

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**VICERRECTORADO  
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACION**



**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y ELABORACION DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA UNA VIVIENDA SOCIAL,  
SITUADA EN EL AREA DE KUCHU TAMBO “SUCRE – BOLIVIA”**

*TRABAJO EN OPCION AL GRADO DE MAGISTER DE ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA  
ENERGETICA.*

**JHON ALEX LEON SENO**

**SUCRE-BOLIVIA**

**2024**

**UNIVERSIDAD MAYOR REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**VICERRECTORADO  
CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO  
E INVESTIGACION**



**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO Y ELABORACION DE  
EFICIENCIA ENERGÉTICA, PARA UNA VIVIENDA SOCIAL,  
SITUADA EN EL AREA DE KUCHU TAMBO “SUCRE – BOLIVIA”**

*TRABAJO EN OPCION AL GRADO DE MAGISTER DE ENERGIAS RENOVABLES Y EFICIENCIA  
ENERGETICA.*

**JHON ALEX LEON SENO**

**SUCRE-BOLIVIA**

**2024**

## **CESIÓN DE DERECHOS**

Al presentar este trabajo como requisito previo para la obtención de la maestría de energías renovables y eficiencia energética Versión II de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Jhon Alex León Seno

Sucre, mayo de 2024

## **DEDICATORIA**

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento primeramente a Dios, mi familia y todas las personas que me han acompañado a lo largo de mi formación y por su gran apoyo incondicional.

De forma especial, a mi compañera de vida MARILU E. D. por haberme brindado apoyo y confianza durante la maestría, así como por haberme dado el mejor regalo del mundo a mi amado hijo J. Royer L. E..

## INDICE

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	ANTECEDENTES .....	2
3.	SITUACION PROBLEMÁTICA.....	4
4.	FORMULACION DEL PROBLEMA .....	6
5.	HIPÓTESIS .....	6
6.	OBJETIVO GENERAL .....	7
6.1	Objetivos específicos.....	7
7.	JUSTIFICACION .....	7
8.	ESTADO DEL CONOCIMIENTO.....	8
9.	ALCANCES Y LIMITACIONES.....	10
10.	VARIABLES, MATERIALES Y METODOS .....	10
11.	DISEÑO METODOLÓGICO .....	11
	CAPITULO 1 .....	12
	MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL .....	12
1.	FUNDAMENTOS SOBRE LA ENERGIA, EFICIENCIA ENERGETICA, ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y VIVIENDAS SOCIALES .....	12
1.1.	ENERGIA.....	12
a)	Según sean o no renovables .....	12
b)	Según sea su utilización .....	13
1.2.	ENERGÍA SOLAR.....	14
1.3.	EFICIENCIA ENERGETICA.....	16
1.4.	ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA .....	18
1.5.	SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA EN BOLIVIA Y SUCRE.....	20
1.6.	VIVIENDAS SOCIALES EN BOLIVIA.....	22
1.6.1.	Importancia de la Vivienda Social en Bolivia .....	22

1.6.2.	Enfoques de la Vivienda Social en Bolivia .....	22
1.6.3.	Actores Involucrados en la Construcción de Viviendas Sociales en Bolivia .....	23
CAPITULO 2 .....		24
DIAGNOSTICO.....		24
2	LA CIUDAD DE SUCRE .....	24
2.1	CARTA SOLAR.....	26
2.2	DATOS CLIMATOLOGICOS DE SUCRE .....	28
2.2.1	Temperatura del Aire .....	28
2.2.2	Precipitación Pluvial .....	29
2.2.3	Humedad Relativa del Aire.....	30
2.2.4	Vientos .....	31
2.2.5	Radiación Solar .....	33
2.3	KUCHU TAMBO.....	35
2.3.1	Información catastral de la ubicación de la propuesta de la vivienda social .....	35
2.4	ANALISIS DE LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO DEL LA VIVIENDA.....	36
2.4.1	Confort térmico.....	36
2.4.2	Confort acústico.....	38
2.4.3	Confort visual.....	38
2.5	INSTRUMENTO PARA ENCONTRAR EL CONFORT TERMICO DE UNA VIVIENDA.....	38
2.5.1	Diagrama Psicométrico de Baruk Givoni .....	39
CAPITULO 3 .....		42
PROPUESTA DEL PROYECTO .....		42
3.1.	CASA UNIFAMILIAR SEGÚN VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (V.M.V.U.) .....	42
3.2.	ASPECTOS EN EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA.....	42

3.2.1.	Condiciones mínimas.....	42
3.2.2.	Vivienda Productiva.....	44
3.2.3.	CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y RELACION CON EL TERRENO .....	44
3.2.4.	Diseño – Arquitectura.....	44
3.2.5.	Ubicación de la vivienda en el terreno.....	45
3.3.	DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR.....	47
3.3.1.	Presupuesto de la vivienda.....	47
3.3.2.	Planos de la propuesta de la vivienda .....	50
3.4.	CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO OFF GRID. ....	52
3.4.1.	Consumo eléctrico de la vivienda unifamiliar .....	52
3.4.2.	Consumo eléctrico anual de una vivienda unifamiliar.....	53
3.4.2.1.	Datos de Consumo eléctrico .....	53
3.4.3.	INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	53
3.4.4.	PROPUESTAS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	54
3.4.5.	Envolvente Térmica.....	54
3.4.6.	Climatización (Calefacción y Refrigeración) .....	54
3.4.7.	Iluminación .....	55
3.4.8.	Agua.....	55
3.4.9.	Equipos / Artefactos.....	56
	Considerando las nuevas aplicaciones de eficiencia energética.....	56
3.4.10.	Cálculo de demanda y voltaje de trabajo para una vivienda unifamiliar .....	60
3.4.11.	Cálculo de la irradiancia solar para la zona del proyecto.....	61
3.4.11.1.	Irradiancia solar extraterrestre.....	61
3.4.11.2.	Calculo Flujo extraterrestre Aparente .....	62
3.4.11.3.	Atenuación de la irradiancia solar .....	63
3.4.11.4.	Declinación solar.....	63
3.4.11.5.	Masa de aire .....	64
3.4.11.6.	Transmitancia atmosférica ( $\tau$ ).....	65

3.4.11.7. Irradiancia solar terrestre.....	66
3.4.11.8. Irradiancia solar terrestre anual 2023 con techo inclinado.....	67
3.4.12. Diseño del sistema fotovoltaico OFF GRID .....	70
Análisis del dimensionamiento solar fotovoltaico OFF GRID mediante el software PVsist....	80
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	86
REFERENCIA BIBLIOGRAFIA .....	88
GLOSARIO .....	89
ANEXOS .....	91

## **FIGURAS**

Figura 1.- fuentes de energías renovables y no renovables.....	13
Figura 1.2.- Proyección de consumo energético.....	14
Figura 1.3. Aplicaciones de diseño bioclimático, casa bioclimática .....	19
Figura 2.1 Viviendas de Construcción Reciente en el Área de Expansión .....	26
Figura 2.2 Rosa de vientos .....	32
Figura 2.3. Mapa del lugar de estudio .....	35
Figura 2.4. ubicación del lugar de estudio del proyecto.....	36
Figura 2.8. Diagrama psicrométrico de Baruk Givoni aplicado a Sucre .....	40
Figura 3.1. Imagen de la irradiancia solar extraterrestre .....	61
Figura 3.2. de la irradiancia solar terrestre horaria para el ángulo de inclinación del techo .....	68
Figura 3.3. de la insolación solar terrestre horaria para el ángulo de inclinación del techo.....	69

## **TABLAS**

Tabla N° 1. Número de Viviendas, por tipo de vivienda, según censo2012 .....	21
Tabla N° 2.1. Temperatura del Aire (°C).....	29
Tabla N° 2.2. Precipitación Pluvial Media y Total Anual (mm) .....	30
Tabla N° 2.3. Humedad del Aire (%) .....	30

Tabla N° 2.4. Radiación Solar Diaria Media Mensual (Kwh/m <sup>2</sup> – mes) .....	33
Tabla N° 2.5. Radiación Solar mensual de insolación (hora) .....	34
Tabla 2.6. Temperatura y Humedad Horaria .....	39
Tabla 3.1 de presupuesto de obra de la vivienda en Kuchutambo .....	47

## RESUMEN

En los últimos años, el crecimiento de la población ha causado una elevada demanda energética. Por lo tanto, países subdesarrollados han sobre explotado los recursos naturales para satisfacer dicha demanda, lo cual ha causado un aumento desmedido en las emisiones de gases de efecto invernadero. El sector residencial es un gran consumidor y, de manera indirecta, un gran emisor de gases de efecto invernadero. Para combatir este, se requiere la aplicación del concepto de “eficiencia energética”. La eficiencia energética es la actividad que tiene por objetivo mejorar el uso de fuentes de energía, o, dicho de otra forma, la utilización de manera eficiente de la energía para la obtención de un cierto resultado. Este concepto puede llevarse a cabo en edificios de nueva construcción, o bien, en edificios ya existentes por medio de una rehabilitación. En el presente trabajo se plantea la mejora energética de una vivienda social unifamiliar. Sin embargo, para cumplir con lo establecido debemos seguir las normas de edificación y obtener la mejor estrategia posible, es necesario llevar a cabo una serie de propuestas con las que se pueda reducir la demanda energética, como la climatización, iluminación etc., de la vivienda, que, por ende, supone una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>. Estas propuestas abarcan diversos ámbitos: están vinculadas al consumo eléctrico y la instalación de energías renovables como la solar fotovoltaica.

Después del estudio, dichas propuestas se mostraron técnicamente viables; sin embargo, la energía renovable elegida de acuerdo con las condiciones de la zona, es la energía solar fotovoltaica tipo off Grid de sistemas aislados, para dicho dimensionamiento se consideró un balance energético de los artefactos de la vivienda, como la inclinación del panel solar y la radiación de la zona de estudio “kuchu tambo”. Para cubrir una demanda de 14412 W/día, el costo de instalar 12 paneles solares, 12 baterías y todo el sistema fotovoltaico aislado sería de 69.097 bs.

Ajustar la solución elegida con la sustitución parcial de los electrodomésticos que consumen más energía y una sustitución total de la iluminación con LED es necesario para mejorar la eficiencia energética de la vivienda.

**Palabras Claves:** Gases de efecto invernadero, Eficiencia energética, energía solar fotovoltaica, vivienda social.

## 1. INTRODUCCION

El cambio climático se perfila como el problema ambiental más trascendente de este siglo y uno de los mayores desafíos globales a los que se enfrenta la humanidad (IPCC, 2007). Asimismo, las Naciones Unidas (UN, 1992), reconocen la preocupación por el calentamiento global provocado por el continuo aumento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, en sus siglas en inglés) destacó que, los edificios representaban el 32% del consumo de energía del total mundial y el 19% de las emisiones GEI. El uso de la energía y las emisiones asociadas se pueden duplicar o incluso triplicar potencialmente a mediados de este siglo, debido a varias tendencias clave; una de las más importantes, es el acceso de millones de personas, en los países en vías de desarrollo, a una adecuada vivienda, al servicio de electricidad, y al avance en la tecnología usada en las instalaciones de artefactos. (Lucon, 2014, Cambio climático).

Ahora bien, la vivienda es un lugar indispensable para nuestra vida, necesaria para el desarrollo de los individuos y de la familia. Debe brindar seguridad, protección, intimidad y contribuir al bienestar de cada una de las personas que la habitan. La vivienda social es aquella que está destinada a familias de bajos ingresos y que satisface los requisitos básicos de seguridad, salubridad y habitabilidad. Para mejorar su calidad de vida, su objetivo principal es brindar a estas familias un lugar digno para vivir y crecer.

Las políticas nacionales, departamentales y locales en Bolivia, no fomentan o norman de manera específica la implementación de estrategias de ahorro energético para las viviendas y edificaciones en general, que permitan reducir la dependencia de energías de origen no renovable. Este aspecto es realmente preocupante, considerando que no estamos al margen de la problemática mundial referida al calentamiento global, cambio climático y a la dependencia de energías fósiles.(Garate, 2014, Diseño de vivienda bioclimática para la ciudad de sucre).

Aunque hace algunos años en Bolivia, por medio de la creación del viceministerio de electricidad y energías alternativas, con el Decreto Supremo N° 3058, 2017, se ha tratado de incorporar leyes, estatutos y mandatos que nos acerquen a una tendencia mundial de sostenibilidad, eficiencia energética y políticas medio ambientales, no es una realidad hoy,

sobre todo en el campo del diseño, la construcción y la vivienda, debido a diversos factores, por ejemplo: los proyectos de viviendas masivos en Bolivia y/o proyectos de construcción en edificios. (Fernández F, 2020, Situación energética de Bolivia y desafíos).

En Bolivia, los escasos proyectos referidos a la utilización de energías renovables, sostenibilidad, arquitectura y urbanismo bioclimáticos, se han aplicado en las ciudades principales del país o en comunidades del área rural. Sin embargo, ciudades como Sucre no cuentan con políticas medioambientales de aplicación en el campo de la arquitectura, debido a un amplio rango de razones incluidas aquellas de orden económico, social, político, cultural, incluso algunas de orden geográfico. (Pozo Carla, 2011, “Determinación de estrategia de diseño bioclimático para la ciudad de sucre”, p. 3).

El presente documento detallará los estándares de diseño solar para un sistema fotovoltaico que se podrían aplicar a viviendas de tipo social en la ciudad de Sucre. Además, se mostrará un balance energético que indicará los equipos que consumen más energía y cuáles son más eficientes. Además, se recomendarán ciertas modificaciones para implementar la eficiencia energética en la vivienda de tipo social.

## **2. ANTECEDENTES**

Sucre, capital constitucional de Bolivia, cuna de la libertad latinoamericana, declarada "Patrimonio Cultural de la Humanidad" por la UNESCO en 1991, es una ciudad que posee una gran riqueza arquitectónica, concentrada en su centro histórico colonial y republicano. Con más de trescientos mil habitantes, Sucre es una ciudad de clima agradable y acogedor, que avanza y crece con una sociedad inmersa en una crisis económica y social.

En América Latina, se han establecido numerosas ciudades densamente pobladas, donde la mayoría de la población carece de viviendas dignas. Bolivia es un claro ejemplo de esta situación: el consumo excesivo de materiales y energía para la construcción de viviendas es un hecho y el desarrollo de proyectos de viviendas sociales masivas, según el proyecto de ley N° 116/2017-2018 del gobierno boliviano.

Ahora bien, según información de la AE Vivienda, se cuentan con proyectos promovidos por la agencia estatal de vivienda del estado boliviano, donde se prioriza la

masificación de construcción de viviendas a gran escala sin tener en cuenta aspectos fundamentales como el confort climático y la sostenibilidad de dichas viviendas a lo largo de los años para albergar a personas de más escasos recursos. Estas personas en muchos casos acceden a las viviendas, pero después no pueden afrontar el pago de una factura de consumo energético elevada o escases del líquido elemento que es el agua, debido a factores como la ubicación de la construcción de las viviendas en zonas alejadas.

Según el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el 23% de los hogares de Bolivia habitan más de tres personas por dormitorio, y un porcentaje similar ocupa un cuarto multiuso, datos que reflejan una situación de hacinamiento y la precariedad cualitativa de vivienda. (Los tiempos, 2018, “Vivienda en Bolivia”).

Según el análisis realizado por, “Bustamante W, (2009)”, indica que diseñar y construir viviendas sociales que entreguen confort a sus habitantes, disminuirán los índices de contaminación intra y extra domiciliarios, junto con ahorrar en el consumo de combustibles, son los criterios de la eficiencia energética que el Ministerio de obras públicas, servicios y vivienda, debería ir trabajando durante estos años.

Debido a que miles de personas en Bolivia tendrán acceso en los próximos años a una adecuada vivienda, no cabe duda la importancia que tiene para la arquitectura y el sector de la construcción investigar la eficiencia energética, sus emisiones asociadas y la sostenibilidad de los proyectos habitacionales masivos que se construirán.

En disciplinas como la arquitectura y la ingeniería de la construcción, existe cada vez mayor necesidad de emplear software y/o métodos para realizar análisis específicos de variables esenciales como: el componente ambiental, el confort, la iluminación, la sostenibilidad y costos, que dichos de otra forma serían lentos y poco precisos. Autores como “Clarke (2015)”, resaltan el impulso mundial hacia un entorno construido sostenible que plantea retos para los profesionales. Estos se derivan de la necesidad de reducir el consumo de energía en los edificios, integrar los suministros de energías limpias y mitigar los impactos ambientales, a la vez que se satisfacen las expectativas para el bienestar humano y el crecimiento económico.

### 3. SITUACION PROBLEMATICA

Con el objetivo de reducir las emisiones de los gases que provocan el efecto invernadero se aprobó el Protocolo de Kioto el 11 de Diciembre de 1997, el cual entró en vigor el 16 de Febrero de 2005. Este Protocolo se trata de un acuerdo de carácter internacional realizado entre varios países con el fin de reducir las emisiones de los gases que dan lugar al efecto invernadero y por lo tanto al calentamiento global de nuestro planeta. Estos gases son principalmente:

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Gas metano (CH<sub>4</sub>)

Ya que la combustión de estos gases produce emisiones muy considerables de gases nocivos, se plantea como objetivo la reducción del consumo y dependencia de combustibles fósiles. De forma que, al reducir el uso de dichos combustibles, se genere la sustitución por energías renovables y no contaminantes. La problemática de esta situación viene dada por las diferencias generadas entre los países en vías de desarrollo y los países desarrollados, puesto que los primeros verían reducidas sus expectativas de desarrollo y crecimiento económico (Galindo, García y Pérez, 2013, Guía de la Eficiencia Energética en los Edificios Residenciales).

Es por eso que hay que centrar los esfuerzos en la reducción de los G.E.I en el sector residencial, fomentando el desarrollo de nuevas tecnologías que favorezcan la eficiencia energética. Por ello se tiene como referencia en España que se han desarrollado diferentes directivas europeas con respecto a energías renovables en el sector de la edificación. En España se comenzó con la inclusión de las energías renovables en el consumo final del edificio. Incluyendo sistemas como; (Galindo, García y Pérez, 2013, Guía de la Eficiencia Energética en los Edificios Residenciales):

- Paneles solares térmicos como parte de la producción de ACS
- Paneles solares fotovoltaicos como parte de la producción de la energía eléctrica

- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Etc.

En Bolivia, el acceso a una vivienda digna y asequible sigue siendo un desafío para miles de familias, especialmente para aquellas de bajos ingresos. La problemática se ve agravada por diversos factores:

- **Déficit habitacional:** Se estima que existe un déficit cualitativo de alrededor de un millón de viviendas y uno cuantitativo de 290 mil. Esto significa que muchas familias viven en hacinamiento, en condiciones precarias o sin acceso a servicios básicos.
- **Informalidad en el acceso al suelo:** La falta de acceso a terrenos urbanizados con servicios básicos impulsa el crecimiento de asentamientos informales, donde las viviendas se construyen sin las condiciones adecuadas y sin seguridad jurídica.
- **Elevados costos:** El alto costo de la tierra, los materiales de construcción y la mano de obra dificulta el acceso a la vivienda para familias de bajos ingresos.
- **Limitaciones del financiamiento:** La falta de mecanismos de financiamiento accesibles para la población de bajos ingresos restringe aún más sus posibilidades de acceder a una vivienda propia.
- **Falta de coordinación entre actores:** La falta de coordinación entre las instituciones gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado dificulta la implementación efectiva de políticas públicas de vivienda.
- **Insuficiente inversión:** La inversión pública en vivienda social no ha sido suficiente para atender la magnitud del déficit habitacional y las necesidades de la población.
- **Deficiencias en la calidad de la construcción:** Algunas viviendas sociales presentan problemas de calidad en los materiales y la construcción, lo que afecta su durabilidad y habitabilidad.

Abordar estas problemáticas de manera integral y con la participación de todos los actores involucrados es fundamental para garantizar el derecho a una vivienda digna y asequible para todas las familias en Bolivia, siendo uno de estos esfuerzos la provisión de

recursos económicos para que a través de los beneficiarios lleven a cabo la construcción de su vivienda incorporando energías renovables.

En Sucre se cuenta con un Reglamento para construcciones en el Centro Histórico de la ciudad, y también un Reglamento para edificaciones de más de 5 pisos; sin embargo, en ambos están ausentes los aspectos técnicos bioclimáticos que puedan normar las construcciones. Las viviendas que se vayan a construir en el área de expansión de la ciudad, no cuentan con un reglamento específico de construcción, sino únicamente con datos de superficies libres y ocupadas, retiros y alturas máximas.(Garate, 2014, Diseño de vivienda bioclimática para la ciudad de sucre).

Esta falta de normativa técnica ambiental y bioclimática no solamente se presenta en el ámbito arquitectónico, sino también en el urbano, lo que desencadena en otra situación problemática. Por su parte, la población en general, los propietarios de las viviendas y los arquitectos proyectistas priorizan el aspecto formal, estético y económico, y tienden a elegir materiales y formas que reflejen una moda, una tendencia, un estatus económico y social, sin considerar las características térmicas, energéticas y la huella ecológica que estos materiales posean, contribuyendo así a los problemas de comportamiento térmico en sus propias viviendas, como lo que sucede en las viviendas construidas en la zona de kuchu tambo.

#### **4. FORMULACION DEL PROBLEMA**

¿Es posible implementar un sistema solar fotovoltaico aprovechando las condiciones climáticas del entorno, como también la elaboración de eficiencia energética a una vivienda social unifamiliar en el área de Kuchu tambo de la ciudad de Sucre, para lograr la disminución de GEI como el CO<sub>2</sub>?

#### **5. HIPÓTESIS**

La aplicación adecuada de la eficiencia energética podría mejorar las condiciones de habitabilidad de las casas o viviendas sociales ubicadas en la zona de Kuchu tambo del municipio de Sucre. Además, existen condiciones para la aplicación de energías renovables como la energía solar fotovoltaica.

## **6. OBJETIVO GENERAL**

Proponer el diseño de un sistema fotovoltaico y elaboración de la eficiencia energética para una vivienda social, situada en el área de Kuchu tambo, en el municipio de Sucre, Bolivia.

### **6.1 Objetivos específicos**

Este proyecto, además del objetivo general anteriormente mencionado, dispone de una serie de objetivos específicos más que se exponen a continuación:

- Describir los fundamentos de la energía, eficiencia energética y viviendas sociales.
- Identificar y analizar las condiciones climáticas locales
- Evaluar el estado actual de la eficiencia energética de la vivienda
- Diseñar un sistema fotovoltaico adecuado
- Realizar un análisis de costos y beneficios del sistema fotovoltaico
- Proponer estrategias de mejora en la eficiencia energética en la vivienda

## **7. JUSTIFICACION**

La propuesta de este trabajo, cobra importancia debido a la crisis ambiental que hoy en día tiene repercusión mundial. Los problemas ambientales son ocasionados por actividades, procesos o comportamientos humanos, económicos, sociales, culturales y políticos, entre otros; que han trastornado el entorno y ocasionan impactos negativos sobre el ambiente, la economía y la sociedad. Las principales causas de la crisis ambiental, son: destrucción de la capa de ozono, calentamiento de la tierra, lluvia ácida, destrucción de los bosques y selvas tropicales, desertificación, extinción de especies animales, disposición final de los desechos tóxicos, contaminación de los océanos, mares y ríos, contaminación atmosférica, comercio ilegal de animales y plantas silvestres, deforestación para el desarrollo de proyectos de infraestructura y transporte, pérdida de diversidad biológica debido a la deforestación, la fragmentación del hábitat y el sobre aprovechamiento de animales y plantas silvestres, contaminación de suelos, aguas, plantas, animales y seres humanos por el efecto de plaguicidas, y muchos otros.

Como parte de una respuesta a esta crisis ambiental, surge la arquitectura bioclimática, que se diseña considerando las condiciones ambientales del entorno para lograr

un nivel de bienestar en el interior, sin necesidad de recurrir a sistemas convencionales de climatización como son; el aire acondicionado, calefones, etc. Se aprovecha al máximo las fuentes naturales de calor, luz y ventilación y minimiza sus pérdidas por medio de elementos tales como la ubicación, orientación, aislamiento de muros, y otros. En nuestro estudio son viviendas sociales que no consideran en su totalidad el aspecto bioclimático, donde a los habitantes les permita conseguir un ahorro importante en el uso de energía convencional a lo largo de toda su vida útil por lo que su contribución a la crisis ambiental es importante. Por otro lado, Sucre capital constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia está inmersa en una importante dinámica de crecimiento de su mancha urbana y consecuentemente del incremento de la construcción de viviendas como lo están realizando actualmente la zona de kuchutambo. Es así que del año 1992 al 2012, la cantidad de viviendas en Sucre se ha duplicado (INE. 2012. Bolivia. Características de Población y Vivienda. Censo Nacional de Población y Vivienda), sin embargo, el déficit de vivienda en el país es actualmente tan elevado, que el Ministerio de Vivienda, pretende construir casi 600.000 viviendas sociales hasta el año 2025.

Se espera que el presente estudio contribuya a la implementación de una o varias energías renovables, como la solar fotovoltaica, así como a la promoción del ahorro energético y a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la región de Kuchutambo, situada a unos 15 km de la ciudad, y de esta manera aliviar el problema ambiental.

## **8. ESTADO DEL CONOCIMIENTO**

En Bolivia, al igual que en el resto del mundo, el diseño de construcciones basadas en la arquitectura solar pasiva proviene de la antigüedad y ha permanecido ligado a la arquitectura tradicional de muchas culturas. Sin embargo, es en los últimos siglos donde se han descuidado las buenas prácticas y hemos quebrantado la relación de la arquitectura y la naturaleza. Actualmente los temas relacionados al medioambiente, el cambio climático y sostenibilidad han ocupado importantes espacios de discusión e investigación, están en constante crecimiento y en todas las áreas del conocimiento. El auge de este tema, se debe principalmente a la preocupación generalizada por la crisis ambiental en la que estamos inmersos, fruto principalmente de un mal manejo de los recursos naturales renovables y no renovables, al aumento de la contaminación, al crecimiento del gasto energético y debido al

estilo de vida de una población cada vez más consumista. Desde hace algunos años, diversas instituciones gubernamentales y no gubernamentales, instituciones educativas formales y no formales, asociaciones civiles, centros de investigación y otras instancias, se dedican a estudiar la manera de palear esta problemática mundial desde diferentes áreas, sumando esfuerzos para definir estrategias que permitan mejorar la situación actual.

Algunas de las instancias que están comprometidas con la investigación y la protección del medioambiente en Bolivia y Sucre son:

- Ministerio de Medioambiente y Agua
- Ministerio de Hidrocarburos y Energías
- Viceministerio de electricidad y energías alternativas
- Gobiernos Autónomos
- Gobiernos Municipales
- Red de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente – REDESMA
- Fondo Nacional para el Medio Ambiente - FONAMA
- Liga de Defensa del Medio Ambiente - LIDEMA
- Asociación Sucrense de Ecología – ASE
- Universidades estatales y privadas

Desde el punto de vista específico de la arquitectura bioclimática, se ha avanzado positivamente en las principales ciudades del país: La Paz, Santa Cruz y Cochabamba, fundamentalmente a través de las universidades públicas y privadas y sus institutos de investigación, mediante líneas de acción referidas al hábitat, energía y medioambiente. En la ciudad de Sucre, lastimosamente la práctica e investigación de la arquitectura bioclimática es prácticamente nula, peor aún la no inclusión de las energías renovables en el consumo final de viviendas o edificios. Incluyendo sistemas como la solar, eólica, etc.

Desafortunadamente, en ninguna de estas universidades de sucre existen institutos de investigación de arquitectura bioclimática, así como tampoco se imparten asignaturas específicas del tema, y al respecto los planes de estudio solamente incluyen asignaturas de ecología y medioambiente. Hasta la fecha, en Sucre no se han realizado programas de posgrado referidos a arquitectura bioclimática, se hace mención en la Maestría denominada

Energías Renovables y eficiencia Energética, aunque en algunos otros programas de postgrado en arquitectura, han existido algunas tesis referidas en cierta manera a la aplicación de arquitectura bioclimática. También se debe mencionar que en la ciudad existe una escasa bibliografía sobre el tema.

Afortunadamente, se ha podido constatar que existe un importante interés por parte de los profesionales, estudiantes de arquitectura y postgraduantes, quienes en un futuro no muy lejano deben tomar conciencia de la urgencia de la aplicación de estas técnicas, no solamente para el mejoramiento de la situación medioambiental, sino también por el afán de dotar a los usuarios (muchas veces niños, ancianos, enfermos, etc.), de condiciones medioambientales adecuadas, que les permitan realizar sus actividades cotidianas adecuadamente.

## **9. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Se examinará una vivienda social compacta unifamiliar construida en la zona de Kuchu tambo, que permita la integración de un sistema solar para la demanda energética de la vivienda.

## **10. VARIABLES, MATERIALES Y METODOS**

En relación con los objetivos propuestos, se ha determinado las constantes y variables referidas al estudio.

### **Constantes**

- La zona de kuchutambo de la ciudad de Sucre, lugar de intervención del estudio.
- El clima: Temperatura, humedad relativa, vientos, radiación solar, precipitaciones.
- Características socioeconómicas y culturales de la población de Sucre.
- Manual de construcción de viviendas sociales.

### **Variables Independientes**

- La forma, la piel, la ubicación, la orientación, la distribución interior, el color y los materiales de la vivienda.
- Los sistemas de acondicionamiento térmico para la vivienda.

### **Variables Dependientes**

- El comportamiento térmico de la vivienda.

## 11. DISEÑO METODOLOGICO

La metodología de investigación tiene las siguientes características:

Tipo de Investigación Aplicada. Desarrolla conocimientos generados previamente para aplicarlos de manera particular, considerando que sea de utilidad para su uso posterior sobre el diseño de viviendas sociales en la ciudad de Sucre.

El enfoque de la investigación es mixto: cualitativo y cuantitativo.

Métodos de Investigación Se emplearán los siguientes métodos:

- **Método teórico.** Se utilizará el método de sistematización, realizando un análisis documental y bibliográfico con un enfoque sistémico.
- **Método empírico.** A través de la observación científica se conocerá el problema y el objeto de investigación, estudiando su curso natural, sin alterar las condiciones originales, es decir que la observación tiene un aspecto contemplativo, a través del registro de datos.

Técnicas de Investigación e Instrumentos

Se emplearán los siguientes:

- Sistematización bibliográfica. Se realizará la revisión bibliográfica que permita tener una vasta información acerca de construcción de viviendas sociales y diseño de sistemas fotovoltaicos.
- Acopio de datos. A través de esta técnica se definirán datos socioculturales, climatológicos y arquitectónicos de la ciudad de Sucre.
- Observación de viviendas o edificios, sistemas constructivos, formas, funciones, materiales, y otros.
- Aplicación del programa PVsyst para el dimensionamiento del sistema solar propuesto.
- Conversatorio Informal. Realizada con profesionales arquitectos o constructores civiles, para conocer acerca de sus prácticas arquitectónicas bioclimáticas en viviendas sociales en sus proyectos y/o diseños.

# CAPITULO 1

## MARCO TEORICO Y CONTEXTUAL

### 1. FUNDAMENTOS SOBRE LA ENERGIA, EFICIENCIA ENERGETICA, ARQUITECTURA BIOCLIMATICA Y VIVIENDAS SOCIALES

#### 1.1. ENERGIA

La energía es una magnitud física que asociamos con la capacidad que tienen los cuerpos para producir trabajo mecánico, emitir luz, generar calor, frío, etc. En todas estas manifestaciones hay un sustrato común, al que llamamos energía, que es propio de cada cuerpo (o sistema material) según su estado físico-químico, y cuyo contenido varía cuando este estado se modifica.

La energía es, por lo tanto, una magnitud física que puede manifestarse de distintas formas: potencial, cinética, química, eléctrica, magnética, nuclear, radiante, etc., existiendo la posibilidad de que se transformen entre sí pero respetando siempre el principio de la conservación de la energía.

En tecnología y economía, una fuente de energía es un recurso natural, así como la tecnología asociada para explotarla y hacer un uso industrial y económico del mismo. La energía en sí misma nunca es un bien para el consumo final sino un bien intermedio para satisfacer otras necesidades en la producción de bienes y servicios. Al ser un bien escaso, la energía es fuente de conflictos para el control de los recursos energéticos.

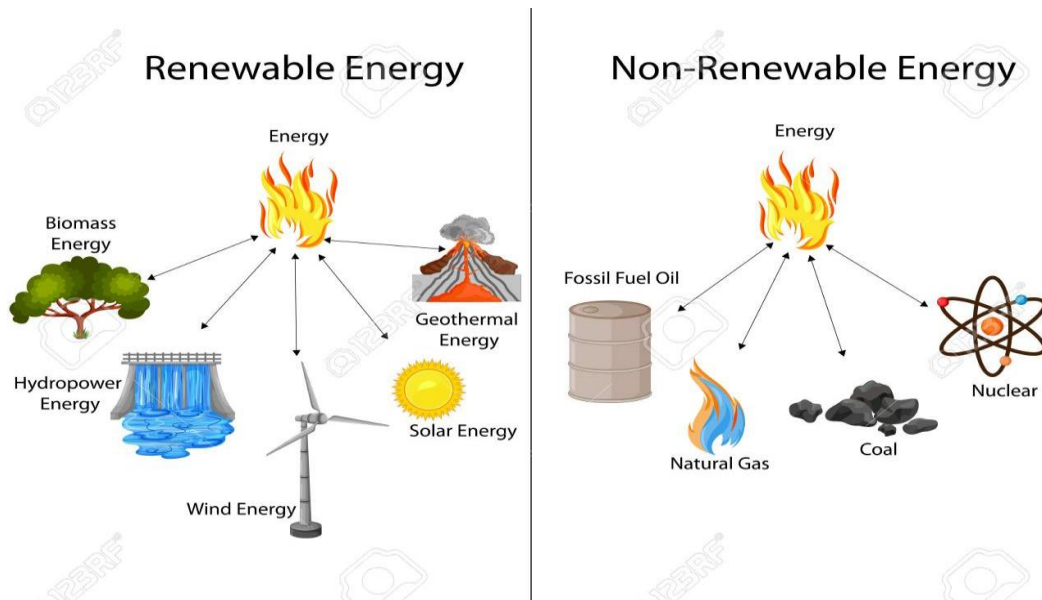
La energía primordial que mantiene la vida en nuestro planeta proviene de la radiación solar, la que se transfiere al ecosistema transformándose en las muy variadas formas de energía que conocemos.

Para clasificar las distintas fuentes de energía se pueden utilizar varios criterios:

#### a) Según sean o no renovables

Llamaremos fuentes de energía renovables a aquellas cuyo potencial es inagotable por provenir de la energía que llega a nuestro planeta de forma continua como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de otros planetas de nuestro sistema solar. Son la energía solar, eólica, hidráulica, mareomotriz y la biomasa.

Figura 1.- fuentes de energías renovables y no renovables



Fuente. - [https://es.123rf.com/photo\\_98899382\\_diagrama-educativo-de-fuentes-de-energ%C3%ADa-renovables-y-no-renovables-diagrama.html](https://es.123rf.com/photo_98899382_diagrama-educativo-de-fuentes-de-energ%C3%ADa-renovables-y-no-renovables-diagrama.html)

Las fuentes de energía no renovables son aquellas que existen en una cantidad limitada en la naturaleza. No se renuevan a corto plazo y por eso se agotan cuando se utilizan. La demanda mundial de energía en la actualidad se satisface fundamentalmente con este tipo de fuentes. Los más comunes son carbón, petróleo, gas natural, uranio e hidrógeno (éstas utilizadas en fisión y fusión nuclear respectivamente).

### b) Según sea su utilización

Según sea su utilización las fuentes de energía las podemos clasificar en primarias y secundarias. Las primarias son las que se obtienen directamente de la naturaleza, como ejemplo tenemos el carbón, petróleo, gas natural. Es una energía acumulada.

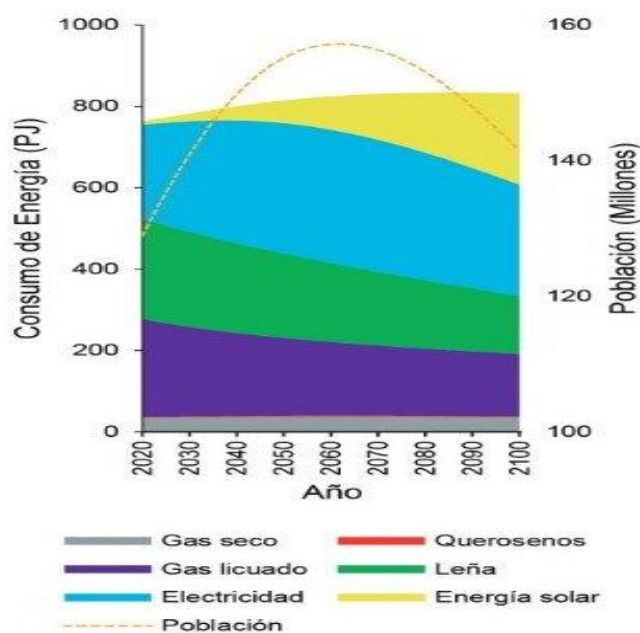
Las secundarias, llamadas también útiles o finales, se obtienen a partir de las primarias mediante un proceso de transformación por medios técnicos. Es el caso de la electricidad o de los combustibles.

Un aspecto importante es la gran diferencia entre la energía consumida en los países desarrollados y en los que están menos desarrollados. Aproximadamente el 25% de la población del planeta consume el 75% de la energía comercial usada en todo el mundo. Esto

se traduce en que, cada uno de los habitantes de los países desarrollados usa unas diez veces más energías que una persona de un país menos desarrollado. Existe un importante sector de la población mundial que todavía obtiene la energía principalmente de la madera, el carbón vegetal o el estiércol, como es el caso de los habitantes de áreas rurales de Bolivia.

Dos vías de solución parecen especialmente prometedoras para hacer frente a la importante problemática ambiental. Por una parte, aprovechar más eficientemente la energía. Por otra acudir a fuentes de energía renovables: solar, eólica, hidráulica, etc. La siguiente imagen muestra el posible cambio del sistema energético actual, hacia fuentes de energía renovable, hacia el año 2100.

Figura 1.2.- Proyección de consumo energético



Fuente. - Proyección electrificada del consumo energético y la meta global de temperatura de 1.5 °C (Hernández cárdenas cristhian)

## 1.2. ENERGÍA SOLAR

El sol es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000°C. La energía solar es energía radiante producida en el Sol como resultado de reacciones nucleares de fusión. Llega a la Tierra a través del espacio en cuantos de energía llamados fotones, que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre.

En la Tierra la energía solar es el origen del ciclo del agua y del viento. El reino vegetal, del que depende el reino animal, también utiliza la energía solar transformándola en energía química a través de la fotosíntesis. Con excepción de la energía nuclear, de la energía geotérmica y de la energía mareomotriz (proveniente del movimiento del agua creado por las mareas), la energía solar es la fuente de todas las energías sobre la Tierra.

La intensidad de la radiación solar para llegar a la Tierra se reduce por varios factores, entre ellos la absorción de la radiación en intervalos de longitud de onda específicos, por los gases de la atmósfera, dióxido de carbono, ozono, etc., por el vapor de agua, por la difusión atmosférica por las partículas de polvo, moléculas y gotitas de agua, por reflexión de las nubes y otros.

Gracias a diversos procesos, la energía solar se puede transformar en otra forma de energía útil para la actividad humana: en calor, en frío, en energía eléctrica o en biomasa. Por lo tanto, el término “energía solar” se utiliza con frecuencia, para describir la electricidad o el calor obtenidos a partir de ella.

### Transformación de la energía



Fuente; doctorado energía solar fotovoltaica y eólica phd. Belizza Ruiz

Las diversas técnicas para capturar directamente una parte de esta energía solar están disponibles en gran parte del mundo y están siendo mejoradas permanentemente con el objeto de sustituir la matriz energética actual basada en el petróleo.

Se pueden distinguir 3 tipos de energías:

- **Energía solar fotovoltaica**

Se refiere a la electricidad producida por la transformación de una parte de la radiación solar con una célula fotoeléctrica, que es un componente electrónico que,

expuesto a la luz (fotones) genera una tensión. Varias celdas están conectadas entre sí en un módulo solar fotovoltaico. Y después, varios módulos se agrupan para formar un sistema solar para uso individual o una planta de energía solar fotovoltaica, que suministra una red de distribución eléctrica.

- **Energía solar térmica**

Consiste en utilizar el calor de la radiación solar en diferentes formas: agua caliente sanitaria, calefacción, refrigeración solar, cocinas, secadores solares, etc. La energía solar termodinámica es una técnica que utiliza energía solar térmica para generar electricidad.

- **Energía solar pasiva**

El uso más antiguo de la energía solar consiste en beneficiarse del aporte directo de la radiación solar y es la llamada energía solar pasiva. Para que un edificio se beneficie con muy buena radiación solar, se debe tener en cuenta la energía solar en el diseño arquitectónico: fachadas dobles, orientación hacia el norte y superficies vidriadas, entre otros. El aislamiento térmico desempeña un papel importante para optimizar la proporción del aporte solar pasivo en calefacción y en la iluminación de un edificio. Una casa o un edificio que posean energía solar pasiva estarán contribuyendo a un importante ahorro energético.

### **1.3. EFICIENCIA ENERGETICA**

La eficiencia energética en el ámbito de la edificación se convierte en el conjunto de acciones que permiten la optimización máxima de la relación entre la cantidad de energía consumida, y los productos y servicios obtenidos.

Un edificio energéticamente eficiente es el que reduce al mínimo el consumo de las energías convencionales, con el fin de ejercer un uso racional de las energías y el ahorro. Considerando que la eficiencia energética viene del resultado del cociente entre la energía útil o utilizada por el sistema y la energía total utilizada, es necesario establecer qué es la energía total utilizada o rendimiento energético (Bonilla, 2009). Todo ello tiene por objetivo la reducción del consumo energético, que se puede llevar a cabo por medio de las siguientes acciones (Manteca, 2012; Sala, 2013; Fundación Gas Natural, 2013):

- Reducción de la demanda energética.

- Aumento del rendimiento de los sistemas por medio de nuevas tecnologías.
- Actuación inmediata sobre la demanda y los sistemas.
- Empleo de energías renovables en conjunto con una mejora de la envolvente del edificio.
- Potenciación del uso de materiales reutilizados, reciclados y renovables (Libro Verde, 2012).
- Concienciación de los usuarios en materia de consumo energético.
- Buscar diseños eficientes en las edificaciones (ENFORCE, 2010).

Suele ser más eficiente la reducción de la demanda energética que el aumento del rendimiento de los sistemas, aunque la realización simultánea de ambos puntos sería la manera más óptima de alcanzar la mayor eficiencia energética (Manteca, 2012).

En el caso de la reducción de la demanda energética, supone reducir al máximo la dependencia de los aparatos que consumen energía (Fundación Gas Natural, 2013).

Para aumentar el rendimiento de los sistemas, es necesario optimizar el uso y la gestión de los equipos que se utilizan con más asiduidad, asegurándose de que estén correctamente regulados, garantizando el mínimo consumo y procurando que sean eficientes (Fundación Gas Natural, 2013).

Pero para aumentar la eficiencia de las maneras antes comentadas, es necesario analizar dónde se producen las demandas energéticas en edificación. Básicamente se pueden establecer tres tipos (Manteca, 2012):

- Demanda térmica, para los requerimientos de ACS, calefacción y refrigeración.
- Demanda lumínica, para los requerimientos de confort luminoso.
- Demanda eléctrica, para las demandas de los distintos aparatos.

Las demandas energéticas pueden ser satisfechas por medio de energía térmica o eléctrica, pudiendo ser la fuente de energía renovable, fósil o nuclear (Manteca, 2012).

En el caso de la edificación, lo más eficiente y consecuente con el medioambiente, sería una combinación de fuentes renovables con la mejora de la envolvente térmica. Estos cambios supondrían una mejora sustancial de la eficiencia, un menor consumo y una

reducción de emisiones, sobre todo en los edificios existentes cuyo consumo se ha hecho sin tener en cuenta el factor de la sostenibilidad (Sala, 2013).

La viabilidad y rentabilidad de la utilización de energías renovables depende de diversos factores y de un análisis de cada caso. Es necesario tener en cuenta tanto el clima, como las horas de exposición solar, el viento, la ubicación, el uso y mantenimiento que va a hacerse en él, etc., motivo por el cual es necesario realizar un estudio de cada caso en particular para analizar la viabilidad de la utilización de tales energías en función de la inversión económica en la instalación, los ahorros energéticos que se producen, la reducción de gases emitidos y la amortización (Sala, 2013).

#### **1.4. ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

La arquitectura bioclimática pretende garantizar las condiciones de confort necesarias para los usuarios y la sostenibilidad del medioambiente haciendo un uso eficiente de los recursos y la energía disponibles (Zubiri, 2010). Se basa en el uso racional de los conocimientos adquiridos, de la arquitectura popular y de la ciencia, así como de todos los avances que se están desarrollando en el sector a nivel de confort, gestión de residuos y reciclaje, aprovechando las condiciones naturales y el entorno (Matute, 2014).

Los principios de la arquitectura bioclimática tienen por objetivos; (Zubiri, 2010; Matute 2014; ENFORCE, 2010):

- Mejorar el confort de los usuarios y su calidad de vida.
- Reducir la demanda de energía que se emplea de forma convencional en pro de la utilización de energías renovables. Colaborando así con la reducción de las emisiones de gases contaminantes y los problemas del medioambiente que derivan, contribuyendo a resolver la problemática ambiental en la que nos encontramos actualmente.
- Integrar la arquitectura en el contexto bioclimático.
- Realizar un uso eficiente de la energía y los recursos garantizando la sostenibilidad para el medioambiente.
- Al integrarse el edificio con el entorno se favorece la sostenibilidad ambiental.

- Se reduce el gasto de agua e iluminación, así como conseguir las condiciones de temperatura, humedad e iluminación más ópticas.

Los primeros usos del Sol en la arquitectura tuvieron un origen simbólico y religioso; sin embargo, ya desde la antigüedad, en correspondencia con el escaso dominio de la ciencia y la tecnología, el hombre se vio precisado a adecuar las soluciones arquitectónicas a las condiciones del medio para procurar espacios apropiados para la vida sólo a partir de los recursos naturales disponibles, tal y como sucede aún hoy en algunas regiones del planeta.

Una edificación en cuestión debe ser diseñado de forma que sea capaz, en su interior, y gracias a sus características (morfológicas, dimensionales, termofísicas, etc.), de modificar las condiciones medioambientales.

Obviamente, las condiciones exteriores varían de un lugar a otro y en el tiempo. En consecuencia, un “edificio bioclimático ideal” debe poder reaccionar a esas condiciones absorbiendo la máxima cantidad de energía solar durante el día en invierno, a la vez que dejando escapar la menor cantidad de calor posible. Por otro lado, en verano, el mismo edificio debe rechazar la radiación solar y a su vez dispersar la máxima cantidad posible de calor. He ahí el desafío de la arquitectura bioclimática.

Figura 1.3. Aplicaciones de diseño bioclimático, casa bioclimática



Fuente. - <https://www.arkiplus.com/la-arquitectura-bioclimatica-funciona-realmente/>

Las características del contenedor afectarán a la distribución interior; por ejemplo, en climas fríos, debemos concentrar las superficies acristaladas en los muros situados al norte,

limitando las aberturas en las otras orientaciones. Por ello, debemos ubicar las estancias de estar en la zona norte del edificio y situar la zona de servicios y escaleras en la zona sur. En verano se debe mantener la radiación solar alejada del interior del edificio mediante la apertura de las superficies acristaladas y/o utilizando los mecanismos de protección adecuados (fijos o móviles que puedan proporcionar sombra durante las horas más calurosas del día. La forma y la ubicación de las aberturas deben asegurar una ventilación y enfriamiento nocturno adecuados durante la noche. Allí donde sea posible, se debe cubrir en parte con el terreno la cara sur para mejorar las condiciones invernales y de verano gracias a la temperatura constante del mismo, a la vez que protege de los vientos fríos del invierno.

En Bolivia, la arquitectura bioclimática ha sido aplicada desde tiempos remotos en las culturas originarias, sin embargo, como en el resto del mundo, con la industrialización se ha dejado de lado la relación arquitectura medio ambiente, dando lugar a una arquitectura descontextualizada.

Si bien en los últimos años en Bolivia, se observa una actividad creciente referida a la arquitectura bioclimática, comparada con otros países, está aún es reducida debido a varios aspectos, entre ellos a una falta de sensibilización con la problemática medioambiental por parte de la población en general, falta de políticas gubernamentales y municipales y una deficiente presencia de la temática medioambiental en el currículo académico en las universidades, que deriva en una falta de conocimiento del tema por parte de los arquitectos proyectistas.(Garate, 2014).

Las ciudades del eje troncal de país, La Paz, Santa Cruz y Cochabamba, son las que concentran la mayor cantidad de proyectos de arquitectura bioclimática solar pasiva, mientras que en Sucre no existen proyectos específicos a los que podamos hacer referencia, existiendo únicamente tesis de licenciatura, tesis de maestrías, artículos, presentaciones a concursos de diseño y otras manifestaciones académicas.

## **1.5. SITUACIÓN ACTUAL DE LA VIVIENDA EN BOLIVIA Y SUCRE**

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística de Bolivia, las viviendas se clasifican en:

- Vivienda Particular. Es aquella destinada como alojamiento permanente o temporal de una persona o grupo de personas, con o sin vínculo familiar, que viven bajo un régimen familiar y comparten habitualmente sus comidas.
- Vivienda Colectiva. Es aquella destinada como alojamiento permanente o temporal de un grupo de personas sin vínculos familiares, que hace vida en común por razones de disciplina, enseñanza, religión, salud, trabajo u otro motivo.

Tabla N° 1. Número de Viviendas, por tipo de vivienda, según censo 2012

CENSO	TOTAL	VIVIENDA PARTICULAR	VIVIENDA COLECTIVA
1992	1.701.142	1.692.567	8.575
2001	2.270.731	2.258.162	12.569
2012	3.158.691	3.134.613	24.078

Fuente: INE 2012

Pese al crecimiento en el número de viviendas que se observa en la tabla, hasta el año 2013 el déficit habitacional en Bolivia llegó a 587.594 viviendas. Para reducir a cero esta carencia en el acceso a la vivienda propia, el Gobierno Central se fijó como objetivo, con el apoyo del sector privado, a construir esta cantidad de unidades habitacionales en todo el país.

Los factores que inciden en este problema son la inseguridad jurídica sobre el suelo urbano y la deficiente implementación de los instrumentos normativos de ordenamiento y planificación territorial de los asentamientos urbanos y rurales.

Pese a esto, los datos del Ministerio de Vivienda dan cuenta que entre el 2001 y 2005 se construyeron 7.998 viviendas, mientras que en el periodo 2006-2013 se edificaron 61.956 unidades habitacionales mediante el Programa de Vivienda Social (PVS), lo que representa un crecimiento de 675%. Solo en el año 2013 se construyeron 15.783 viviendas.

Por tanto, el número de viviendas que se van a construir en los siguientes años, es altamente significativo, por lo que es menester proyectarlas y construirlas con una visión más responsable con el planeta.

## 1.6. VIVIENDAS SOCIALES EN BOLIVIA

El acceso a una vivienda digna y asequible es un derecho fundamental consagrado en la Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. Sin embargo, el déficit habitacional en el país sigue siendo un problema significativo, especialmente para las familias de bajos ingresos. En este contexto, la construcción de viviendas sociales se convierte en una herramienta fundamental para garantizar este derecho y contribuir al bienestar de la población.

La vivienda social se define como aquella que está destinada a familias de bajos ingresos y que cumple con los requisitos mínimos de habitabilidad, seguridad y salubridad. Su objetivo principal es proporcionar a estas familias un espacio digno para vivir y desarrollarse, contribuyendo así a mejorar su calidad de vida.

### 1.6.1. Importancia de la Vivienda Social en Bolivia

La construcción de viviendas sociales en Bolivia reviste gran importancia por diversos motivos:

- **Reducción del déficit habitacional:** Permite disminuir el número de familias que viven en condiciones precarias o de hacinamiento, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de la población.
- **Estímulo a la economía:** Genera empleo y dinamiza la economía local, especialmente en el sector de la construcción.
- **Mejora de la salud pública:** Al proporcionar viviendas con servicios básicos y condiciones adecuadas de habitabilidad, se contribuye a prevenir enfermedades y mejorar la salud de la población.
- **Cohesión social:** Fomenta la integración social y la creación de comunidades más fuertes al proporcionar a las familias un espacio propio y seguro donde vivir.

### 1.6.2. Enfoques de la Vivienda Social en Bolivia

En Bolivia, la construcción de viviendas sociales se ha abordado desde diferentes enfoques:

- **Enfoque tradicional:** Basado en la construcción de viviendas unifamiliares en urbanizaciones con servicios básicos.

- **Enfoque de vivienda con enfoque de género:** Incorpora la perspectiva de género en el diseño y construcción de las viviendas, considerando las necesidades específicas de las mujeres y las niñas.
- **Enfoque de hábitat:** Enfatiza la creación de comunidades sostenibles con acceso a servicios básicos, espacios públicos y equipamiento social.
- **Enfoque de autoconstrucción:** Promueve la participación activa de las familias en la construcción de sus propias viviendas, fortaleciendo su empoderamiento y sentido de comunidad.

### 1.6.3. Actores Involucrados en la Construcción de Viviendas Sociales en Bolivia

En la construcción de viviendas sociales en Bolivia participan diversos actores:

- **Estado:** A través del Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda (MOPSV) y la Agencia Estatal de Vivienda (AEVivienda), define las políticas públicas y ejecuta programas de vivienda social.
- **Organizaciones no gubernamentales (ONGs):** Complementan la acción del Estado en la construcción y gestión de proyectos de vivienda social, trabajando con comunidades locales y poblaciones vulnerables.
- **Sector privado:** Participa en la construcción de viviendas sociales a través de proyectos inmobiliarios y alianzas con el Estado.
- **Beneficiarios:** Las familias de bajos ingresos son las protagonistas de los proyectos de vivienda social, participando activamente en su diseño, construcción y gestión.

Una herramienta esencial para asegurar el acceso a una vivienda digna y accesible para las familias de bajos ingresos en Bolivia es la creación de viviendas sociales. Para abordar esta cuestión, se han creado múltiples perspectivas, y es fundamental que varios actores participen activamente para superar los obstáculos actuales y lograr el éxito de los programas de vivienda social. La vivienda social debe contribuir al desarrollo de las comunidades y al bienestar integral de las familias, además de brindar un espacio físico para vivir.

## CAPITULO 2

### DIAGNOSTICO

#### 2 LA CIUDAD DE SUCRE

Sucre, capital del departamento de Chuquisaca, es una ciudad colonial de gran valor histórico y cultural, puesto que fue la sede del Primer Grito Libertario de América, el 25 de mayo de 1809.

La ciudad de Sucre es también, la capital constitucional e histórica de Bolivia. Se la conoce también como la “Ciudad Blanca” como justo título, puesto que sus construcciones coloniales en su gran mayoría poseen una blancura resplandeciente. Sucre ha sido declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO.

La ciudad de Sucre, es capital del departamento de Chuquisaca, el cual se encuentra en el Sur de Bolivia, su superficie alcanza los 51.524 Km<sup>2</sup>. Limita al norte con los departamentos de Potosí, Cochabamba y Santa Cruz; al sur con el departamento de Tarija; al oeste con el departamento de Santa Cruz y la República de Paraguay y al oeste en el departamento de Potosí.

Chuquisaca cuenta con 10 provincias y 118 cantones. La ciudad de Sucre se encuentra en la unidad fisiográfica Subpuna o zona de los valles, al sur se encuentran los valles de Cinti, afamados por su producción de vinos y singanis. Sucre, capital de Bolivia, se sitúa en la Provincia Oropeza del Departamento de Chuquisaca, al pie de los cerros Sica Sica y Churuquilla, cordillera oriental de los Andes, donde las cadenas montañosas pierden altura y propician un clima templado y seco de cabecera de valle. Su localización coincide con la divisoria hidrográfica de los sistemas Amazonas y Cuenca del Plata, desembocando en 4 ríos importantes: los ríos Chico y Grande para el Amazonas, y los ríos Cachimayu y Pilcomayo para la Cuenca del Plata.

<sup>1</sup>La arquitectura de la ciudad de Sucre, como toda expresión espacial es el resultado de las condicionantes geográficas, socioeconómicas y culturales de la región, es decir que

---

<sup>1</sup> Extraído de “Tipologías Arquitectónicas del Centro Histórico de Sucre”. Plan de Rehabilitación de Áreas Históricas de Sucre. 1997

existe una clara interrelación entre la forma de la construcción, los recursos naturales propios del lugar, la topografía y las necesidades de sus pobladores. Esta arquitectura es también el resultado de los procesos de producción asimilados de diversas culturas a través de varios siglos.

- **Arquitectura Republicana**

En las primeras décadas del siglo XX, se inicia un proceso de renovación urbana. Este cambio se produce en lo referente a la imagen formal exterior, eliminándose balcones corridos abiertos, por balconillos sin techos sustentados por ménsulas de piedra y con barandas de hierro fundido. La estructura espacial de las edificaciones continua con el esquema colonial, aunque se introduce mayor decoración de estilo ecléctico y modernista, constando generalmente de 2 pisos divididos por molduras que remarcan los niveles y cornisas con elementos decorativos de yeso y cal.

El material predominante como elemento estructural es el ladrillo, que se utiliza en los cerramientos y sobrecimientos, en cubiertas la teja que se asienta sobre cañahueca y un mortero de barro que es soportado por par y nudillo de madera.

- **Arquitectura Contemporánea**

Desde mediados de siglo la arquitectura de la ciudad es cada vez más influenciada por el movimiento moderno racionalista, y por las últimas tendencias como el posmodernismo. Aparecen los primeros ejemplos de arquitectura de integración que busca armonizar con el contexto histórico urbano. Esta nueva tendencia genera diferentes tipologías con resultados no siempre satisfactorios. Debido a factores de orden cultural, normativo y sobre todo por el crecimiento poblacional, el perfil del centro histórico de la ciudad es alterado parcialmente con nuevos elementos arquitectónicos en inmuebles históricos y la demolición de otros para ser sustituidos por nuevas edificaciones de varios pisos. Se pueden ver algunos inmuebles contemporáneos que en su mayoría se integran al contexto inmediato, otros principalmente son estructuras contrastantes y poco armónicas, ya sea por sus materiales, su forma o su altura.

En las áreas fuera del casco histórico, se cuenta principalmente con edificaciones modernas, que buscan una identidad propia, diferente de la patrimonial, en ese sentido, se

construyen principalmente viviendas con el uso de elementos geométricos, de estilo racional, con una notable tendencia creciente hacia el minimalismo, en especial en las zonas más residenciales de la ciudad.

Figura 2.1 Viviendas de Construcción Reciente en el Área de Expansión



Fuente. - Elaboración propia

Datos Geográficos y Poblacionales de la ciudad de sucre:

- Altitud sobre el nivel del mar: 2750 msnm
- Latitud: 19° 3' 2''
- Longitud: 65° 47' 25''
- Extensión territorial: 33,96 Km<sup>2</sup>
- Población: 298.356 habitantes
- Tasa de crecimiento: 3,5% anual

## 2.1 CARTA SOLAR

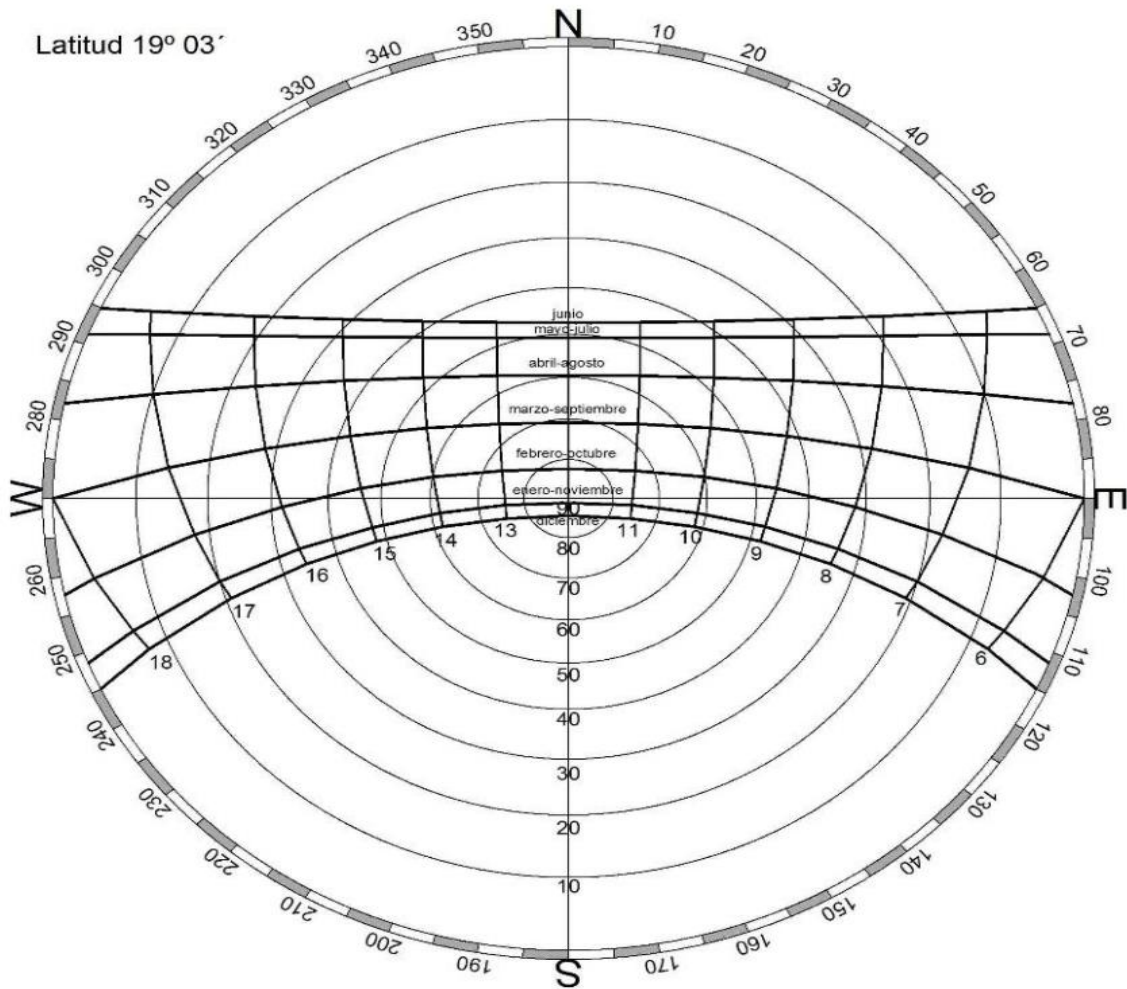
La carta solar estereográfica es un gráfico que representa la trayectoria del sol durante todo el año, vista desde un plano horizontal, para un determinado punto del planeta.

Las líneas con direccionalidad horizontal nos indican los meses del año, y las líneas con direccionalidad vertical las horas del día.

Para un día y hora determinados, la carta nos indica 2 datos:

- La altura solar A, medida en los círculos concéntricos
- El Acimut Z, medido en el borde de la carta

Figura 2.2. carta solar para sucre



Fuente. - Programa SOL- AR 6.2.

De la carta solar obtenida, tenemos que:

- Sucre se ubica en una latitud media, lo cual es muy favorable desde el punto de vista bioclimático
- Durante los equinoccios (21 de septiembre y 21 de marzo) la altura máxima alcanzada por el sol es de 71°, y el sol sale a las 6:00 y se pone a las 18:00.

- En el solsticio de invierno (21 de junio) la altura máxima alcanzada por el sol es de 47°, y el sol sale a las 6:34 y se pone a las 17:25, siendo este el día más corto del año.
- En el solsticio de verano (21 de diciembre) la altura máxima alcanzada por el sol es de 86°, y el sol sale a las 5:25 y se pone a las 18:34, siendo este el día más largo del año.
- La fachada norte recibe asoleamiento directo la mayor parte del año, a excepción del mes de diciembre, donde el asoleamiento lo recibe la fachada sur.

Estos datos nos dan las primeras pautas para la elaboración del proyecto de una vivienda bioclimática.

## 2.2 DATOS CLIMATOLOGICOS DE SUCRE

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de Bolivia – SENAMHI, es el principal órgano gubernamental del país en materia climatológica, y clasifica al clima de la ciudad de Sucre, como Templado Árido.

Además, el clima de Sucre posee características del clima continental, localizado en el interior de los continentes, lejos de la influencia ambiental del mar. Las precipitaciones son relativamente escasas (menos de 700 mm anuales) y la amplitud térmica muy acusada (más de 15 °C).

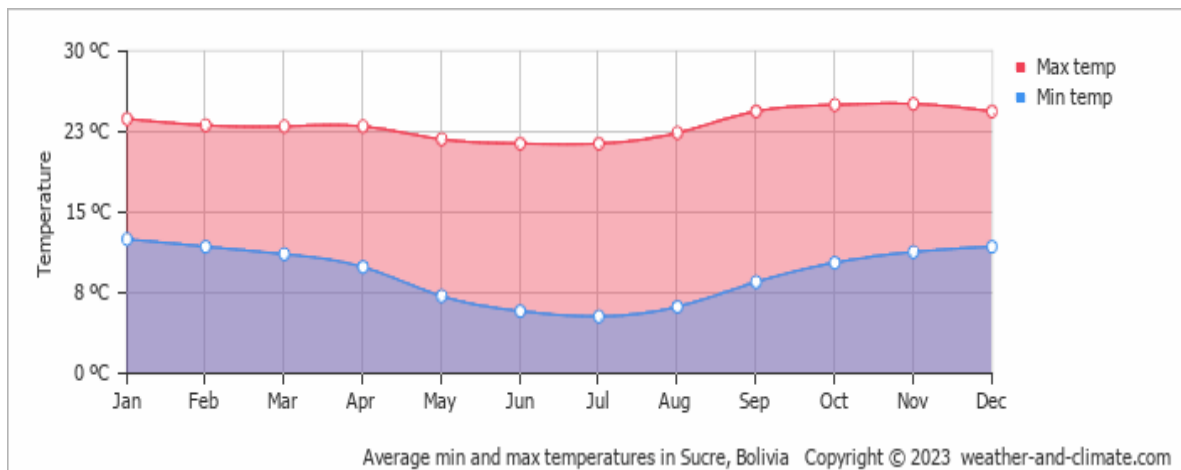
### 2.2.1 Temperatura del Aire

Los siguientes datos de la temperatura, corresponden a la estación meteorológica de la ciudad de Sucre, monitoreada por el SENAMHI y con colaboración de una página del clima.

Como se observa, la temperatura media anual es de 16,1 °C, siendo la mínima absoluta de 0,5°C, y la máxima absoluta de 29,5°C, que en los últimos años ha estado cambiando esto debido al cambio climático.

Tabla N° 2.1. Temperatura del Aire (°C)

TEMPERATURA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA MEDIA	21,2	20,9	20,2	20,4	21,0	20,9	20,5	21,9	23,6	24,6	23,0	23,1	<b>21,8</b>
MÍNIMA MEDIA	11,8	11,5	11,3	11,8	8,4	6,9	6,2	8,1	10,2	12,7	13,0	13,3	<b>10,4</b>
MEDIA	16,5	16,2	15,7	16,1	14,7	13,9	13,3	15,0	16,9	18,6	18,0	18,2	<b>16,1</b>
MAXIMA ABSOLUTA	24,4	26,4	23,2	24,5	24,6	25,5	25,4	25,8	27,8	29,5	29,0	27,5	<b>29,5</b>
MINIMA ABSOLUTA	9,8	10,0	8,0	6,4	5,4	3,0	0,5	4,5	5,5	8,0	8,5	10,0	<b>0,5</b>
MEDIA AMBIENTE	16,8	16,5	15,6	16,6	15,9	15,1	14,3	16,8	18,3	19,2	18,5	18,7	<b>16,9</b>
AMPLITUD TÉRMICA	9,4	9,4	8,9	8,7	12,6	14,0	14,3	13,8	13,5	11,9	10,0	9,8	<b>11,4</b>



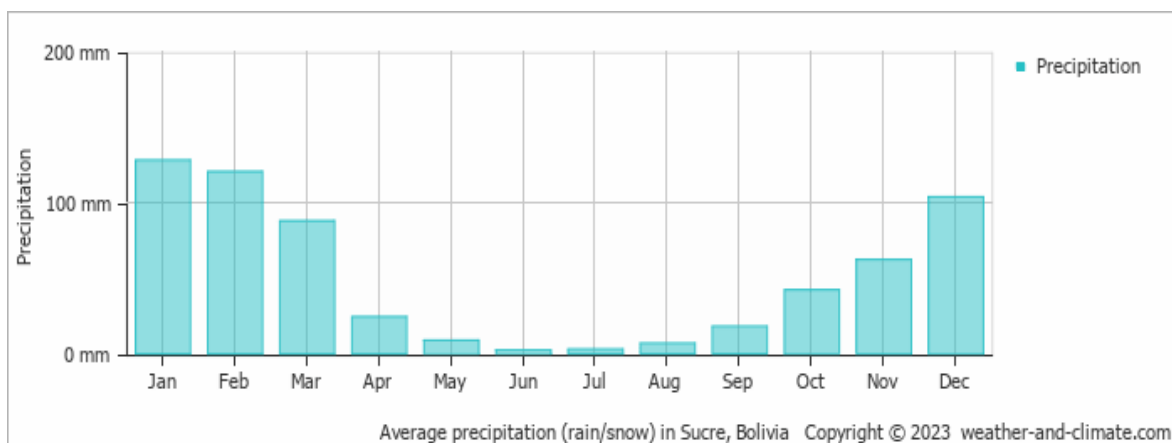
Fuente. - <https://weather-and-climate.com/sucre-December-averages>

### 2.2.2 Precipitación Pluvial

La siguiente tabla muestra los datos de precipitación pluvial media y total promedio en los últimos años. Se observa que el período de lluvias se acentúa en los meses de verano: diciembre, enero y febrero, y descienden en invierno.

Tabla N° 2.2. Precipitación Pluvial Media y Total Anual (mm)

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>MEDIA</b>	10,1	11,5	5,4	3,7	0,4	0,5	1	2,8	0	5,2	5,6	10,2	<b>56,4</b>
<b>TOTAL</b>	151,7	230,4	75,7	36,9	0,4	0,5	1	2,8	0	31,2	61,6	112,4	<b>704,6</b>



Fuente. - <https://weather-and-climate.com/sucre-December-averages>

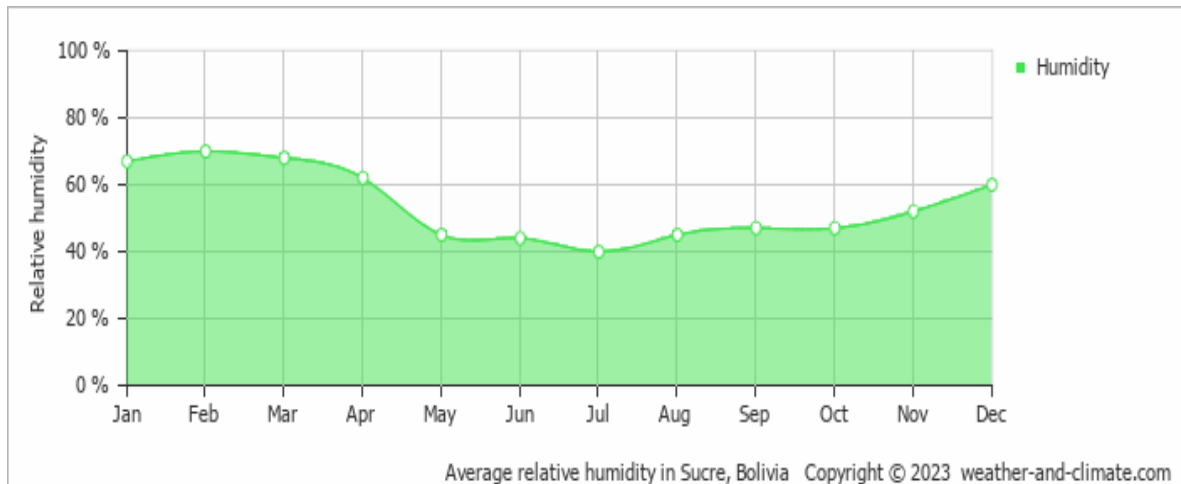
En la región, los índices de precipitación pluvial en la región suelen ser muy marcados, llegando en algunos años a existir sequía, y a causar inundaciones.

### 2.2.3 Humedad Relativa del Aire

Los datos de humedad relativa en el aire, nos muestran una máxima media de 82% correspondiente al mes de abril, y una mínima media de 22% registrada en el mes de agosto.

Tabla N° 2.3. Humedad del Aire (%)

HUMEDAD %	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>RELATIVA MINIMA ABSOLUTA</b>	31,0	25,0	41,0	31,0	0,0	18,0	0,0	0,0	12,0	0,0	19,0	0,0	0,0
<b>RELATIVA MAXIMA ABSOLUTA</b>	92,0	100,0	94,0	94,0	91,0	88,0	91,0	88,0	81,0	89,0	88,0	94,0	100,0
<b>RELATIVA MAXIMA MEDIA</b>	74,4	80,1	81,3	82,1	52,9	64,0	47,4	42,9	62,0	49,2	74,0	48,2	63,2
<b>RELATIVA MINIMA MEDIA</b>	50,1	58,4	57,4	59,0	33,3	32,5	26,7	22,3	33,4	30,0	47,4	33,3	40,3
<b>RELATIVA MEDIA</b>	61,0	68,7	67,9	68,6	41,9	45,3	35,8	30,4	45,6	38,1	59,5	40,4	50,3



Fuente. - <https://weather-and-climate.com/sucre-December-averages>

#### 2.2.4 Vientos

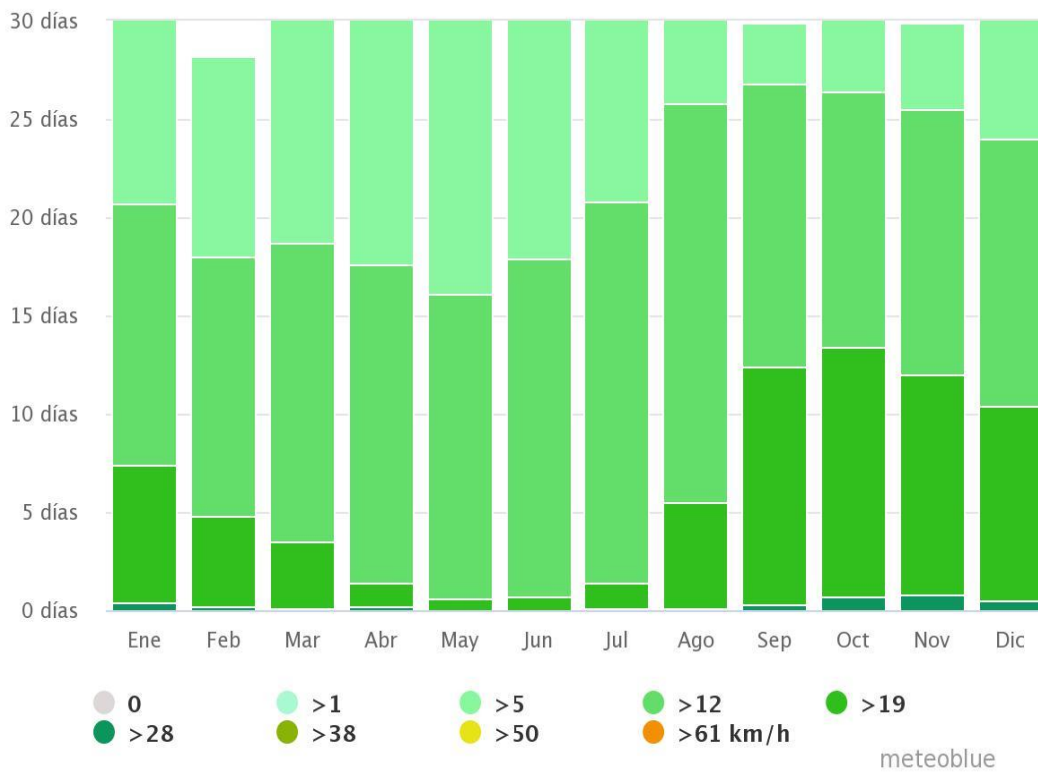
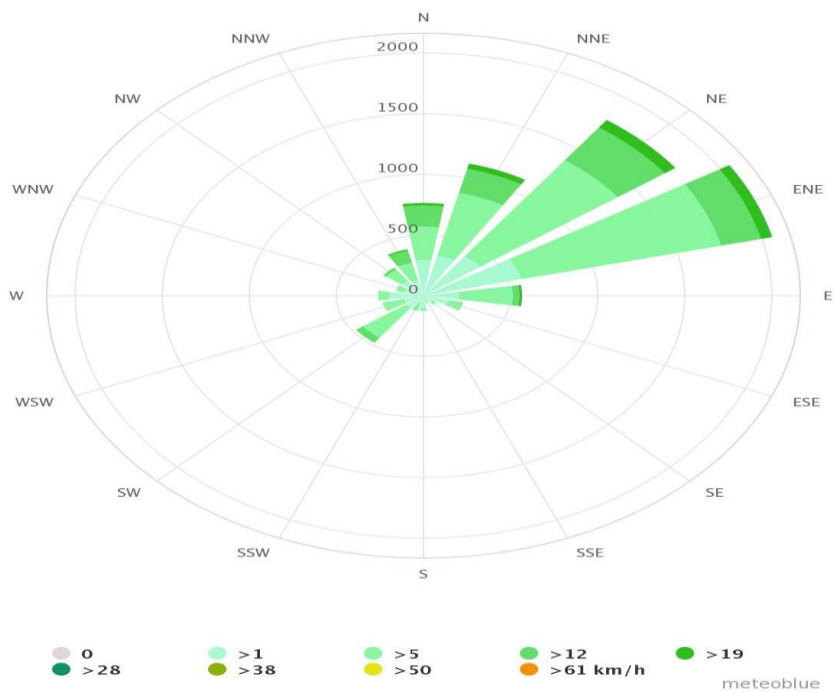
En Sucre, en promedio se registran vientos con una velocidad de 11,3 Km/h, de acuerdo a los datos de los últimos años.

De acuerdo a la clasificación de las velocidades del viento, el registrado en Sucre corresponde a los “vientos débiles”, por lo tanto, no suponen una fuerte amenaza o influencia en el diseño arquitectónico, pero si es importante considerarlo para captar las brisas en verano y de esta manera mejorar el clima interior.

Respecto a la frecuencia de los vientos, se observa en la página siguiente que a lo largo de todo el año se cuenta con una direccionalidad predominante del Nor-Noreste con un 60%, posteriormente está el viento del norte con un 20%, en tercer lugar el viento del noreste, con el 11%.

Por otro lado, se observa que en el invierno, la frecuencia del viento de acuerdo a la direccionalidad es más variada (tiene distintas direccionalidades), aunque predomina la NNE, mientras que durante el verano la frecuencia es más estricta, centrándose en las direcciones NNE, N y NE.

Figura 2.3 Rosa de vientos



Fuente. - [https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/sucre\\_bolivia\\_3903987](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/sucre_bolivia_3903987)

La Rosa de los Vientos para Sucre muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada. Ejemplo SO: El viento está soplando desde el Suroeste (SO) para el Noreste (NE)

### 2.2.5 Radiación Solar

La ciudad de Sucre se encuentra en una zona latitudinal media (19° 03` S), la cual recibe una alta cantidad de radiación solar, obteniéndose una cantidad diaria media anual de 5,8 Kwh/m<sup>2</sup> – día. Esto se debe también a que la ciudad se sitúa a una altura considerable sobre el nivel del mar (2750 msnm).

Tabla N° 2.4. Radiación Solar Diaria Media Mensual (Kwh/m<sup>2</sup> – mes)

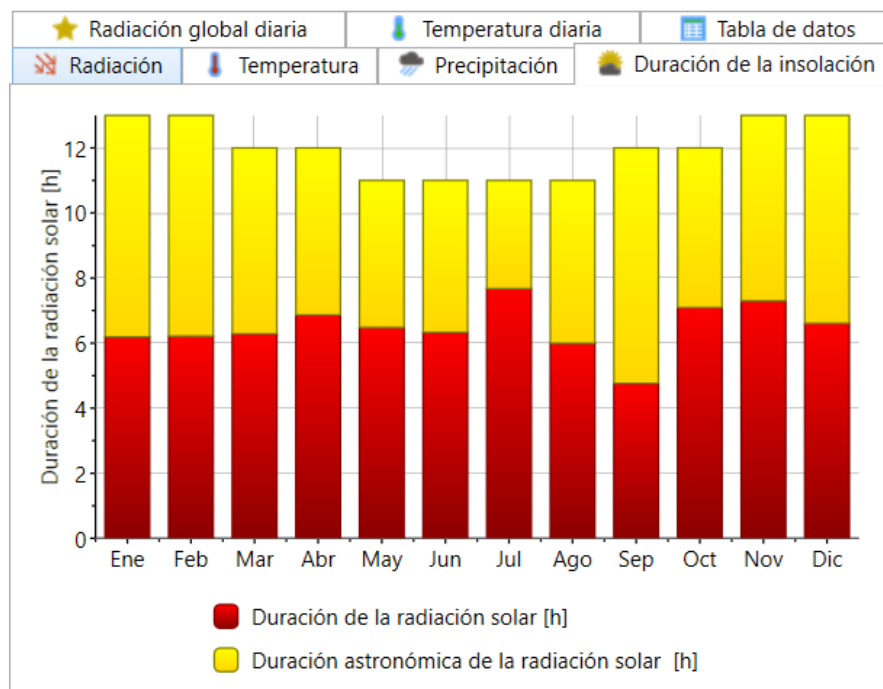


La información fue elaborada por AWS Truepower y proporcionada por la Cooperación Alemana al Desarrollo, a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GmbH) GIZ y su Programa de Energías Renovables (PEERR II), para el Ministerio de Hidrocarburos y Energías del Estado Plurinacional de Bolivia.

Como se observa, entre el invierno y el verano existen pequeñas diferencias en las tasas de radiación, siendo las más altas en verano (diciembre) y las más bajas en invierno (junio).

También es importante señalar la radiación solar, y la insolación en superficies verticales, siendo estas importantes herramientas para el diseño bioclimático.

Tabla N° 2.5. Radiación Solar mensual de insolación (hora)



	Gh kWh/m <sup>2</sup>	Gk kWh/m <sup>2</sup>	Dh kWh/m <sup>2</sup>	Bn kWh/m <sup>2</sup>	Ta °C	Td °C	FF m/s
Enero	256	0	76	256	13,6	6,7	3,7
Febrero	195	0	68	176	13,8	7,9	3,5
Marzo	214	0	59	229	13,3	6,7	3,4
Abril	188	0	47	230	11,7	2,1	3,4
Mayo	176	0	39	235	8,1	-1,8	3,2
Junio	159	0	30	238	6,1	-5,4	3,5
Julio	168	0	35	239	6,1	-5	4,4
Agosto	190	0	40	255	7,9	-2,9	4
Setiembre	208	0	45	244	10,2	0,2	4,1
Octubre	233	0	54	260	12,6	1,6	4
Noviembre	232	0	70	234	13,9	3,6	3,9
Diciembre	230	0	76	221	14,2	6,4	3,8
Año	2448	0	639	2818	11	1,7	3,7

**Datos de resultado**

Incertidumbre de valores anuales: Gh = 7%, Bn = 14%, Gk = 7%, Ta = 2.3 °C  
 Tendencia de gh / década: 2.0% Variabilidad de gh / año: 12.5%  
 Sitios de radiación interpolados: Datos de satélite (Parte de los datos de satélite: 100%)

Fuente. - programa meteonorm

## 2.3 KUCHU TAMBO

Kuchu Tambo es una región en el Departamento de Chuquisaca y tiene alrededor de 1.100 habitantes. Está situada cerca de la aldea Qhochapata y del pueblo La Barranca, cuenta con precariedad en el servicio de agua y luz y no cuentan con gas natural domiciliario.

Kuchu Tambo está situada cerca de la aldea Punilla Grande y del pueblo Juchuy Barranca.

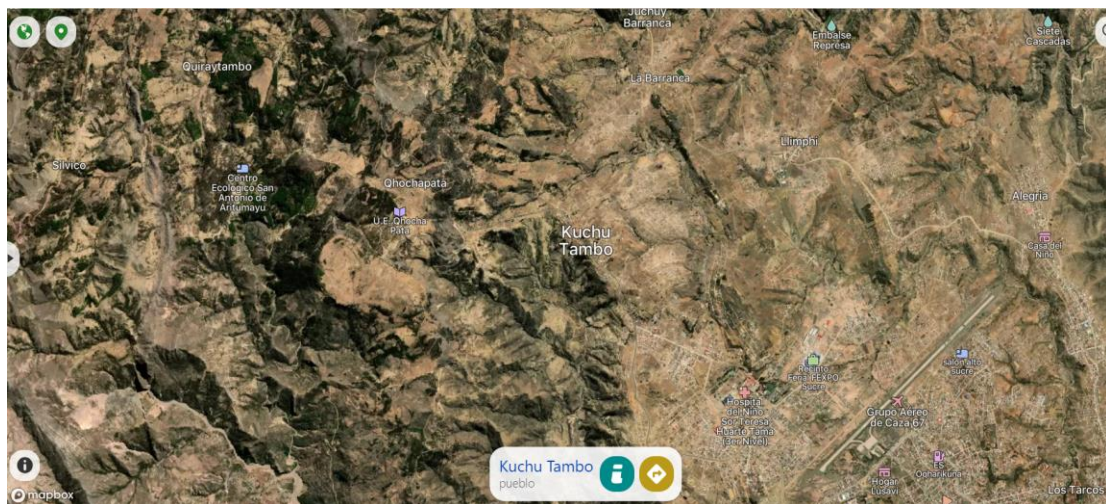
Latitud

-18,99255° o 18° 59' 33" sur

Longitud

-65,32542° o 65° 19' 32" oeste

FIGURA 2.4. Mapa del lugar de estudio



Fuente.- <https://mapcarta.com/es/W697262851/Mapa>

### 2.3.1 Información catastral de la ubicación de la propuesta de la vivienda social

En ese punto daremos las referencias del terreno donde se pretende realizar la propuesta, el terreno pertenece a la señora Benita ventura S. Aldana, la propiedad es pequeña y de actividad de siembra de maíz y antiguamente ganadera, el número de plano catastral es 01010110563036.

La superficie del diseño de la vivienda social realizado por la AE vivienda es de 78 m<sup>2</sup>, revisar en anexos información referente al título del terreno.

FIGURA 2.5. ubicación del lugar de estudio del proyecto



Fuente. - Google earth

## 2.4 ANALISIS DE LA ZONA DE CONFORT TÉRMICO DEL LA VIVIENDA

Para el análisis de la zona de confort de la vivienda, es necesario conocer la zona de confort térmico de la ciudad o localidad de intervención. Se asume para el presente trabajo, como zona de confort térmico para la ciudad de Sucre el rango de  $19,5\text{ }^{\circ}\text{C} - 24,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . según el análisis del gráfico psicrométrico de GIVONI analizado más adelante.

### 2.4.1 Confort térmico

El confort térmico se define en la norma ISO 773 como “esa condición de mente en la que se expresa la satisfacción con el ambiente térmico”. Esta es una definición con la que la mayoría de las personas puede estar de acuerdo, pero también es una definición que no se traslada fácilmente a parámetros físicos.

La complejidad de evaluar el confort térmico, es evidente.

El confort térmico es un aspecto donde intervienen complejos fenómenos energéticos de intercambio de energía entre el cuerpo humano y el ambiente. El ser humano como animal

de sangre caliente, mantiene una temperatura interior constante frente a las variaciones exteriores y usa para ello los mecanismos de regulación conocidos como "homeostasis".

Este fenómeno permite que el cuerpo regule la producción de calor y su pérdida para mantener el equilibrio térmico. Estos órganos actúan modificando el flujo sanguíneo, el metabolismo, la cantidad de transpiración y el ritmo respiratorio, de acuerdo con estos sistemas de eliminación de energía del cuerpo humano, los parámetros térmicos de un ambiente serán los que influyan sobre los mismos, estos parámetros son:

- Temperatura del aire, que envuelve el cuerpo, que regula la cesión de calor por conducción, convección y por respiración.
- Temperatura de radiación media, ponderada de las superficies que envuelven el cuerpo, que influyen sobre los intercambios radiantes.
- Humedad relativa del aire, que modifica las pérdidas por evaporación de transpiración y la humedad cedida con la respiración.
- Velocidad del aire, respecto al cuerpo, influye en la disipación por convección y la velocidad de evaporación de la transpiración.

Otros factores que se toman en cuenta son:

- Grado de actividad, que influye directamente sobre el metabolismo.
- Tipo de vestimenta, es la barrera térmica que influye por su resistencia térmica y comportamiento al paso de humedad.
- La edad, sexo y la educación, todos estos dependientes también del grado de habituación a determinadas circunstancias climáticas.

En consecuencia, el confort térmico se produce cuando se dan al mismo tiempo las dos condiciones siguientes:

- La cantidad de calor producida por el metabolismo es igual a la cantidad de calor cedida al ambiente. En reposo absoluto y estado de comodidad, la producción mínima de calor en el cuerpo humano es de 70 kcal/h (1 kcal/h por Kg de peso), 80 Kcal/h sentado en un trabajo normal de oficina, 200 Kcal/h caminando despacio, 500 Kcal/h corriendo, con trabajo duro hasta 600 Kcal/h.
- En ninguna parte del cuerpo se percibe sensación de frío o calor.

Se asume para el presente trabajo, como zona de confort térmico para la ciudad de Sucre el rango de 19,5 °C – 24,5 °C<sup>2</sup>.

#### 2.4.2 Confort acústico

Las sensaciones sonoras alteran el estado físico, psicológico y emocional de los seres afectando su comportamiento de manera positiva y negativa. El sonido como otros fenómenos ambientales refleja la presencia de una determinada energía (en este caso mecánica), desde el punto de vista físico un sonido que es una vibración mecánica en el aire captada por nuestros sentidos, se convierte en un ruido cuando deja de ser un sonido puro (una única frecuencia) o sonido musical (reparto de energía para las distintas frecuencias siguiendo un orden matemático), en una clasificación de criterios de tipo psicológico, cualquier sonido que escuchemos se convierte en ruido desde el momento en que se trate de un "sonido no deseado".

Un ambiente acústico satisfactorio se define como aquel en el cual el carácter y magnitud de todos sus sonidos son compatibles con el uso satisfactorio del espacio.

#### 2.4.3 Confort visual

La comodidad visual depende de la facilidad de nuestra visión para percibir aquello que nos interesa con el mínimo esfuerzo, sin ser afectado por el deslumbramiento, manejando la luz de forma indirecta sobre aquello que es observado, repartida de forma uniforme por el espacio a ser iluminado. La luz en un espacio es sobre todo un problema de equilibrio entre las claridades del mismo, se considera su direccionalidad que incide en los objetos, pudiendo ser dirigida o difusa produciendo sombras que acentúan y enmascaran su relieve.

El confort ambiental que se debe propiciar con la arquitectura bioclimática, considera el confort térmico, acústico y visual.

### 2.5 INSTRUMENTO PARA ENCONTRAR EL CONFORT TERMICO DE UNA VIVIENDA

Para analizar el confort térmico que podrían obtener las edificaciones o viviendas en la zona de interés, se presenta el diagrama psicométrico de Baruk Giovani.

---

<sup>2</sup> Estrategias de Diseño Bioclimático para la ciudad de Sucre. Carla Pozo Leaña. 2010

### 2.5.1 Diagrama Psicométrico de Baruk Givoni


Se trata de un diagrama que relaciona múltiples parámetros: temperatura, humedad relativa, humedad absoluta, punto de rocío, entalpía específica o calor total, calor sensible, calor latente y volumen específico del aire.

En el diagrama se traza una zona de confort térmico y se propone otras zonas donde es posible alcanzar el confort mediante la incorporación y/o aplicación de estrategias de diseño pasivo. Fuera de estas zonas, se vuelve necesario el uso de sistemas termo mecánicos de acondicionamiento ambiental sea para calefacción como para refrigeración.

Para aplicar el diagrama, es necesario conocer previamente la temperatura y humedad horaria en la ciudad de Sucre de la zona kuchu tambo.

Tabla 2.6. Temperatura y Humedad Horaria

Hora	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	10	10	9	8	10	8	8	10	9	7	11	11
2	11	10	7	7	6	6	7	8	8	7	10	10
4	11	11	7	7	5	6	7	8	8	10	10	10
6	10	11	8	9	3	5	5	7	7	10	13	13
8	12	12	10	9	5	9	8	7	8	12	16	17
10	14	15	15	12	13	14	12	12	11	16	18	19
12	15	19	19	18	19	19	20	19	15	18	21	19
14	15	20	21	19	20	20	22	19	18	20	22	20
16	17	22	23	22	20	22	23	20	23	23	24	20
18	18	22	23	23	22	22	22	21	20	23	20	18
20	16	20	21	20	16	19	19	15	13	19	18	16
22	15	18	19	17	12	12	15	12	10	16	18	15

Calefacción 

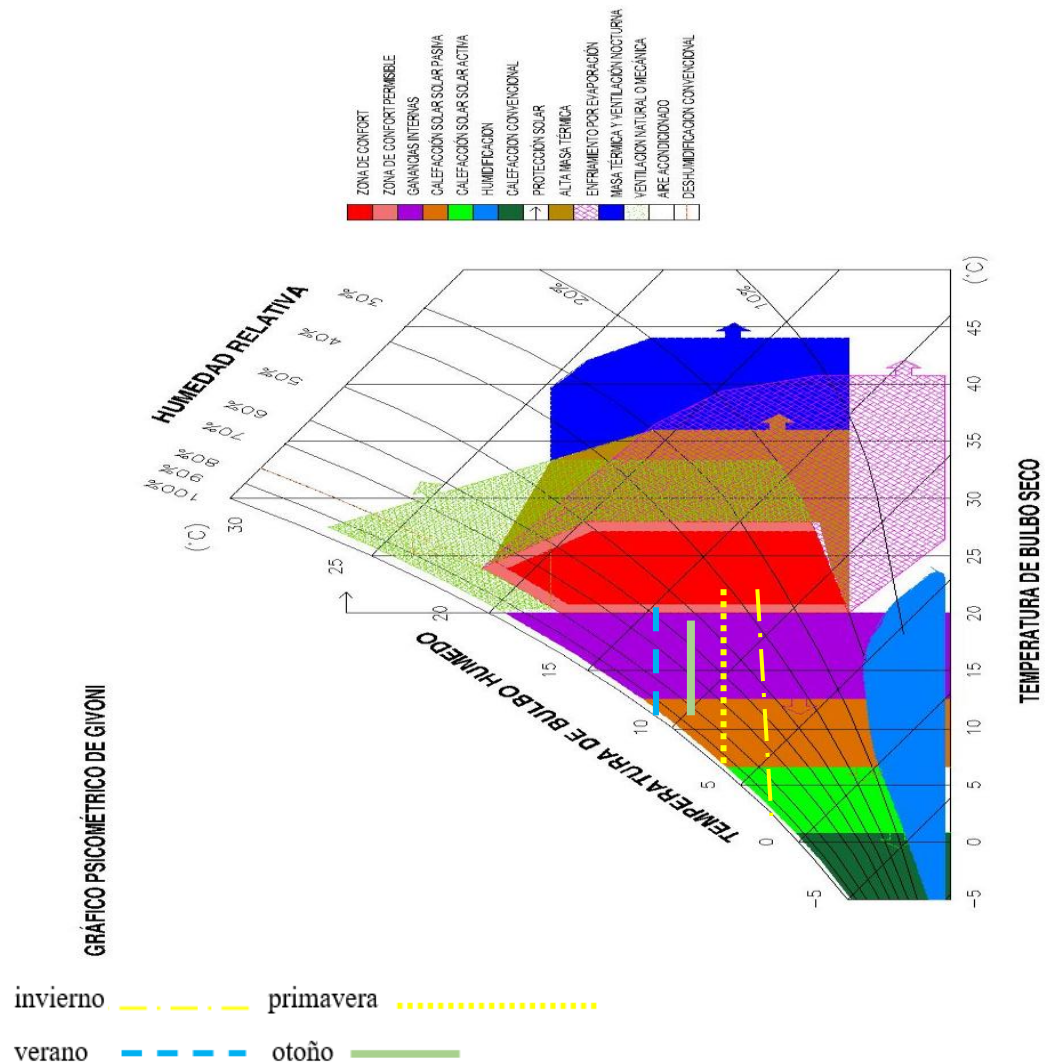
Confort 

	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>TMA</b>				19.3	19.6	19.1	19.4					
<b>M</b>	19.5	19	19.4	3	6	1	4	22	20.6	20.8	21.2	20
<b>TM</b>	17	22	19	25	20	23	22	17	22	20	25	20
<b>TMIN</b>	12	11	11	7	2	3	5	0	6	8	10	10
<b>HREL</b>	67	70	68	62	46	43	39	44	46	47	52	60

Fuente. - <https://weather.com/es>

[US/tiempo/horario/l/ad98015d2fd6fc9a91d51d53261ed44efa5eb6e4a7248adec8941981c857e8d3](https://weather.com/es/US/tiempo/horario/l/ad98015d2fd6fc9a91d51d53261ed44efa5eb6e4a7248adec8941981c857e8d3)

Figura 2.7. Diagrama psicrométrico de Baruk Givoni aplicado a Sucre



#### Estrategias para verano

- Zona de confort permisible
- Ganancias internas

#### Estrategias para invierno

- Calefacción solar activa
- Calefacción solar pasiva
- Ganancias internas
- Zona de confort permisible

El diagrama no es constante, en función a la altura sobre el nivel del mar deben realizarse correcciones de manera que pueda aplicarse en un lugar específico.

De los diagramas de las páginas anteriores, se obtiene las siguientes recomendaciones de diseño bioclimático:

- La zona de confort térmico en la ciudad es muy amplia, y está presente en todos los meses del año, con una duración en horas variable. El 31% del tiempo total del año, se tiene un grado de confort térmico, lo que es muy destacable.
- De agosto a enero, se requiere ventilación natural, alrededor de las 3 de la tarde, siendo más pronunciada en los meses de octubre y noviembre. Se requiere ventilación en aproximadamente 8% del tiempo en un año, aspecto que fácilmente se puede considerar en el proyecto.
- Durante todos los meses del año, se requiere calentamiento pasivo, que varía de intensidad, acentuándose en el invierno en las primeras horas de la mañana (5 a 6 a.m.).

El diagrama psicométrico de Baruk Givoni se ha utilizado para analizar las condiciones climáticas en la zona de Kuchu Tambo, Sucre, con el objetivo de evaluar el confort térmico en las viviendas sociales. Este diagrama permite relacionar múltiples parámetros ambientales, como la temperatura, la humedad relativa, y otros factores que influyen en la percepción del confort térmico por parte de los ocupantes. El diagrama psicométrico ha proporcionado información valiosa sobre las condiciones climáticas en Sucre, destacando la importancia de un diseño arquitectónico que responda a las necesidades térmicas de los residentes y promueva un ambiente interior confortable y saludable

## CAPITULO 3

### PROPUESTA DEL PROYECTO

#### 3.1. CASA UNIFAMILIAR SEGÚN VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO (V.M.V.U.)

Este capítulo, basándose en las puntualizaciones y el análisis previo, expone el diseño de la vivienda social a través de un sistema de energía solar. El procedimiento se inicia con la elaboración del proyecto de una vivienda social unifamiliar, teniendo en cuenta los procedimientos del manual de edificación de viviendas sociales del ministerio de obras públicas, la relación de costos de edificación, y por último la simulación del diseño del sistema fotovoltaico a través del pvsist.

#### 3.2. ASPECTOS EN EL DISEÑO DE UNA VIVIENDA

Siguiendo las experiencias latinoamericanas, el Viceministerio de Vivienda y Urbanismo como ente regulador en el tema Vivienda, ha establecido las características mínimas que debería tener una vivienda social en el país de Bolivia. Información que podrá ser tomada como referente para el diseño de la vivienda unifamiliar en la zona de kuchutambo.

##### 3.2.1. Condiciones mínimas

Un aspecto importante a tomar en cuenta son los criterios de estandarización en el diseño de las viviendas, están de acuerdo a la superficie mínima construida por vivienda, que se relaciona directamente a la cantidad de dormitorios:

<b>Dormitorios</b>	<b>Superficie (m2)</b>
1 dormitorio	45 a 55
2 dormitorios	55 a 65
3 dormitorios	65 a 78

Fuente: VMVU

Para nuestro caso seran 2 dormitorios consideranto una familia con 4 integrantes

Asimismo, se establecen las superficies útiles mínimas por ambientes con los que debe contar una vivienda, permitiendo llegar a la modulación de los proyectos; de mejoramiento ampliación y renovación, conforme el siguiente cuadro:

<b>Descripción</b>	<b>Superficie útil mínima por ambientes (m2)</b>
Dormitorio	9.5 a 12.5
Cocina	6
Baño	3.5 a 4
Sala estar comedor	18 a 25

Fuente: VMVU

La altura útil mínima que se aplican a los ambientes de la vivienda según región geográfica, son las siguientes:

<b>Región geográfica</b>	<b>Metros altura</b>
Altiplano	2.2 a 2.5
Valle	2.4 a 2.6
trópico	2.6 a 2.8

Fuente: VMVU

Las dimensiones mínimas de los ambientes, así como la altura de los mismos son criterios de diseño, que contribuyen a la estandarización y facilitan la ejecución de los diferentes proyectos de vivienda social a nivel nacional.

Comparando las dimensiones mínimas para vivienda unifamiliar en las áreas urbanas de los Municipios de La Paz, Santa Cruz de la Sierra y de Cercado Cochabamba, se establece que se encuentran dentro de los rangos establecidos y dentro de la normativa aplicada por estos y de acuerdo a la región o piso ecológico correspondiente a nuestro caso en kuchu tambo será el caso de Cochabamba.

<b>Espacios de la vivienda</b>	<b>Norma Cochabamba, superficie mínima (m2)</b>
Sala de estar	9
Cocina	4

Sala estar cocina	14
Sala estar comedor	-
Dormitorio principal	18
Otros dormitorios c/u	10
Dormitorio de servicio	3.6
Sala común, estar comedor	25
baño	4

Fuente: VMVU

### 3.2.2. Vivienda Productiva.

Para poder señalar lo que se denomina “vivienda productiva” entendida como el desarrollo de actividades económico –productiva de bienes y servicio dentro de una vivienda orientada a consolidar el vínculo de la integración social con el trabajo. Aunque muchas familias bolivianas desarrollan sus actividades laborales en las casas, es importante tener este aspecto en cuenta al momento de diseñar la vivienda. En nuestro caso, en la region de Kuchutambo, también generan ingresos económicos mediante actividades de agricultura regularmente.

### 3.2.3. CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y RELACION CON EL TERRENO

Terreno es el espacio físico donde se levanta una construcción, el mismo debe presentar cualidades que son variables en relación con el destino de la misma construcción (urbano o rural) incidiendo en los parámetros que son permitidos para la edificabilidad.

Siempre se debe buscar información del terreno, por la zona donde se ubica, colindancias, etc., ante la falta de información es importante hacer un estudio de suelos previos, que determinará la resistencia del mismo y consiguientemente el tipo de cimentación que deberá utilizarse.

En consecuencia, las condiciones geológicas del terreno y el área donde este se ubique, no deberán presentar ninguna amenaza o peligro para la construcción de la vivienda, lugares propensos a erosión de suelos, inundaciones y contaminación no son aptos para viviendas, a menos que se tomen las medidas necesarias y adecuadas para eliminar el riesgo.

### 3.2.4. Diseño – Arquitectura.

El diseño es el paso necesario al intentar llevar a cabo un proyecto, y se encarga de tomar desde la planificación previa hasta la determinación del aspecto final. Además de su

relevancia en el aspecto estético, el diseño radica en el gasto de recursos que implica su buena ejecución.

Se describen algunas consideraciones Importantes para el diseño de la vivienda:

**Modelo;** La geometría o forma de una vivienda debe estar relacionada con la ubicación geográfica de éste considerando las características de la región, así como las condiciones climatológicas.

**Orientación;** La orientación es esencial para el buen diseño y comportamiento energético de una vivienda, considerando las condiciones climatológicas existentes de cada región de modo que se atenúen los factores climáticos de cada una de ellas. Nos referimos a la entrada de luz y calor a la vivienda procedente del sol, así también los espacios ganan visualmente en amplitud si están bien iluminados, una vivienda que recibe luz y radiación solar nos proporciona mejor calidad de vida y bienestar que una sombría

**Ventilación;** Está muy relacionada con la orientación y la tipología y es, sin duda, el factor más importante para el buen comportamiento energético de una vivienda.

Para un buen diseño de la ventilación de una vivienda es necesario estudiar previamente los condicionantes climáticos existentes en la zona, sobre todo en lo concerniente al viento predominante y la humedad relativa.

**Distribución;** En la vivienda, existen espacios particularmente de uso diurno (sala, comedor, cocina accesos, baños) y nocturno (dormitorios), se realizan actividades diferenciadas en el tiempo y en la forma, por lo que una buena distribución de la vivienda debe reflejar esta diferenciación de forma clara.

**Materiales;** Es importante la buena elección y, sobre todo, la correcta aplicación de los distintos materiales de construcción que componen la vivienda. Serán materiales adaptados al entorno, con un bajo nivel de mantenimiento y degradación ante agentes climatológicos, así como de fácil mantenimiento o reposición en el tiempo.

### 3.2.5. Ubicación de la vivienda en el terreno

La ubicación y las condiciones del terreno como, forma, pendientes y las colindancias son aspectos fundamentales que deben considerarse antes de construir, así también la disponibilidad de los servicios básicos.

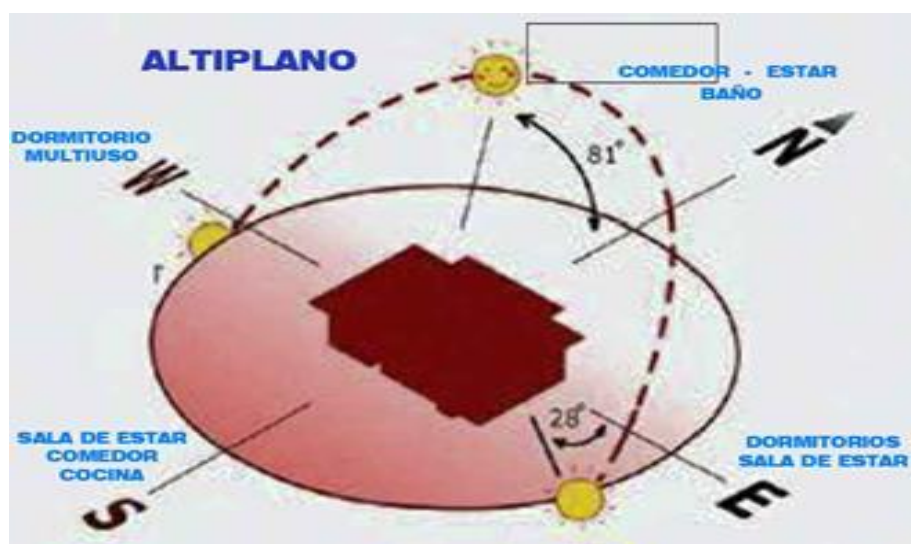
El lugar apropiado para construir una vivienda es sobre suelos firmes y resistentes, ya que permitirán un buen comportamiento de la cimentación. Se recomienda tomar en cuenta

lo siguiente:

- a. En el caso de construcción en pendiente alta el emplazamiento de la construcción deberá alejarse por lo menos a 3 metros de un talud o del extremo del predio
- b. En lugares de relleno emplazar la estructura buscando un terreno firme.
- c. No construir en zonas deslizables
- d. Si el predio se encuentra cerca de ríos, quebradas y cauces se recomienda mantener la franja de seguridad a 25 metros.
- e. En lugares con pendientes pronunciadas, se recomienda la construcción de taludes y realizar obras de estabilización.

Para el caso de estudio presenta todos los servicios básicos excepto de gas natural, por el lugar del terreno se considera el inciso a.

Ahora bien, según el clima y orientación de la zona de estudio analizado en el capítulo anterior, uno de los factores importantes al momento del diseño de la vivienda es la de contar con asoleamiento (ingreso del sol en el espacios interiores y exteriores) en las áreas de confort y esto se consigue al considerar la orientación de la vivienda, para nuestro caso de estudio sería el siguiente.



Fuente: Manual de Construcción de Viviendas Sociales

### 3.3. DISEÑO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR

La vivienda será adosada con 2 dormitorios, 1 cocina, comedor, sala o estar y pasillo

Descripción	Área con 2 dormitorios en (m2)
Estar comedor	22.2
Cocina	6
Baño	3.1
Dormitorio 1	12.5
Dormitorio 2	12.8
Pasillo	2.5
Superficie útil	56.6
Superficie construida	67.7

DESCRIPCION	UNIDAD	SUPERFICIE DE LA PROPUESTA
Altura de piso a cielo falso	metros	2.5

Fuente: VMVU

#### 3.3.1. Presupuesto de la vivienda

Tabla 3.1 de presupuesto de obra de la vivienda en Kuchutambo

PRESUPUESTO DE OBRA DE LA VIVIENDA					
MONEDA: BOLIVIANOS		PROYEC TO:	VIVIENDA UNIFAMIFILAR		
TIPO DE CAMBIO 6.96		SUPERFICIE CONSTRUIDA: 78 M2			
No	DESCRIPCION DE ITEMS	UNIDAD	CANTIDAD AD	P.U.	COSTO PARCIAL
	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				
1	instalación de faenas	gbl	1	2271.56	2271.56
2	trazado y replanteo	m2	78	3.21	250.38
	movimiento de tierras				0
3	excavación manual por cimientos	m3	11.9	114.42	1361.60
	<b>OBRA GRUESA</b>				

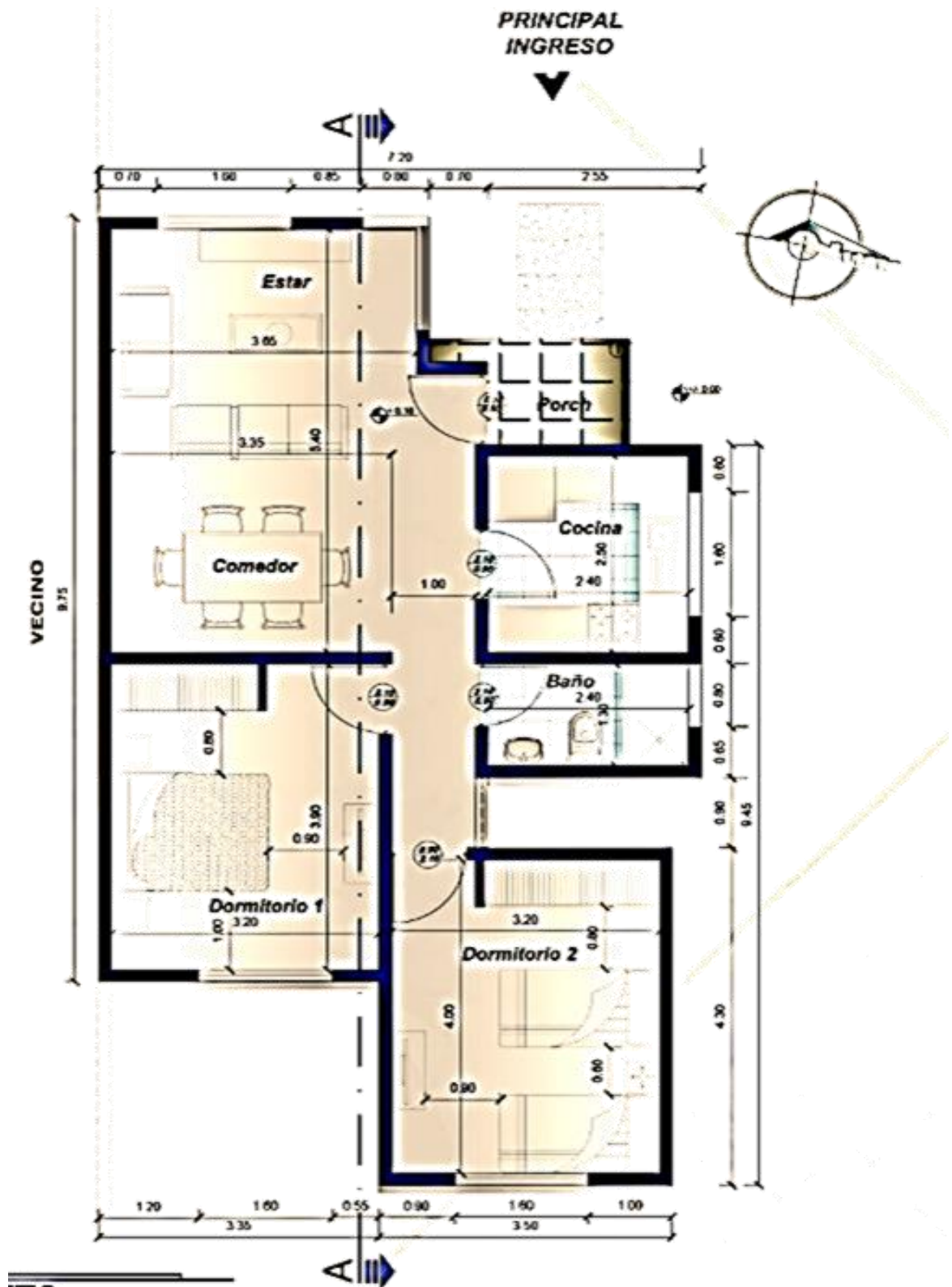
4	cimiento de H ciclópeo 60% de piedra desplazadora	m3	11.9	549.0 5	6533.70
5	sobresimientos de hormigon ciclopeo	m3	4.05	803.1 8	3252.88
6	impermeabilizacion de sobrecimientos c/ lamina asfaltica	m	37.5	43.53	1632.38
7	muro de ladrillo de 6 huecos	m2	88.26	138.8 2	12252.25
8	viga de encadenado de H "A"	m3	4.88	1987. 41	9698.56
9	cubierta de calamina ondulada prepintada N 28 c/ estructura metalica	m2	101.23	184.8 5	18712.37
10	hormigon simple p/columna de H"A" (tanque)	m3	0.18	2325. 47	418.58
11	gradas de cemento	m	3.96	266.1 7	1054.03
12	losa llena de H"A"	m3	0.21	1680. 07	352.81
	<b>OBRA FINA</b>				
13	alero	m2	16.52	179.7 7	2969.80
14	canaleta calamina galv. Corte 33 N 28	m	33.04	94.88	3134.84
15	empedrado y contra piso de H + enlucido	m2	71.68	195.2 7	13996.95
16	meson de H "A"	m2	2.28	296.6 9	676.45
17	revoque interior de yeso	m2	155.02	73.33	11367.62
18	revoque exterior de cemento	m2	65.41	90.3	5906.52
19	Botaguas de H"A"	m	14.8	113.8 5	1684.98
20	piso de ceramica c/color (40840cm)	m2	8.93	170.1 9	1519.80
21	prov. Y col. De piso laminado flotante comercial (alto trafico)	m2	63.65	150.5 9	9585.05
22	revestimiento de ceramica con color ( incluye revoque de pared)	m2	14.9	183.4 9	2734.00
23	pintura exterior latex (dos manos)	m2	155.03	20.52	3181.22
24	pintura interior latex (dos manos)	m2	65.41	26.39	1726.17

25	prov. Y col. Ventana de aluminio L-20 c/vidrio 4mm-catedral 4mm	m2	18.1	515.8 5	9336.89
26	prov. Y col. Puerta tablero c/ marco de madera 2" x 4"+ quincalleria	pza	6	1531. 75	9190.50
27	cielo falso de plafon	m2	69.3	94.74	6565.48
28	zocalo para piso flotante	m	52.25	52.51	2743.65
<b>INSTALACIONES HIDROSANITARIAS</b>					
29	bajante de PVC 4" pluvial	m	4	52.84	211.36
30	instalacion sanitaria	Gbl	1	1389. 65	1389.65
31	instalacion de agua potable	Gbl	1	994.2 4	994.24
32	camara de inspeccion de ladrillo gambote 0.6*0.6 cm	pza	2	536.5 2	1073.04
33	provision instalacion de lavaropa/cemento	pza	1	588.3	588.30
34	prov. Y colocado de ducha	pza	1	732.4 3	732.43
35	provisiomy col. De inodoro	pza	1	862.3 8	862.38
36	prov. Y col de lavamanos	pza	1	1336. 51	1336.51
37	provision y colocado de lavaplatos 1 fosa	pza	1	940.4 6	940.46
<b>INSTALACIONES ELECTRICAS</b>					
38	tablero de distribucion	gbl	1	551.2 2	551.22
39	instalacion electrica (punto de iluminacion led)	pto	9	231.8 1	2086.29
40	instalacion electrica (punto de tomacorriente)	pto	12	231.7 3	2780.76
41	instalacion electrica (toma de fuerza)	pto	2	189.8 4	379.68
42	acometida electrica	gbl	1	494.8 1	494.81
43	limpieza general	gbl	1	211.7	211.70
<b>costo total de obra Bs</b>					<b>158743.84</b>
<b>costo total de obra \$us</b>					<b>22808.02</b>

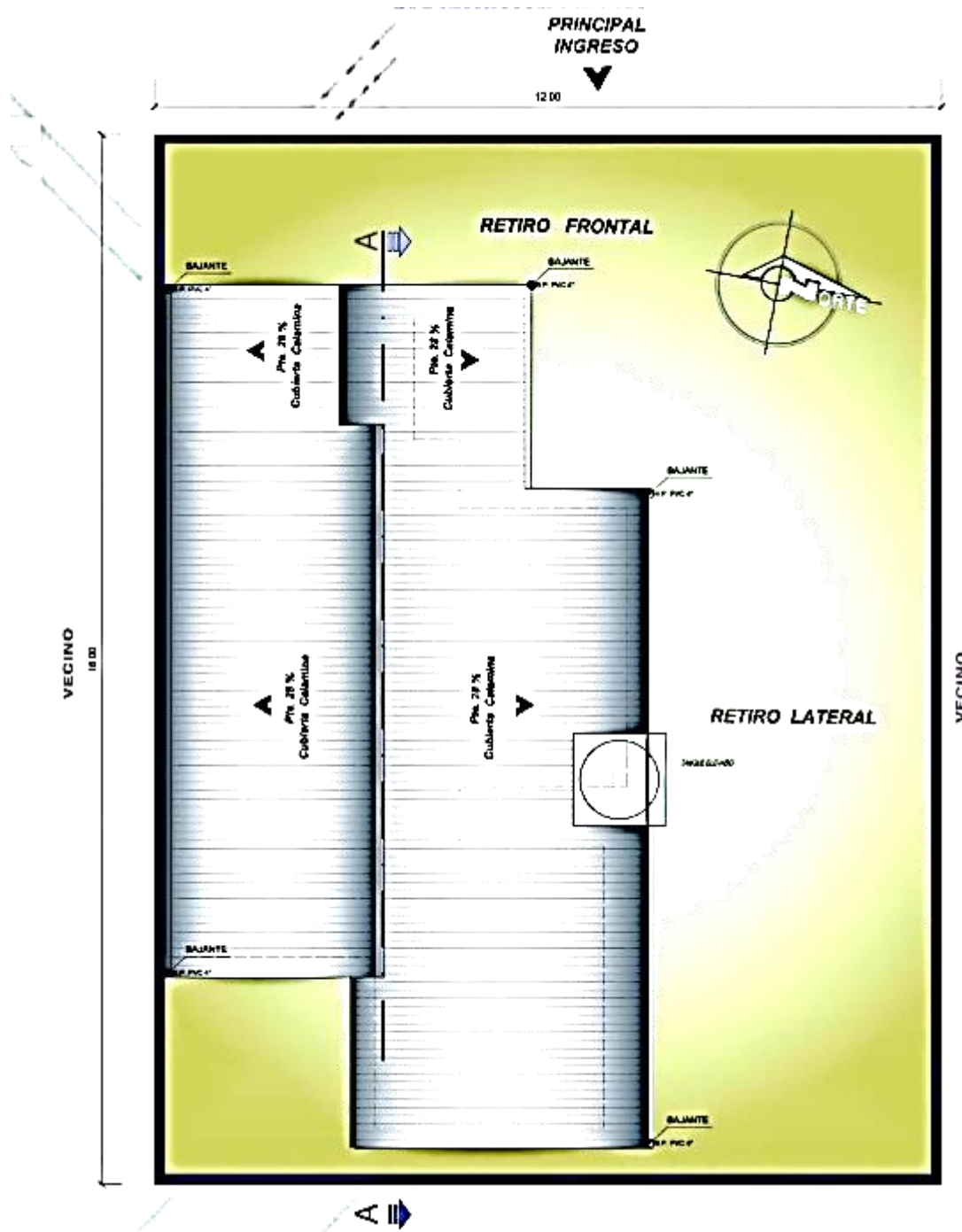
Fuente: VMVU

### 3.3.2. Planos de la propuesta de la vivienda

#### PLANO PLANTA



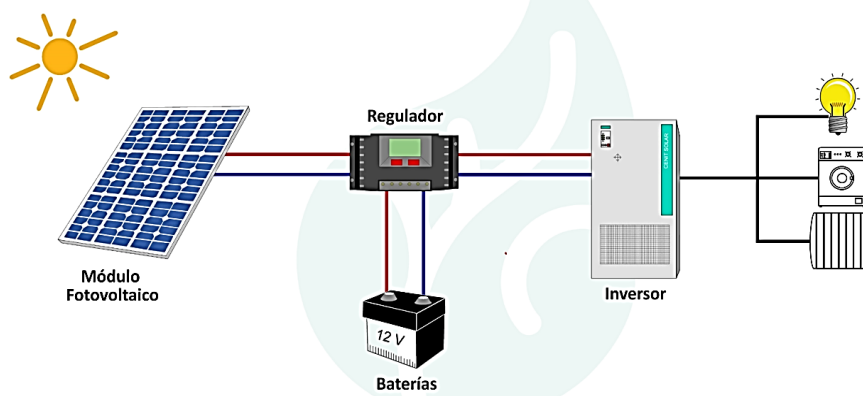
# PLANO TECHO



### 3.4. CÁLCULOS DE DISEÑO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO OFF GRID.

Para el presente proyecto se considero una familia con 4 integrantes (padre, madre y 2 hijos), y el consumo del mismo se tomó como datos de una vivienda con las características del diseño de la vivienda.

## SISTEMA OFF-GRID



#### 3.4.1. Consumo eléctrico de la vivienda unifamiliar

AMBIENTE	EQUIPAMIENTO	POTENCIA NOMINAL	CANTIDAD DE UNIDADES	HORAS DE USO POR DÍA [h/día]	HORAS DE USO POR DÍA [Wh/día]	CANTIDAD DE DÍAS AL AÑO	HORAS DE USO POR AÑO [h/año]	CONSUMO ANUAL	CONSUMO ANUAL
		[W] *						[Wh/año]	[%]
Cocina	Licadora	450.000	1	0.167	75.15	150	25.05	11272.5	0.25%
	exprimidora	450.000	1	1.67	751.5	50	83.50	37575	0.82%
	Refrigerador	400.000	1	24	9600	364	8736.0	3494400	76.66%
	Iluminacion	15.000	1	6	90	365	2190.0	32850	0.72%
Baño	Ducha	1500.000	1	0.33	495	340	112.20	168300	3.69%
	Iluminacion	15.000	1	6	90	360	2160.0	32400	0.71%
Sala	Televisor	150.000	1	6	900	200	1200.0	180000	3.95%
	Equipo de sonido	120.000	1	4	480	150	600.00	72000	1.58%
	Computadora laptop	22.100	1	4	88.4	150	600.00	13260	0.29%
	Impresora	11.000	1	0.5	5.5	150	75.00	825	0.02%

	<b>Plancha</b>	1000.000	1	0.33	330	100	33.00	33000	0.72%
	<b>Router</b>	4.750	1	24	114	365	8760.0	41610	0.91%
	<b>Cargador de celular</b>	4.830	1	2	9.66	300	600.00	2898	0.06%
	<b>Iluminacion</b>	15.000	1	3	45	300	900.00	13500	0.30%
<b>2 Dormitorio</b>	<b>Lamparas de iluminacion</b>	15.000	2	4	120	360	1440.0	43200	0.95%
	<b>Televisor</b>	150.000	1	6	900	300	1800.0	270000	5.92%
	<b>Iluminacion</b>	15.000	2	4	120	365	1460.0	43800	0.96%
	<b>Cargador de celular</b>	4.830	2	2	19.32	360	720.00	6955.2	0.15%
	<b>Computadora laptop</b>	22.100	1	4	88.4	310	1240.0	27404	0.60%
<b>Pasillos</b>	<b>Iluminacion</b>	15.000	1	6	90	365	2190.0	32850	0.72%
					14411.9		<b>total</b>	4558099.7	100.00%

Fuente. Elaboración propia

### 3.4.2. Consumo eléctrico anual de una vivienda unifamiliar

#### 3.4.2.1. Datos de Consumo eléctrico

**Tabla N° 3.2. Histórico de Consumo Eléctrico Mensual de la Vivienda**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
<b>Consumo Eléctrico (kWh)</b>	400	420	390	343	355	360	380	360	400	375	380	395

Fuente. Elaboración propia

### 3.4.3. INDICADORES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

**Tabla N° 3.3. Datos de la Vivienda**

APELLIDO Y NOMBRE	CIUDA D	TIPO DE CLIMA	¿VIVIENDA INDIVIDUAL O VIVIENDA COLECTIVA?	SUPERFICIE ESTIMADA DE LA VIVIENDA [m <sup>2</sup> ]	CANTIDAD DE PERSONAS QUE HABITAN EN LA VIVIENDA	TOTAL 12 MESES KW
<b>KUCHU TAMBO</b>	SUCRE	Templado	Unifamiliar	78	4	4558

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 3.4. Indicador Energético para Energía Eléctrica**

SUPERFICIE ESTIMADA DE LA VIVIENDA [m <sup>2</sup> ]	CANTIDAD DE PERSONAS QUE HABITAN EN LA VIVIENDA	TOTAL 12 MESES [kWh]	INDICADOR DE ENERGÉTICO-TÉCNICO	
			[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/persona]
78	4	4558	58.4	1139
VALOR DEL kWh [Bs/kWh]	TOTAL [Bs]	INDICADOR DE ENERGÉTICO-ECONÓMICO		
		[Bs/m <sup>2</sup> ]	[Bs/persona]	
0.867	3951.8	50.6	987	
EMISIONES [kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> ]	TOTAL [kg CO <sub>2</sub> eq]	INDICADOR DE ENERGÉTICO-AMBIENTAL		
		[kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> eq/persona]	
0.42	1914	24.54	478.6	

Fuente: Elaboración propia

#### 3.4.4. PROPUESTAS DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En el presente proyecto se presenta las siguientes propuestas de mejora de eficiencia energética.

#### 3.4.5. Envolvente Térmica

Por las características del clima de la ciudad de Sucre y el tipo de material con el que se construirá la vivienda, no se proponen alternativas.

#### 3.4.6. Climatización (Calefacción y Refrigeración)

##### **Adopción de Hábitos de uso responsable de la energía**

- ❖ En épocas de calor abrir las ventanas para aireación del ambiente.
- ❖ En épocas frías cerrar puertas y ventanas para mantener el calor del ambiente.

##### **Medidas de Gestión (Mantenimiento Preventivo)**

- ❖ Mantener las puertas y ventanas bien selladas y herméticas para que no exista pérdida de calor del ambiente o una buena aireación.

##### **Recambio Tecnológico**

- ❖ En esta parte de la climatización de los ambientes se propone un termómetro de mercurio para medir la temperatura del ambiente.

### 3.4.7. Iluminación

#### **Adopción de Hábitos de uso responsable de la energía**

- ❖ Apagar los interruptores del ambiente que no se estén ocupando. Puede instalar “interruptores de presencia” para que la luz se apague cuando no detecta la presencia de personas.
- ❖ Abrir las cortinas para aprovechar la luz natural del sol.
- ❖ Durante el día aproveche al máximo la luz solar.
- ❖ Utilice colores claros para las paredes, los cuales aprovechan mejor la luz natural y artificial.

#### **Medidas de Gestión (Mantenimiento Preventivo)**

- ❖ Verificar continuamente el estado de las luminarias.
- ❖ Verificar que las cortinas estén bien colocadas.

#### **Recambio Tecnológico**

- ❖ El recambio tecnología en la iluminación de los ambientes, utilizar focos de bajo consumo, alto rendimiento o Led

### 3.4.8. Agua

#### **Adopción de Hábitos de uso responsable de la energía**

- ❖ Hacer uso racional del agua del lavamanos, cocina, baño etc.
- ❖ Almacenar agua de lluvia en tanque para cualquier uso extra.

#### **Medidas de Gestión (Mantenimiento Preventivo)**

- ❖ Verificar continuamente los grifos e inodoro para evitar fugas.
- ❖ Verificar que estado de la ducha.

#### **Recambio Tecnológico**

- ❖ El cambio de grifos normales por grifos aireadores para aprovechar la presión y tiempo de uso del agua.

### 3.4.9. Equipos / Artefactos

#### Adopción de Hábitos de uso responsable de la energía

- ❖ Hacer uso racional de todos los equipos utilizados en la vivienda, como dejar encendido televisores o radios que no sean utilizados.

#### Medidas de Gestión (Mantenimiento Preventivo)

- ❖ Verificar continuamente el estado de cada uno de los equipos, para garantizar la eficiencia de uso de los equipos.

#### Recambio Tecnológico

- ❖ El recambio inmediato de cualquier equipo que haya cumplido su vida útil por equipos de etiqueta de eficiencia energética A+++.
- ❖ El recambio inmediato de la ducha eléctrica por un calentador solar

#### Considerando las nuevas aplicaciones de eficiencia energética

**Tabla N° 3.5. Histórico de Consumo Eléctrico Mensual de la Vivienda**

Mes	Ene	Feb	Mar	Abril	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
Consumo Eléctrico (kWh)	130	115	190	194	171	151	118	160	155	103	128	124

**Tabla N° 3.6. Datos de la Vivienda**

APELLIDO Y NOMBRE	CIUDAD	TIPO DE CLIMA	¿VIVIENDA INDIVIDUAL O COLECTIVA?	SUPERFICIE ESTIMADA DE LA VIVIENDA [m <sup>2</sup> ]	CANTIDAD DE PERSONAS QUE HABITAN EN LA VIVIENDA	TOTAL 12 MESES KW
KUCHU TAMBO	SUCRE	Templado	Unifamiliar	78	4	1739

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 3.7. Indicador Energético para Energía Eléctrica**

SUPERFICIE ESTIMADA DE LA VIVIENDA [m <sup>2</sup> ]	CANTIDAD DE PERSONAS QUE HABITAN EN LA VIVIENDA	TOTAL 12 MESES [kWh]	INDICADOR DE ENERGÉTICO-TÉCNICO	
			[kWh/m <sup>2</sup> ]	[kWh/persona]
78	4	1739	22.3	434.7

VALOR DEL kWh [Bs/kWh]	TOTAL [Bs]	INDICADOR DE ENERGÉTICO- ECONÓMICO	
		[Bs/m <sup>2</sup> ]	[Bs/persona]
0.867	1507.7	19.3	376.9
EMISIONES [kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>3</sup> ]	TOTAL [kg CO <sub>2</sub> eq]	INDICADOR DE ENERGÉTICO- AMBIENTAL	
		[kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> ]	[kg CO <sub>2</sub> eq/persona]
0.42	730.8	9.36	182.5

Como se puede observar, las estrategias propuestas han reducido significativamente el consumo de energía eléctrica y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Como resultado, se estaría ahorrando dinero en el consumo, que puede ser utilizado para la incorporación de un sistema fotovoltaico como también la del sistema térmico para agua caliente sanitaria ACS así desechando la ducha eléctrica.

La implementación de un sistema de paneles solares térmicos en viviendas sociales en Sucre representa una estrategia complementaria y eficaz para la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS). Este enfoque no solo mejora la eficiencia energética de las viviendas, sino que también contribuye a la sostenibilidad y al bienestar de los residentes, especialmente en áreas como Kuchu Tambo, donde el acceso a servicios básicos es limitado.

En primer lugar, los paneles solares térmicos son una tecnología probada y eficiente para la captación de energía solar, que se utiliza para calentar agua. Este sistema puede ser integrado en el diseño de viviendas sociales, permitiendo que las familias dispongan de agua caliente para usos domésticos como la higiene personal, la limpieza y la cocina. La disponibilidad de ACS es fundamental para mejorar la calidad de vida y la salud de los residentes, especialmente en hogares con niños y ancianos.

Finalmente, la incorporación de un sistema de paneles solares térmicos en viviendas sociales en Sucre no solo representa un avance hacia la sostenibilidad energética, sino que también mejora la calidad de vida de los residentes. Al proporcionar acceso a agua caliente de manera económica y sostenible, se contribuye a la salud y el bienestar de las comunidades, promoviendo un desarrollo más equitativo y responsable.

- **Cálculo de la Demanda de Agua Caliente Sanitaria**

La demanda de agua caliente sanitaria (ACS) es un aspecto crucial en el diseño de viviendas sociales, especialmente en regiones como Kuchu Tambo, donde las condiciones climáticas pueden influir en el consumo energético. Este cálculo es fundamental para dimensionar adecuadamente los sistemas de paneles térmicos que proporcionarán ACS de manera eficiente.

Para calcular la demanda de ACS, se deben considerar varios factores, incluyendo el número de ocupantes de la vivienda, el consumo promedio de agua caliente por persona y el uso de agua caliente para diferentes actividades (duchas, lavado de platos, etc.).

**Parámetros Considerados:**

- **Número de ocupantes:** 4 personas (promedio en una vivienda social).
- **Consumo promedio de agua caliente:** 50 litros por persona al día (considerando duchas y otros usos).
- **Total de demanda diaria de ACS:**

$$\text{Demanda diaria} = \text{numero de ocupantes} * \text{consumo promedio} = 4 p * 50 \frac{lt}{p} = 200 \text{ lt/d}$$

**Diseño de Paneles Térmicos para ACS**

Con la demanda de ACS calculada, se procede al diseño de un sistema de paneles térmicos que satisfaga esta necesidad.

**Dimensionamiento de Paneles Térmicos:**

- **Eficiencia del panel térmico:** Se asume una eficiencia promedio del 70% para los paneles térmicos.
- **Radiación solar promedio en la región:** Aproximadamente 5 kWh/m<sup>2</sup>/día (considerando datos climáticos locales).
- **Energía necesaria para calentar el agua:**  
Energía necesaria=Demanda diaria×Capacidad calorífica del agua×ΔT Donde:

- $\Delta T$  es la diferencia de temperatura deseada (por ejemplo, de 15°C a 45°C, es decir, 30°C).
- Capacidad calorífica del agua = 4.186 kJ/kg·°C.

Calculando la energía necesaria:

$$Energia\ necesario = 200\ lt * 1\ \frac{kg}{lt} * \frac{4.186kJ}{kg \cdot ^\circ C} * 30^\circ C = 25,116\ kj \approx 6.97\ kwh$$

**Número de Paneles Térmicos Requeridos:** Para determinar el número de paneles necesarios:

$$numero\ de\ paneles = \frac{energia\ necesaria}{radiacion\ sola\ promedio * eficiencia\ del\ panel}$$

$$numero\ de\ paneles = \frac{6.97\ kwh}{\frac{5kwh}{m^2\ dia} * 0.7} = 1.99 \approx 2\ paneles$$

por lo tanto, se requerirían al menos 2 paneles térmicos para satisfacer la demanda de ACS de la vivienda.

El cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria y el diseño de paneles térmicos son fundamentales para garantizar la eficiencia energética y el confort en las viviendas sociales de Kuchu Tambo. La implementación de un sistema de ACS adecuado no solo mejorará la calidad de vida de los residentes, sino que también contribuirá a la sostenibilidad ambiental al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables. Este enfoque integral es esencial para el desarrollo de viviendas que sean funcionales, sostenibles y adaptadas a las condiciones climáticas locales.

### 3.4.10. Cálculo de demanda y voltaje de trabajo para una vivienda unifamiliar

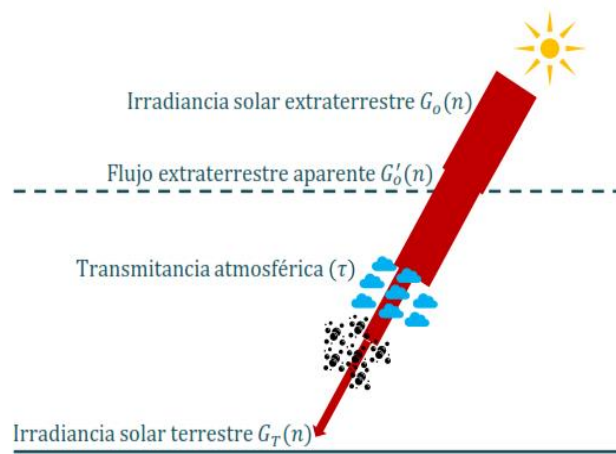
Cálculo de demanda y voltaje de trabajo considerando el día de mayor consumo diario

AMBIENTE	EQUIPAMIENTO	POTENCIA NOMINAL [W] *	CANTIDAD DE UNIDADES	POTENCIA NOMINAL [W] *	HORAS DE USO POR DÍA [h/día]	HORAS DE USO POR DÍA [Wh/día]
Cocina	Licuada	450.000	1	450	0.167	75.15
	exprimidora	450.000	1	450	1.67	751.5
	Refrigerador	400.000	1	400	24	9600
	Iluminacion	15.000	1	15	6	90
Baño	Ducha	1500.000	1	1500	0.33	495
	Iluminacion	15.000	1	15	6	90
Sala	Televisor	150.000	1	150	6	900
	Equipo de sonido	120.000	1	120	4	480
	Computadora laptop	22.100	1	22.1	4	88.4
	Impresora	11.000	1	11	0.5	5.5
	Plancha	1000.000	1	1000	0.33	330
	Router	4.750	1	4.75	24	114
	Cargador de celular	4.830	1	4.83	2	9.66
	Iluminacion	15.000	1	15	3	45
2 Dormitorio	Lamparas de iluminacion	15.000	2	30	4	120
	Televisor	150.000	1	150	6	900
	Iluminacion	15.000	2	30	4	120
	Cargador de celular	4.830	2	9.66	2	19.32
	Computadora laptop	22.100	1	22.1	4	88.4
Pasillos	Iluminacion	15.000	1	15	6	90
				4414.44		14411.9

Fuente: elaboración propia, colaboración <https://www.electrocalculator.com/index.php>

### 3.4.11. Cálculo de la irradiancia solar para la zona del proyecto

#### 3.4.11.1. Irradiancia solar extraterrestre



Fuente: Doctorado Energías renovables, phd Belizza ruiz

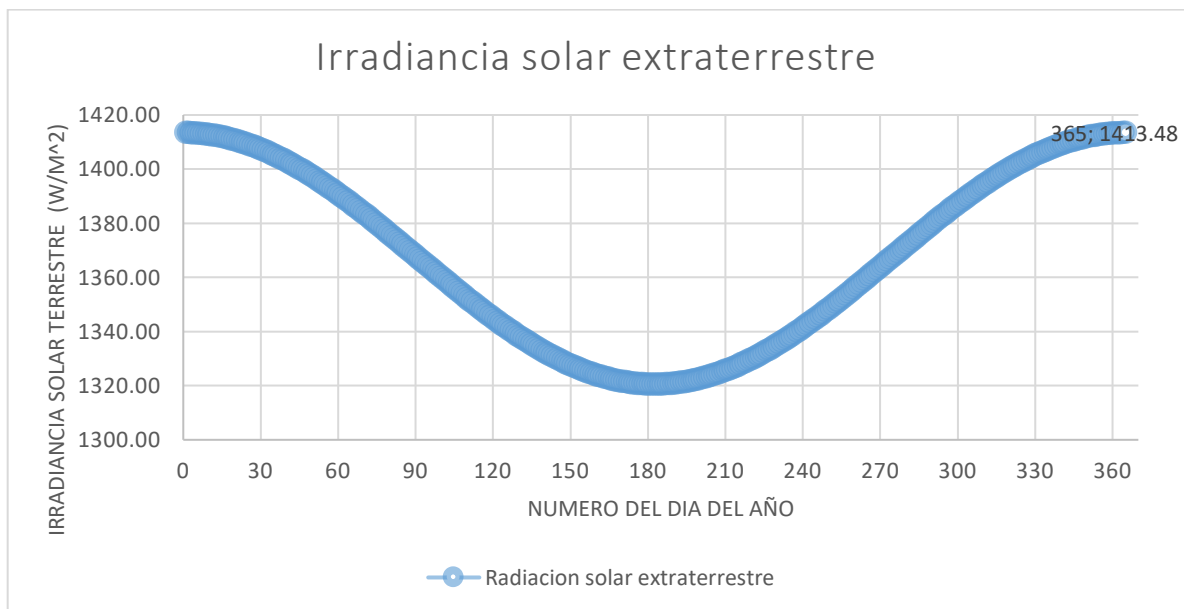
Cálculo de la irradiancia solar extraterrestre a lo largo del año en la zona de interés, es el siguiente:

$$G_o(n) = G_c \left[ 1 + 0.034 \cos \left( \frac{360 * n}{365,25} \right) \right] \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

n = número del día

$G_c$  = constante solar  $1.367 \text{ W/m}^2$

Figura 3.1. Imagen de la irradiancia solar extraterrestre



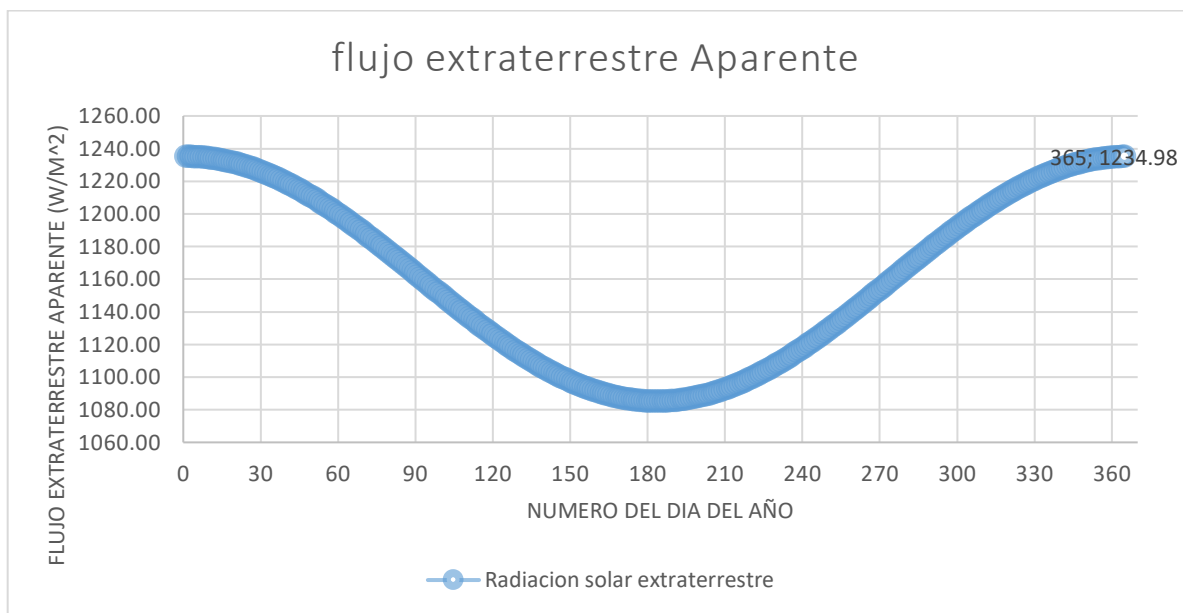
Fuente: elaboración propia

De la presente gráfica, podemos indicar que según la traslación de la tierra del sol, la cual es de forma eclíptica, la irradiancia varia cada día del año siguiendo una función cosenoidal, según esta trayectoria de la tierra se puede concluir que en los solsticios de invierno (21-dic) y equinoccio de primavera existe la mayor irradiancia solar extraterrestre de 1413 kw/ m<sup>2</sup>, debido a la cercanía de la tierra con el sol que es de aproximadamente 147.166.500 km, mientras que en los solsticios de verano (21-junio) y equinoccio de otoño existe la menor irradiancia solar extraterrestre de 1320 kw/ m<sup>2</sup>, debido a la lejanía de la tierra con el sol que es de aproximadamente 152.171.500 km.

### 3.4.11.2. Calculo Flujo extraterrestre Aparente

$$G'_o(n) = 1.160 + 75 * \sin \left[ \frac{360}{365} * (n - 275) \right] = \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

n = número del día



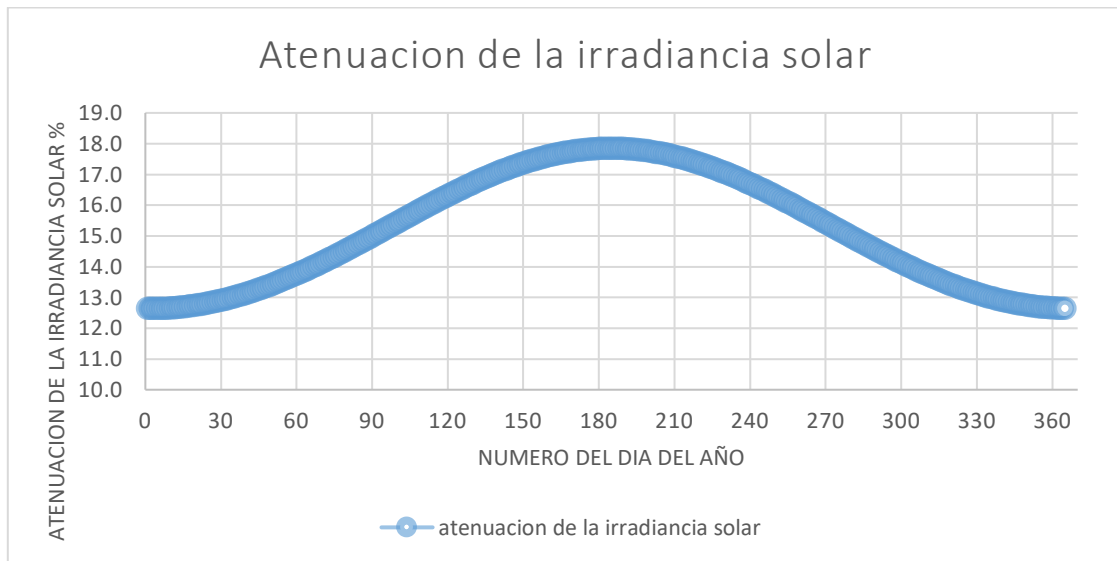
Fuente elaboración propia

De la presente figura 2, podemos indicar que según la traslación de la tierra del sol, la cual es de forma eclíptica, según esta trayectoria de la tierra se puede concluir que en los solsticios de invierno (21-dic) y equinoccio de primavera existe el mayor flujo extraterrestre aparente de 1234 w/ m<sup>2</sup>, debido a la cercanía de la tierra con el sol que es de aproximadamente 147.166.500 km (perihelio), mientras que en los solsticios de verano (21-

junio) y equinoccio de otoño existe el menor flujo extraterrestre aparente de 1085 w/ m<sup>2</sup>, debido a la lejanía de la tierra con el sol que es de aproximadamente 152.171.500 km (afelio).

### 3.4.11.3. Atenuación de la irradiancia solar

$$\text{Atenuación de la irradiancia solar} = \left[ 1 - \left( \frac{G'_o(n)}{G_o(n)} \right) \right] * 100 = (\%)$$



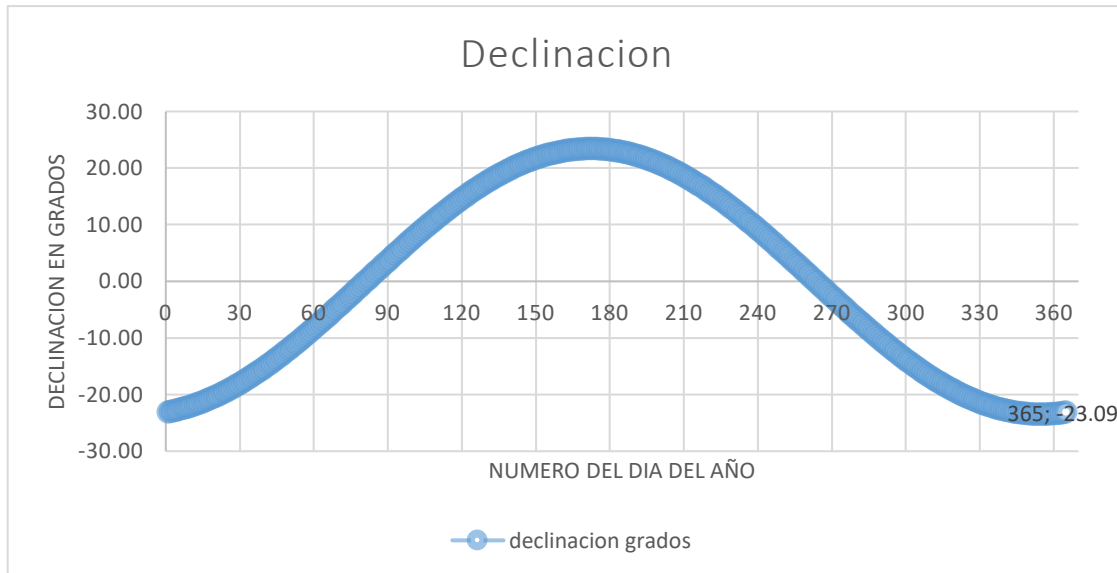
Fuente elaboración propia

De la gráfica podemos indicar mientras más lejos se encuentre el sol de la tierra (afelio) existe mayor atenuación siendo la máxima 17.8% la menor sería 12.6% (perihelio).

### 3.4.11.4. Declinación solar

La  $\delta$  es de 23,5° en solsticio de verano, -23,5° en solsticio de invierno, 0° en los equinoccios y para cualquier día del año se usa la siguiente expresión:

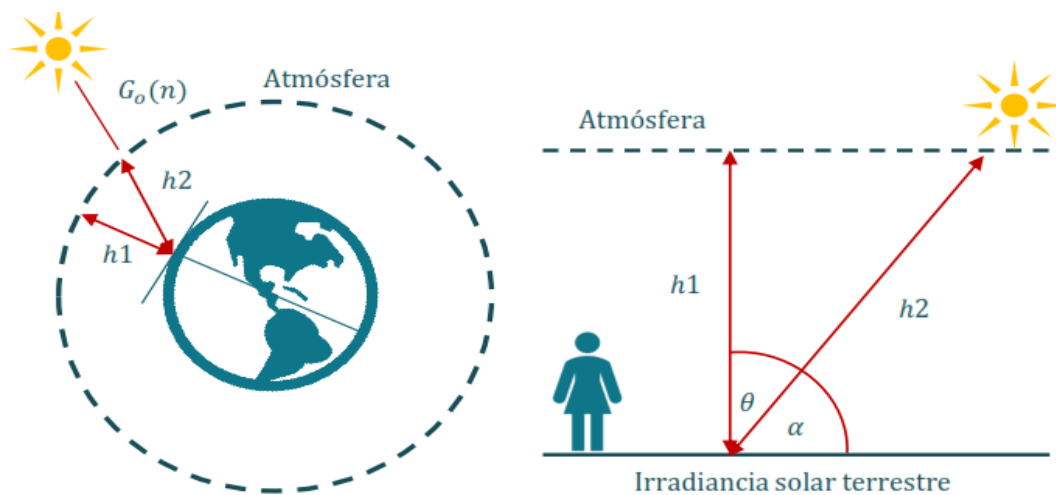
$$\delta = 23,45 * \text{sen} \left[ (284 + n) * \frac{360}{365} \right] = (^\circ)$$



Fuente: elaboración propia

La declinación del sol es el ángulo entre el ecuador y una línea trazada desde el centro de la Tierra al centro del sol. Varía estacionalmente debido a la inclinación de la Tierra sobre su eje de rotación y a la traslación de la Tierra. Si la Tierra no se inclinara sobre su eje de rotación, la declinación siempre sería 0°. La Tierra está inclinada 23,45 ° y el ángulo de declinación varía negativa o positivamente alrededor de esa cantidad. La intensidad de los rayos solares depende del ángulo del sol en el cielo. La declinación es cero cuando el sol está en el ecuador y máximo cuando el invierno/verano inicia.

#### 3.4.11.5. Masa de aire



$$m = \frac{h_2}{h_1} = \frac{1}{\sin(\alpha)} = \frac{1}{\cos(\theta)}$$

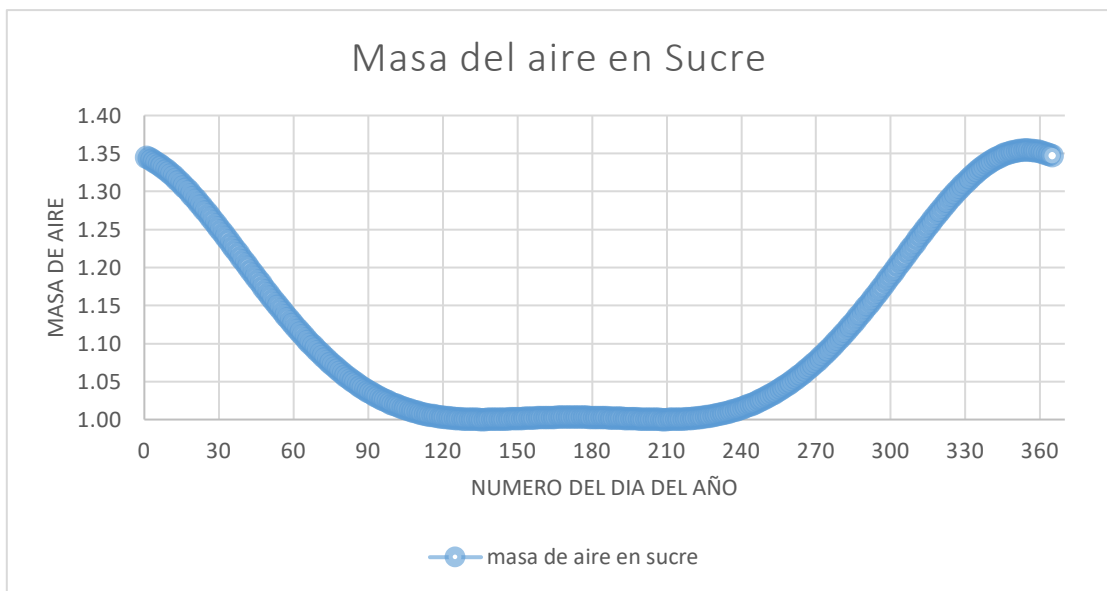
$$m = \sqrt{(708 * \sin(\alpha))^2 + 1.417} - (708 * \sin(\alpha))$$

$$\text{Hemisferio sur } (\alpha) = 90 - (\delta - L)$$

$$\text{Hemisferio norte } (\alpha) = 90 - (L - \delta)$$

$$L = \text{latitud del lugar } 19^\circ$$

La masa de aire es un parámetro que indica cuánta atmósfera debe atravesar la radiación, este parámetro varía en función del lugar, el día y la hora, en este estudio se consideró los datos de la ciudad de sucre (kuchu tambo).



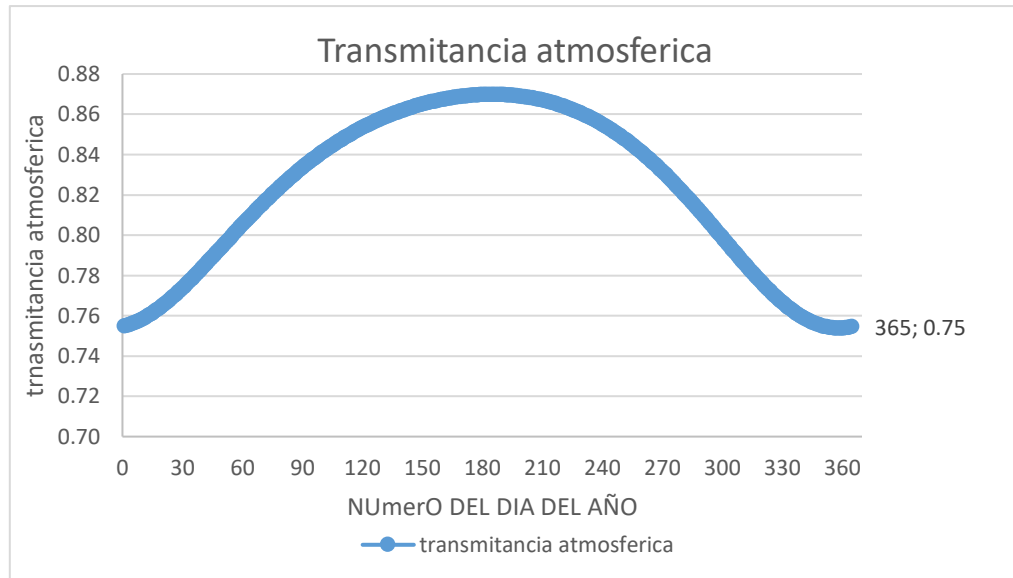
Fuente: elaboración propia

#### 3.4.11.6. Transmitancia atmosférica ( $\tau$ )

$$\tau = e^{-k*m}$$

$$k = 0,174 + 0,035 * \sin \left[ \frac{360}{365} * (n - 275) \right]$$

Siguiente paso una vez calculado la masa de aire es la determinación de la transmitancia atmosférica, que esta afecta en la irradiancia solar terrestre según la zona y la atmosfera terrestre.

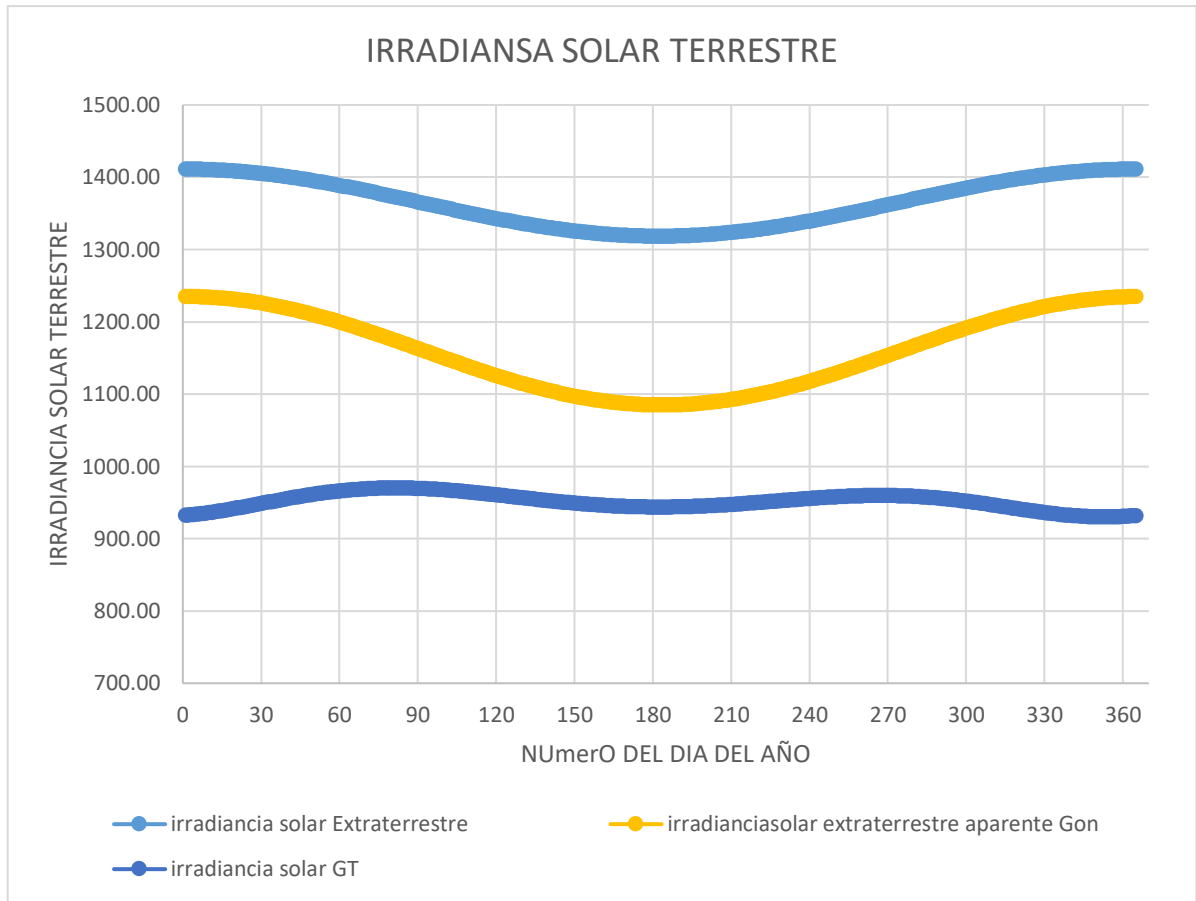


Fuente: elaboración propia

#### 3.4.11.7. Irradiancia solar terrestre

Como se puede apreciar en la figura 9, se puede apreciar que existe una gran diferencia entre la irradiancia solar extraterrestre, la irradiancia solar extraterrestre aparente la cual ingresa a nuestra atmosfera frente a la irradiancia solar terrestre la cual debe ser aprovechada para el diseño de un sistema solar fotovoltaico.

$$G_T(n) = \tau * G'_O(n)$$

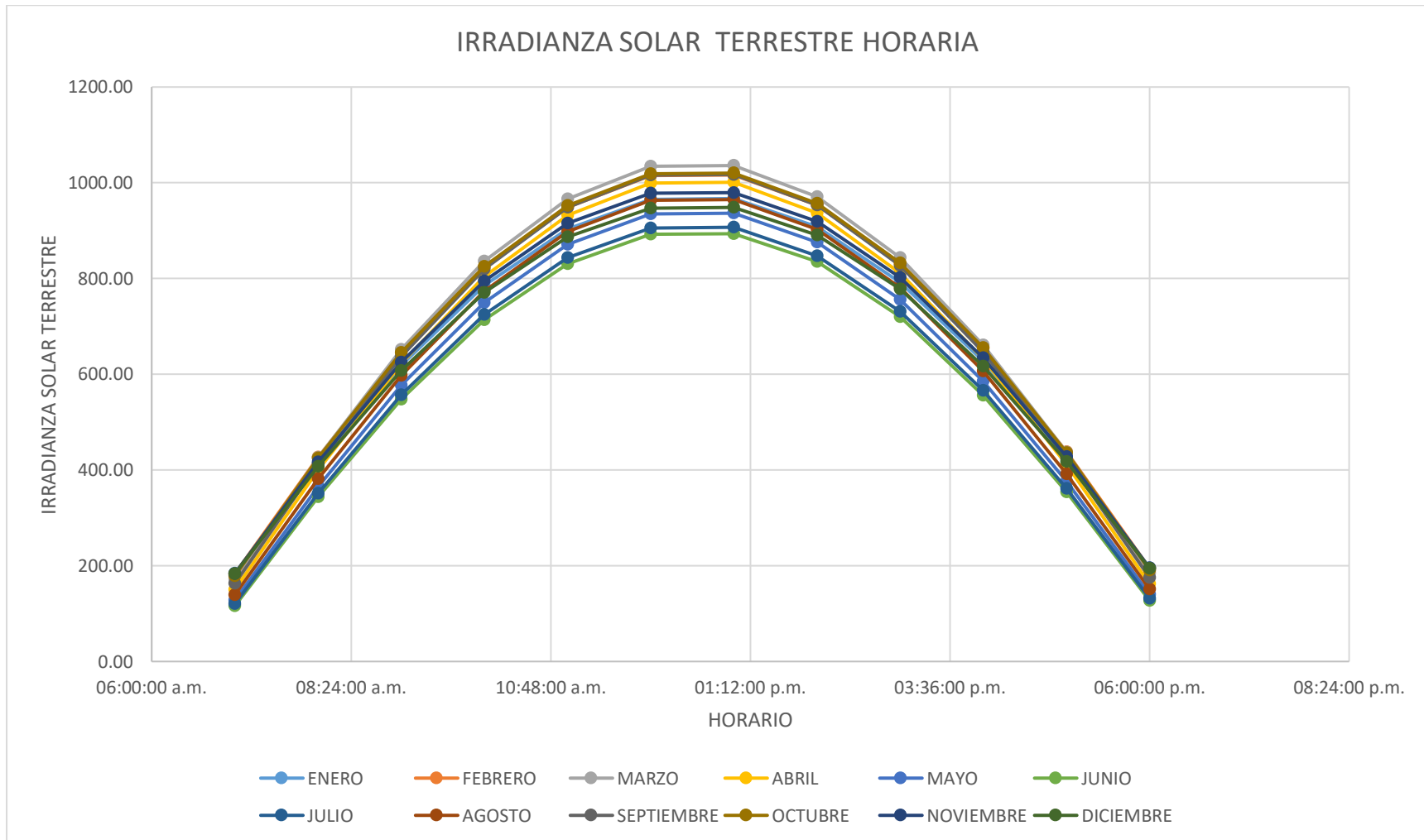


Fuente. Elaboracion propia

### 3.4.11.8. Irradiancia solar terrestre anual 2023 con techo inclinado

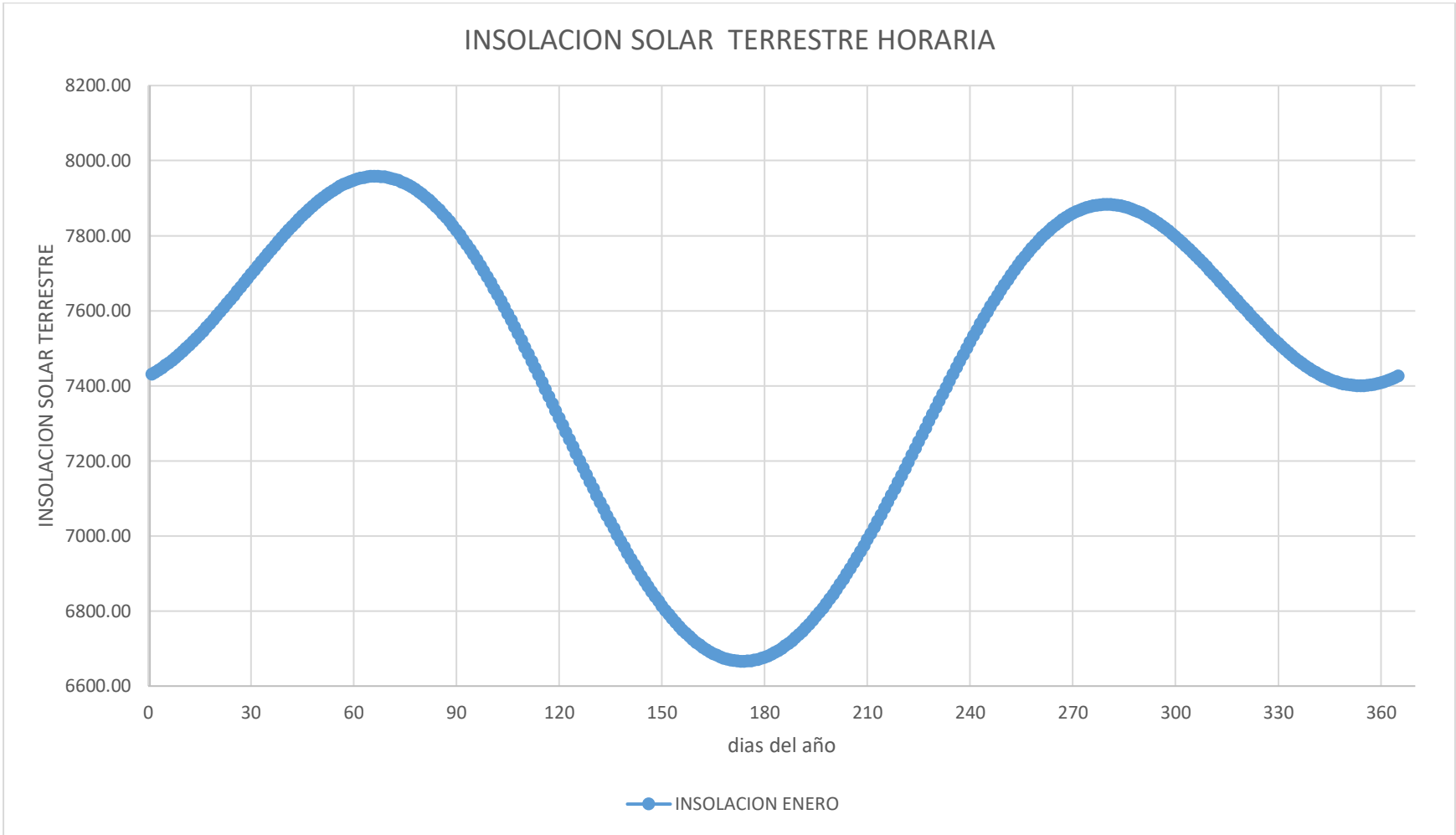
Considerando la normativa nacional de ibnorca 1056 y el tipo de techo de la vivienda y la consulta de expertos en este tipo de instalaciones se considera un ángulo de inclinación de 25 ° y un ángulo de azimut para la zona de interés será de 0 °. Por lo que la irradiancia solar terrestre para esas condiciones será la siguiente, como se muestra en la figura.

Figura de la irradiancia solar terrestre horaria para el ángulo de inclinación del techo



Fuente. Elaboración propia

Figura de la insolación solar terrestre horaria para el ángulo de inclinación del techo



Fuente. Elaboración propia

### 3.4.12. Diseño del sistema fotovoltaico OFF GRID

La implementación de un sistema fotovoltaico off-grid en el diseño de viviendas sociales en Sucre se justifica por diversas razones que abarcan aspectos técnicos, económicos y ambientales. A continuación, se presentan los argumentos que respaldan esta elección:

- **Viabilidad Técnica:**

El análisis climático realizado en la región de Sucre, específicamente en Kuchu Tambo, ha demostrado que las condiciones son óptimas para la captación de energía solar. La irradiación solar en esta área es suficiente para garantizar un suministro energético adecuado a través de un sistema fotovoltaico.

Se ha determinado que se requieren doce paneles solares y baterías para satisfacer la demanda energética diaria de las viviendas, lo que subraya la capacidad del sistema para operar de manera independiente de la red eléctrica, la cual es limitada en nuestra zona.

- **Independencia Energética:**

Un sistema fotovoltaico off-grid permite a las viviendas ser autosuficientes en términos de energía, lo que es especialmente relevante en áreas rurales o periurbanas donde el acceso a la red eléctrica es limitado o inexistente. Esto no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también reduce la dependencia de fuentes de energía externas.

- **Beneficios Económicos:**

Aunque la inversión inicial en un sistema fotovoltaico puede ser alta, los beneficios a largo plazo son significativos. La reducción en los costos de energía y el ahorro en facturas eléctricas son factores que justifican la inversión. Además, la implementación de un sistema solar puede resultar en un retorno económico a través de la disminución de gastos operativos.

La evaluación de costos ha mostrado que, a pesar de la inversión inicial, los beneficios económicos y ambientales a largo plazo superan los costos, lo que hace que la opción de un sistema off-grid sea atractiva para las viviendas sociales.

- **Impacto Ambiental Positivo:**

La integración de un sistema fotovoltaico contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Se ha estimado que, al implementar este sistema, las emisiones de CO<sub>2</sub> pueden disminuir significativamente, lo que es crucial en la lucha contra el cambio climático.

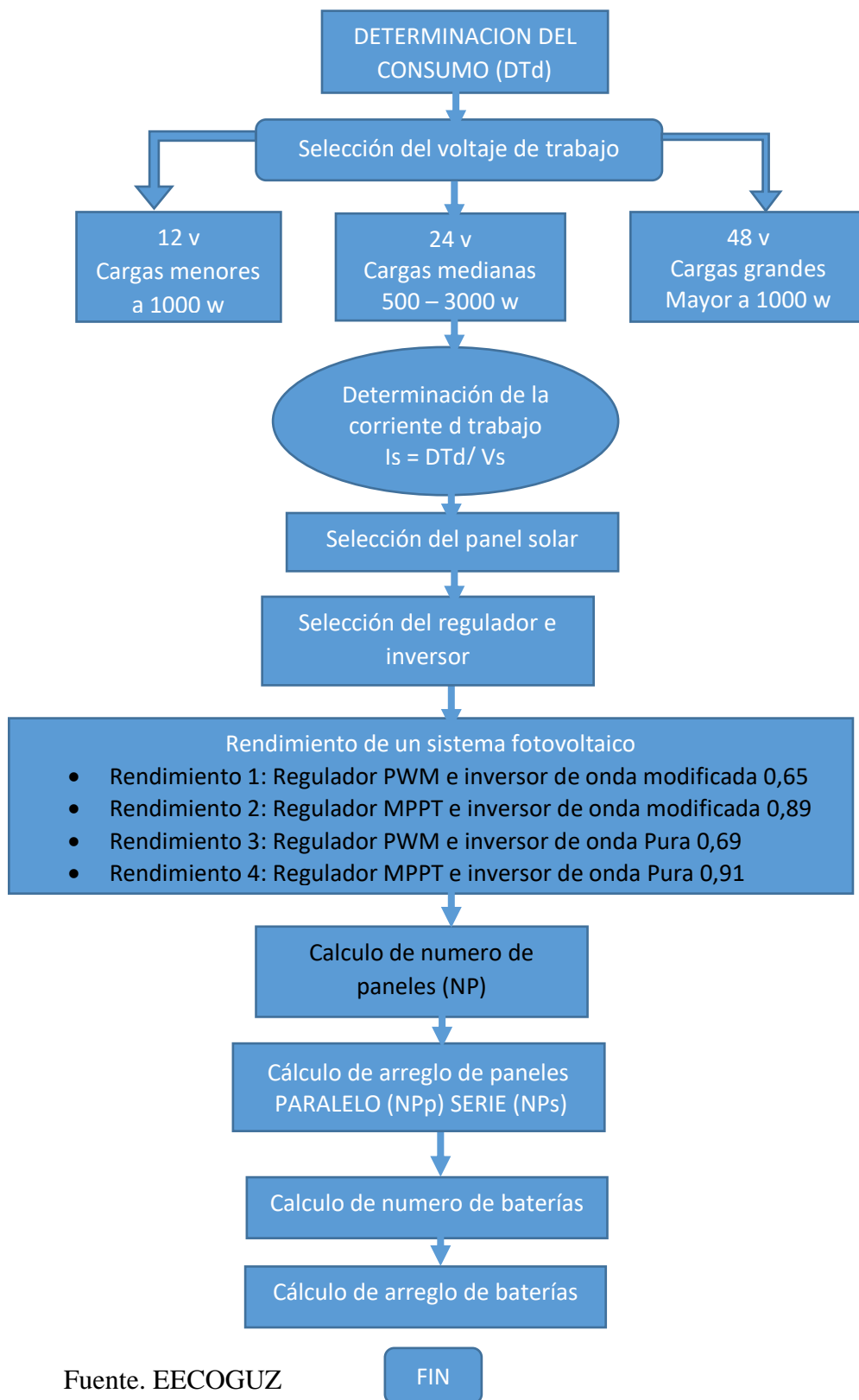
La elección de un sistema off-grid es particularmente relevante en el contexto actual, donde la sostenibilidad y la reducción de la huella de carbono son prioridades globales. Este enfoque no solo mejora la eficiencia energética de las viviendas, sino que también promueve un modelo de desarrollo más sostenible.

- **Adaptabilidad:**

Los sistemas fotovoltaicos off-grid son altamente adaptables y pueden ser escalados según las necesidades específicas de cada vivienda. Esto permite personalizar la solución energética para cada hogar, considerando factores como el tamaño de la familia, el consumo energético y las características del entorno.

Para finalizar, el uso de un sistema fotovoltaico off-grid en el diseño de viviendas sociales en Sucre no solo es viable desde un punto de vista técnico, sino que también ofrece beneficios económicos y ambientales significativos. Esta solución energética se alinea con las necesidades de la población y contribuye a un futuro más sostenible, haciendo de este enfoque una opción altamente recomendable para el desarrollo de viviendas en la región de kuchu tambo.

## Diagrama de flujo del dimensionamiento OFF Grid



Fuente. EECOGUZ

## PASO 1 DETERMINACION DEL CONSUMO TABLA

- Radiación de la zona de interés  
4.97 kwh/m<sup>2</sup>-dia
- Determinación del consumo

Demanda diaria (DTd) 14412 w

Dtmax = 4415 w

## PASO 2 SELECCIÓN DEL VOLTAJE DEL TRABAJO

- Determinar parámetros de trabajo

**Selección del voltaje de trabajo:**

Potencia	Tensión nominal
$P \leq 800 \text{ W}$	12 V
$800 < P \leq 1600 \text{ W}$	24 V
$1600 < P \leq 3200 \text{ W}$	48 V
$P > 3200 \text{ W}$	120 o 300 V

Fuente: Castejon y Samantaria, Instalación de sistemas fotovoltaicos

**Seleccionar corriente de trabajo (Is)**

$$I_s = \frac{DT_{max}}{V_s} \text{ (A)}; \quad \text{Elegir siempre la menor corriente}$$

**Para 24 v**

$$I_s = \frac{4415}{24} = 184 \text{ A}$$

**Para 48 v**

$$I_s = \frac{4415}{48} = 92 \text{ A}$$

**Para 120 v**

$$I_s = \frac{4415}{120} = 37 \text{ A}$$

Para 120 v, no existe paneles o equipos de este voltaje en el mercado, para el caso de estudio utilizaremos una corriente menor a 100 A el cual existe en el mercado nacional y según los cálculos, seria para un voltaje de (Vs) 48 v y una corriente de (Is) 92 A.

- Determinar potencia de paneles

48 v ; Caso PWM; paneles de 200 – 250 w ; número de celdas de 48 -60; caso MPPT; paneles de 150 – 500 w (cualquier celda)

### PASO 3 SELECCIÓN DEL PANEL SOLAR

Panel de 250 w de la marca REC

PARÁMETROS ELÉCTRICOS @ STC	REC240PE	REC245PE	REC250PE	REC255PE	REC260PE	REC265PE	DATOS GENERALES
Potencia nominal - $P_{MPP}$ (Wp)	240	245	250	255	260	265	Tipo de célula: 60 células policristalinas REC PE 3 cadenas de 20 células con diodos de derivación
Clasificación de la clase de potencia - (W)	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	0/+5	Cristal: Vidrio solar de 3,2 mm con tratamiento antirreflectante
Tensión nominal - $V_{MPP}$ (V)	29,7	30,1	30,2	30,5	30,7	30,9	Lámina posterior: Doble capa de poliéster de alta resistencia
Corriente nominal - $I_{MPP}$ (A)	8,17	8,23	8,30	8,42	8,50	8,58	Marco: Aluminio anodizado
Tensión a circuito abierto - $V_{OC}$ (V)	36,8	37,1	37,4	37,6	37,8	38,1	Caja de conexiones: IP 67
Corriente corto circuito - $I_{SC}$ (A)	8,75	8,80	8,86	8,95	9,01	9,08	Cable solar 4mm <sup>2</sup> , 0.90 m + 1.20 m
Eficiencia del módulo (%)	14,5	14,8	15,1	15,5	15,8	16,1	Conectores: Multi-Contact MC4 (4 mm <sup>2</sup> )
<small>Los datos analizados demuestran que el 99,7% de los módulos tienen una tolerancia de corriente y tensión del <math>\pm 3\%</math> respecto al valor nominal. Valores en condiciones estándares de medida STC (masa de aire AM1,5, irradiancia 1000W/m<sup>2</sup>, temperatura de la célula 25°C). En bajas irradiancias de 200W/m<sup>2</sup> y condiciones STC (1,5 AM y temperatura de célula de 25°C) es posible obtener, al menos el 97% de</small>							Origen: Fabricado en Singapore

- Potencia nominal,  $P_m = 250$
- Tension nominal,  $V_m = 30.2$  V
- Tension a circuito abierto,  $V_{oc} = 37.4$  V
- Corriente nominal,  $I_m = 8.3$  A
- Corriente corto circuito,  $I_{sc} = 8.86$  A

### PASO 4 SELECCIÓN DEL REGULADOR E INVERSOR (MPPT)

MPPT		
Marca: TRISTAR		
<b>Parámetros eléctricos</b>		
	<b>TS-MPPT-45</b>	<b>TS-MPPT-60</b>
• Corriente máxima de batería	45 amp.	60 amp.
• Entrada nominal máxima del panel		
12 Voltios	600 Watts	800 Watts
24 Voltios	1200 Watts	1600 Watts
48 Voltios	2400 Watts	3200 Watts
	<b>TS-MPPT-45 y TS-MPPT-60</b>	
• Rendimiento pico	99%	
• Voltaje nominal del sistema	12, 24, 36 o 48 VCC	
• Voltaje máximo del panel a circuito abierto	150 VCC	

Se selecciona un inversor de la marca EPsolar de 2000 W

Types	SHI2000-22	SHI2000-42	SHI3000-22	SHI3000-42
Nominal Battery Voltage	24V	48V	24V	48V
Input Voltage Range	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc	21.6 ~32Vdc	43.2 ~64Vdc
No Load Current	≤0.7A	≤0.7A	≤1.2A	≤1.0A
Output Wave	Pure Sine Wave			
Output Voltage	220Vac±3% / 230Vac±10%			
Continuous Power	2000W		3000W	
Power 10 sec	3000W		4500W	
Power 1.5 sec	4000W		6000W	
Surge Power	4600W		6900W	
Frequency	50/60Hz±0.2%			
Distortion THD	≤ 3% (resistive load)			
Efficiency at Rated Power	≥93%	≥94%	≥93%	≥94%

## PASO 5 CÁLCULO DE PÉRDIDAS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Rendimiento: Regulador MPPT e inversor de onda Pura 0,91

Utilizamos este regulador MPPT debido a que trabajaremos con corrientes hasta 100 A y entre los equipos en la vivienda existe la posibilidad que algunos utilicen algún motor.

## PASO 6 CÁLCULO DE NUMERO DE PANELES

MPPT
$NP = \frac{DTd}{HSP * n * Wp}$ $NP = \frac{14412}{5,4 * 0,91 * 250} = 11.73 \cong 12$

## PASO 7 CÁLCULO DEL ARREGLO DE PANELES SOLARES

Revisar las condiciones del regulador MPPT

Se van a utilizar, 12 paneles en total y 2 serie y 6 en paralelo.

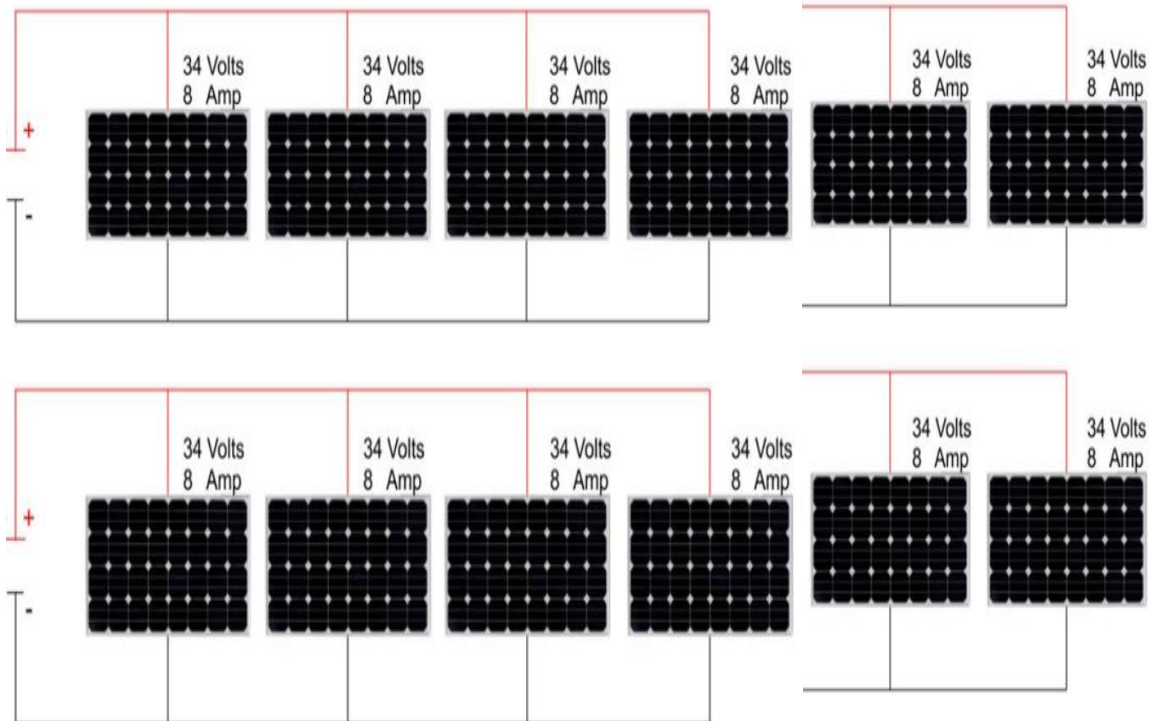
Numero de paneles en serie

$$NP_s = \frac{V_s}{V_p} = \frac{48}{30.20} = 1.6 \approx 2$$

Numero de paneles en paralelo

$$NP_p = \frac{N_p}{NP_s} = \frac{12}{2} = 6$$

EJEMPLO



## PASO 8 CÁLCULO DE NUMERO DE BATERIAS

Carga del sistema para la noche

$$Qh = \frac{D * Da}{V_{sist}} = \frac{14412 * 2}{48} = 600.5 \text{ A h}$$

Numero de baterías

$$NB = \frac{Qh}{Qhb * PD} = \frac{600.5}{750.625 * 0.8} = 1$$

## PASO 9 ARREGLO DE BATERIAS

Numero de baterías en serie

$$NBs = \frac{Vsist}{Vbat} = \frac{48}{12} = 4$$

Numero de baterías

$$NB = NBs * NBp = 4 * 1 = 4$$

Carga de batería seleccionada

$$Qhb = \frac{Qh}{NBp * PD} = \frac{600.5}{1 * 0.8} = 750.625 Ah$$

Los modelos comerciales de 12 V no pasan de 200 Ah (250 Ah), caso aumentar los paralelos

$$Qhb = \frac{Qh}{NBp * PD} = \frac{600.5}{3 * 0.8} = 205.2 Ah$$

Con un total de 4 baterías en paralelo y 3 en serie se tiene el número de baterías de:

$$NB = NBs * NBp = 4 * 3 = 12$$

Con una carga de 205.2 Ah se tiene la siguiente batería RITAR,



### RA12-200 (12V200Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards. With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.

#### Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	200Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx. 60.0 Kg (Tolerance ±1.5%)
Max. Discharge Current	2000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 4 mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C

## MEMORIA DE CÁLCULO

Descripción	Marca	Modelo	Cantidad	Configuración
Panel solar de 250 Wp	REC	REC250PE	12	2x6 Primer dígito: serie Segundo dígito: paralelo
Batería de 200 Ah	RITAR	RA12-200	12	4x3
Regulador de 45 A, MPPT	TRISTAR	TS-MPPT-45	1	--
Inversor de 2000 W onda pura	EPsolar	SHI 2000-42	1	--

**Fuente. Elaboración propia**

## COSTO DE INVERSIÓN

Descripción	Cantidad	Costo unitario	Total Parcial
Paneles 250 Wp	12	1380	16.560
Batería 200 Ah	12	3852	46224
Regulador 45 A, MPPT	1	892	892
Inversor 2000 W	1	3500	3500
Mano de obra de instalación y accesorios	1	1921	1921
<b>Total Bs</b>			<b>69097</b>

**Fuente. Elaboración propia**

El diseño del sistema fotovoltaico presentado en el documento para una vivienda social en el área de Kuchu Tambo, Sucre, ha sido realizado con un enfoque integral que considera tanto la demanda energética de la vivienda como las condiciones climáticas locales. A continuación, se analizan los resultados obtenidos, destacando aspectos clave como la

capacidad del sistema, la eficiencia energética, y las implicaciones ambientales y económicas.

El diseño del sistema fotovoltaico se basa en un balance energético que establece una demanda diaria de 14,412 W/día. Para satisfacer esta demanda, se ha determinado la necesidad de instalar 12 paneles solares y 12 baterías, lo que indica un enfoque adecuado para garantizar un suministro energético constante. Este dimensionamiento es crucial, ya que asegura que la vivienda pueda operar de manera autónoma, especialmente en un contexto donde la red eléctrica puede ser inestable o inexistente.

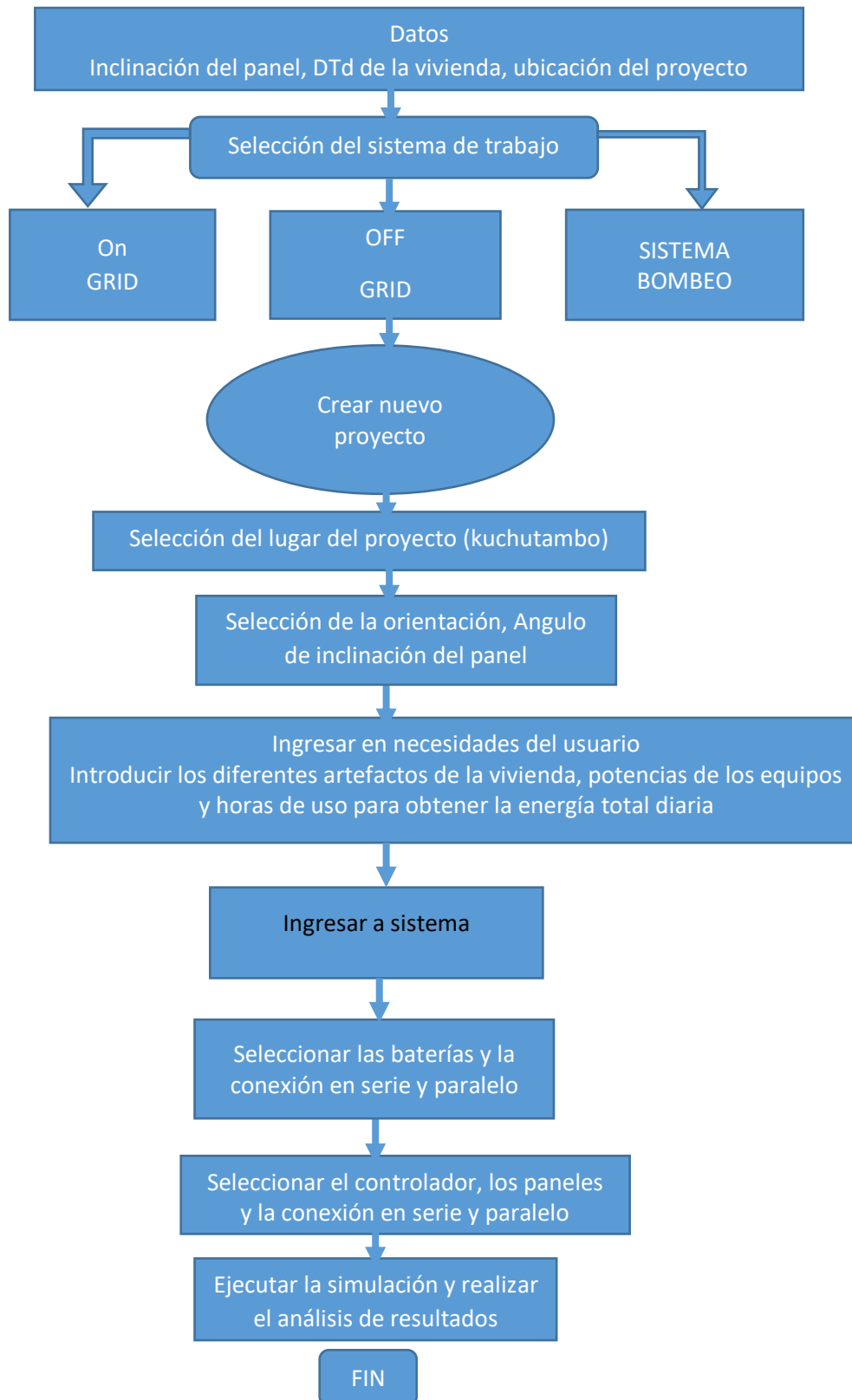
El análisis de eficiencia energética realizado en el documento muestra que, al implementar las propuestas de eficiencia, el consumo eléctrico de la vivienda podría disminuir en un 61%, pasando de 4,558 kWh/año a 1,739 kWh/año. Esta reducción significativa no solo implica un ahorro económico, sino que también contribuye a la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, pasando de 24.54 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup> a 9.36 kg CO<sub>2</sub>eq/m<sup>2</sup>. Estos resultados subrayan la importancia de integrar estrategias de eficiencia energética en el diseño de viviendas sociales, lo que puede ser un modelo replicable en otras regiones con características similares.

La disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero es un resultado positivo del diseño del sistema fotovoltaico. La reducción de la huella de carbono es un aspecto crítico en la lucha contra el cambio climático, y el diseño propuesto demuestra cómo la implementación de energías renovables puede contribuir a este objetivo. La elección de un sistema fotovoltaico off-grid es particularmente relevante en áreas rurales o periurbanas donde el acceso a la red eléctrica es limitado.

El diseño del sistema fotovoltaico para la vivienda social en Kuchu Tambo representa un avance significativo hacia la sostenibilidad energética en contextos de alta necesidad social. Los resultados obtenidos no solo demuestran la viabilidad técnica y económica del sistema, sino que también resaltan su potencial para contribuir a la reducción de la huella de carbono y mejorar la calidad de vida de las comunidades. La integración de estrategias de eficiencia energética y el uso de energías renovables son pasos esenciales hacia un futuro más sostenible.

## Análisis del dimensionamiento solar fotovoltaico OFF GRID mediante el software PVsist

Diagrama de flujo del dimensionamiento OFF Grid en el programa PV sist



Proyecto: simulacion kuchutambo- sucre,PRJ

Proyecto Sitio Variante Notas del usuario

**Proyecto**

Nuevo Carga Guardar Import Export Configuración del proyecto Eliminar Cliente

Nombre del proyecto: simulacion kuchutambo- sucre Nombre del cliente: No definido

Archivo del sitio: kuchutambo sucre\_MN81.SIT Meteorom 8.1 (2010-2017), Sat=100% Bolivia

Archivo meteo: kuchutambo sucre\_MN81\_SYN.MET Meteorom 8.1 (2010-2017), Sat=100% Sintético

**Simulación realizada (no guardado)**

**Variante**

Nuevo Guardar Importar Eliminar Administrar

Variante n°: VCO : simulacion kuchuambo- sucre 2

**Parámetros principales**

- Orientación
- Necesidades usuario
- Sistema \*
- Pérdidas detalladas

**Opcional**

- Horizonte
- Sombreados cercanos
- Evaluación económica

**Simulación**

- Ejecutar simulación**
- Simulación avanzada
- Informe
- Resultados detallados

**Resumen de resultados**

**Tipo de sistema** Sistema independiente con baterías

Producción del sistema	6271 kWh/año
Producción específica	2090 kWh/kWp/año
Proporción de rendimiento	0.670
Producción normalizada	4.75 kWh/kWp/día
Pérdidas del conjunto	1.86 kWh/kWp/día
Pérdidas del sistema	0.48 kWh/kWp/día

Salida

Orientación, Variante "simulacion kuchuambo- sucre 2"

Tipo de campo: Plano inclinado fijo

**Parámetros del campo**

Inclinación del plano: 25.0

Azimut: 0.0

**Inclin. 25°**

**Azimut 0°**

Este Oeste

Norte

**Optimización rápida**

Optimización con respecto a:

- Rendimiento irradiación an.
- Verano (oct-mar)
- Invierno (abr-sept)

**Rendimiento meteo de invierno**

Factor de transposición FT: 1.25

Pérdida con respecto al óptimo: -4.1%

Global en el plano colector: 1364 kWh/m<sup>2</sup>

**Invierno**

FT<sub>transp.</sub> = 1.25

Pérdida/opt. = -4

Inclinación del plano

Orientación del plano

Cancelar OK

**Definición de consumos domésticos diarios para el año.**

Consumo Distribución por hora

**Consumos diarios**

Número	Aparato	Potencia	Uso diario	Distrib. por hora	Daily energy
2	licuadora + exprimidora	900 W/lámpara	0.5 h/día	OK	900 Wh
8	iluminación	15 W/apar.	6.0 h/día	OK	720 Wh
1	ruter	5 W/apar.	24.0 h/día	OK	108 Wh
1	refrigerador	4.00 kWh/día	24.0	OK	4001 Wh
2	ducha + plancha	2500.0 W prom	0.5 h/día	OK	2500 Wh
3	televisor + equipo de sonido	150 W/apar.	6.0 h/día	OK	2700 Wh
6	laptop + impresora + cargador	53 W/apar.	11.0 h/día	OK	3498 Wh
Consumidores en espera		0 W tot	24 h/día		0 Wh

**Info aparatos**

**Energía diaria total** 14427 Wh/día  
**Energía mensual** 432.8 kWh/mes

**Definición de consumo por**

- Años**
- Estaciones
- Meses

**Fin de semana o uso semanal**

- Usar solo durante
- días en una semana

**Modelo**

Carga
 Guardar

Otro perfil
 Cancelar
 OK

Definición de sistema independiente, Variante "simulación kuchuambo-sucre 2", Variant "simulación kuchuambo-sucre 2"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado 5.0 % Voltaje de la batería (usuario) 48 V  
 14.4 kWh/día Autonomía solicitada 2.0 día(s) Capacidad sugerida 707 Ah  
 Pre-dimens. detallado Potencia FV sugerida 2691 Wp (nom.)

Almacenamiento Generador FV Respaldo Esquema Simplificado

**Procedimiento**  
 Las sugerencias de pre-dimensionamiento se basan en el meteo mensual y la definición de necesidades del usuario  
 1. -Pre-dimensionamiento Defina las condiciones de pre-dimensionamiento deseadas (PLOL, autonomía, voltaje de la batería)  
 2. -Almacenamiento Defina la batería (las casillas de verificación predeterminadas se acercarán al pre-dimensionamiento)  
 3. -Diseño generador FV Diseñe el generador FV (módulo FV) y el modo de control. Se recomienda comenzar con un controlador universal.  
 4. -Respaldo Defina un grupo electrógeno eventual

**Especifique el conjunto de batería**  
 Ordenar baterías por  voltaje  capacidad  fabricante  
 NBA 12 V 207 Ah Pb Open Tub 10 TG 12N Desde 2019   
 Plomo-ácido  
 4 baterías en serie Número de baterías 12 Voltaje paquete de baterías 48 V  
 3 baterías en paralelo Número de elementos 72 Capacidad global 621 Ah  
 100.0 % Estado inicial de desgaste (núm. de ciclos) Energía almacenada (80% DOD) 23.8 kWh  
 100.0 % Estado inicial de desgaste (estático) Energía total almacenada durante la vida útil de la batería 33231 kWh

**Temperatura de funcionamiento batería**  
 Modo de temperatura Fijo (aire acondicionac.)  
 Temperatura fija 20 °C  
 La temperatura de la batería es importante para el envejecimiento de la batería. Un aumento de 10 °C divide la vida útil de la

**Necesid. usuario** Hogar Potencia prom. 601 W  
 Proporción nocturna 50.0% Energía día 14.4 kWh  
**Paquete de baterías** 3 en paralelo, 48 V Capacidad 621 Ah  
 Autonomía 1.7 día Energía almacenada 23.8 kWh  
**Generador FV** 6 cadena(s) de 2 módulos Potencia nom. 3.00 kWp  
 PV/PLoad 5.0 Energía prom. día 14.8 kWh  
**Controlador** MPPT universal Potencia nom. 2.61 kW  
 PV/PConv 1.15 Umbral según SOC

Definición de sistema independiente, Variante "simulación kuchuambo-sucre 2", Variant "simulación kuchuambo-sucre 2"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado 5.0 % Voltaje de la batería (usuario) 48 V  
 14.4 kWh/día Autonomía solicitada 2.0 día(s) Capacidad sugerida 707 Ah  
 Pre-dimens. detallado Potencia FV sugerida 2691 Wp (nom.)

Almacenamiento Generador FV Respaldo Esquema Simplificado

Nombre y orientación del subconjunto  
 Nombre Generador FV Inclinación 25°  
 Oriente Plano inclinado fijo Azimut 0°

**Ayuda de pre-dimensionamiento**  
 Sin dimensionam. Ingrese potencia planeada 2.7 kWp  
 Redimens. ... o área disponible 18 m²

**Selección el módulo FV**  
 Todos los módulos Ordenar módulos  Potencia  Tecnología  
 REC 250 Wp 25V Si-poly REC 250PE Hasta 201   
 Dimensiones: voltaje : Vmpp (60°C) 26.1 V  
 Voc (-10°C) 41.2 V

**Selección el modo de control y el controlador**  
 Controlador universal \_Generic Convertidor de potencia MPPT  
 Corriente máx. de carga-descarga  
 Modo operativo  Acoplamiento directo MPPT 1000 W 48 V 69 A 59 A Universal controller with MPPT conve   
 Convertidor MPPT Los parámetros de funcionamiento del controlador universal se ajustará automáticamente de acuerdo con las propiedades del sistema.  
 Convertidor CC-CC

**Diseño generador FV**  
 Número de módulos y cadenas debe ser/estar:  Sin restricciones  
 Mód. en serie 2  entre 5 y 7  
 Núm. cadenas 6  
 Núm. de módulos 12 Área 20 m²  
 Condiciones de operación:  
 Vmpp (60°C) 52 V  
 Vmpp (20°C) 61 V  
 Voc (-10°C) 82 V  
 Irradia. plano 1000 W/m²  
 Imp (60°C) 49.4 A Potencia de funcionamiento máx. 2.70 kW  
 Isc (60°C) 53.5 A (a irrada. máx. y 50 °C)  
 Isc (en STC) 53.4 A Potencia nom. conjunto (STC) 3.00 kWp

**Necesid. usuario** Hogar Potencia prom. 601 W  
 Proporción nocturna 50.0% Energía día 14.4 kWh  
**Paquete de baterías** 3 en paralelo, 48 V Capacidad 621 Ah  
 Autonomía 1.7 día Energía almacenada 23.8 kWh  
**Generador FV** 6 cadena(s) de 2 módulos Potencia nom. 3.00 kWp  
 PV/PLoad 5.0 Energía prom. día 14.8 kWh  
**Controlador** MPPT universal Potencia nom. 2.61 kW  
 PV/PConv 1.15 Umbral según SOC

Definición de sistema independiente, Variante "simulación kuchuambo-sucre 2", Variant "simulación kuchuambo-sucre 2"

Necesidades diarias prom. Ingrese PLOL aceptado  % Voltaje de la batería (usuario)  V  
 14.4 kWh/día Autonomía solicitada  día(s) Capacidad sugerida **707** Ah  
 Pre-dimens. detallado Potencia FV sugerida **2691** Wp (nom.)

Almacenamiento Generador FV Respaldo Esquema Simplificado

### Diseño típico de un sistema autónomo

<b>Necesid. usuario</b>	Hogar	Potencia prom.	601 W
	Proporción nocturna 50.0%	Energía día	14.4 kWh
<b>Paquete de baterías</b>	3 en paralelo, 48 V	Capacidad	621 Ah
	Autonomía 1.7 día	Energía almacenada	23.8 kWh
<b>Generador FV</b>	6 cadena(s) de 2 módulos	Potencia nom.	3.00 kWp
	PV/PLoad 5.0	Energía prom. día	14.8 kWh
<b>Controlador</b>	MPPT universal	Potencia nom.	2.61 kW
	PV/PCConv 1.15	Umbral	según SOC

Cancelar OK

Resultados, variante VCO "simulación kuchuambo-sucre 2"

#### Parámetros de simulación

**Proyecto:** simulacion kuchutambo-sucre

**Generador FV:**

Módulos FV	REC 250PE	Batería:	10 TG 12N
Potencia nominal	3.00 kWp	Voltaje de batería	48 V
Voltaje MPP	30.0 V	Capacidad total	621 Ah
Corriente MPP	8.3 A		

#### Resultados principales

Producción del sistema	<b>6271</b> kWh/año	Prod. normalizada	<b>4.75</b> kWh/kWp/día
Prod. específica	<b>2090</b> kWh/kWp/año	Pérdidas del conjunto	<b>1.86</b> kWh/kWp/día
Proporción de rendimiento	<b>0.670</b>	Pérdidas del sistema.	<b>0.48</b> kWh/kWp/día

#### Diagrama entrada/salida diaria

Diagrama entrada/salida diar

#### Proporción de rendimiento (PR) y Fracción solar (SF)

Proporción de rendimiento (PR)

#### Distribución de la potencia del conjunto

Distribución de la potencia de

#### Temperatura del conjunto vs irradiación efectiva

Temperatura del conjunto vs

Informe

Tablas

Gráficos predefinidos

Gráficos por hora

Evaluación económica

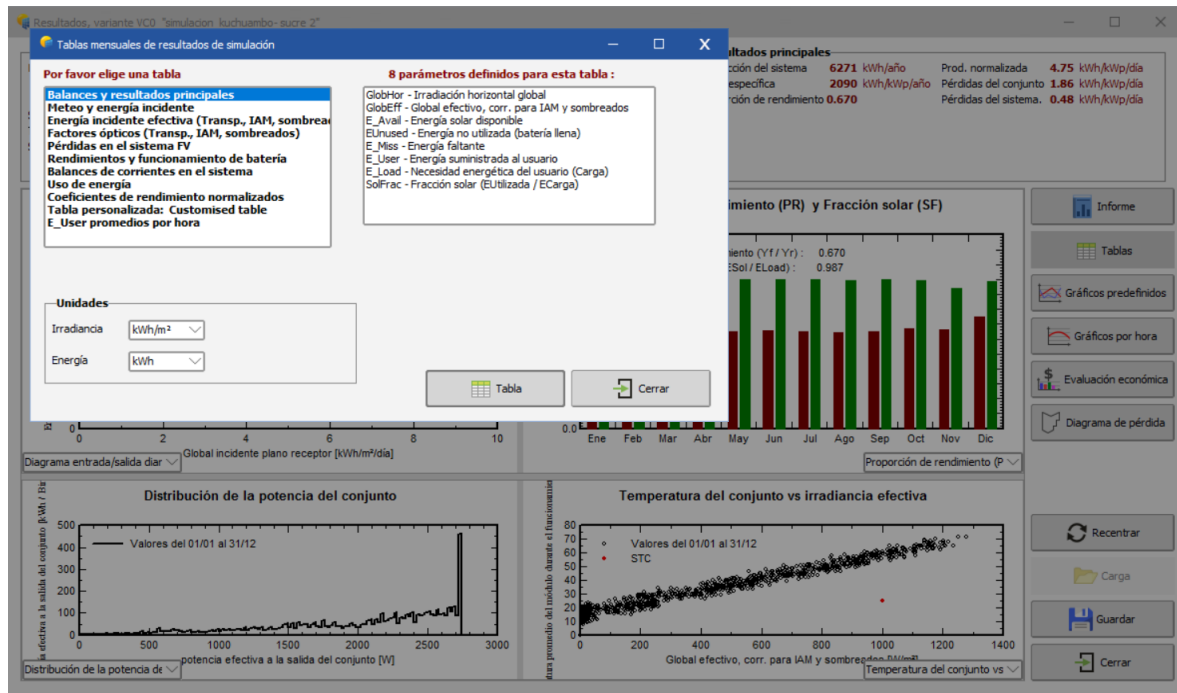
Diagrama de pérdida

Recentrar

Carga

Guardar

Cerrar



Balances and main results

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUunused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	ratio
<b>January</b>	243.8	208.3	515.4	47.57	0.00	447.2	447.2	1.000
<b>February</b>	193.9	180.7	451.8	21.18	4.41	399.5	404.0	0.989
<b>March</b>	212.6	218.3	536.0	83.90	19.10	428.1	447.2	0.957
<b>April</b>	186.5	213.5	520.9	70.28	7.14	425.7	432.8	0.984
<b>May</b>	177.8	226.5	558.7	85.37	0.00	447.2	447.2	1.000
<b>June</b>	162.6	218.7	540.6	82.38	0.00	432.8	432.8	1.000
<b>July</b>	173.4	227.4	563.8	94.06	0.00	447.2	447.2	1.000
<b>August</b>	187.5	226.4	555.4	82.55	3.37	443.9	447.2	0.992
<b>September</b>	203.8	218.7	532.5	76.88	0.00	432.8	432.8	1.000
<b>October</b>	228.8	216.9	529.7	59.95	3.54	443.7	447.2	0.992
<b>November</b>	230.4	199.4	490.6	51.35	24.65	408.2	432.8	0.943
<b>December</b>	229.1	191.2	475.6	27.06	5.51	441.7	447.2	0.988
<b>Year</b>	2430.1	2545.9	6270.9	782.54	67.72	5198.1	5265.8	0.987

**Legends**

- GlobHor Global horizontal irradiation
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- E\_Avail Available Solar Energy
- EUunused Unused energy (battery full)
- E\_Miss Missing energy
- E\_User Energy supplied to the user
- E\_Load Energy need of the user (Load)
- SolFrac Solar fraction (EUsed / ELoad)

Los resultados obtenidos del software PVsyst demuestran que la implementación de un sistema fotovoltaico en viviendas sociales es no solo viable, sino también beneficioso desde el punto de vista energético y económico. La correcta planificación y diseño del sistema, junto con un monitoreo adecuado, pueden garantizar un suministro energético sostenible y eficiente, contribuyendo así al desarrollo de comunidades más resilientes y sostenibles.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se ha establecido que la eficiencia energética es crucial para optimizar el uso de recursos energéticos en viviendas sociales. La comprensión de los conceptos de energía y eficiencia energética permite a los diseñadores y constructores implementar estrategias que reduzcan el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a un entorno más sostenible.
- El análisis del clima en la región de Sucre, específicamente en Kuchu Tambo, ha permitido identificar las condiciones óptimas para la implementación de sistemas de energía renovable, como la energía solar fotovoltaica. Este estudio climático es fundamental para el diseño de viviendas que maximicen la captación de energía solar.
- El estudio de la irradiación solar en la zona ha demostrado la viabilidad de implementar un sistema fotovoltaico off-grid. Se determinó que se requieren doce paneles y baterías para satisfacer la demanda energética diaria, lo que subraya la importancia de la energía solar como recurso renovable en la región.
- El diseño de la vivienda social ha sido realizado considerando las normativas y manuales de construcción, lo que asegura que las viviendas sean funcionales y sostenibles. La incorporación de un sistema solar fotovoltaico no solo mejora la eficiencia energética de la vivienda, sino que también representa una inversión a futuro que puede resultar en un retorno económico significativo a través de la reducción de costos de energía.
- Se han formulado diversas propuestas para mejorar la eficiencia energética de la vivienda, incluyendo la sustitución de electrodomésticos de alto consumo como la ducha eléctrica por térmicos solares ACS y la implementación de iluminación LED. Estas medidas son esenciales para reducir la demanda energética y las emisiones de gases de efecto invernadero.
- La evaluación de los costos asociados a la implementación de un sistema solar fotovoltaico ha mostrado que, aunque la inversión inicial puede ser alta, los beneficios a largo plazo, tanto económicos como ambientales, justifican esta inversión. La reducción en el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> son factores que deben ser considerados en la toma de decisiones sobre la construcción de viviendas sociales.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar programas de capacitación y sensibilización dirigidos a arquitectos, ingenieros y constructores sobre los principios de eficiencia energética y diseño bioclimático. Esto asegurará que los profesionales del sector estén equipados con el conocimiento necesario para aplicar prácticas sostenibles en la construcción de viviendas sociales, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental.
- Es fundamental que las autoridades locales y nacionales desarrollen políticas que fomenten la instalación de sistemas solares fotovoltaicos en viviendas sociales. Esto podría incluir subsidios, incentivos fiscales o financiamiento accesible para la adquisición e instalación de tecnologías renovables, lo que facilitaría la transición hacia fuentes de energía más limpias y sostenibles.
- Se sugiere llevar a cabo estudios periódicos sobre los recursos naturales y las condiciones climáticas de las diferentes regiones, especialmente en áreas donde se planea construir viviendas sociales. Esta información es crucial para adaptar los diseños arquitectónicos a las características locales, maximizando la eficiencia energética y el confort de los habitantes.
- Se recomienda buscar fortalecer el enfoque sostenible en la construcción de viviendas sociales, promoviendo la eficiencia energética y el uso de recursos renovables, al mismo tiempo que se considera el bienestar de las comunidades involucradas.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

- Arias Duran, H. I., & Aguirre Pacheco, H. E. (2020). *Manual de Construcción de Viviendas Sociales*.
- Garate, R. H. (2014). *Diseño de Vivienda Bioclimática para la Ciudad de Sucre*.
- Pozo Leñaño, C. T. (2011). *Determinación de Estrategias de Diseño Bioclimático para la Ciudad de Sucre (Bolivia)*.
- Clarke, H. (2015). Integrated building performance simulation: Progress, prospects and requirements. doi:10.1016/j.buildenv.2015.04.002
- Gagliano, A., Nocera, F., Patania, F., & Capizzi, G. (2013). A case study of energy efficiency retrofit in social housing units. doi:10.1016/j.egypro.2013.11.029
- Galindo Paz, M., García Rivas, R., & Pérez Rodríguez, J. (2013). *Guía de la Eficiencia Energética en los Edificios Residenciales*.
- Hanan, T. (2014). Using passive cooling strategies to improve thermal performance and reduce energy consumption of residential buildings in U.A.E. buildings. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.foar.2014.01.002
- IPCC. (2014). IPCC, 2014: Climate change 2014: Mitigation of climate change. contribution of working group III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Retrieved from <http://www.ipcc.ch/index.htm>
- Neila. (2004). *Arquitectura bioclimática*
- Agency, E. (2015). *Indicadores de eficiencia energética bases esenciales para establecimiento de políticas*. France: cedex.
- Energía, M. d. (2019). *Etiquetado de artefactos de Energía*. La Paz.
- Fuentes, M. F. (2020). *Situación Energética de Bolivia y Desafíos*. WWF-Bolivia.
- Ramón Espinasa, C. S. (2018). *Dossier Energetico: Bolivia*. La Paz.
- Roman, N. P. (2014). *La eficiencia energética en el uso de la vivienda factores incidentes*.
- <https://www.aevienda.gob.bo/website>
- <http://www.lostiempos.com/especial-multimedia/20180806/vivienda-bolivia-dificil-acceso-habitat-calidad-mercado-tierras>

## GLOSARIO

**Eficiencia:** hace referencia a la capacidad para obtener los mejores resultados en cualquier actividad empleando la menor cantidad posible de recursos.

**Contexto:** Conjunto de circunstancias que rodean una situación y sin las cuales no se puede comprender correctamente.

**Sostenible:** Que es compatible con los recursos de que dispone una región, una sociedad.

**Precedentes:** Cosa, hecho o circunstancia que es anterior a otra semejante o de su misma clase, a la que condiciona, influye o sirve de ejemplo.

**Riesgo:** Situación en que puede darse esa posibilidad.

**Productividad:** Capacidad de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra cultivada, etc.

**Gases de efecto invernadero:** A los gases que atrapan el calor en la atmósfera

**Tecnología:** Conjunto de los conocimientos propios de una técnica

**Eólica:** Es aquella que se obtiene a partir de la fuerza del viento

**Solar:** Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante

**PNUD:** Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

**Fortalecimiento:** Acción de fortalecer o fortalecerse

**Energía renovable:** Aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales inagotables y generan electricidad sin contribuir al calentamiento global.

**Competitividad:** Rivalidad o competencia intensa para conseguir un fin.

**Potencia instalada:** La suma de las potencias nominales de las unidades de generación del Sistema Eléctrico.

**SIN:** Sistema Interconectado Nacional

**Monitoreo:** Proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa.

**Envolvente térmica:** Engloba todos los cerramientos opacos de un edificio.

**Climatización:** consiste en crear unas condiciones de temperatura, humedad y limpieza del aire adecuadas para la comodidad y la calidad del aire interior.

**Automatización:** Consiste en usar la tecnología para realizar tareas casi sin necesidad de las personas.

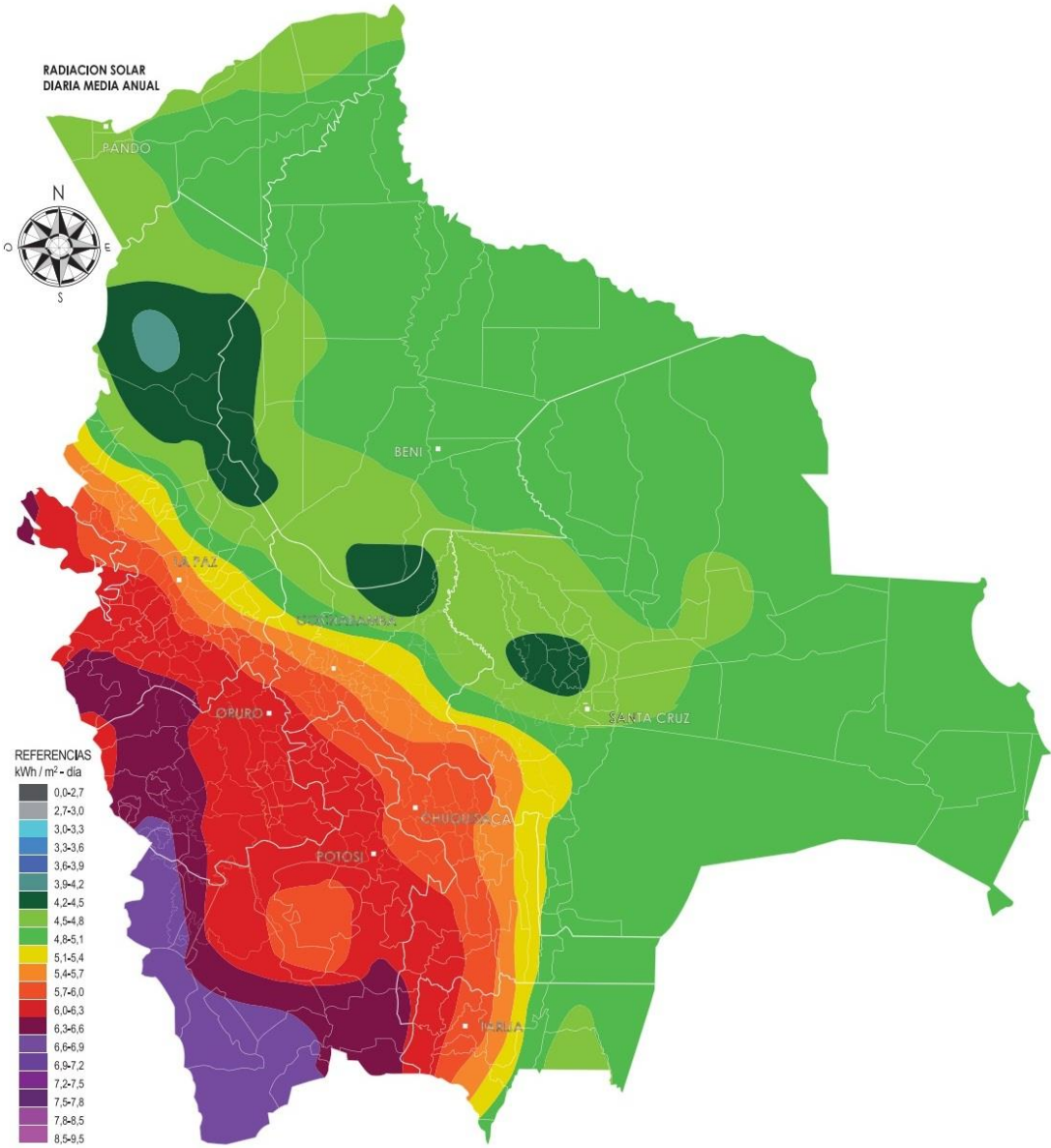
**Hábitos:** Es cualquier comportamiento aprendido (no es innato, no nacemos con ningún hábito) mediante la repetición, que se realiza de forma habitual

**Calefacción:** Mediante aire acondicionado · caldera y radiador.

**Mantenimiento:** Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

# ANEXOS

## ANEXO 1 MAPA SOLAR



**ANEXO 2 INFORMACION DEL TERRENO**



**Evo Morales Ayma**  
PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL



**TÍTULO EJECUTORIAL**

No. TÍTULO PPD-NAL-140068

No. BENEFICIARIOS	No. EXPEDIENTE
1	I-21188



**POR CUANTO :** BENITA VENTURA SENO ALDANA DE LEON

**MEDIANTE:**

TIPO DE INSTRUMENTO LEGAL	CLASE DE PROPIEDAD	ACTIVIDAD	CLASE DE TITULO
RESOLUCIÓN SUPREMA	PEQUEÑA	GANADERA	INDIVIDUAL

**HA OBTENIDO LA PROPIEDAD DENOMINADA:** COMUNIDAD CAMPESINA KUCHO TAMBO PARCELA 036

<b>CON UNA SUPERFICIE TOTAL DE:</b>	8.0899 HECTÁREAS
OCHO HECTAREAS CON OCHOCIENTOS NOVENTA Y NUEVE METROS CUADRADOS	

**A TITULO DE:** ADJUDICACIÓN

<b>UBICADA EN:</b>	
<b>DEPARTAMENTO :</b>	CHUQUISACA
<b>PROVINCIA :</b>	OROPEZA
<b>MUNICIPIO :</b>	SUCRE

**COLINDANCIAS, CODIGO CATASTRAL O GEOCODIGO :** VER PLANO ADJUNTO

**POR TANTO:**

En cumplimiento a la Constitución Política del Estado promulgada en fecha 7 de febrero de 2009, Art. 8 Parágrafo I Numeral 2 de la Ley N° 1715 del Servicio Nacional de Reforma Agraria, modificada mediante la Ley N° 3545 de Reconducción Comunitaria de la Reforma Agraria, Título X, Capítulos I y II del D.S. N° 29215 y la Resolución Suprema N° 06049 de fecha 7 de septiembre del 2011, se expide el presente título ejecutorial, reconociéndose al titular como único y absoluto propietario de las tierras especificadas. Es otorgado, firmado y refrendado en La Paz, a los 8 días del mes de enero del año 2013



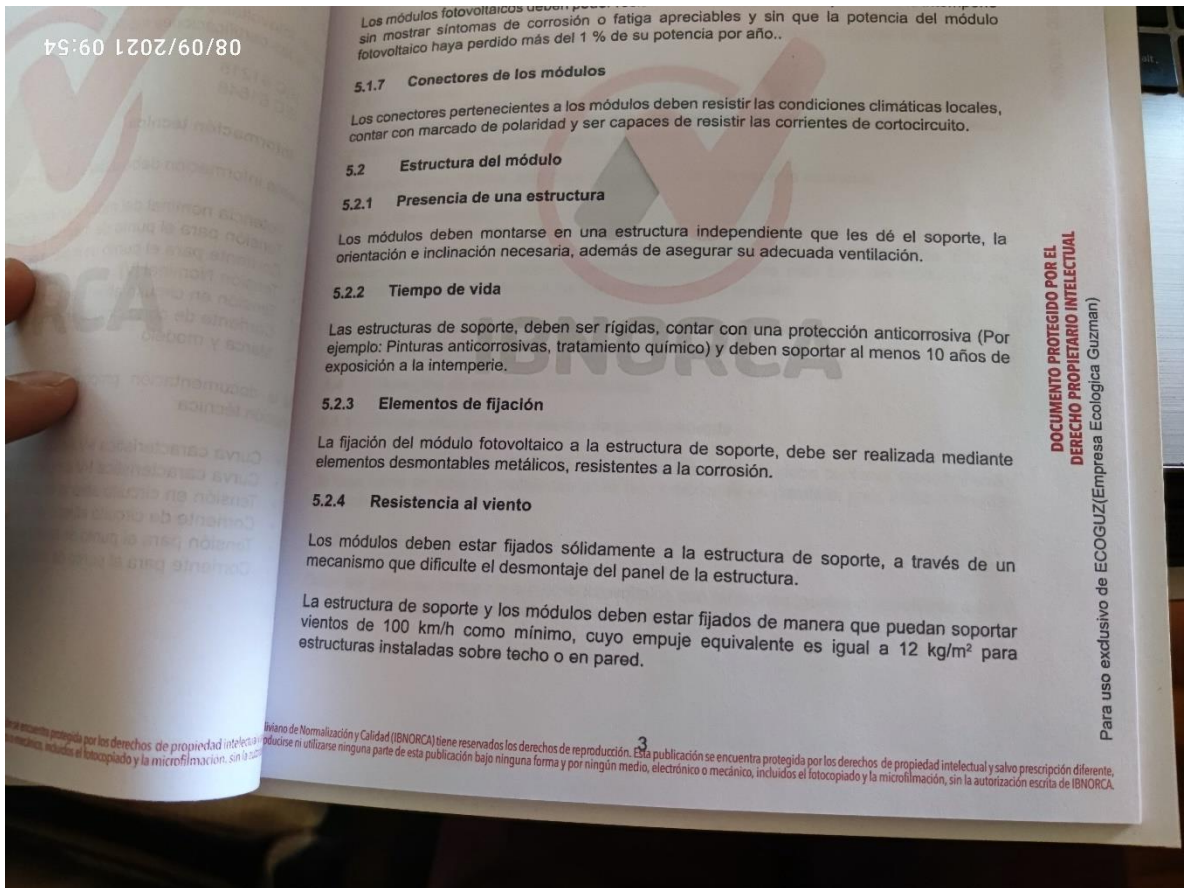
*[Signature]*  
Abog. Juanito Díaz Pareda Parcia  
DIRECCIÓN NACIONAL A.I.  
INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA AGRARIA

*[Signature]*





## ANEXO 4 NORMA BOLIVIANA 1056



Cuando la estructura de soporte se instale sobre pedestales, el empuje equivalente es correspondiente a 50 kg/m<sup>2</sup>, considerando el valor de altura mínima definido en esta norma.

**5.2.5 Tipo de estructura**

Las estructuras de soporte deben asegurar que los ángulos de orientación e inclinación permanezcan fijos.

**5.2.6 Material de la estructura**

La estructura debe ser metálica y con tratamiento anticorrosivo.

**5.2.7 Compatibilidad de materiales**

La estructura de soporte del módulo, debe ser galvánicamente compatible con los materiales utilizados en el marco del módulo, tales como tuercas, pernos, arandelas, etc.

**5.3 Pedestales**

Cuando la estructura de soporte se instale sobre pedestales, deben cumplirse los siguientes requisitos:

**5.3.1 Material**

La estructura de soporte del panel o módulo fotovoltaico debe ser montada en poste metálico, prefabricado (hormigón u otro material) o madera.

Si el poste es de madera, ésta debe ser tratada y de una especie resistente.

**5.3.2 Dimensiones**

La altura del poste medida desde el suelo hasta el tope debe ser al menos de 2,20 m, independientemente del material, garantizando que la parte más baja del módulo no se encuentre a una altura inferior a los 2 m medidos desde el suelo.

El diámetro, espesor y la profundidad de empotramiento deben garantizar el esfuerzo de compresión y tracción debido al viento definido en el punto 5.2.4.

**5.4 Arreglos de módulos fotovoltaicos**

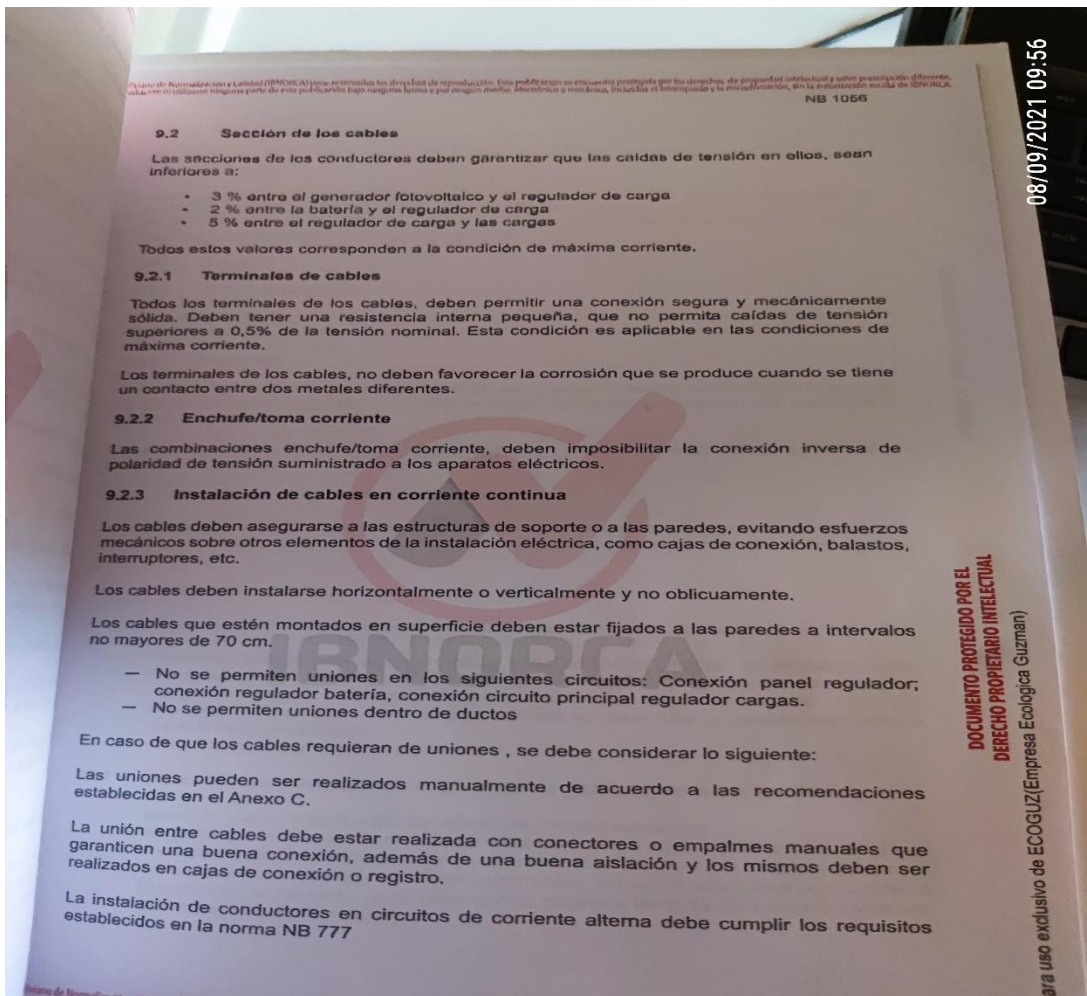
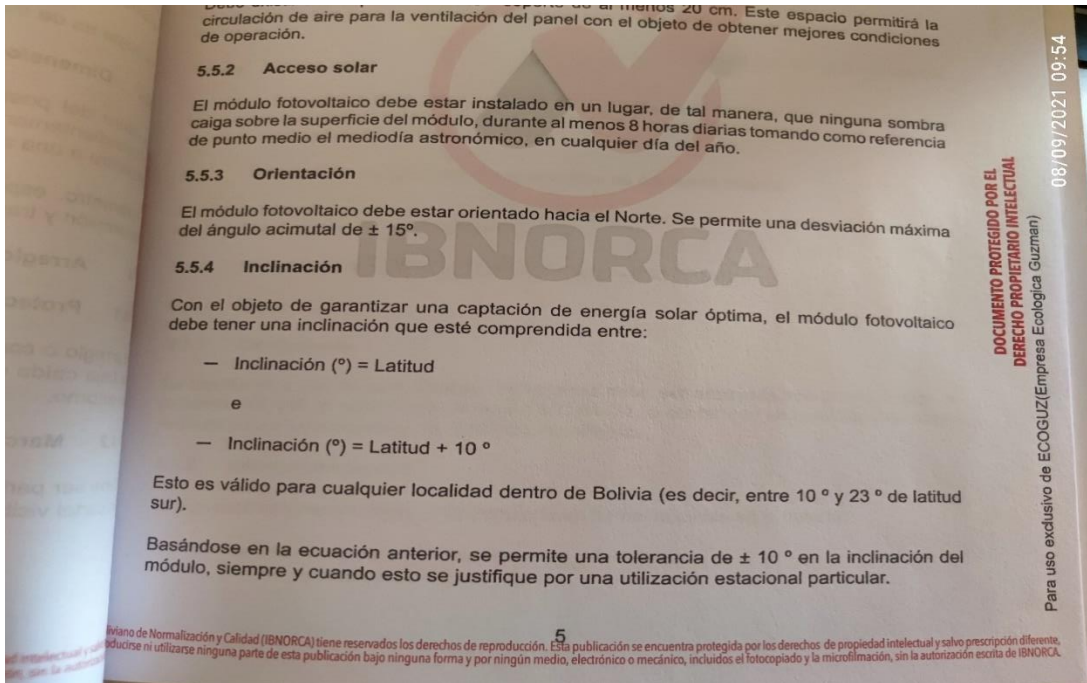
**5.4.1 Protección contra el efecto de punto caliente**

El arreglo o conjunto fotovoltaico de más de dos (2) módulos, debe contener diodos shocky de baja caída de tensión, instalados entre las conexiones en paralelo, para evitar corrientes de retorno.

**5.4.2 Marcado de seguridad**

Debe ser parte del arreglo o conjunto fotovoltaico con tensiones iguales o superiores a 24 V, un cartel visible que contenga el siguiente texto:

DOCUMENTO PROTEGIDO POR EL DERECHO PROPIETARIO INTELECTUAL



### 9.3 Interruptores

NB 1056

En caso de utilizarse interruptores para corriente alterna, se deben cumplir los requisitos de la norma NB 777.

En regiones con tormentas eléctricas frecuentes, se debe instalar en el tablero de distribución un interruptor general, que permita aislar manualmente los polos positivo y negativo del lado del generador fotovoltaico. De esta manera se puede aislar el generador fotovoltaico cuando hay riesgo de descargas eléctricas atmosféricas.

### 9.4 Fusibles

#### 9.4.1 Dimensionamiento

Los fusibles utilizados en las instalaciones fotovoltaicas en corriente continua deben estar dimensionados según las recomendaciones del fabricante de cada componente del sistema.

#### 9.4.2 Instalación

Debe existir un fusible de protección en el circuito regulador-batería, con el objetivo de evitar corrientes de cortocircuito en el circuito de batería cuidando su deterioro por efecto de la emisión de gases.

Debe existir un fusible por cada circuito regulador - carga y un disyuntor general entre el regulador y las cargas.

### 9.5 Instalación de los tableros de control

El o los tableros de control deben estar instalados en un ambiente protegido de la intemperie, en un lugar visible, próximo a la batería y a una altura que permita el manejo de los equipos de protección.

## 10 PUESTA A TIERRA

Las instalaciones de Sistemas Fotovoltaicos deben cumplir con lo siguiente:

- sistemas aislados de uso doméstico y aplicaciones básicas (iluminación, radio recepción, televisión en corriente continua) que no alimentan equipo especial que exige aterramiento, se asegurará que la puesta a tierra tenga como objetivo minimizar los riesgos de descargas atmosféricas, a través de garantizar un camino alternativo a tierra a estas descargas.
- para ésto se debe seguir lo siguiente:

#### 10.1 Sistemas con estructuras y poste metálico (módulo con marco metálico)

- a) lograr un buen contacto eléctrico marco de modulo-estructura
- b) asegurar que exista un buen contacto eléctrico entre el poste metálico y la estructura
- c) en su instalación, el poste metálico o una extensión metálica de éste debe sobrepasar el bloque de cemento que se utiliza como ancla, al menos la longitud equivalente a la superficie de contacto de un electrodo de puesta a tierra de 60 cm de longitud por un diámetro de 16 mm (5/8"),

08/09/2021 09:57

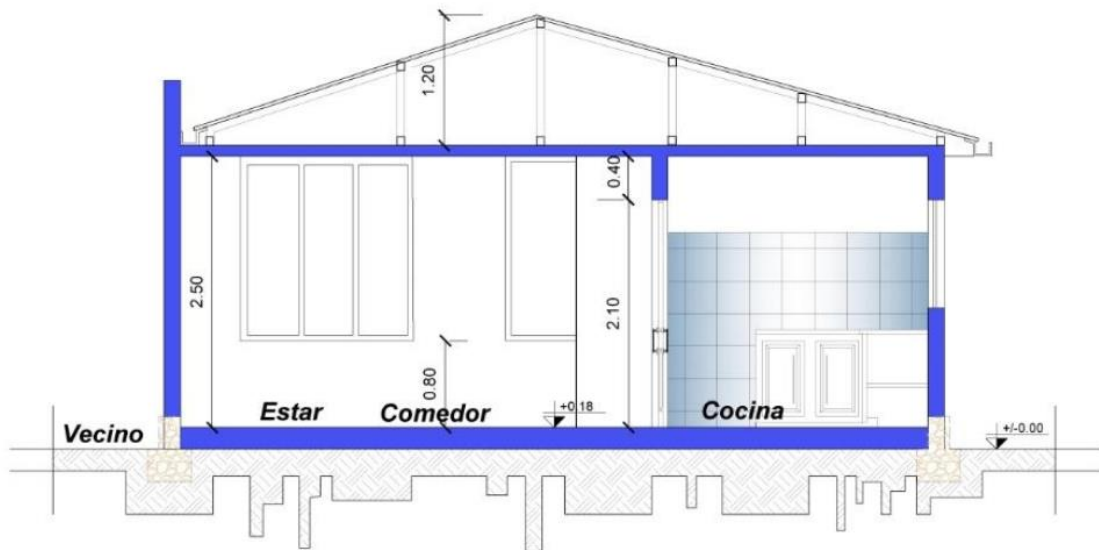
DOCUMENTO PROTEGIDO POR EL  
DERECHO PROPIETARIO INTELECTUAL

## ANEXO 5 PLANO DE LA VIVIENDA

Elevación frontal



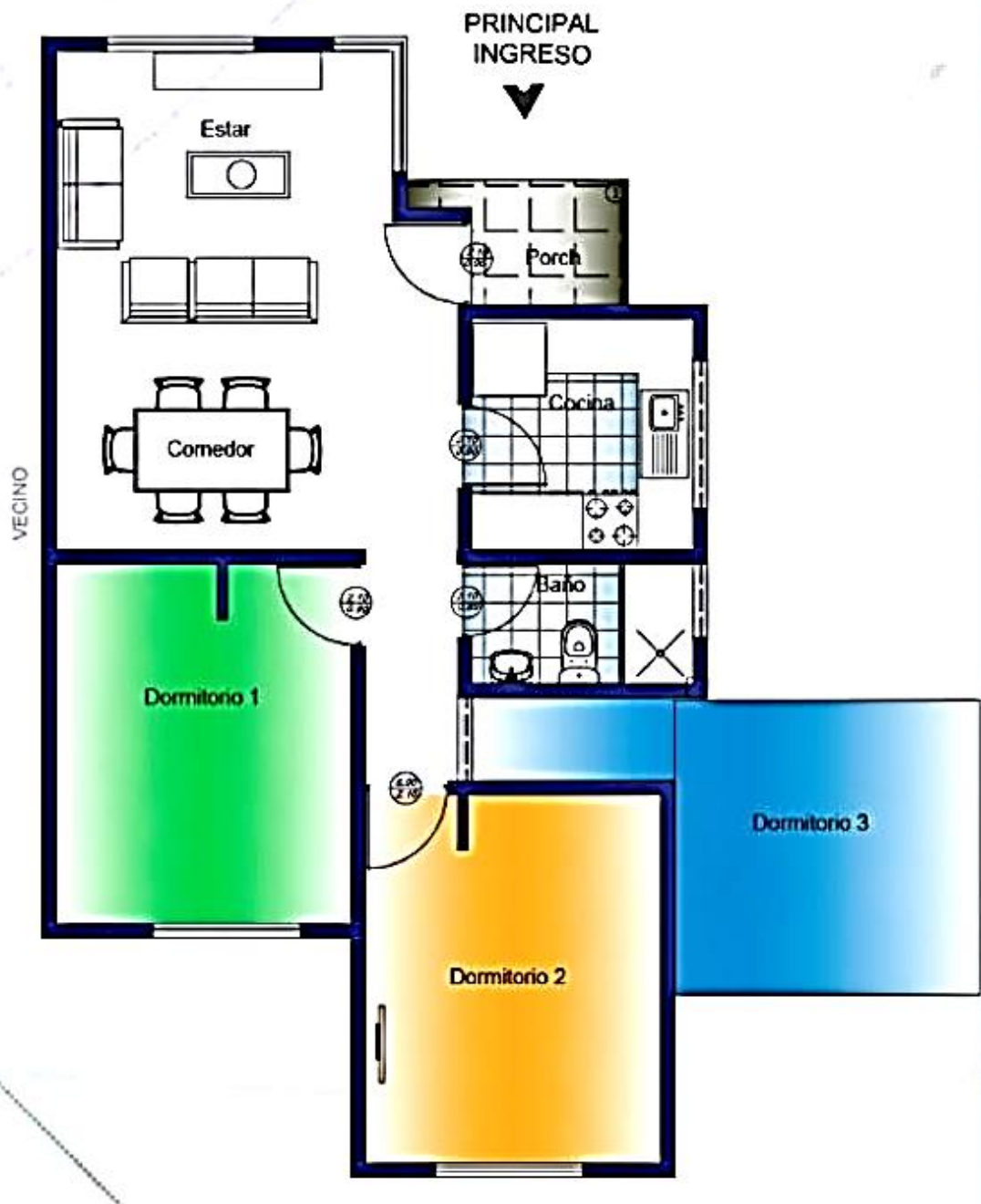
Corte A-A



Escala grafica 1:100

Superficie construida 78 m<sup>2</sup>

VIVIENDA PROGRESIVA





## Anexo 6 informe de la simulación PV sist

### Project summary

#### Geographical Site

Kuchutambo sucre  
Bolivia

#### Situation

Latitude -18.99 °S  
Longitude -65.33 °W  
Altitude 3039 m  
Time zone UTC-4

#### Project settings

Albedo 0.20

#### Meteo data

kuchutambo sucre  
Meteonorm 8.1 (2010-2017), Sat=100% - Sintético

### System summary

#### Standalone system

#### PV Field Orientation

Fixed plane  
Tilt/Azimuth 25 / 0 °

#### Standalone system with batteries

#### User's needs

Daily household consumers  
Constant over the year  
Average 14.4 kWh/Day

#### System information

#### PV Array

Nb. of modules 12 units  
Pnom total 3000 Wp

#### Battery pack

Technology Lead-acid, vented, tubular  
Nb. of units 12 units  
Voltage 48 V  
Capacity 621 Ah

### Results summary

Available Energy	6271 kWh/year	Specific production	2090 kWh/kWp/year	Perf. Ratio PR	66.98 %
Used Energy	5198 kWh/year			Solar Fraction SF	98.71 %

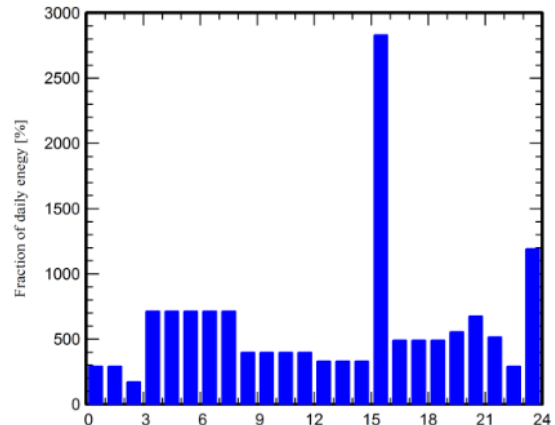
### Detailed User's needs

Daily household consumers, Constant over the year, average = 14.4 kWh/day

#### Annual values

	Nb.	Power	Use	Energy
		W	Hour/day	Wh/day
licuadora+ exprimidora	2	900/lamp	0.5	900
iluminacion	8	15/app	6.0	720
ruter	1	5/app	24.0	108
refrigerador	1		24	4001
ducha+ plancha	2		1	2500
televisor + equipo de sonido	3	150 tot	6.0	2700
laptop+ impresora+ cargador	6	53 tot	11.0	3498
<b>Total daily energy</b>				<b>14427</b>

#### Hourly distribution



### PV Array Characteristics

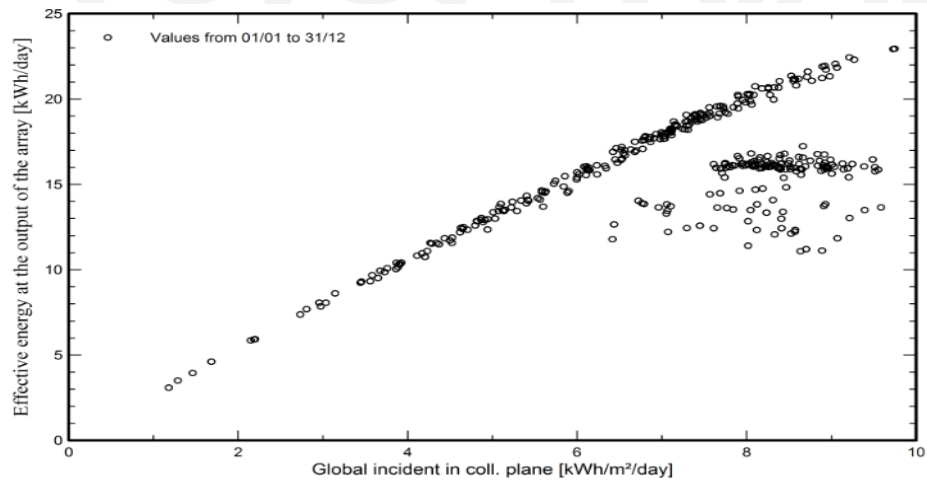
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	REC 250PE	Model	3 TU 6E
(Original PVsyst database)		Technology	Lead-acid, vented, tubular
Unit Nom. Power	250 Wp	Nb. of units	3 in parallel x 4 in series
Number of PV modules	12 units	Discharging min. SOC	20.0 %
Nominal (STC)	3000 Wp	Stored energy	24.5 kWh
Modules	6 Strings x 2 In series	<b>Battery Pack Characteristics</b>	
<b>At operating cond. (50°C)</b>		Voltage	48 V
Pmpp	2701 Wp	Nominal Capacity	621 Ah (C10)
U mpp	54 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	50 A	<b>Battery Management control</b>	
<b>Controller</b>		Threshold commands as	SOC calculation
Universal controller		Charging	SOC = 0.90 / 0.75
Technology	MPPT converter	approx.	53.6 / 50.1 V
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.	Discharging	SOC = 0.20 / 0.45
<b>Converter</b>		approx.	46.7 / 48.9 V
Maxi and EURO efficiencies	97.0 / 95.0 %		
<b>Total PV power</b>			
Nominal (STC)	3.00 kWp		
Total	12 modules		
Module area	19.8 m <sup>2</sup>		
Cell area	17.5 m <sup>2</sup>		

### Array losses

<b>Thermal Loss factor</b>		<b>DC wiring losses</b>		<b>Serie Diode Loss</b>	
Module temperature according to irradiance		Global array res.	18 mΩ	Voltage drop	0.7 V
Uc (const)	20.0 W/m <sup>2</sup> K	Loss Fraction	1.5 % at STC	Loss Fraction	1.2 % at STC
Uv (wind)	0.0 W/m <sup>2</sup> K/m/s				
<b>LID - Light Induced Degradation</b>		<b>Module Quality Loss</b>		<b>Module mismatch losses</b>	
Loss Fraction	1.5 %	Loss Fraction	-0.5 %	Loss Fraction	0.6 % at MPP
<b>Strings Mismatch loss</b>					
Loss Fraction	0.1 %				

### Predef. graphs

Diagrama entrada/salida diaria



## ANEXO 7 EQUIPOS DE EFICIENCIA ENERGETICA





## ANEXO 8 ARMADO DE LOS PANELES SOLARES

