recomendación mínima es de unos 3 días.

P_d :Profundidad de descarga máxima de trabajo.

Dependiendo de la tecnología de la batería este parámetro varía entre 0,5 para baterías de automoción, 0,6 para baterías de placa plana espesas y 0,8 para baterías tubulares ó de varilla.

Las baterías no deberían ser descargadas en más del 60%, de lo contrario su tiempo de vida disminuirá demasiado.

2.2.14.5. Calculo del regulador de carga

En cuanto al regulador de carga, su elección se realizará en función de la aplicación, la tensión nominal del sistema y la corriente máxima de generación.

La corriente en operación continua que debe ser soportada por el controlador de carga, será como máximo la intensidad de cortocircuito de los módulos multiplicado por el número de módulos en paralelo

$$I_{mg} = N_{pp} \times I_{cc}$$

Donde:

I_{mg} : Intensidad máxima a soportar en régimen nominal por el regulador.

N_{pp} : Número de módulos en paralelo que constituyen el generador fotovoltaico.

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico

2.2.14.6. Cálculo del inversor DC/AC

En algunas instalaciones fotovoltaicas es necesario suministrar energía en corriente alterna (AC) por lo que se dispondrán de un equipo para invertir la corriente a partir de la corriente continua (DC) generada por el sistema. El inversor por lo general se conectará directamente a la batería, para evitar que los picos de corriente puedan dañar al regulador de carga.

El cálculo del inversor se determina de la suma de las potencia de los equipos de corriente alterna (AC), por ejemplo, TV de 75W, DVD de 25W, equipo de sonido de 50W, da como total una potencia de 150W. En base a este valor se determina su capacidad, teniendo en cuenta que debe ser de mayor capacidad que el total.

Por otro lado es necesario conocer el tipo de carga que se desea conectar al inversor, pues existen diferentes tecnologías en cuanto a la forma de onda (onda cuadrada, senoidal modificada, senoidal pura) algunas de las cuales pueden no ser adecuadas para determinados equipos.

2.2.14.7. Correcta disposición del cableado

Para realizar un correcto cableado, se debe elaborar un **diagrama eléctrico unifilar**, en donde se representan todas las partes que componen un sistema eléctrico de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así una mejor visualización del sistema d de la forma más sencilla. Un ejemplo de diagrama unifilar para un sistema FV se presenta en la siguiente figura.

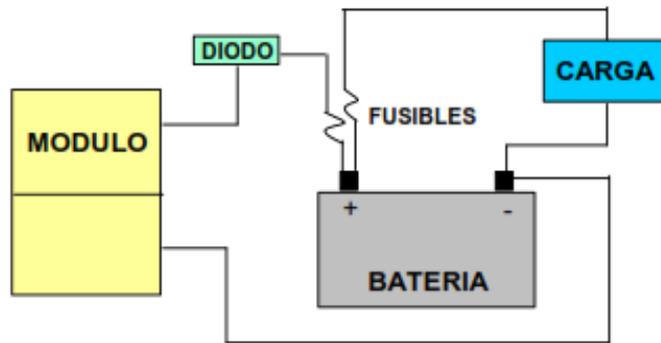


Fig. 2.16: Diagrama unifilar de un sistema FV

(Sin unidad de control)

Fuente: Elaboración Propia

Cuando el sistema es de mayor capacidad y complejidad, se recomienda lo siguiente:

- Dividir el arreglo de módulos en grupos de generadores, cada uno con su regulador.
- Cablear los módulos en serie y en paralelo.

- Cablear el banco de baterías.
- Crear centros para el manejo de la carga (centros de CC y CA)
- Instalar diodos de bloqueo y de by-pass.
- Instalar switches, aisladores de circuito (circuit breakers) y fusibles apropiados.

2.3. Definición de términos básicos

Resistencia Eléctrica. (Alcalde, P. 2010, p.17). La resistencia eléctrica es una característica asociada a los materiales de uso común en electricidad. En tal sentido podemos mencionar que:

Conociendo el valor de la resistencia de un conductor o aislante podremos determinar, gracias a la ley de Ohm, su comportamiento en un circuito. También se puede comprobar que la resistencia tiende a elevarse con la temperatura. De ésta manera podemos decir que la resistencia eléctrica es la mayor o menor oposición que ofrecen los cuerpos conductores al paso de la corriente eléctrica.

Potencia Eléctrica: (Alcalde, P. 2010, p.21). Se suele definir a la Potencia como la rapidez con la que se ejecuta un trabajo, es decir la relación que existe entre el trabajo realizado y el tiempo invertido en realizarlo.

Como todos sabemos, el trabajo se produce gracias a la energía. Trabajo y energía son dos conceptos que dicen lo mismo.

La potencia eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad de corriente.

Energía eléctrica: Definimos energía eléctrica como la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos. Cuando estos dos puntos se los pone en contacto mediante un conductor eléctrico obtenemos una corriente eléctrica.

Consumo eléctrico: Número de kilovatios hora utilizados para que funcione un aparato eléctrico durante un tiempo. Depende de la potencia del aparato y del tiempo que esté funcionando.

Eficiencia energética: La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía. La eficiencia energética es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.

Energía fotovoltaica: Se conoce como energía fotovoltaica, pues, al tipo de electricidad (energía eléctrica) que se obtiene directamente de los rayos del sol gracias a la foto-detección cuántica de un dispositivo. La energía fotovoltaica permite producir electricidad para redes de distribución, abastecer viviendas aisladas y alimentar todo tipo de aparatos.

Residencia Tipo R4: (Reglamento de zonificación General de uso de suelo del continuo urbano de Trujillo - Municipalidad Provincial de Trujillo, 2016, p. 3). Es el tipo de zona residencial cuyas características sobre densidad o grado de concentración poblacional esta expresada como Residencial Densidad Media (R4). Es la zona que contiene el uso identificado con la Vivienda Unifamiliar hasta Multifamiliar; con tres a más unidades de habitación dentro de un sólo lote, con máximo de cuatro pisos y cinco pisos en casos que los lotes se encuentren frente a avenidas y/o parques, presenta una densidad neta máxima de 1300 Hab/Ha., tienen áreas de 90 m², 140 m² y 160m² y cuyos frentes mínimos son de 6,7 y 8 metros lineales respectivamente.

3. HIPOTESIS

3.1 General

Mediante el diseño de un sistema solar fotovoltaico se evalúa la factibilidad de reducción del consumo eléctrico de una vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

3.2 Variables y definición operacional

- **Variable independiente:** diseño de un sistema solar fotovoltaico.
- **Variable dependiente:** consumo eléctrico de una vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

4. MATERIAL Y PROCEDIMIENTOS

4.1 MATERIAL

4.1.1 Población

Viviendas tipo R4 de la Ciudad de Trujillo.

4.1.2 Muestra

5 Viviendas tipo R4 de la Ciudad de Trujillo.

4.1.3 Unidad de Análisis

Consumo de energía eléctrica en una vivienda tipo R4 en la ciudad de Trujillo.

4.2. METODOLOGIA

4.2.1. Nivel de Investigación:

La investigación se realizará a nivel exploratorio dado que se procederá a recolectar datos en campo sobre el consumo de energía de los equipos eléctricos de la vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

4.2.2 Diseño de Investigación:

O₁-----X-----O₂

En donde:

O₁: Evaluación del Consumo de energía de los equipos eléctricos en la vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

X: Diseño del sistema solar fotovoltaico que alimentara parte de los Equipos eléctricos de la vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

O₂: Evaluación de la factibilidad de reducción del consumo eléctrico de una vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

Procedimientos:

La evaluación del consumo de la vivienda tipo R4 se realiza a partir de una lista de cotejo y entrevista, donde se identifica el tipo, cantidad, potencia (watts) y tiempo de uso de artefactos eléctricos presentes en cada una de las viviendas tipo R4, para poder calcular el consumo de energía en Wh diario a partir de estos parámetros.

Tabla 4.1: Datos consolidados del consumo promedio de energía de las viviendas tipo R4

ELECTRODOMESTICO	PRESENTA		CANTIDAD	POTENCIA (watts)	TIEMPO PROMEDIO DE USO DIARIO (Horas)	CONSUMO DIARIO (Wh)	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO MENSUAL (KWh)	CONSUMO DIARIO (Ah)	porcentajes
	SI	NO								%
OLLA ARROCERA	X		1	700	0.5	350	0.35	10.5	29.17	5.0%
LAVADORA	X		1	500	0.5	250	0.25	7.5	20.83	3.6%
CALENTADOR		X				0	0	0	0.00	0.0%
COCINA		X				0	0	0	0.00	0.0%
PLANCHA	X		1	1000	0.5	500	0.5	15	41.67	7.1%
FOCO INCANDESC.		X				0	0	0	0.00	0.0%
TELEVISOR	X		1	120	2	240	0.24	7.2	20.00	3.4%
COMPUTADORA	X		1	300	2	600	0.6	18	50.00	8.5%
MICROONDAS	X		1	800	0.25	200	0.2	6	16.67	2.8%
EQUIPO DE SONIDO	X		1	80	1	80	0.08	2.4	6.67	1.1%
REFRIGERADORA	X		1	180	10	1800	1.8	54	150.00	25.6%
SECADORA	X		1	500	0.25	125	0.125	3.75	10.42	1.8%
ASPIRADORA	X		1	750	0.5	375	0.375	11.25	31.25	5.3%
FOCO AHORRADOR	X		10	20	5	1000	1	30	83.33	14.2%
DUCHA ELECTRICA	X		1	1200	0.5	600	0.6	18	50.00	8.5%
DVD	X		1	60	1	60	0.06	1.8	5.00	0.9%
FLUORESCENTE		X				0	0	0	0.00	0.0%
HERVIDOR	X		1	900	0.25	225	0.225	6.75	18.75	3.2%
LICUADORA	X		1	300	0.25	75	0.075	2.25	6.25	1.1%
RADIO	X		1	40	1	40	0.04	1.2	3.33	0.6%
VENTILADOR	X		1	50	2	100	0.1	3	8.33	1.4%
LAPTOP	X		1	25	2	50	0.05	1.5	4.17	0.7%
BOMBA AGUA 1/2 HP	X		1	368	1	368	0.368	11.04	30.67	5.2%
TOTAL						7038	7.038	211.14	586.5	100.0%

Fuente: elaboración propia

Además el consumo promedio de cada una de las viviendas tipo R4 también es evaluado con su historial de consumo de los últimos 06 meses de tal manera que conozcamos objetivamente los datos extraídos.

Tabla 4.2: Consumo promedio de energía eléctrica de los 6 últimos meses de las viviendas tipo R4.

ítem	Consumo Promedio reales en Kwh (6 últimos meses según Recibos)
Vivienda 1	163.83
Vivienda 2	146.00
Vivienda 3	174.00
Vivienda 4	427.17
Vivienda 5	180.00
Promedio general	218.2

Fuente: Elaboración propia

De este modo, seleccionamos los artefactos eléctricos a independizar, estos artefactos eléctricos son aquellos cuyo consumo de energía son relativamente moderados (bajos) y que son de uso común por las noches y donde van a tener autonomía del sistema fotovoltaico, como por ejemplo las luminarias, televisores, computadoras, laptops, equipos de sonido, radios, cargadores de celular, etc.

Tabla 4.3: Selección de artefactos eléctricos a independizar con el sistema fotovoltaico.

ELECTRODOMESTICO	PRESENTA		CANTIDAD	POTENCIA (watts)	TIEMPO PROMEDIO DE USO DIARIO (Horas)	CONSUMO DIARIO (Wh)	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO MENSUAL (KWh)
	SI	NO						
TELEVISOR	X		1	120	2	240	0.24	7.2
COMPUTADORA	X		1	300	2	600	0.6	18
MICROONDAS	X		1	800	0.25	200	0.2	6
EQUIPO DE SONIDO	X		1	80	1	80	0.08	2.4
SECADORA	X		1	500	0.25	125	0.125	3.75
FOCO AHORRADOR	X		10	20	5	1000	1	30
DUCHA ELECTRICA	X		1	1200	0.5	600	0.6	18
DVD	X		1	60	1	60	0.06	1.8
HERVIDOR	X		1	900	0.25	225	0.225	6.75
RADIO	X		1	40	1	40	0.04	1.2
VENTILADOR	X		1	50	2	100	0.1	3
LAPTOP	X		1	25	2	50	0.05	1.5
				4095		3320	3.32	99.6

Fuente: elaboración propia

CALCULO DEL CONSUMO:

La carga real necesaria a suministrar por el sistema fotovoltaico, L , se calcula teniendo en cuenta las eficiencias y pérdidas de los distintos subsistemas que intervienen en el sistema fotovoltaico,

$$L = L_{dc} + \frac{(1.15) * L_{ac}}{n_{inv}}$$

Donde:

L : carga real necesaria (Ah/día)

L_{dc} : cargas en corriente continua, que serie en nuestro caso 0 (Ah/día)

L_{ac} : cargas en corriente alterna (Ah/día), a margen de seguridad del 15%

n_{inv} : Eficiencia media del inversor: **93%**

Tabla 4.4. Tabla de consumo de los artefactos eléctricos a independizar

CONSUMO ELEGIDO PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO								
ELECTRODOMESTICO	CANTIDAD	POTENCIA	TIEMPO PROMEDIO DE USO DIARIO	CONSUMO DIARIO	CONSUMO DIARIO	CONSUMO MENSUAL	CONSUMO DIARIO	CONSUMO MENSUAL
		(watts)	(Horas)	(Wh)	(KWh)	(KWh)	I(Ah)	I(Ah)
TELEVISOR	1	120	2	240	0.24	60	1.09090909	32.7272727
COMPUTADORA	1	300	2	600	0.6	60	2.72727273	81.8181818
MICROONDAS	1	800	0.25	200	0.2	7.5	0.90909091	27.2727273
EQUIPO DE SONIDO	1	80	1	80	0.08	30	0.36363636	10.9090909
SECADORA	1	500	0.25	125	0.125	7.5	0.56818182	17.0454545
FOCO AHORRADOR	10	20	5	1000	1	150	4.54545455	136.363636
DUCHA ELECTRICA	1	1200	0.5	600	0.6	15	2.72727273	81.8181818
DVD	1	60	1	60	0.06	30	0.27272727	8.18181818
HERVIDOR	1	900	0.25	225	0.225	7.5	1.02272727	30.6818182
RADIO	1	40	1	40	0.04	30	0.18181818	5.45454545
VENTILADOR	1	50	2	100	0.1	60	0.45454545	13.6363636
LAPTOP	1	25	2	50	0.05	60	0.22727273	6.81818182
				3320	3.32	517.5	15.0909091	452.727273

Fuente: Elaboración Propia.

Tomando en cuenta los datos obtenidos de la tabla anterior, reemplazamos

en la fórmula siguiente:

$$L = 0 + \frac{1.15 * 15.091Ah/día}{0.93}$$

Carga real necesaria (Ah/día) $L = 18.661Ah/día$

Del mismo modo podemos representarlo en unidades de energía necesaria

de consumo:

Potencia necesaria (Wh)= Voltaje (V) * Corriente (Ah/día)

$$P_n = 220VAC * 18.661Ah \quad P_n = 4105.42Wh/día$$

DIMENSIONAMIENTO DE LAS BATERIAS:

- El almacenamiento de la batería debe soportar como mínimo 2 días de autonomía.
- Tener un buen ciclo de vida, entre 800 y 2000 ciclos.
- Un porcentaje de auto descarga del 2% y 4% al mes.
- Es mejor elegir una batería sellada de fábrica, así evitaría pérdidas de agua por gasificación.

$$P = \frac{p * d}{R * P_d}$$

Donde:

P: Potencia de la batería (Kwh).

p: Energía necesaria para consumo (Kwh/día)

R: Factor de rendimiento de la batería.

d : Días de autonomía de la instalación. Este parámetro viene fundamentalmente determinado por las características climatológicas de la zona y el uso o finalidad de la aplicación. La recomendación mínima es de unos 3 días.

Pd: Profundidad de descarga máxima de trabajo. Dependiendo de la tecnología de la batería este parámetro varía entre 0,5 para baterías de automoción, 0,6 para baterías de placa plana espesas y 0,8 para baterías tubulares ó de varilla.

Para nuestro diseño el rendimiento de la batería es 90% y la profundidad de descarga es 50%.

Reemplazando en la fórmula tenemos:

Capacidad de las baterías:

$$C_{Wh} = \frac{4.105_{KWh} * 2}{0.9 * 0.5} \quad C_{Wh} = 18.244KWh$$

A una tensión de 24v podemos representarlo la capacidad de la batería en Ah, así:

$$C_{Ah} = \frac{18.244 Kwh}{24} = 760.17 Ah$$

DIMENSIONAMIENTO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Inclinación de modulo fotovoltaico



Fig. 4.1: Ubicación satelital de la ciudad de Trujillo

Fuente: www.maps.google.com

Para coleccionar de manera óptima la mayor radiación solar, el modulo debe estar inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud, en este caso $8^{\circ}6'40.40''$ S.

Sin embargo, se tomará un ángulo mínimo de 15° , para asegurar que el agua de lluvia drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo, de misma manera la dirección de orientación del panel será hacia el norte según el diagrama adjunto.

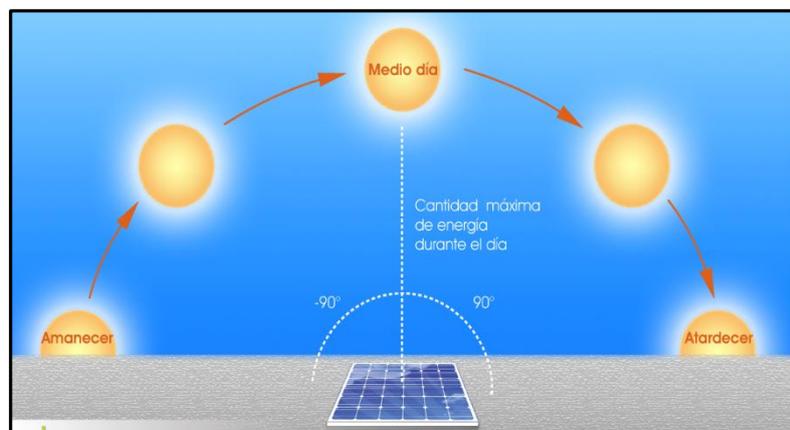


Fig. 4.2: Desplazamiento del sol en el proceso de radiación diaria.

Fuente: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar>

Radiación solar en la ciudad de Trujillo

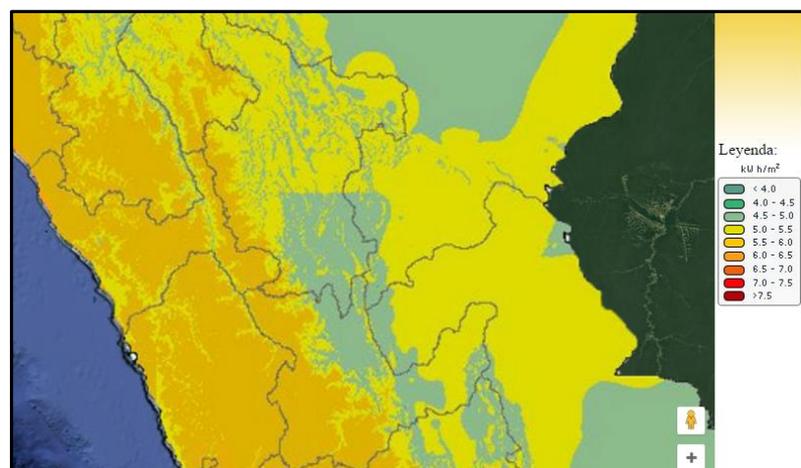


Fig. 4.3: Mapa de radiación solar de la ciudad de Trujillo

Fuente: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar>

Según mapa solar y el Data center de la NASA, la radiación solar promedio de la ciudad de Trujillo es de 5.58 kwh/m².

SSE Homepage		Find A Different Location		Accuracy		Methodology		Parameters (Units & Definition)	
		NASA Surface meteorology and Solar Energy: <u>RETScreen</u> Data							
Latitude -8.112 / Longitude -79.029 was chosen.									
		Unit	Climate data location						
Latitude		°N	-8.112						
Longitude		°E	-79.029						
Elevation		m	559						
Heating design temperature		°C	16.35						
Cooling design temperature		°C	24.91						
Earth temperature amplitude		°C	6.1						
Frost days at site		day	0						
Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days	
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d	
January	21.4	76.6%	7.13	95.1	3.4	23.8	0	357	
February	22.3	77.0%	7.05	95.0	3.5	24.2	0	352	
March	22.4	76.8%	6.95	95.0	3.4	24.3	0	388	
April	22.1	71.8%	6.40	95.0	3.9	24.2	0	366	
May	21.5	66.1%	5.27	95.1	4.5	23.3	0	363	
June	20.9	62.4%	3.88	95.1	5.5	22.2	0	334	
July	20.5	59.8%	3.79	95.2	5.3	21.8	0	335	
August	20.1	59.4%	4.02	95.2	5.0	22.0	0	321	
September	20.0	61.5%	4.45	95.2	5.0	22.6	0	305	
October	19.7	64.9%	5.27	95.1	4.4	22.9	0	307	
November	19.8	68.0%	6.06	95.1	4.1	23.1	1	299	
December	20.6	72.9%	6.70	95.1	3.7	23.5	0	332	
Annual	20.9	68.1%	5.58	95.1	4.3	23.2	1	4059	
Measured at (m)					10.0	0.0			

Fig. 4.4: radiación solar mensual de la ciudad de Trujillo según Data center de la NASA.

Fuente: <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>

COMO ELEGIR LOS PANELES FOTOVOLTAICOS:

Se dimensionará basándose en un balance energético diario en las condiciones más desfavorables, haciendo el balance en (Ah/día), para satisfacer la demanda de energía de los equipos seleccionados.

Carga real necesaria (Ah/día) $L = 18.661 \text{ Ah/día}$

Entonces:

$$E \text{ generada} = E \text{ consumida} + \text{Pérdidas propias del sistema FV}$$

Para este caso se utiliza valores medios mensuales diarios de radiación global y de la carga. En este caso se considerarán sólo los valores correspondientes al mes más desfavorable en la relación carga/radiación, que en este caso sería 3.79 Kwh/m²/ día.

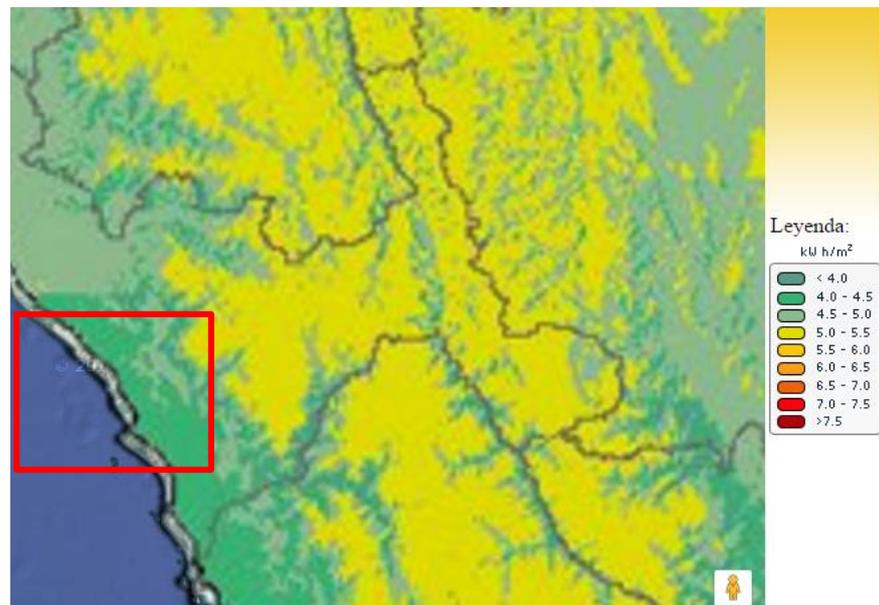


Fig. 4.5: Mapa de radiación solar de la ciudad de Trujillo - invierno

Fuente: <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar>

Llegado a este punto se hace imprescindible tener realizada la elección del tipo de panel o al menos la potencia pico del panel expresada en $P_{pa} W_p$, Watios-pico. Los módulos seleccionados a criterio de diseño son unos paneles fotovoltaicos con una tensión nominal de 24VDC y una potencia pico de 250 W.

$$P_D = H_s * P_{pa}$$

Donde:

P_D : Potencia de los paneles en un día (Wh/día).

H_s : Radiación solar en el mes más desfavorable (Kwh/m²*día).

P_{pa} : Potencia pico del Panel (Wp).

$$P_D = 3.79 \left(\frac{KWh}{m^2 * día} \right) * 250(Wp) \quad P_D = 947.5 Wh/día$$

Numero de paneles necesarios:

$$N_{modulos} = 1.1 * \frac{P_n}{P_D}$$

P_n : Potencia necesaria (Wh/día).

P_D : Potencia de los paneles en un día (Wh/día).

$$N_{modulos} = 1.1 * \frac{4105.42 \frac{Wh}{día}}{947.5 Wh/día} \quad N_{modulos} = 4.8 \cong 5$$

DIMENSIONAMIENTO DEL REGULADOR DE CARGA:

Para dimensionar el regulador tendremos en cuenta el voltaje nominal (24V) de la instalación y la intensidad de corriente que es capaz de suministrar el campo fotovoltaico. Debe proveerse los aumentos de intensidades y tensiones suministradas por el modulo por esto aplicamos un coeficiente de corrección de 25%:

$$I_{reg} = 1.25 * I_{mod} * N_{mod}$$

I_{reg} : Uso de corriente del regulador (A)

I_{mod} : Máxima corriente de un módulo fotovoltaico(A)

N_{mod} : Número de módulos fotovoltaicos.

$$I_{reg} = 1.25 * 6.62A * 5 \quad I_{reg} = 41.375A$$

Electrical Characteristics at Normal Operating Cell Temperature (NOCT)			
Module type	CSUN 250-60M	CSUN 245-60M	CSUN 240-60M
Maximum Power - P _{mpp} (W)	184	181	178
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	27.8	27.7	27.4
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	6.62	6.53	6.50
Open Circuit Voltage - V _{oc} (V)	34.4	34.3	34.2
Short Circuit Current - I _{sc} (A)	7.08	7.01	6.95

Electrical data relates to normal operating cell temperature (NOCT): irradiance 800 W/m²; wind speed 1 m/s; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C measuring

Fig. 4.6: Corriente máxima de operación del panel

Fuente: https://www.zonnepanelen.net/nl/pdf/panels/CSUN250-60M_ENG.pdf

DIMENSIONAMIENTO DEL INVERSOR DC/AC:

El dimensionado del inversor se hace para satisfacer la demanda de potencia en servicio continuo máxima de los receptores, que es igual a la suma de las potencias de todos los receptores que pueden funcionar simultáneamente.

Aun así, es recomendable un cierto sobredimensionamiento del inversor de un 20%.

Tabla N° 4.5: Potencia en W de los artefactos eléctricos seleccionados

ELECTRODOMESTICO	PRESENTA		CANTIDAD	POTENCIA (watts)	TIEMPO PROMEDIO DE USO DIARIO (Horas)	CONSUMO DIARIO (Wh)	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO MENSUAL (KWh)
	SI	NO						
TELEVISOR	X		1	120	2	240	0.24	7.2
COMPUTADORA	X		1	300	2	600	0.6	18
MICROONDAS	X		1	800	0.25	200	0.2	6
EQUIPO DE SONIDO	X		1	80	1	80	0.08	2.4
SECADORA	X		1	500	0.25	125	0.125	3.75
FOCO AHORRADOR	X		10	20	5	1000	1	30
DUCHA ELECTRICA	X		1	1200	0.5	600	0.6	18
DVD	X		1	60	1	60	0.06	1.8
HERVIDOR	X		1	900	0.25	225	0.225	6.75
RADIO	X		1	40	1	40	0.04	1.2
VENTILADOR	X		1	50	2	100	0.1	3
LAPTOP	X		1	25	2	50	0.05	1.5
				4095		3320	3.32	99.6

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto, la Potencia del inversor a dimensionar será:

$$P_i = 4095 + 4095 \cdot 0.20$$

$$P_i = 4914 \text{ W}$$

DIMENSIONAMIENTO DEL CABLEADO PARA EL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

Los cables eléctricos utilizados en el sistema fotovoltaico están dimensionados tomando en cuenta lo sgte:

La cantidad de corriente I_{sc} de los paneles fotovoltaicos y está dada por la siguiente fórmula:

$$I_c = I_{sc} * 5$$

$$I_c = 7.08 A * 5 = 35.4 A$$

I_{sc}: Corriente de corto circuito del panel (A).

I_c: Corriente que soportara el cableado del sistema fotovoltaico

Según estos resultados, el cable conductor debe soportar **35.4 A**, por lo cual se necesitaría cableado de calibre 12 AWG.

Cable 12 AWG (diámetro=2.05 mm y Área=3.31 mm²)

4.2.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas:

- Entrevistas a responsables de las viviendas sobre su consumo eléctrico en viviendas tipo R4.
- Verificar potencia y tiempo de uso en equipos eléctricos dentro de una vivienda tipo R4.
- Cálculos y estimaciones para dimensionar el sistema fotovoltaico.
- Ingreso de datos y comparación de resultados del diseño fotovoltaico en una vivienda tipo R4.

Instrumentos:

- Ficha de entrevista al usuario sobre su consumo mensual en Kwh.
Esta ficha de entrevista ha sido elaborada por el propio investigador para ser aplicada al responsable de cada vivienda R4 muestreada, cuyo propósito es determinar cuánto es el consumo promedio de energía eléctrica en su vivienda en función a sus hábitos de consumo frecuente, la cantidad de personas que habitan, al nivel de cultura

energética que conoce y a su proyección de adquirir nuevos electrodomésticos a futuro.

- Lista de cotejos identificando cantidad de electrodomésticos, su potencia y tiempo de uso de cada uno de ellos presentes dentro de una vivienda tipo R4.

Este Instrumento de ha sido elaborado por el propio investigador con el fin de obtener datos específicos de la vivienda R4 en términos de la potencia y tiempo de uso promedio de cada artefacto eléctrico y así determinar el consumo de energía eléctrica en Kwh de cada vivienda, la cantidad de energía consumida en cada vivienda tipo R4 nos permitirá dimensionar todos los componentes del sistema fotovoltaico a diseñar.

- Fichas técnicas de los equipos y otros componentes a dimensionar en el diseño fotovoltaico.

Con las fichas técnicas de los equipos obtenemos la información específica de cada uno de los componentes eléctricos y/o electrónicos así como sus características técnicas: potencia, voltaje, corriente, vida útil, mantenimiento, etc. que formarán parte del diseño del sistema fotovoltaico dimensionado.

4.2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se aplicaron técnicas estadísticas para procesar los datos obtenidos de las encuestas y lista de cotejo realizadas a los usuarios de las viviendas tipo R4 de la ciudad de Trujillo sobre una muestra significativa de 5 viviendas, dichos resultados permitirán conocer el comportamiento de los usuarios sobre diferentes enfoques del uso de la energía eléctrica en sus viviendas, sus hábitos y su proyección de consumo sobre la base de su dimensionamiento familiar. Ver fig.4.7.

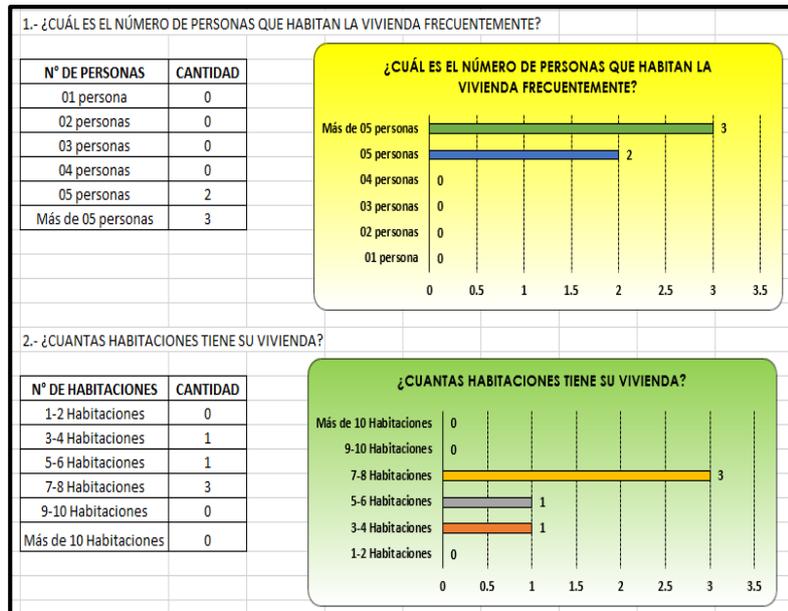


Fig. 4.7: número de personas que habitan en la vivienda y n° de habitaciones que presenta.

Fuente: elaboración propia.

- En el gráfico superior se interpreta que de las 5 viviendas encuestadas todas tienen un consumo mayor a 100 kwh. En el gráfico inferior se interpreta que en las 5 viviendas hay meses que se gasta más y otros meses menos energía.

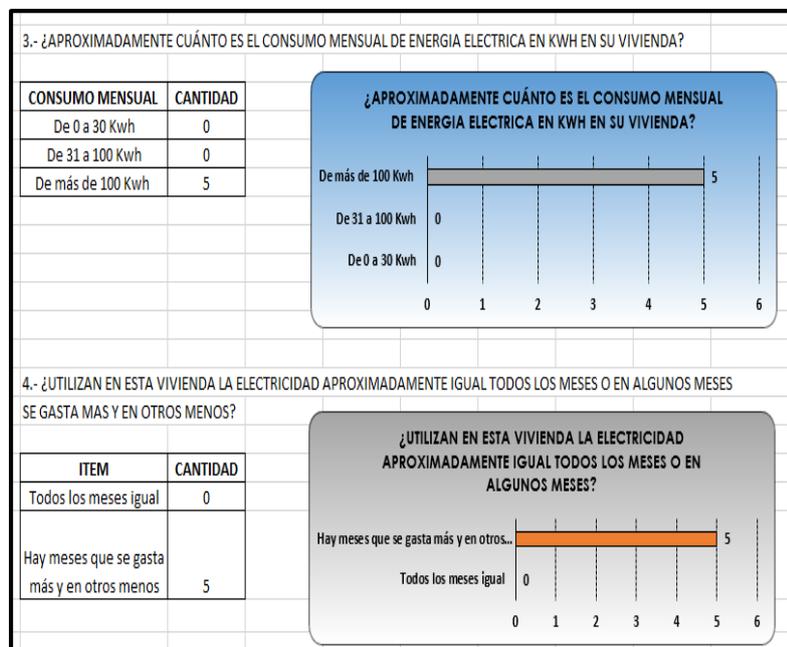


Fig.: 4.8: consumo mensual de energía en la vivienda

Fuente: elaboración propia

- En el gráfico superior de la fig. 4.9, se interpreta que de las 5 viviendas todas consumen más energía en el mes de Diciembre. Probablemente por fiestas navideñas.

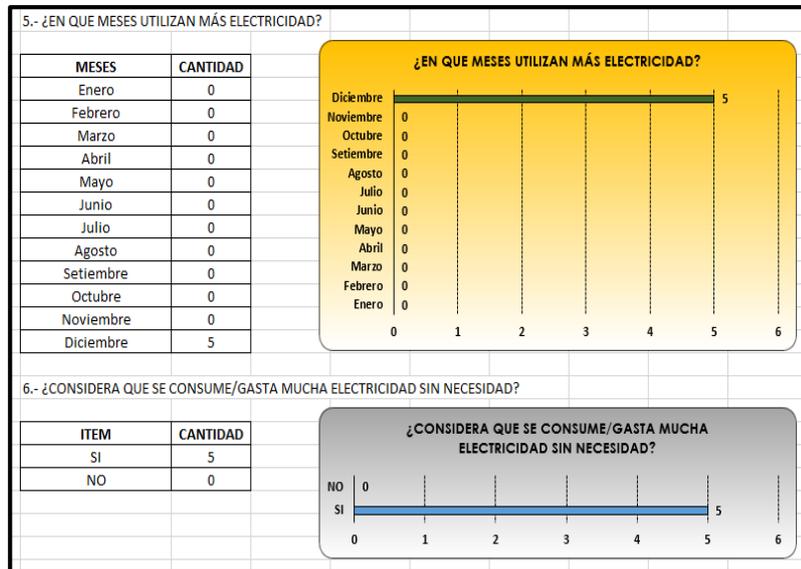


Fig: 4.9: mes que se consume mayor energía.

Fuente: elaboración propia

- En el gráfico siguiente se interpreta que 4 de las 5 viviendas encuestadas han adquirido en estos 6 últimos meses artefactos eléctricos, quiere decir que su tendencia a consumir más energía va en aumento probablemente a utilizar otra de fuente de energía alternativa.

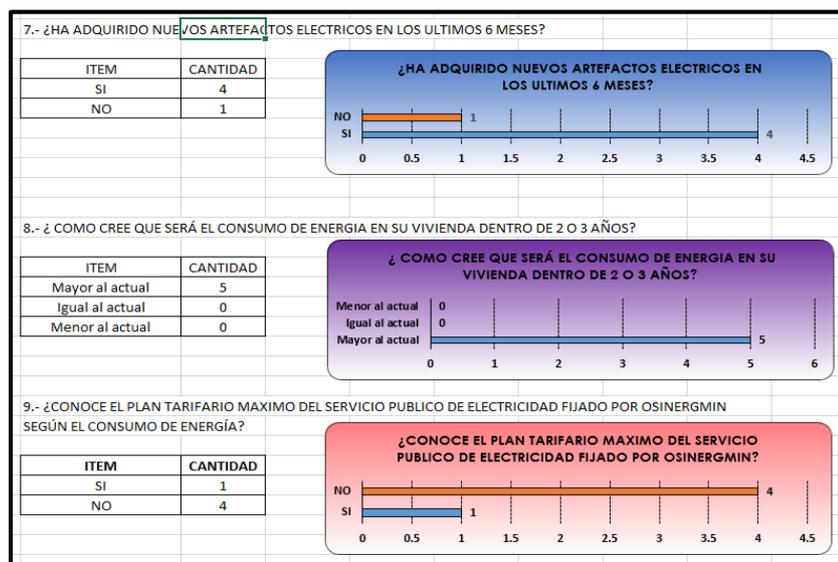


Fig. 4.10: tendencia de adquisición de artefactos eléctricos

Fuente: Elaboración propia

- En los siguientes gráficos se interpreta que las 5 viviendas de uno u otro modo practica los malos hábitos de consumo de energía y esto es más que suficiente para el incremento de consumo eléctrico en la vivienda dado que no se maneja con responsabilidad la eficiencia energética.

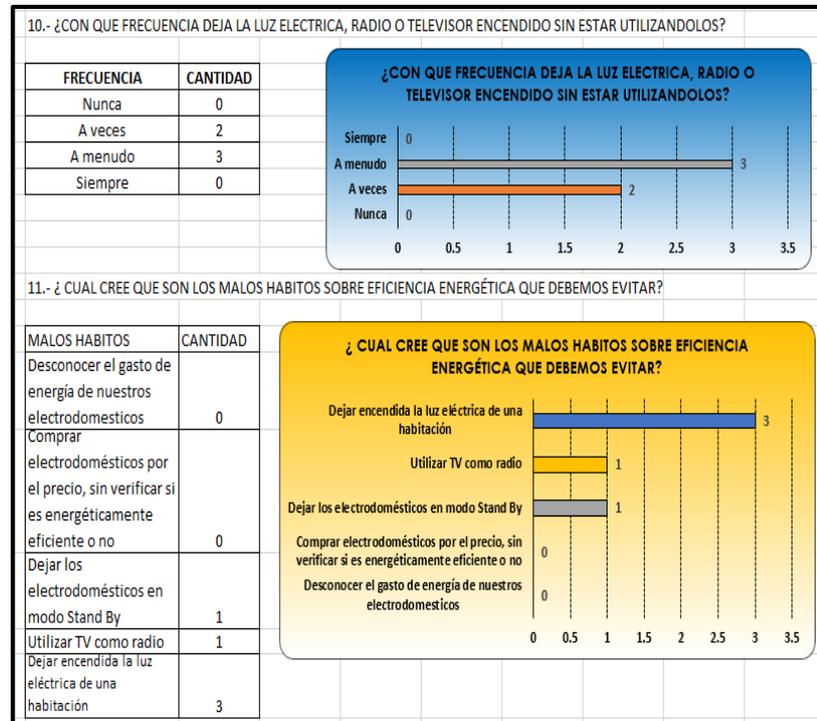


Fig. 4.11: Malos hábitos de consumo energético en la vivienda.

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente Tabla se refleja el consolidado del consumo de energía promedio de una vivienda luego de levantar la información a través de la lista de cotejos con una muestra significativa de 5 viviendas tipo R4 de la ciudad de Trujillo en el 2016.

Se puede determinar un consumo promedio de energía diario de 7.38kwh y un consumo mensual promedio de 211.14 kwh.

Tabla 4.6: Consumo promedio consolidado de energía eléctrica en una vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo en el año 2016.

ELECTRODOMESTICO	PRESENTA		CANTIDAD	POTENCIA (watts)	TIEMPO PROMEDIO DE USO DIARIO (Horas)	CONSUMO DIARIO (Wh)	CONSUMO DIARIO (KWh)	CONSUMO MENSUAL (KWh)	CONSUMO DIARIO (Ah)	porcentajes %
	SI	NO								
OLLA ARROCERA	X		1	700	0.5	350	0.35	10.5	29.17	5.0%
LAVADORA	X		1	500	0.5	250	0.25	7.5	20.83	3.6%
CALENTADOR		X				0	0	0	0.00	0.0%
COCINA		X				0	0	0	0.00	0.0%
PLANCHA	X		1	1000	0.5	500	0.5	15	41.67	7.1%
FOCO INCANDESC.		X				0	0	0	0.00	0.0%
TELEVISOR	X		1	120	2	240	0.24	7.2	20.00	3.4%
COMPUTADORA	X		1	300	2	600	0.6	18	50.00	8.5%
MICROONDAS	X		1	800	0.25	200	0.2	6	16.67	2.8%
EQUIPO DE SONIDO	X		1	80	1	80	0.08	2.4	6.67	1.1%
REFRIGERADORA	X		1	180	10	1800	1.8	54	150.00	25.6%
SECADORA	X		1	500	0.25	125	0.125	3.75	10.42	1.8%
ASPIRADORA	X		1	750	0.5	375	0.375	11.25	31.25	5.3%
FOCO AHORRADOR	X		10	20	5	1000	1	30	83.33	14.2%
DUCHA ELECTRICA	X		1	1200	0.5	600	0.6	18	50.00	8.5%
DVD	X		1	60	1	60	0.06	1.8	5.00	0.9%
FLUORESCENTE		X				0	0	0	0.00	0.0%
HERVIDOR	X		1	900	0.25	225	0.225	6.75	18.75	3.2%
LICUADORA	X		1	300	0.25	75	0.075	2.25	6.25	1.1%
RADIO	X		1	40	1	40	0.04	1.2	3.33	0.6%
VENTILADOR	X		1	50	2	100	0.1	3	8.33	1.4%
LAPTOP	X		1	25	2	50	0.05	1.5	4.17	0.7%
BOMBA AGUA 1/2 HP	X		1	368	1	368	0.368	11.04	30.67	5.2%
					TOTAL	7038	7.038	211.14	586.5	100.0%

Fuente: Elaboración propia

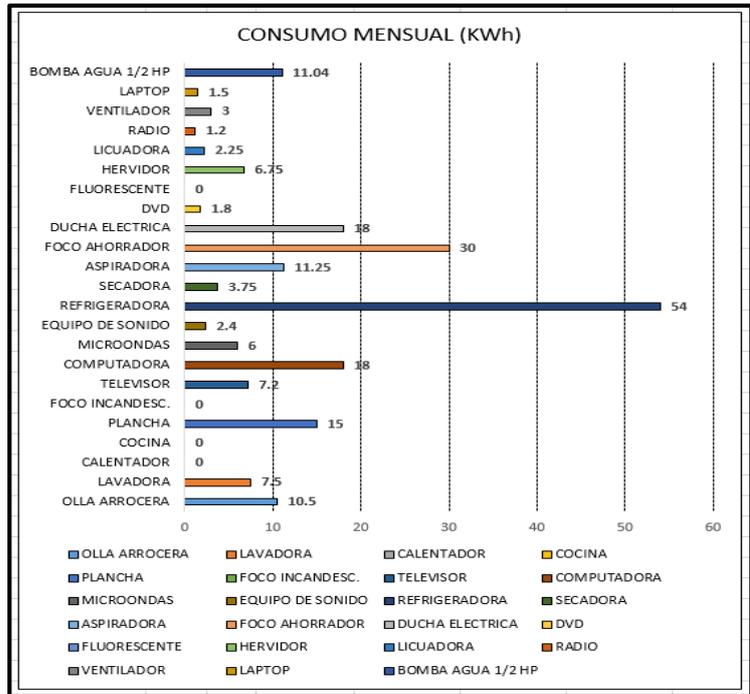


Fig. 4.12: consumo promedio mensual de energía eléctrica en una vivienda tipo R4.

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: Se observa que dentro de todos los artefactos eléctricos de la vivienda es la refrigeradora que mayor consumo de energía presenta (25.6%) y es la radio la de menor consumo (0.6%)

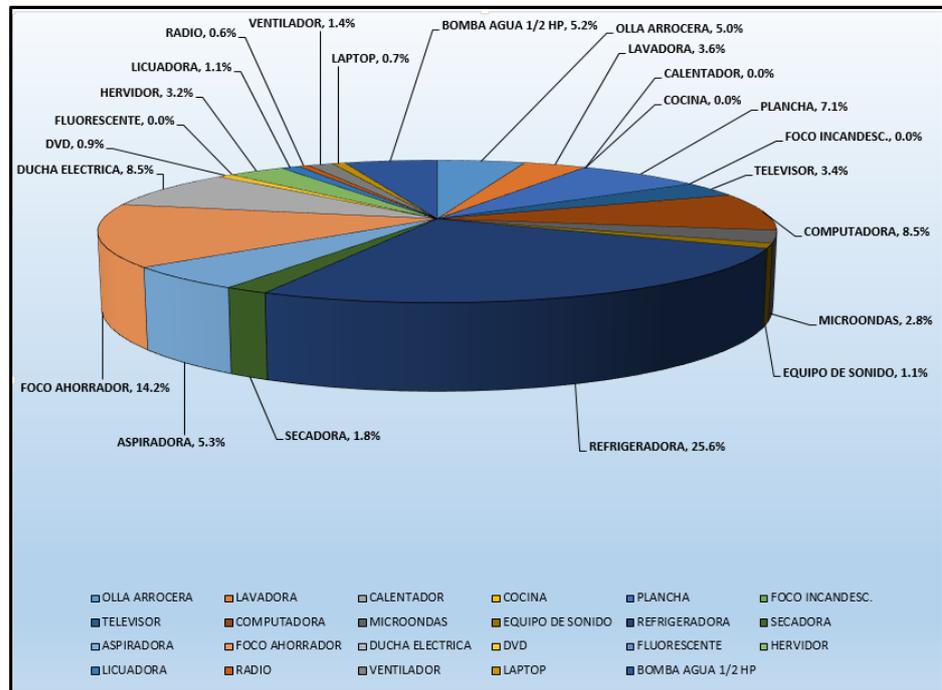


Fig. 4.13: Diagrama circular de los consumos porcentuales de los artefactos eléctricos de las viviendas tipo R4.

Fuente: Elaboración propia.

5. RESULTADOS

Luego de obtener los resultados de los cálculos por dimensionamiento de cada uno de los equipos que componen el diseño del sistema fotovoltaico se determinó seleccionar aquellos equipos que según criterio de diseño son compatibles por sus características técnicas del fabricante:

5.1. SELECCION DE LA BATERIA:

Con los resultados obtenidos según criterio de diseño para dimensionamiento:

Capacidad de las baterías:

$$C_{Wh} = \frac{4.105_{KWh} * 2}{0.9 * 0.5} \quad C_{Wh} = 18.244KWh$$

A una tensión de 24v podemos representar la capacidad de la batería en Ah, Así:

$$C_{Wh} = \frac{18.244 Kwh}{24} = 760.17 Ah$$

Por lo tanto, según criterio de diseño, seleccionamos técnicamente el equipo adecuado:

A 24 VDC serían 12 baterías **marca TROJAN de 12 VDC de 137Ah**, según figura, configurada en serie - paralelo.

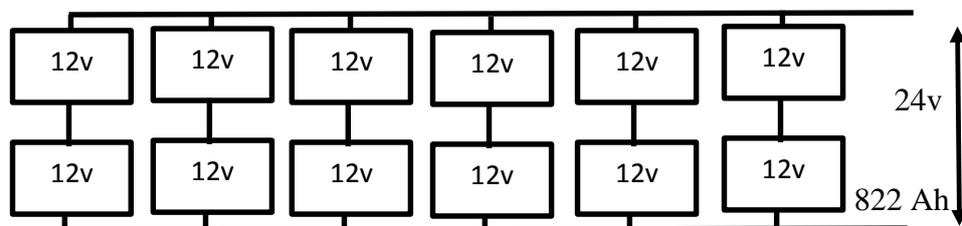


Fig. 5.1: Configuración de Baterías de 12v – 137 Ah.

Fuente: Elaboración propia

Que harían una capacidad de batería de:

$$24Vdc * 137Ah * 6 = 19.728KWh \text{ (cubre lo dimensionado por diseño)}$$

TAMAÑO DEL GRUPO BCI	TIPO	VOLTAJE	CAPACIDAD* Amp-Hora (AH)				ENERGÍA (kWh)		BORNE predeterminado	DIMENSIONES* Pulgadas (mm)			PESO lb (kg)
			Tasa de 5 h	Tasa de 10 h	Tasa de 20 h	Tasa de 100 h	Tasa de 100 h	Longitud		Ancho	Altura c		
LÍNEA DE GEL – BATERÍAS DE VRLA DE CICLO PROFUNDO – 1,000 CICLOS A 50% DOD													
24	24-GEL	12 VOLT	66	72	77	85	1.02	6	10.92 (277)	6.61 (168)	9.26 (235)	52 (24)	
27	27-GEL	12 VOLT	76	84	91	100	1.20	7	12.73 (323)	6.38 (162)	9.26 (235)	63 (29)	
31	31-GEL	12 VOLT	85	94	102	108	1.30	7	12.94 (329)	6.82 (173)	9.64 (245)	70 (32)	
DIN	5SHP-GEL	12 VOLT	110	115	125	137	1.64	8	13.53 (344)	6.72 (171)	10.99 (279)	85 (39)	
GC2	6V-GEL	6 VOLT	154	167	189	198	1.19	6	10.25 (260)	7.08 (180)	10.82 (275)	68 (31)	
DIN	TE35-GEL	6 VOLT	180	193	210	220	1.32	8	9.62 (244)	7.49 (190)	10.70 (272)	69 (31)	
8D	8D-GEL	12 VOLT	188	207	225	265	3.18	5	20.69 (526)	10.95 (278)	10.82 (275)	163 (73)	

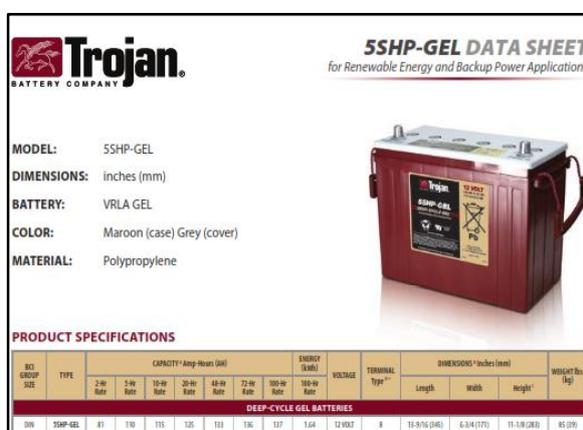


Fig. 5.2: Baterías de 12v – 137 Ah marca TROJAN modelo 5SHP-GEL

Fuente:

http://www.trojanbattery.com/pdf/datasheets/5SHPGEL_Trojan_Data_Sheets.pdf

5.2. SELECCION DE LOS PANELES O MODULOS FOTOVOLTAICOS:

Con los resultados obtenidos según criterio de diseño para dimensionamiento se calculó que el número de paneles necesarios para la instalación son:

$$N_{\text{modulos}} = 1.1 * \frac{4105.42 \frac{Wh}{\text{día}}}{947.5Wh} \quad N_{\text{modulos}} = 4.8 \cong 5$$

Por lo tanto, según criterio de diseño, seleccionamos técnicamente el equipo adecuado:

En este caso se seleccionan 5 **módulos fotovoltaicos de silicio monocristalino CSUN de 250W a 24 VDC**. El coeficiente **1.1**, es un factor de seguridad para hacer frente a imprevistos y la depreciación de las prestaciones de los diferentes componentes del sistema fotovoltaico.

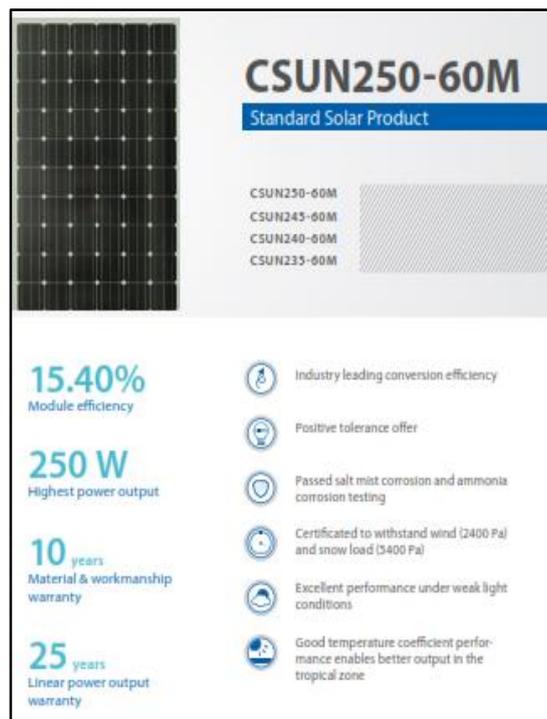


Fig. 5.3: Módulo fotovoltaico Marca CSUN250-60M a 24v 250w

Fuente: https://www.zonnepanelen.net/nl/pdf/panels/CSUN250-60M_ENG.pdf

5.3. SELECCION DEL REGULADOR DE CARGA:

Con los resultados obtenidos del dimensionamiento y asumiendo por criterio de diseño una corriente de panel de 6.62 A, (para modelo de panel CSUN 250-60M)

$$I_{reg} = 1.25 * 6.62A * 5 \quad I_{reg} = 41.375A$$

Seleccionamos adecuadamente el regulador de carga que sea superior al valor dimensionado (41.375 A), para nuestro caso elegimos el PHOCOS MPS 45 de 45A y 24 v.



Fig. 5.4: Regulador de carga marca PHOCOS tipo MPS de 45A y 24 v.

Fuente:<http://www.renova-energia.com/wp-content/uploads/sites/3/2015/05/SWITCH-MODULAR-DE-POTENCIA-PHOCOS-MPS-45-.pdf>

5.4. SELECCION DEL INVERSOR DC/AC:

Dado que el resultado de la potencia total de los artefactos eléctricos a independizar es igual a 4095 W.

Según el dimensionamiento de la Potencia del inversor será:

$$P_i = 4095 + 4095 * 0.20 \text{ (20\% margen dimensionamiento)}$$

$$P_i = 4914 \text{ W}$$

Por criterio de diseño se seleccionará un inversor VICTRON ENERGY modelo Phoenix Inverters 24/5000 que tiene una potencia nominal de 5000W, se eligió este equipo debido a que se acerca a la suma de la potencia de todos los electrodomésticos elegidos.



Fig. 5.5: Inversor de tensión 24v/5000w

Fuente: <https://www.victronenergy.com/es/inverters/phoenix-inverter-12v-24v-48v-800va-3kva#datasheets>

5.5. PLANO DE DISTRIBUCION ELECTRICA DEL SISTEMA FVD.

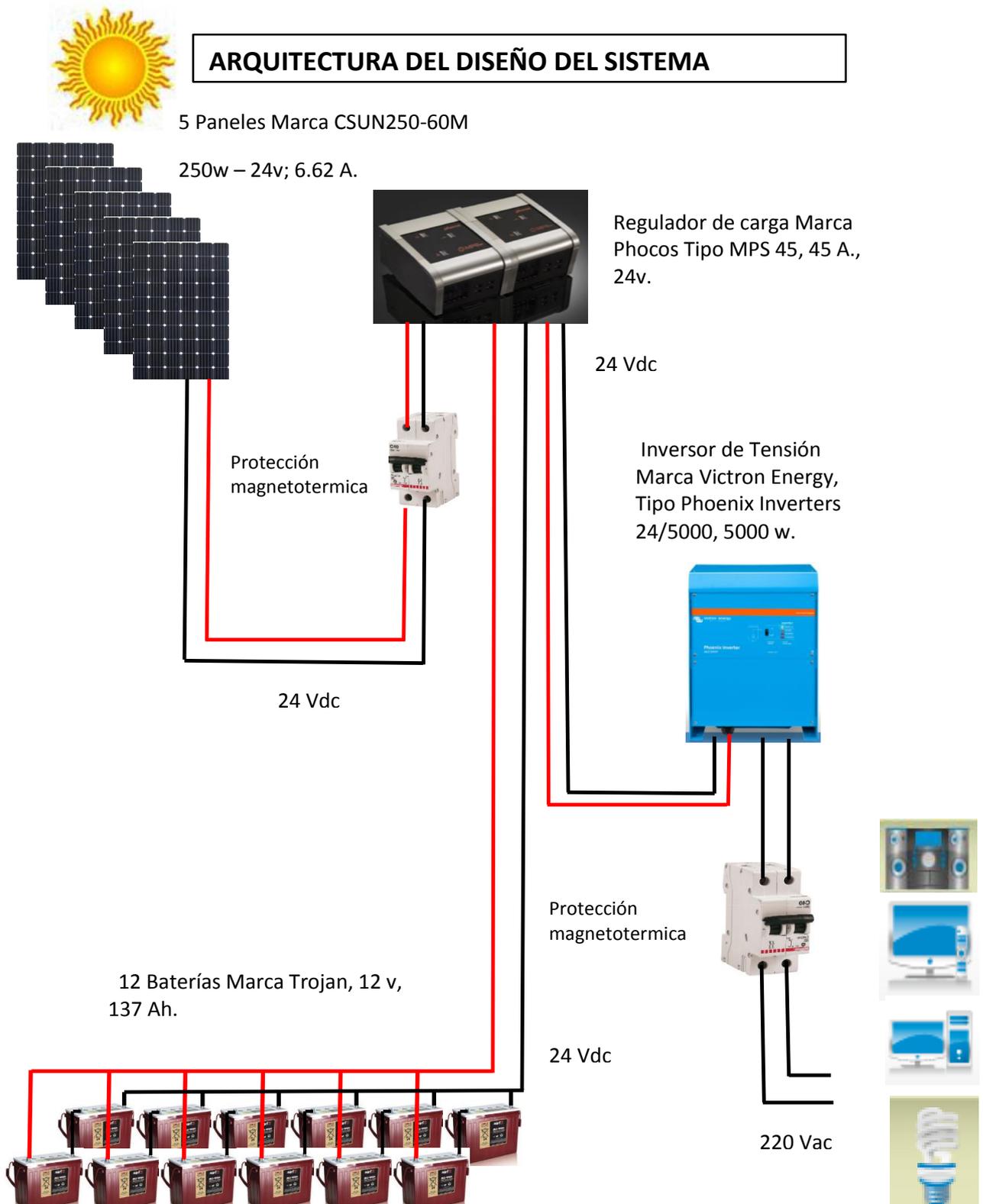


Fig. N° 5.6: Plano de Distribución Eléctrica de los componentes del sistema fotovoltaico

Fuente: Elaboración Propia

6. ANALISIS DE RESULTADOS:

- ✓ El diseño del sistema fotovoltaico se dimensionó a partir de las potencias de los artefactos eléctricos obtenidos de la información proporcionada por el usuario, aunque en algunos casos los mismos no tenían conocimiento exacto de los datos técnicos de sus artefactos, estimando en algunos casos, con valores promedios o en base a la experiencia cotidiana.
- ✓ El diseño del sistema fotovoltaico nos permite independizar 4095 w y un consumo de energía de 3320 Wh promedio al día.
- ✓ El diseño del sistema fotovoltaico nos permite mantener con autonomía artefactos eléctricos cuyo consumo asciende a casi 100 kwh mensuales.
- ✓ El diseño del sistema fotovoltaico nos permite evaluar y dimensionar sus componentes acorde y de manera compatible con los requerimientos del usuario atendiendo parte de su consumo energético.
- ✓ El diseño del sistema fotovoltaico permite seleccionar componentes con tecnología moderna, eficientes, confiables y de bajo consumo que garantizarán la funcionalidad del sistema y la satisfacción del usuario residencial siendo factible su evaluación.

7. CONCLUSIONES:

- ✓ Se identificó el consumo energético de la residencia tipo R4 sobre la base de la lista de cotejos aplicada, obteniendo las potencias y horas de uso de los artefactos eléctricos con la información brindada por el usuario, en algunos casos los mismos no tenían conocimiento exacto de los datos técnicos de sus

- ✓ artefactos, se estimó con valores promedios reales.
- ✓ Se analizó y seleccionó los artefactos eléctricos que pueden ser alimentados desde el sistema fotovoltaico y nos permitió independizar 4095 w y un consumo de energía de 3320 Wh promedio al día y casi 100 kwh mensuales.
- ✓ Se dimensionó los componentes del sistema fotovoltaico, estableciendo una metodología de diseño con todos sus parámetros de cálculo y tolerancias razonables acorde y de manera compatible con los requerimientos del usuario atendiendo parte de su consumo energético.
- ✓ Se analizó sus resultados cubriendo las exigencias que el dimensionamiento lo requería evaluando la funcionalidad, la satisfacción del usuario residencial y la factibilidad de reducción del consumo eléctrico de la vivienda tipo R4 de la ciudad de Trujillo.

8. RECOMENDACIONES:

- ✓ Analizar los requerimientos del usuario ya que son el punto de partida de todo diseño. En el caso de la energía renovable esto no es diferente, un sistema puede diseñarse exactamente para satisfacer las necesidades del usuario a los más bajos costos.
- ✓ Considerar en todo el diseño los coeficientes de pérdidas, tolerancias, márgenes de seguridad, etc y otros factores que servirán para un buen dimensionamiento de todos sus componentes como baterías, paneles, regulador, inversor y otros.

- ✓ Informar al usuario de la vivienda tipo R4 que ante una proyección de ampliación de consumo energético ante la adquisición de nuevos artefactos eléctricos tomar en cuenta la potencia entregada por el sistema.
- ✓ Ampliar un estudio de factibilidad sobre el diseño de un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica convencional.
- ✓ verificar las características técnicas de los equipos, tener las precauciones necesarias al momento de adquirir un artefacto eléctrico tanto en su consumo como en su eficiencia energética.
- ✓ Sensibilizar a los usuarios sobre los hábitos de consumo energético así como los costos que estos originarían si hacen uso irracional de la energía eléctrica.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1.- Lira J. (24 de Mayo del 2016). Producción nacional de electricidad se incrementó 5% en Mayo. *Gestión*.
Recuperado de <http://gestion.pe/economia/produccion-nacional-electricidad-se->
- 2.- Hidrandina (2016). *Tarifas de suministro*
Recuperado de http://www.distriluz.com.pe/hidrandina/04_cliente/info02.html#top
- 3.- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2009). *Perfil Sociodemográfico del Departamento de la Libertad*.
Recuperado de ftp://www.unfpa.org.pe/POBLACION_DESARROLLO/INEI/INEI_Perfiles_Sociodemograficos/INEI_Perfil_Sociodemografico_La-

[Libertad.pdf](#)

- 4.- Radio Programas del Perú. (2011). *Desperdicio de luz se debe a malos hábitos y Conexiones deficientes.*

Recuperado de <http://rpp.pe/economia/negocios/desperdicio-de-luz-se-debe-a-malos-habitos-y-conexiones-deficientes-noticia-348604>.

- 5.- Butrón, J. (24 de mayo del 2016). Las ventas de electrodomésticos crecerán un 6% por el Día de la Madre. *Diario Gestión.*

Recuperado de <http://gestion.pe/noticia/280984/ventas-electrodomesticos-Crecerán-día-madre>.

- 6.- IPSOS. (2016)

Recuperado de

http://www.ipsos.pe/sites/default/files/marketing_data/Estad%C3%ADstica%20Poblacional%202016.pdf

- 7.- Pérez, D. (2009). *Análisis de un sistema de iluminación, utilizando ampollas de bajo consumo y alimentado por paneles fotovoltaicos.*

Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmf cip434a/doc/bmf cip434a.pdf>.

- 8.- Bárcena, A. (2014). *Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica dentro de un proyecto de vivienda sustentable.*

Recuperado de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/4043/Aprovechamiento%20de%20la%20energ%C3%ADa%20solar%20fotovoltaica%20dentro%20de%20un%20proyecto%20de%20vivienda%20sustentable.pdf?sequence=1>.

- 9.- Dimter, D. (2010). *Solución de abastecimiento eléctrico a través de paneles fotovoltaicos para una vivienda en la ciudad de Valdivia.*

Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcd582s/doc/bmfcd582s.pdf>.

- 10.- Gálviz, J. (2013). *Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la Guajira – Colombia.*

Recuperado de

<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2590/1/75101283.pdf>

- 11.- Ladino, R. (2011). *La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia. Caso: vereda Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare*

Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/>

[LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf](http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/1085/1/LadinoPeraltaRafaelEduardo2010.pdf).

- 12.- Harper, E. (1994). *Fundamentos de electricidad.*

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=9qRs8YB_WU0C&pg=PA91&dq=potencia+electrica&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwihtcjktojNAhVGJCYKHSEkAYoQ6AEINjAF#v=onepage&q=potencia%20electrica&f=false

- 13.- Tambutti, R. (2005). *Physics.*

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=q3cV2W4rNA8C&pg=PA142&dq=potencia+electrica+en+los+artefactos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjh3_XVuIjNAhVD1CYKHfB2Cz4Q6AEIIDAB#v=onepage&q=potencia%20electrica%20en%20los%20artefactos&f=false

14.- Alcalde, P. (2010). *Electrónica aplicada*.

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=2y_Ae8I8IUIC&pg=PA17&dq=potencia+y+energia+electronica&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=potencia%20y%20energia%20electronica&f=false

15.- Escudero, J. (2011). *Manual de energía eólica*.

Recuperado de

<https://books.google.com.pe/books?id=bY33m9Z3NAEC&pg=PA442&dq=energia+activa+y+reactiva&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6mPXpwf7MAhWC7iYKHbWqCSkQ6AEIGzAA#v=onepage&q=energia%20activa%20y%20reactiva&f=false>

16.- Balcells et al. (2011). *Eficiencia en el uso de energía Eléctrica*.

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=fmCa9L6nTDoC&printsec=frontcover&dq=energia+electronica&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

17.- Rey, F. & Velasco, E. (2006). *Eficiencia energética en edificios*.

Certificación y auditorías energéticas.

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=3LykBainW7kC&printsec=frontcover&dq=eficiencia+energetica&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=eficiencia%20energetica&f=false

18.- Sánchez, J. y Cárcel, F. (2015). *Investigación de los factores incidentes en la eficiencia energética y mantenibilidad de los sistemas de iluminación interior de edificios.*

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=jXM9CgAAQBAJ&pg=PA185&dq=eficiencia+energetica&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=eficiencia%20energetica&f=false

19.- Cantos, J. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas.*

Recuperado de:

<https://books.google.com.pe/books?id=EHDICwAAQBAJ&pg=PA3&dq=consumo+energ%C3%A9tico+en+una+vivienda&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiYhvHq8IXNAhWGaz4KHZeYD5MQ6AEIMDAE#v=onepage&q=consumo%20energ%C3%A9tico%20en%20una%20vivienda&f=false>

20.- Bridgewater, A. (2009). *Energías alternativas. Handbook.*

Recuperado de:

<https://books.google.com.pe/books?id=MaFWxhkFHKAC&pg=PA13&dq=calculo+del+consumo+de+energia+en+una+vivienda&hl=es&sa=X&ved=0ahUKewj53Y30-YXNAhWMMz4KHSDCCJsQ6AEIRzAI#v=onepage&q=calculo%20del%20consumo%20de%20energia%20en%20una%20vivienda&f=false>

21.- Castejón, A. (2010). *Instalaciones solares fotovoltaicas*

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=ayq8AwAAQBAJ&pg=PA164&dq=componentes+de+un+sistema+fotovoltaico&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=componentes%20de%20un%20sistema%20fotovoltaico&f=false

22. - Harper, E. (2010). *Tecnologías de generación de energía eléctrica.*

Recuperado de

https://books.google.com.pe/books?id=BUINAgAAQBAJ&pg=PA334&dq=componentes+de+un+sistema+fotovoltaico&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=componentes%20de%20un%20sistema%20fotovoltaico&f=false

10. ANEXOS

Anexo 1: Consumo de electricidad residencial Per Cápita en Kwh/hab. En En el Perú y otros países.

6.8 CONSUMO DE ELECTRICIDAD RESIDENCIAL PER CÁPITA (kWh/hab) RESIDENTIAL ELECTRICITY CONSUMPTION PER CAPITA (kWh/inhab)			Tasa de Crecimiento (%) Growth Rate (%)		
Países / Countries	1996	2004	2005	1996-2005	2004-2005
ARGENTINA	500.61	612.39	629.67	2.58	2.82
BARBADOS	716.96	980.22	1,014.71	3.93	3.52
BOLIVIA	148.93	165.95	174.60	1.78	5.21
BRASIL/BRAZIL	428.15	424.63	440.80	0.32	3.81
CHILE	567.58	473.68	509.26	-1.20	7.51
COLOMBIA	375.43	348.59	353.05	-0.68	1.28
COSTA RICA	572.77	695.43	707.73	2.38	1.77
CUBA	303.47	432.52	423.28	3.77	-2.14
ECUADOR	247.39	271.94	280.10	1.39	3.00
EL SALVADOR	180.75	258.82	223.33	2.38	-13.71
GRENADA	346.09	675.56	553.37	5.35	-18.09
GUATEMALA	97.03	173.66	174.49	6.74	0.48
GUYANA	180.97	250.03	263.31	4.26	5.31
HAITI	16.29	11.64	11.64	-3.67	-0.01
HONDURAS	196.35	220.76	225.87	1.57	2.32
JAMAICA	306.41	403.87	417.65	3.50	3.41
MEXICO	306.83	388.91	400.68	3.01	3.03
NICARAGUA	92.59	100.61	99.15	0.76	-1.45
PANAMA	313.41	461.36	463.39	4.44	0.44
PARAGUAY	461.70	439.04	419.27	-1.07	-4.50
PERU	225.31	171.34	200.04	-1.31	16.75
REP. DOM/ DOM. REP.	446.77	506.69	463.43	0.41	-8.54
SURINAME	553.66	573.35	584.12	0.60	1.88
TRINIDAD & TOBAGO	788.98	1,681.00	1,746.23	9.23	3.88
URUGUAY	739.29	764.69	780.52	0.60	2.07
VENEZUELA	579.18	632.12	686.74	1.91	8.64
AL&C / LA&C	376.63	404.09	417.51	1.15	3.32

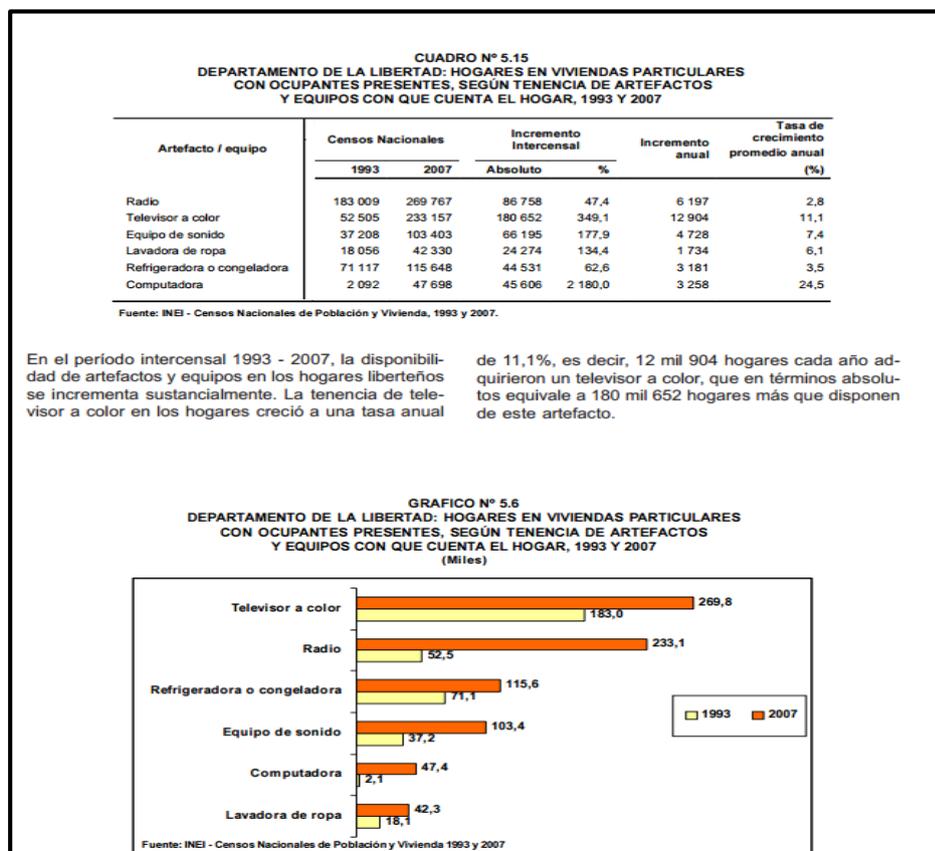
Anexo 2: Pliego Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad - OSINERGMIN

MEDIA TENSIÓN		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA MT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	21.75
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	17.97
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S./kW-mes	52.12
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S./kW-mes	13.01
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S./kW-mes ctm.	14.52
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	S./kVar.h	4.53
TARIFA MT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S./kW.h	21.75
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S./kW.h	17.97
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	48.54
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	23.97
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S./kW-mes	14.09
	Presentes Fuera de Punta	S./kW-mes	14.32

	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.53
TARIFA MT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/./kW.h	18.97
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	48.54
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	23.97
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	14.09
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	14.32
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.53
	BAJA TENSIÓN		
		UNIDAD	TARIFA Sin IGV
TARIFA BT2:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE DOS POTENCIAS 2E2P		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	23.61
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	19.51
	Cargo por Potencia Activa de Generación en HP	S/./kW-mes	52.35
	Cargo por Potencia Activa de Distribución en HP	S/./kW-mes	59.71
	Cargo por Exceso de Potencia Activa de Distribución en HFP	S/./kW-mes	39.67
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.53
TARIFA BT3:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 2E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	23.61
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	19.51
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	44.16
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	28.92
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	58.59
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	52
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.53
TARIFA BT4:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA ACTIVA Y CONTRATACIÓN O MEDICIÓN DE UNA POTENCIA 1E1P		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/./kW.h	20.59
	Cargo por Potencia Activa de generación para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	44.16
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	28.92
	Cargo por Potencia Activa de redes de distribución para Usuarios:		
	Presentes en Punta	S/./kW-mes	58.59
	Presentes Fuera de Punta	S/./kW-mes	52
	Cargo por Energía Reactiva que exceda el 30% del total de la Energía Activa	ctm. S/./kVar.h	4.53
TARIFA BT5A:	TARIFA CON DOBLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 2E		
	a) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	148.28
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	19.51
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S/./kW-mes	54.49
	b) Usuarios con demanda máxima mensual de hasta 20kW en HP y 50kW en HFP		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	6.45
	Cargo por Energía Activa en Punta	ctm. S/./kW.h	175.82
	Cargo por Energía Activa Fuera de Punta	ctm. S/./kW.h	19.51
	Cargo por Exceso de Potencia en Horas Fuera de Punta	S/./kW-mes	54.49
TARIFA BT5B:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
No Residencial	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.1
	Cargo por Energía Activa	ctm. S/./kW.h	56.75
TARIFA BT5B Residencial	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E		
	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S/./mes	3.01

	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	41.33
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.01
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	12.4
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	55.1
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.1
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	56.75
TARIFA BT5C:	TARIFA CON SIMPLE MEDICIÓN DE ENERGÍA 1E - Alumbrado Público		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.25
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	55.3
TARIFA BT6:	TARIFA A PENSIÓN FIJA DE POTENCIA 1P		
	Cargo Fijo Mensual	S./mes	3.1
	Cargo por Potencia	ctm. S./W	20.55
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA 1E		
No residencial	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.21
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	55.87
TARIFA BT7:	TARIFA CON SIMPLE MEDICION DE ENERGIA 1E		
Residencial	a) Para usuarios con consumos menores o iguales a 100 kW.h por mes		
	0 - 30 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.15
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	40.68
	31 - 100 kW.h		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.15
	Cargo por Energía Activa - Primeros 30 kW.h	S./mes	12.2
	Cargo por Energía Activa - Exceso de 30 kW.h	ctm. S./kW.h	54.24
	b) Para usuarios con consumos mayores a 100 kW.h por mes		
	Cargo Comercial del Servicio Prepago - Sistema de recarga Códigos/Tarjetas	S./mes	2.21
	Cargo por Energía Activa	ctm. S./kW.h	55.87

Anexo 3: Tendencia de adquisición de artefactos eléctricos en la Libertad-Censo 2007



**Anexo 04: LISTA DE COTEJO PARA EVALUAR EL CONSUMO DE ENERGIA EN
LOS EQUIPOS ELECTRICOS EN UNA VIVIENDA TIPO R4**

ELECTRODOMESTICO	PRESENTA		CANTIDAD	POTENCIA (watts)	TIEMPO PROMEDIO DE USO (Horas)	CONSUMO (Kwh)
	SI	NO				
 OLLA ARROCERA	X		01	700	0.5	350
 LAVADORA	X		01	500	0.5	250
 CALENTADOR		X				
 COCINA		X				
 PLANCHA	X		01	1000	0.5	500
 FOCO INCANDESC.		X				
 TELEVISOR 43"	X		01	120	2	240
 COMPUTADORA	X		01	300	2	600
 MICROONDAS	X		01	800	0.25	200
 EQUIPO DE SONIDO	X		01	80	1	80
 REFRIGERADOR	X		01	180	10	1800

REFRIGERADORA						
 SECADORA	X		01	500	0.25	125
 ASPIRADORA	X		01	750	0.5	375
 FOCO AHORRADOR	X		10	20	5	1000
 DUCHA ELECTRICA	X		01	1200	0.5	600
 DVD	X		01	60	1	60
 FLUORESCENTE		X				
 HERVIDOR	X		01	900	0.25	225
 LICUADORA	X		01	300	0.25	75
 RADIO	X		01	40	1	40
 VENTILADOR	X		01	50	2	100
OTRO:LAPTOP...	X		01	25	2	50
BOMBA AGUA 0.5HP	X		01	368	1	368

Anexo 05: ENTREVISTA DIRIGIDA AL USUARIO SOBRE SU CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN SU VIVIENDA TIPO R4

NOMBRE DEL ENTREVISTADO:.....

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR:.....

DIRECCION DE LA VIVIENDA:

1.- ¿cuál es el número de personas que habitan la vivienda frecuentemente?

1 2 3 4 5 más de 5.

2.- ¿Cuántas habitaciones tiene su vivienda?

1-2 habitaciones 3-4 habitaciones 5-6 habitaciones
 7-8 habitaciones 9-10 habitaciones Más de 10 habitaciones.

3.- ¿Aproximadamente cuánto es el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh en su vivienda?

De 0 a 30 Kwh de 31 a 100 Kwh más de 100 Kwh

4.- ¿Utilizan en esta vivienda la electricidad aproximadamente igual todos los meses o en Algunos meses se gasta más y en otros menos?.

Todos los meses igual Hay meses que se gasta más y en otros menos.

5.- ¿En qué meses utilizan más electricidad?

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio
 Julio Agosto Setiembre Octubre Noviembre
 Diciembre

6.- ¿Considera que se consume/gasta mucha electricidad sin necesidad?

Sí No

7.- ¿Ah adquirido nuevos artefactos eléctricos en los últimos 6 meses?

Sí No

8.- ¿Cómo cree que será el consumo de energía en su vivienda dentro de 2 o 3 años?

Mayor al actual Igual al actual Menor al actual

9.- ¿Conoce el Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por OSINERGMIN según el consumo de energía?

- Sí No

10.- ¿Con que frecuencia deja la luz eléctrica, radio o televisor encendido sin estar utilizándolos?

- Nunca A veces A menudo Siempre

11.- ¿Cuál cree que son los malos hábitos sobre eficiencia energética que debemos evitar?

- Desconocer el gasto de energía eléctrica de nuestros electrodomésticos.
- Comprar electrodomésticos por el precio, sin verificar si es energéticamente eficiente o no.
- Dejar los electrodomésticos en modo Stand by.
- Utilizar TV como radio.
- Dejar encendida la luz eléctrica de una habitación.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 06: Entrevistas escaneadas realizadas a los usuarios de las viviendas tipo R4 de la ciudad de Trujillo

ENTREVISTA DIRIGIDA AL USUARIO SOBRE SU CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN SU VIVIENDA TIPO R4

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR: Paul Necochea Chomorro

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: Vanesa La Rosa Vanela

DIRECCION DE LA VIVIENDA:

1.- ¿cuál es el número de personas que habitan la vivienda frecuentemente?

1 2 3 4 5 más de 5.

2.- ¿Cuántas habitaciones tiene su vivienda?

1-2 habitaciones 3-4 habitaciones 5-6 habitaciones
 7-8 habitaciones 9-10 habitaciones Más de 10 habitaciones.

3.- ¿Aproximadamente cuánto es el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh en su vivienda?

De 0 a 30 Kwh de 31 a 100 Kwh más de 100 Kwh

4.- ¿Utilizan en esta vivienda la electricidad aproximadamente igual todos los meses o en

Algunos meses se gasta más y en otros menos?.

Todos los meses igual Hay meses que se gasta más y en otros menos.

5.- ¿En qué meses utilizan más electricidad?

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio
 Julio Agosto Setiembre Octubre Noviembre
 Diciembre

6.- ¿Considera que se consume/gasta mucha electricidad sin necesidad?

Sí No

7.- ¿Ah adquirido nuevos artefactos eléctricos en los últimos 6 meses?

Sí No

8.- ¿Cómo cree que será el consumo de energía en su vivienda dentro de 2 o 3 años?

Mayor al actual Igual al actual Menor al actual

Vanesa La Rosa Varela

9.- ¿Conoce el Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por OSINERGMIN según el consumo de energía?

Sí No

10.- ¿Con que frecuencia deja la luz eléctrica, radio o televisor encendido sin estar utilizándolos?

Nunca A veces A menudo Siempre

11.- ¿Cuál cree que son los malos hábitos sobre eficiencia energética que debemos evitar?

- Desconocer el gasto de energía eléctrica de nuestros electrodomésticos.
- Comprar electrodomésticos por el precio, sin verificar si es energéticamente eficiente o no.
- Dejar los electrodomésticos en modo Stand by.
- Utilizar TV como radio.
- Dejar encendida la luz eléctrica de una habitación.

Fuente: Elaboración propia.

ENTREVISTA DIRIGIDA AL USUARIO SOBRE SU CONSUMO DE ENERGIA
ELECTRICA EN SU VIVIENDA TIPO R4

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR: *Paul Necochua Chomorro*

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: *Jorge Chiquez Cruz*

DIRECCION DE LA VIVIENDA:

1.- ¿cuál es el número de personas que habitan la vivienda frecuentemente?

1 2 3 4 5 más de 5.

2.- ¿Cuántas habitaciones tiene su vivienda?

1-2 habitaciones 3-4 habitaciones 5-6 habitaciones
 7-8 habitaciones 9-10 habitaciones Más de 10 habitaciones.

3.- ¿Aproximadamente cuánto es el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh en su vivienda?

De 0 a 30 Kwh de 31 a 100 Kwh más de 100 Kwh

4.- ¿Utilizan en esta vivienda la electricidad aproximadamente igual todos los meses o en Algunos meses se gasta más y en otros menos?.

Todos los meses igual Hay meses que se gasta más y en otros menos.

5.- ¿En qué meses utilizan más electricidad?

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio
 Julio Agosto Setiembre Octubre Noviembre
 Diciembre

6.- ¿Considera que se consume/gasta mucha electricidad sin necesidad?

Sí No

7.- ¿Ah adquirido nuevos artefactos eléctricos en los últimos 6 meses?

Sí No

8.- ¿Cómo cree que será el consumo de energía en su vivienda dentro de 2 o 3 años?

Mayor al actual Igual al actual Menor al actual

Jorge Chiquier Cruz

9.- ¿Conoce el Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por OSINERGMIN según el consumo de energía?

Sí No

10.- ¿Con que frecuencia deja la luz eléctrica, radio o televisor encendido sin estar utilizándolos?

Nunca A veces A menudo Siempre

11.- ¿Cuál cree que son los malos hábitos sobre eficiencia energética que debemos evitar?

- Desconocer el gasto de energía eléctrica de nuestros electrodomésticos.
- Comprar electrodomésticos por el precio, sin verificar si es energéticamente eficiente o no.
- Dejar los electrodomésticos en modo Stand by.
- Utilizar TV como radio.
- Dejar encendida la luz eléctrica de una habitación.

Fuente: Elaboración propia.

**ENTREVISTA DIRIGIDA AL USUARIO SOBRE SU CONSUMO DE ENERGIA
ELECTRICA EN SU VIVIENDA TIPO R4**

NOMBRE DEL ENTREVISTADO: Victor Alayo

NOMBRE DEL ENTREVISTADOR: Paul Neodcha Chomorro

DIRECCION DE LA VIVIENDA:

1.- ¿cuál es el número de personas que habitan la vivienda frecuentemente?

1 2 3 4 5 más de 5.

2.- ¿Cuántas habitaciones tiene su vivienda?

1-2 habitaciones 3-4 habitaciones 5-6 habitaciones
 7-8 habitaciones 9-10 habitaciones Más de 10 habitaciones.

3.- ¿Aproximadamente cuánto es el consumo mensual de energía eléctrica en Kwh en su vivienda?

De 0 a 30 Kwh de 31 a 100 Kwh más de 100 Kwh

4.- ¿Utilizan en esta vivienda la electricidad aproximadamente igual todos los meses o en

Algunos meses se gasta más y en otros menos?.

Todos los meses igual Hay meses que se gasta más y en otros menos.

5.- ¿En qué meses utilizan más electricidad?

Enero Febrero Marzo Abril Mayo Junio
 Julio Agosto Setiembre Octubre Noviembre
 Diciembre

6.- ¿Considera que se consume/gasta mucha electricidad sin necesidad?

Sí No

7.- ¿Ah adquirido nuevos artefactos eléctricos en los últimos 6 meses?

Sí No

8.- ¿Cómo cree que será el consumo de energía en su vivienda dentro de 2 o 3 años?

Mayor al actual Igual al actual Menor al actual

Victor Alayo

9.- ¿Conoce el Plan Tarifario Máximo del Servicio Público de Electricidad fijado por OSINERGMIN según el consumo de energía?

Sí No

10.- ¿Con que frecuencia deja la luz eléctrica, radio o televisor encendido sin estar utilizándolos?

Nunca A veces A menudo Siempre

11.- ¿Cuál cree que son los malos hábitos sobre eficiencia energética que debemos evitar?

- Desconocer el gasto de energía eléctrica de nuestros electrodomésticos.
- Comprar electrodomésticos por el precio, sin verificar si es energéticamente eficiente o no.
- Dejar los electrodomésticos en modo Stand by.
- Utilizar TV como radio.
- Dejar encendida la luz eléctrica de una habitación.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 07: Recibos reales de consumo de energía eléctrica de usuarios de viviendas tipo

R4 de Trujillo

RECIBO Nº 501-39622294 **Abril-2016**
 Trujillo, Trujillo - La Libertad/
 Para Consultas, su código es: **46542449**
Varela Valle, Ana
 Mz. 54 0009 Urb. La Rinconada

Hidrandina
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTROINTE MEDIO S.A.
 DE PRIVILEGIO ANEXO 105 - TITULO R.U.C. 20132023540

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO	IMPORTES FACTURADOS
Tensión: 220 V - BT	Recibo por Consumo del 22/03/2016 al 20/04/2016: 3.09
Sub. Estación Nº: D-301196 (SE0122)	Cargo Fijo: 1.25
Tipo de Conexión: Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reparación y Mantenimiento: 69.14
Opción Tarifaria: BT5B - Residencial	Ene.Activo(S) 0.5576 x 124.00 kWh: 5.09
Medidor Nº: 00000009936136 - Elect.Mec.	AlumbradoPúblico (Alcaldía - S) 0.4243: 0.51
Hilos: 2	Interes Compensatorio: 0.27
Lectura Anterior: 17,005.00 (21/03/2016)	Ajuste Tarifario: 0.27
Lectura Actual: 17,129.00 (20/04/2016)	SUB TOTAL: 79.35
Diferencia de Lectura: 124.00	Imp. Gral. a las Ventas: 14.28
Factor: 1.0000	Interes Moratorio: 0.09
Consumo: 124.00 kWh	Saldo por rondoneo: 0.05
Cons. Prom.(6): 146.00 kWh	Diferencia de rondoneo: 0.01
Potencia Contratada: 1.00 kW	Aporte Ley Nro. 28749 - 0.0079: 0.98
Inicio Contrato: 01/01/1997	TOTAL RECIBO DE ABRIL-2016: 94.60
Término Contrato: 31/12/2016	Deuda Anterior (1 Mes.): 147.40
Fecha Emisión: 21/04/2016	Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 2.11

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

FECHA DE VENCIMIENTO 09/05/2016 **TOTAL A PAGAR** S/ *****242.00

Hidrandina
 R.U.C. 20132023540

RECIBO Nº 501-39705442 **Abril-2016**
 Suministro: 47125431 Chouzer Orbeoso, Vicente
Victor Larco Herrera, Trujillo - La Libertad /
 26 - 220 - 4050 / 25/04/2016 / 13/05/2016

Hidrandina
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTROINTE MEDIO S.A.
 DE PRIVILEGIO ANEXO 105 - TITULO R.U.C. 20132023540

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO	IMPORTES FACTURADOS
Tensión: 220 V - BT	Recibo por Consumo del 26/03/2016 al 24/04/2016: 1.08
Sub. Estación Nº: D-305973 (SE0122)	Cargo Fijo: 1.25
Tipo de Conexión: Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reparación y Mantenimiento: 92.13
Opción Tarifaria: BT5B - No Residencial	Ene.Activo(S) 0.5500 x 168.00 kWh: 0.20
Medidor Nº: 000000606710812 - Electrón.	AlumbradoPúblico (Alcaldía - S) 0.4243: 10.61
Hilos: 2	Interes Compensatorio: 0.27
Lectura Anterior: 4,814.00 (25/03/2016)	Ajuste Tarifario: 19.37
Lectura Actual: 4,980.00 (24/04/2016)	SUB TOTAL: 107.56
Diferencia de Lectura: 166.00	Imp. Gral. a las Ventas: 19.37
Factor: 1.0000	Saldo por rondoneo: -0.21
Consumo: 166.00 kWh	Diferencia de rondoneo: 0.03
Cons. Prom.(6): 174.00 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 - 0.0079: 1.31
Potencia Contratada: 1.00 kW	Compensación interrupción distribución: -1.80
Inicio Contrato: 01/01/1997	TOTAL RECIBO DE ABRIL-2016: 126.40
Término Contrato: 31/12/2016	Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 2.78
Fecha Emisión: 25/04/2016	

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

FECHA DE VENCIMIENTO 13/05/2016 **TOTAL A PAGAR** S/ *****126.40

Hidrandina
 R.U.C. 20132023540

RECIBO Nº 501-39424634 **Marzo-2016**
 Trujillo, Trujillo - La Libertad/
 Para Consultas, su código es: **46125375**
LOAYZA AMANDA LIZ
 Ca. Santa Cruz 0364 Int. 2 Barr. Chicazo

Hidrandina
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTROINTE MEDIO S.A.
 DE PRIVILEGIO ANEXO 105 - TITULO R.U.C. 20132023540

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO	IMPORTES FACTURADOS
Tensión: 220 V - BT	Recibo por Consumo del 25/02/2016 al 22/03/2016: 1.10
Sub. Estación Nº: D-305951 (SE0122)	Cargo Fijo: 1.25
Tipo de Conexión: Monofásica-Aérea(C1.1)	Cargo por Reparación y Mantenimiento: 183.24
Opción Tarifaria: BT5B - Residencial	Ene.Activo(S) 0.5576 x 199.00 kWh: 11.10
Medidor Nº: 00000006392606 - Electrón.	AlumbradoPúblico (Alcaldía - S) 0.4243: 0.51
Hilos: 2	Interes Compensatorio: 0.27
Lectura Anterior: 3,984.00 (25/02/2016)	Ajuste Tarifario: 0.27
Lectura Actual: 4,175.00 (22/03/2016)	SUB TOTAL: 197.77
Diferencia de Lectura: 191.00	Imp. Gral. a las Ventas: 22.89
Factor: 1.0000	Interes Moratorio: 0.09
Consumo: 191.00 kWh	Saldo por rondoneo: 0.05
Cons. Prom.(6): 163.83 kWh	Diferencia de rondoneo: 0.01
Potencia Contratada: 1.00 kW	Aporte Ley Nro. 28749 - 0.0079: 1.00
Inicio Contrato: 01/01/1997	TOTAL RECIBO DE MARZO-2016: 223.89
Término Contrato: 31/12/2016	Deuda Anterior (1 Mes.): 173.20
Fecha Emisión: 29/03/2016	Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 3.24

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

FECHA DE VENCIMIENTO 15/04/2016 **TOTAL A PAGAR** S/ *****276.30

Hidrandina
 R.U.C. 20132023540

RECIBO Nº 501-4005359 **Mayo-2016**
 Suministro: 46418591 OUIROZ CENTURION ENRIQUE
Trujillo, Trujillo - La Libertad /
 4 - 30 - 12640 / 28/05/2016 / 16/06/2016

Hidrandina
 EMPRESA REGIONAL DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD ELECTROINTE MEDIO S.A.
 DE PRIVILEGIO ANEXO 105 - TITULO R.U.C. 20132023540

DATOS DEL SUMINISTRO Y CONSUMO	IMPORTES FACTURADOS
Tensión: 220 V - BT	Recibo por Consumo del 27/04/2016 al 27/05/2016: 3.09
Sub. Estación Nº: D-300791 (SE0122)	Cargo Fijo: 1.25
Tipo de Conexión: Monofásica-Subterránea(C1.1)	Cargo por Reparación y Mantenimiento: 200.50
Opción Tarifaria: BT5B - Residencial	Ene.Activo(S) 0.5295 x 383.00 kWh: 14.44
Medidor Nº: 0000000457152 - Elect.Mec.	AlumbradoPúblico (Alcaldía - S) 0.4243: 1.21
Hilos: 2	Interes Compensatorio: 230.55
Lectura Anterior: 51,361.00 (26/04/2016)	Ajuste Tarifario: 39.70
Lectura Actual: 51,744.00 (27/05/2016)	Imp. Gral. a las Ventas: 0.59
Diferencia de Lectura: 383.00	Interes Moratorio: -0.04
Factor: 1.0000	Saldo por rondoneo: -0.03
Consumo: 383.00 kWh	Diferencia de rondoneo: 3.03
Cons. Prom.(6): 427.17 kWh	Aporte Ley Nro. 28749 - 0.0079: 2.79
Potencia Contratada: 1.00 kW	TOTAL RECIBO DE MAYO-2016: 263.30
Inicio Contrato: 11/04/2007	Deuda Anterior (1 Mes.): 279.70
Término Contrato: 10/04/2017	Aporte FOSE(Ley Nº27510) S/ 5.51
Fecha Emisión: 28/05/2016	

Si paga hasta la fecha de vencimiento evitará el corte, gastos y molestias innecesarias.

FECHA DE VENCIMIENTO 16/06/2016 **TOTAL A PAGAR** S/ *****543.00

Hidrandina
 R.U.C. 20132023540

Anexo 08: Tabla de Zonificación residencial del continuo urbano de la ciudad de Trujillo

Municipalidad Provincial de Trujillo

CUADRO Nº 1: RESUMEN DE LA ZONIFICACION RESIDENCIAL

RESIDENCIAL	NORMAS GENERALES		NORMAS PARA EDIFICACIONES Aplicable en casos de habilitaciones nuevas y/o en zonas consolidadas y en proceso de consolidación					
	Tipo de densidad	Usos Predominantes	Dimensiones de Lote (Mínimo)		Máximo Coeficiente Edificación	Altura Máxima Edificación	Densidad Neta Máxima Hab/Ha	Área Libre Mínima (%)
			Área (m ²)	Frente (m)				Total
RESIDENCIAL DENSIDAD BAJA 1	R-1	Unifamiliar	450.00	15.00	1.2	3 pisos	165 Hab/Ha	40%
RESIDENCIAL DENSIDAD BAJA 2	R-2	Unifamiliar Trifamiliar	300.00	10.00	1.8	3 pisos	500 Hab/Ha	40%
RESIDENCIAL DENSIDAD MEDIA	R-4	Unifamiliar Multifamiliar (1)	90.00	6.00	2.1	4 pisos	1300 Hab/Ha	30%
		Unifamiliar Multifamiliar (2)	140.00	7.00	2.8	4 pisos		
		Multifamiliar (3)	160.00	8.00	3.0	5 pisos		
		Conjunto Residencial	450.00	15.00	3.5	5 pisos	2250 Hab/Ha	40%
RESIDENCIAL DENSIDAD ALTA	R-6	Multifamiliar	450.00	15.00	4.5	1.0 (a + r)	2250 Hab/Ha	30%
		Conjunto Residencial	450.00	15.00	4.5			40%
RESIDENCIAL COMERCIAL	RC	Unifamiliar Multifamiliar Comercio Local	160.00	8.00	3.5	1.0 (a + r)	1300 Hab/Ha	30%
RESIDENCIAL TALLER	RT	Unifamiliar Multifamiliar (2)	160.00	8.00	2.8	4 pisos	1300 Hab/Ha	30%
		Multifamiliar (3)	160.00	8.00	3.0	5 pisos		
RESIDENCIAL TIPO CLUB	ZRC	Unifamiliar, Multifamiliar Conjunto Residencial (4)	450.00	15.00	1.2	3 pisos	165 Hab/Ha	60%

Anexo 09: Especificaciones técnicas de los equipos seleccionados

9.1: Batería para sistema fotovoltaico marca TROJAN.



Trojan
BATTERY COMPANY

5SHP-GEL DATA SHEET

MODEL: 5SHP-GEL

VOLTAGE: 12

DIMENSIONS: Inches (mm)

BATTERY: VRLA GEL

COLOR: Maroon (case) Grey (cover)

MATERIAL: Polypropylene

WATERING SYSTEM: N/A



PRODUCT SPECIFICATIONS

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Minutes @25 Amps	CAPACITY ^B Amp-Hours (AH)				ENERGY (kWh) 100-Hr Rate	TERMINAL Type ^E	DIMENSIONS ^C Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
			5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	100-Hr Rate			Length	Width	Height ^D	
12 VOLT DEEP CYCLE GEL BATTERY												
DN	5SHP-GEL	250	110	115	125	137	1.64	8	13.58 (345)	6.75 (172)	11.01 (280)	85 (39)

A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.

B. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 77°F (25°C) for Gel Lines and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.

C. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.

D. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.

E. Terminal images are representative only.

Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
System Voltage	12V	24V	36V	48V
Absorption Charge	14.1 – 14.4	28.2 – 28.8	42.3 – 43.2	56.4 – 57.6
Float Charge	13.5	27	40.5	54

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

TERMINAL CONFIGURATIONS

8	AP	Automotive Terminal
		
Terminal Height (Inches (mm)) .83 (21) Torque Values in-lb (Nm) 50 – 70 (6 – 8)		

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION
 .028 VPC for every 10°F (5.55°C) above or below 77°F (25°C) (add .028 VPC for every 10°F (5.55°C) below 77°F and subtract .028 VPC for every 10°C above 77°F).

OPERATIONAL DATA

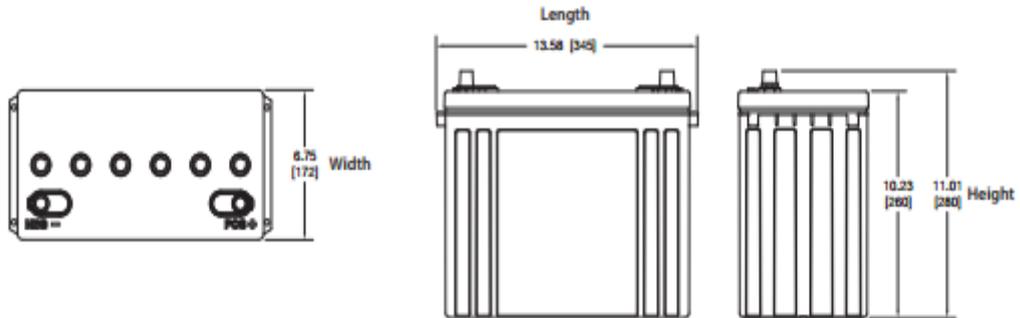
Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Less than 3% per month depending on storage temperature conditions.

Batteries may be utilized at higher temperatures with the understanding that battery life will be reduced by 50% for every 10° C (18° F) increase in operating temperatures over 68° F (20° C).

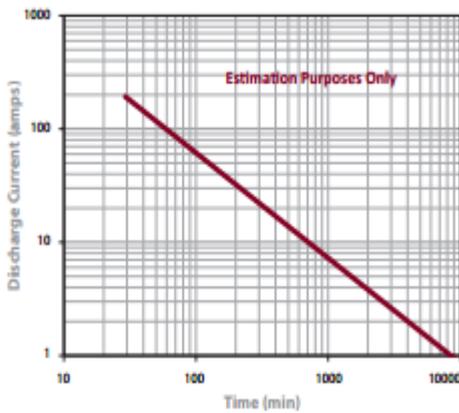
9-19 50 7801165104

5SHP-GEL DATA SHEET

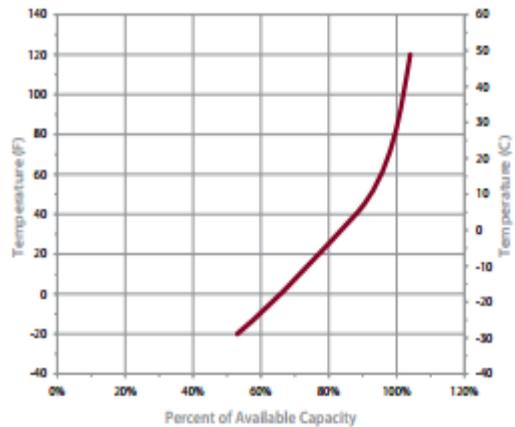
BATTERY DIMENSIONS (shown with AP)



TROJAN 5SHP-GEL PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



TROJAN BATTERY COMPANY WITH QUALITY SYSTEM CERTIFIED BY DNV = ISO 9001:2008 =



Trojan batteries are available worldwide through Trojan's Master Distributor Network. We offer outstanding technical support, provided by full-time application engineers.

For a Trojan Master Distributor near you, call 800.423.6569 or + 1.562.236.3000 or visit www.trojanbattery.com

12380 Clark Street, Santa Fe Springs, CA 90670 - USA

© 2015 Trojan Battery Company. All rights reserved. Trojan Battery Company is not liable for damages that may result from any information provided in or omitted from this publication, under any circumstances. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication at any time, without notice or obligation. Please check the Trojan Battery website (www.trojanbattery.com) for the most up-to-date information.

10.2. Panel Solar marca CSUN modelo CSUN250-60M

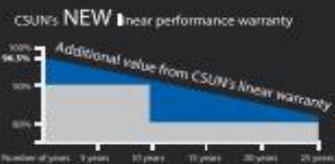
Mono



Powerguard insurance global coverage

Within the first year, the output power shall not be less than 96.5% of the minimum output power in CSUN's product datasheet, thereafter the loss of output power shall not exceed 0.68% per year, ending with 80.18% in the 25th year.

■ CSUN
 ■ Standard warranty






CSUN250-60M

Standard Solar Product

- CSUN250-60M
- CSUN245-60M
- CSUN240-60M
- CSUN235-60M

15.40%
Module efficiency

250 W
Highest power output

10 years
Material & workmanship warranty

25 years
Linear power output warranty

-  Industry leading conversion efficiency
-  Positive tolerance offer
-  Passed salt mist corrosion and ammonia corrosion testing
-  Certificated to withstand wind (2400 Pa) and snow load (5400 Pa)
-  Excellent performance under weak light conditions
-  Good temperature coefficient performance enables better output in the tropical zone

- China Sunergy (Nanjing) Co., Ltd. (NASDAQ: CSUN), established in 2004, is a hi-tech corporation with its core business in R&D, manufacturing, and sale of high efficiency silicon based solar cells and modules.
- As one of the leading PV enterprises in the world, CSUN has delivered more than 1GW solar products, to residential, commercial, utility and off-grid projects all around the world.
- Through strict selection of raw materials, stringent quality control and rigorous test in state of the art facilities in Nanjing and Shanghai, CSUN has always committed to higher efficiency, more stable and better cost performance products.

* Note: All specifications, warranties, certifications about module of "CSUN" series also apply to that of "S3T".

All information and data are subject to change without notice.





All rights reserved by CSUN
Version: 11/2017 (2.0.0.0)

Electrical characteristics at Standard Test Conditions (STC)

Module type	CSUN 250-60M	CSUN 245-60M	CSUN 240-60M	CSUN 235-60M
Maximum Power - P _{mpp} (W)	250	245	240	235
Positive power tolerance	0~3%			
Open Circuit Voltage - Voc (V)	37.3	37.2	37.0	36.9
Short Circuit Current - Isc (A)	8.78	8.69	8.62	8.54
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	30.1	30.0	29.8	29.6
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	8.31	8.17	8.06	7.94
Practical module efficiency	17.44%	17.09%	16.74%	16.39%
Module efficiency	15.40%	15.09%	14.78%	14.47%

Electrical data relates to standard test conditions (STC): irradiance 1000 W/m²; AM 1.5; cell temperature 25°C measuring uncertainty of power is within ±3%. Certified in accordance with IEC61215, IEC61716-1:2016 and UL 1703

Electrical Characteristics at Normal Operating Cell Temperature (NOCT)

Module type	CSUN 250-60M	CSUN 245-60M	CSUN 240-60M	CSUN 235-60M
Maximum Power - P _{mpp} (W)	184	181	178	174
Maximum Power Voltage - V _{mpp} (V)	27.8	27.7	27.4	27.0
Maximum Power Current - I _{mpp} (A)	6.62	6.53	6.50	6.44
Open Circuit Voltage - Voc (V)	34.4	34.3	34.2	34.1
Short Circuit Current - Isc (A)	7.08	7.01	6.95	6.88

Electrical data relates to normal operating cell temperature (NOCT): irradiance 800 W/m²; wind speed 1 m/s; cell temperature 45°C; ambient temperature 20°C measuring uncertainty of power is within ±3%

Temperature Characteristics

Voltage Temperature Coefficient	-0.307%/K
Current Temperature Coefficient	+0.039%/K
Power Temperature Coefficient	-0.423%/K

Maximum Ratings

Maximum system voltage (V)	1000
Series fuse rating (A)	20

Mechanical Characteristics

Dimensions	1640 × 990 × 35/40 mm (L × W × H)
Weight	18.3/19.1 kg
Frame	Anodized aluminum profile
Front glass	White toughened safety glass, 3.2 mm
Cell Encapsulation	EVA (Ethylene-Vinyl-Acetate)
Back Sheet	composite film
Cells	6 × 10 pieces monocrystalline solar cells series strings (156 mm × 156 mm)
Junction Box	With 6 bypass diodes, rated current ≥ 12A, IP ≥ 65, TUV&UL
Cable	Length 900 mm, 1 × 4 mm ²

Packaging

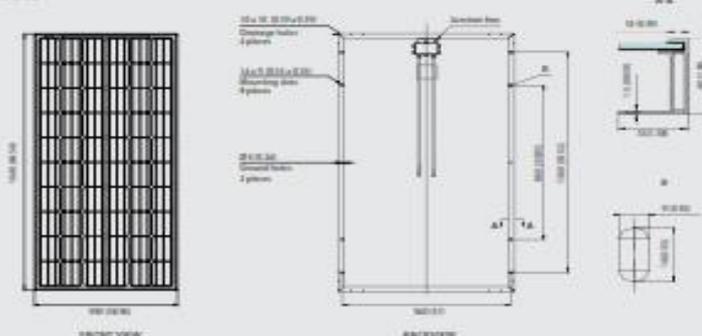
Dimensions (L × W × H)	1690 × 1120 × 112 mm
Container 20'	300
Container 20'HC	324
Container 40'	700
Container 40'HC	756

System Design

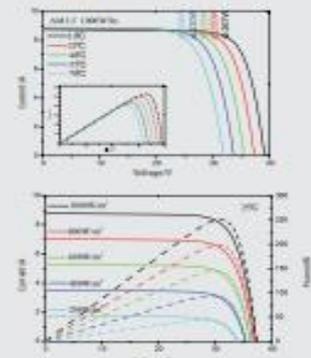
Temperature range	-40 °C to +85 °C
Hail	maximum diameter of 25 mm with impact speed of 23 m/s (51.2 mph)
Maximum surface load capacity	5400 Pa

Dimensions

(Refer to the detail)



IV-Curves



10.3. Inversor de tensión marca VICTRON ENERGY Modelo Phoenix Inverter



Phoenix Inverters

1200VA – 5000VA (per module)

www.victronenergy.com



Phoenix Inverter
24/5000

SinusMax - Superior engineering
Developed for professional duty, the Phoenix range of inverters is suitable for the widest range of applications. The design criteria have been to produce a true sine wave inverter with optimised efficiency but without compromise in performance. Employing hybrid HF technology, the result is a top quality product with compact dimensions, light in weight and capable of supplying power, problem-free, to any load.

Extra start-up power
A unique feature of the SinusMax technology is very high start-up power. Conventional high frequency technology does not offer such extreme performance. Phoenix inverters, however, are well suited to power up difficult loads such as refrigeration compressors, electric motors and similar appliances.

Virtually unlimited power thanks to parallel and 3-phase operation capability
Up to 6 units inverters can operate in parallel to achieve higher power output. Six 24/5000 units, for example, will provide 24kW / 30kVA output power. Operation in 3-phase configuration is also possible.

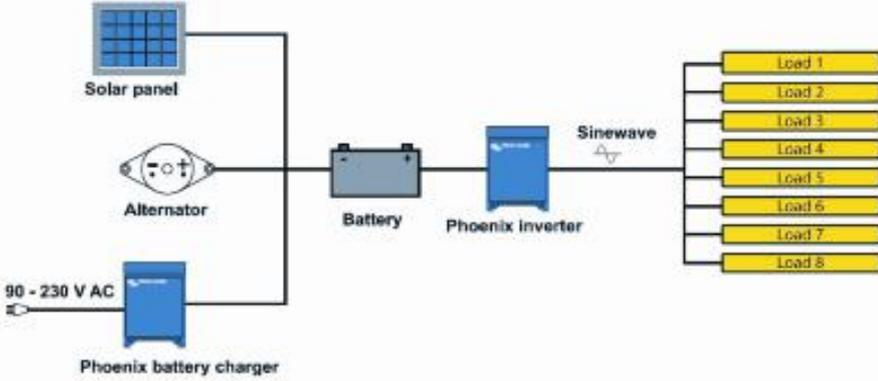
To transfer the load to another AC source: the automatic transfer switch
If an automatic transfer switch is required we recommend using the MultiPlus Inverter/charger instead. The switch is included in these products and the charger function of the MultiPlus can be disabled. Computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption because the MultiPlus features a very short switchover time (less than 20 milliseconds).

Computer interface
All models have a RS-485 port. All you need to connect to your PC is our MK2 interface (see under accessories). This interface takes care of galvanic isolation between the inverter and the computer, and converts from RS-485 to RS-232. A RS-232 to USB conversion cable is also available. Together with our VEConfigure software, which can be downloaded free of charge from our website, all parameters of the inverters can be customised. This includes output voltage and frequency, over and under voltage settings and programming the relay. This relay can for example be used to signal several alarm conditions, or to start a generator. The inverters can also be connected to VENet, the new power control network of Victron Energy, or to other computerised monitoring and control systems.

New applications of high power inverters
The possibilities of paralleled high power inverters are truly amazing. For ideas, examples and battery capacity calculations please refer to our book "Energy Unlimited" (available free of charge from Victron Energy and downloadable from www.victronenergy.com).



Phoenix Inverter Compact
24/1600



Victron Energy B.V. | De Paal 33 | 1351 JG Almere | The Netherlands
 General phone: +31 (0)56 535 97 00 | Fax: +31 (0)56 535 97 40
 E-mail: sales@victronenergy.com | www.victronenergy.com



24/5000

Phoenix Inverter	C12/1200 C24/1200	C12/1600 C24/1600	C12/2000 C24/2000	12/3000 24/3000 48/3000	24/5000 48/5000
Parallel and 3-phase operation	Yes				
INVERTER					
Input voltage range (V DC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Output	Output voltage: 230 VAC ±2% Frequency: 50 Hz ± 0,1% (1)				
Cont. output power at 25 °C (VA) (2)	1200	1600	2000	3000	5000
Cont. output power at 25 °C (W)	1000	1300	1600	2500	4500
Cont. output power at 40 °C (W)	900	1200	1450	2200	4000
Peak power (W)	2400	3000	4000	6000	10000
Max. efficiency 12/ 24 /48 V (%)	92 / 94	92 / 94	92 / 92	93 / 94 / 95	94 / 95
Zero-load power 12 / 24 / 48 V (W)	8 / 10	8 / 10	9 / 11	15 / 15 / 16	25 / 25
Zero-load power in AES mode (W)	5 / 8	5 / 8	7 / 9	10 / 10 / 12	20 / 20
Zero-load power in Search mode (W)	2 / 3	2 / 3	3 / 4	4 / 5 / 5	5 / 6
GENERAL					
Programmable relay (3)	Yes				
Protection (4)	a - g				
VE.Bus communication port	For parallel and three phase operation, remote monitoring and system integration				
Remote on-off	Yes				
Common Characteristics	Operating temperature range: -40 to +50 °C (fan assisted cooling) Humidity (non condensing): max 95%				
ENCLOSURE					
Common Characteristics	Material & Colour: aluminum (blue RAL 5012) Protection category: IP 21				
Battery-connection	battery cables of 1.5 meter included	M8 bolts	2+2 M8 bolts		
230 V AC-connection	G-5T1B plug	Spring-clamp	Screw terminals		
Weight (kg)	10	12	18	30	
Dimensions (h/w/d in mm)	375x214x110	520x255x125	362x258x218	444x328x240	
STANDARDS					
Safety	EN 60335-1				
Emission Immunity	EN 55014-1 / EN 55014-2				
1) Can be adjusted to 60Hz and to 240V 2) Non linear load, crest factor 3:1 3) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm, DC undervoltage or genset start/stop function. AC rating: 230V/4A DC rating: 4x up to 33VDC, 1A up to 60VDC	4) Protection key: a) output short circuit b) overload c) battery voltage too high d) battery voltage too low e) temperature too high f) 230 V AC on inverter output g) input voltage ripple too high				
					
Phoenix Inverter Control This panel can also be used on a MultiPlus Inverter/charger when an automatic transfer switch but no charger function is desired. The brightness of the LEDs is automatically reduced during night time.	Computer controlled operation and monitoring Several interfaces are available: - MK2-2 VE.Bus to RS232 converter Connects to the RS232 port of a computer (see 'A guide to VEConfigure') - MK2-USB VE.Bus to USB converter Connects to a USB port (see 'A guide to VEConfigure') - VE.Net to VE.Bus converter Interface to VE.Net (see VE.Net documentation) - VE.Bus to NMEA 2000 converter - Victron Global Remote The Global Remote is a modem which sends alarms, warnings and system status reports to cellular phones via text messages (SMS). It can also log data from Victron Battery Monitors, Multi's, Quattro's and Inverters to a website through a GPRS connection. Access to this website is free of charge. - Victron Ethernet Remote To connect to Ethernet.	BMV Battery Monitor The BMV Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge / discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go. The monitor also stores a host of data regarding performance and use of the battery. Several models available (see battery monitor documentation).			
Victron Energy B.V. De Paal 35 1351 JG Almere The Netherlands General phone: +31 (0)36 535 97 00 Fax: +31 (0)36 535 97 40 E-mail: sales@victronenergy.com www.victronenergy.com					

10.4. Regulador de carga 45 A 24v marca PHOCOS modelo MPS series (45-801A)



MPS series (45 – 80 A)

Modular Power Switch



- 12/24/48 V (automatic oder manually selectable)
- Low-voltage or overcharge disconnect (adjustable)
- Overcharge protection
- Pulse-width modulation or two-point series switching
- Can also be used with hybrid systems
- Excess energy management
- Flexible grounding
- DIN rail mounting

The MPS is Phocos's innovative new multi-functional power switching module for stand-alone power systems.

It can be configured to operate as an overcharge or deep discharge protection unit in PV systems as well as a dumpload controller for wind and micro-hydro turbine systems. A single MPS unit can control up to 80 A of current. Switching can be set for pulse-width modulation, two-point series switching, or dumpload in order to protect your system against overcharge or deep discharge.

The power electronics allow for positive or negative grounding. The power switch is a fundamental unit within Phocos's innovative Modular Power Management range. Multiple MPS units can be operated together with the help of Phocos's MCU modular control unit and can control up to 200 A of total load current and up to 640 A of charge current in steps of 45 or 80 amperes.

MPS is a cost-effective, simple, yet versatile power switch and offers a valuable solution for stand-alone PV, wind, micro-hydro, or hybrid power systems.

Type	MPS 45	MPS 80
Nominal voltage	12/24/48 V (automatic or manually selected)	
Load current max.	45 A	80 A
Own consumption	< 10 mA	
Ambient temperature	-40 to +50 °C	
Dimensions (W x H x D)	108 x 150 x 112 mm	
Weight	1,007 g	1,100 g
Type of protection	IP22	

Datasheet_MPS series_1/1_e_2011-04-01_Subject to change without notice

www.renova-energia.com

Tel. +593 8 7000710
info@renova-energia.com