



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE VIVIENDAS SOCIALES PASIVAS EN EL
VALLE DE SULA**

PRESENTADO POR:

21341267 EDUARDO ENRIQUE HERMIDA MEJÍA

ASESOR: JOSÉ LUIS ORDOÑEZ

CAMPUS SAN PEDRO SULA;

JULIO, 2020

Dedicatoria

Para mi papa Coronel de Aviación Retirado Hilmer Enrique Hermida Alvez que siempre da todo para que siga adelante.

Para mi madre Elena Guadalupe Mejía Howard que siempre me agarra cuando tropiezo.

Y para los que creen que no hay mañana.

Eduardo

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a Humanity and Hope Foundation e International Hope Builders, por todo el trabajo que realizan para la sociedad hondureña.

Agradecimientos al Arquitecto Rafael Ortiz por todo el conocimiento que me compartió sin el cual no hubiera podido desarrollar esta investigación.

Agradecimientos a Formas Térmicas S. de R.L. por la capacitación sobre el bloque ICF.

Agradecimientos para el Ing. José Luis Ordoñez, sin su motivación no lo hubiera podido lograr.

Agradezco a los autores citados en esta investigación por su arduo trabajo.

EPÍGRAFE

“Excito a la juventud, que es llamada a dar vida a este país que dejo con sentimiento por quedar anarquizado, y deseo que imiten mi ejemplo de morir con firmeza antes que dejarlo abandonado al desorden en que desgraciadamente hoy se encuentra.”

Francisco Morazán

RESUMEN EJECUTIVO

En esta investigación, los autores diseñaron un sistema de eficiencia energética aplicado para viviendas sociales en Honduras. El diseño consiste en una casa pasiva estandarizada que se puede construir en áreas donde las comunidades no tienen acceso a electricidad y gas o para la elaboración de micro redes. La situación socioeconómica en Honduras es muy delicada con casi 1.5 millones de personas sin hogar. Un 8% de la población no tiene acceso a la electricidad y, en las zonas rurales, la gente depende mucho de la leña, lo que ha acelerado la deforestación en todo el país. La mala administración de la ENEE ha dejado una red eléctrica nacional inestable y altas tarifas de energía eléctrica, agitando aún más la economía hondureña. La aplicación de medidas de eficiencia energética está relacionada con el PIB, ya que en los países donde estas son efectivas el PIB tiende a subir. La vivienda social necesitará un sistema PV OFFGRID para suministrar su propia energía eléctrica, un banco de baterías y un biodigestor prefabricado para producir biogás con biomasa que se encuentre en la comunidad. Se reemplazó el bloque de concreto convencional usado en Honduras con un bloque ICF para mejorar las condiciones térmicas dentro de la casa. El sistema PV autónomo tendrá un período de retorno de la inversión de 6 años. La inversión por cada casa es de L 260,879.87. Los autores consideran que el diseño sugerido en esta investigación puede beneficiar la situación socioeconómica de Honduras como una política energética y de eficiencia energética, pero aún queda mucho por hacer para percibir resultados importantes en la cultura hondureña de eficiencia energética.

Palabras claves: Casa pasiva, Micro redes, Sistema PV OFFGRID, Bloque ICF, Inversión.

ABSTRACT

In this investigation, the authors designed an applied energy efficiency system for social housing in Honduras. The design consists of a standardized passive house that can be built in areas where communities do not have access to electricity and gas or for the development of micro grids. The socioeconomic situation in Honduras is very delicate with almost 1.5 million homeless people. 8% of the population does not have access to electricity and, in rural areas, people depend heavily on firewood, which has accelerated deforestation across the country. ENEE's mismanagement has left an unstable national power grid and high electricity rates, further agitating the Honduran economy. The application of energy efficiency measures is related to GDP, since in countries where they are effective, GDP tends to rise. The social housing will need an OFFGRID PV system to supply its own electrical energy, a battery bank and a pre-made biodigester to produce biogas with biomass found in the community. The conventional concrete block used in Honduras was replaced with an ICF block to improve thermal conditions inside the house. The autonomous PV system will have a return on investment period of 6 years. The investment for each house is L 260,879.87. The authors consider that the design suggested in this research may benefit the socioeconomic situation of Honduras as an energy efficiency and energy policy, but there is still much to do to perceive important results in the Honduran culture of energy efficiency.

Key words: *Passive house, Micro-grids, OFFGRID PV system, ICF block, Inversion..*

ÍNDICE

I	Introducción	1
II	Planteamiento del Problema.....	2
2.1	Precedentes del Problema	2
2.2	Definición del Problema	3
2.3	Justificación	4
2.4	Preguntas de Investigación	5
2.5	Objetivos.....	5
2.5.1	Objetivo General.....	5
III	Marco Teórico	6
3.1	Desarrollo Socio-Económico.....	6
3.2	Eficiencia Energética.....	8
3.3	Políticas y Normativas	11
3.4	Diseño de Viviendas Eficientes en Energía	16
3.4.1	Arquitectura Bioclimática	17
3.5	Autogeneración	24
3.6	Sistema de Autonomía.....	30
3.7	Inversor.....	33
3.8	Condiciones Ambientales y Atmosféricas	34
3.8.1	Meteorología	34
3.8.2	Climatología	34
3.9	TIR Y VAN	35

IV	Metodología.....	36
4.1	Enfoque.....	36
4.2	Variables de Investigación.....	37
4.2.1	Variables Dependientes.....	37
4.2.2	Variables Independientes.....	39
4.3	Hipótesis.....	40
4.4	Técnicas e Instrumentos Aplicados.....	40
4.5	Población y Muestra.....	41
4.6	Metodología de Estudio.....	42
4.7	Metodología de Validación.....	43
4.7.1	Validación de la Aplicación.....	43
4.7.2	Validación Del DVEE.....	43
4.8	Cronograma de Actividades.....	44
V	Resultados y Análisis.....	45
5.1	Vivienda Social Pasiva.....	45
5.1.1	Bloque ICF vs Bloque Hormigón.....	46
5.1.2	Sistema de Autoconsumo Eléctrico.....	52
5.2	Viabilidad Biodigestor.....	67
5.3	Costo Final del Proyecto.....	69
5.4	Limitaciones y Dificultades.....	73
VI	Conclusiones.....	74
VII	Recomendaciones.....	75
VIII	Bibliografía.....	76

Anexos80

Índice de Ilustraciones

Ilustración 3.1 Consumos energéticos en Honduras 2017.....	10
Ilustración 3.2 Tendencias de emisiones de gases de efecto invernadero en la EU.	12
Ilustración 3.3 El DVEE en relación con la EE.....	16
Ilustración 3.4 Diseño para captación de agua.	23
Ilustración 3.5 Efecto fotovoltaico.	25
Ilustración 3.6 Partes de un módulo solar.....	25
Ilustración 3.7 Conexión en serie de modulos PV.....	28
Ilustración 3.8 Gráfico de almacenamiento de energía.....	31
Ilustración 3.9 Banco de batería conectado en serie	32
Ilustración 3.10 Inversor híbrido Sumury de 1.6 kW	34
Ilustración 3.11 Potencial de Energía PV en Honduras	35
Ilustración 4.1 Diagrama de Variables	39
Ilustración 4.2 Proceso de la investigación	42
Ilustración 5.1 Vista lateral y frontal de la vivienda social.....	47
Ilustración 5.2 Desarrollo de viviendas en La Cuchilla.....	51
Ilustración 5.3 Gráfico de irradiancia horizontal para el Valle de Sula	56
Ilustración 5.4 Simulación en Helioscope.....	57
Ilustración 5.5 simulación de capacidad máxima	57
Ilustración 5.6 Esquema de conexión.....	59
Ilustración 5.7 Consumo energético en la cocina para el sector residencial	67
Ilustración 5.8 Frecuencia de relleno de chimbo	68
Ilustración 5.9 Costos para rellenar el chimbo	68
Ilustración 5.10 Esquema de recolección de aguas pluviales	70
Ilustración 5.11 Fachada de la vivienda.....	70
Ilustración 5.12 Esquema de una micro red	80
Ilustración A.1 Plano constructivo	80
Ilustración A.2 Plano Eléctrico	81
Ilustración A.3 Vista lateral de la vivienda en autoCAD	82

Ilustración A.4 Vista en planta del sistema PV	83
Ilustración A.5. Diseño para la estructura de montaje de los módulos solares	84
Ilustración A.6 Hoja de datos de las baterías.	85
Ilustración A.7 Tarifas vigentesEEH.	85
Ilustración A.8 Hoja de datos del inversor Sumry.....	86
Ilustración A.9 Hoja de datos de los módulos solares.....	87
Ilustración A.10 Cotización 1	88
Ilustración A.11 Cotización 2.	89
Ilustración A.12 Cotización 3.	90

Índice de Tablas

Tabla 3.1 Anomalías en la redes eléctricas latinoamericanas.	9
Tabla 3.2 Legislación hondureña utilizada en la investigación.	14
Tabla 3.3 Propiedades físicas del bloque de hormigón.	20
Tabla 3.4 Propiedades físicas del bloque ICF.	21
Tabla 3.5 Relación de C/N en distintas biomásas	29
Tabla 3.7 Características básicas del biogás	29
Tabla 4.1 Cronograma de actividades	44
Tabla 5.1 Cálculo de transmitancia y conductividad térmica.	46
Tabla 5.2 Resultados de cargas térmicas con bloque ICF.	47
Tabla 5.3 Resultados de cargas térmicas con bloque de hormigón.	48
Tabla 5.4 Suelos de Honduras.	49
Tabla 5.5 Elaboración de vivienda con bloque de hormigón.	50
Tabla 5.6 Elaboración de vivienda con bloque ICF.	50
Tabla 5.7 Radiación solar 2019 en el Valle de Sula.	53
Tabla 5.8 Resultados de parámetros meteorológicos vía satélite.	54
Tabla 5.9 Definición de los parámetros meteorológicos.	55
Tabla 5.10 Consumo diarios de cada vivienda social.	56
Tabla 5.11 Parámetros para el dimensionamiento del banco de baterías.	62
Tabla 5.12 Premisas del flujo de caja.	62
Tabla 5.13 Costos del sistema de autogeneración.	63
Tabla 5.14 Flujo de caja.	64
Tabla 5.15 Premisas para el biogás.	69
Tabla 5.16 Inversión final necesaria.	71
Tabla A.1 Análisis Financiero del Proyecto.	91
Tabla A.2 Cuota fija nivelada.	93

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Cálculo de cerramiento simple.....	18
Ecuación 2. Cálculo de cerramiento compuesto.....	18
Ecuación 3. Cálculo de transmitancia térmica.....	18
Ecuación 4. Formulación de la transmisión de calor con puentes térmicos.	19
Ecuación 5. Cálculo para el flujo calorífico en superficies planas.....	19
Ecuación 6. Cálculo de la TIR.....	37
Ecuación 7. Cálculo del VAN.....	38
Ecuación 8. Cálculo del coeficiente global de calor.....	38
Ecuación 7. Cálculo de banco de baterías.....	60

Acrónimos

AEMA – Advanced Energy Management Alliance.

BCH – Banco Central de Honduras.

BM – Banco Mundial.

CA – Corriente Alterna.

CD – Corriente Directa.

CEPAL – Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

CIDH – Comisión Internacional de los Derechos Humanos.

CTE – Código Técnico de la Edificación.

DVEE – Diseño de Vivienda Eficiente en Energía.

EE – Eficiencia Energética.

EEH – Empresa de Energía de Honduras.

ENEE – Empresa Nacional de Energía Eléctrica.

EU – European Union (Unión Europea).

HHF – Humanity and Hope International Foundation.

HPHH – Hábitat para la Humanidad Honduras.

ICF – Insulated Concrete Form (Forma de Concreto Aislada).

IHB – International Hope Builders.

NBE – Norma Básica de la Edificación.

OEA – Organización de Estados Americanos.

PDNU – Programa para el Desarrollo de las Naciones Unidas.

PDD – Profundidad de Decarga.

PNE – Plan Nacional de Energía.

PV – Fotovoltaico/Fotovoltaica.

SAEB – Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías.

SGen – Sistema de Gestión de Energía.

I INTRODUCCIÓN

Las estadísticas del Banco Mundial (BM) informan que Honduras es el cuarto país con menos acceso a la electricidad en América Latina. El Sistema Interconectado Nacional (SIN) lucha por satisfacer la demanda requerida y todo esto representa un aumento en las tarifas eléctricas que perjudica a la economía hondureña y disminuye el desarrollo de la población. ¿Puede un sistema de gestión de energía como las casas pasivas abordar soluciones a este tipo de complicaciones? En el Valle de Sula, la cobertura eléctrica es del 82,5%. Dentro de las comunidades sin acceso al SIN se encuentra La Cuchilla en el departamento de Yoro. Los resultados de esta investigación son en base a este sitio. Esta comunidad está ubicada a tres kilómetros de la carretera nacional que conduce desde El Progreso a la costa atlántica con coordenadas: 15 ° 28'18" N 87 ° 47'45" W. La organización no gubernamental Humanity and Hope United Foundation (HHF), junto con International Hope Builders (IHB), desarrollaran ocho viviendas sociales 42 metros cuadrados en La Cuchilla. Estas casas fueron construidas con bloque ICF en lugar del bloque de concreto. Se llevarán a cabo más investigaciones para determinar la viabilidad de la implementación de un sistema de autogeneración con autonomía para el consumo de electricidad de las casas ya que no hay acceso al NIS en esta comunidad. En el diseño también se incluye un biodigestor para la producción de biogás para uso doméstico y un sistema de recolección de agua de lluvia de 500 litros. En la sección del marco teórico se definirán las bases que permiten la relación entre el manejo de la energía, la arquitectura bioclimática y el desarrollo económico al igual como los fundamentos para el análisis de los resultados. Para concluir se discutirá lo que representa la inversión total en base al programa de vivienda para una vida mejor del gobierno y el salario promedio de Honduras. Esta investigación será llevada a cabo en el transcurso de un periodo académico, equivalente a 10 semanas calendario.

II PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el siguiente capítulo se expondrá el problema al que se le busca dar solución mediante esta investigación. Se expondrán cuáles son los precedentes y se justificarán las razones por las cuáles habría que solucionarlo. Finalmente, se presentarán las preguntas que serán la base de esta investigación.

El problema como tal, es muy complejo y radica más en fundamentos políticos y sociológicos, que en asuntos técnicos. Es necesario comprender que la investigación brindara soluciones dentro del sector socio-residencial, que luego podrían verse reflejadas en el resto de los sectores.

2.1 PRECEDENTES DEL PROBLEMA

En la década de los 90, Honduras sufría de largos racionamientos de energía por el incremento de la demanda y la falta de planificación lo que llevo a importar energía de Guatemala y a modificar la legislación con el Decreto 158/94 la Ley marco del subsector eléctrico, que abriría paso a un mercado horizontal dentro de la generación ya que previamente la empresa estatal, Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), se encargaba de toda la cadena de producción. Hoy en día la ENEE se encuentra en la quiebra, afectando la economía del país, en gran parte por la contratación de potencia a precios excesivos, consumidores finales morosos y tarifas calculadas inadecuadamente. En el 2014 se contrató a la Empresa de Energía de Honduras (EEH) para reducir las pérdidas de un 33% a un 18%. Desde la llegada de la EEH el flujo de energía se ha vuelto aún más intermitente debido a la falta de técnicos capaces de trabajar con líneas vivas.

Honduras obtuvo una puntuación de 26 por la Organización no Gubernamental de Transparencia Internacional (TI,2019), siendo el cuarto país más corrupto de América y entre los 40 con menos transparencia del mundo. Cayendo 18 puestos respecto al 2018. Este mal se ha penetrado en todas las entidades del estado, haciendo todo proceso burocrático ineficiente y anulando el progreso económico de la nación.

En el 2006, Manuel Zelaya Rosales asumió la presidencia de Honduras como representante del Partido Liberal (PL) que, en el 2008, mediante el acuerdo STSS-374-STSS-08, aprobó el aumento del salario mínimo en Honduras. El acuerdo careció de un análisis económico y provocó una ola de desempleos que traería inestabilidad económica en el país. El año siguiente, el expresidente Zelaya fue destituido de su cargo por la Fuerzas Armadas de Honduras (FFAA) argumentando una violación a la constitución del país. Esta acción marcaría un revés en la economía hondureña, que con la llegada al poder del Partido Nacional de Honduras (PN) poco cambiaría en un periodo de mandato que lleva ya 10 años, 2010-2014 Porfirio Lobo Sosa y 2014-2022 Juan Orlando Hernández. El gobierno ha lanzado muchos programas en distintos sectores que conforman la sociedad y economía hondureña para promover el desarrollo y aliviar la crisis, pero pocos han sido los resultados por carecer de planificación.

Más de un millón de hondureños en la actualidad se encuentran en exclusión residencial, perjudicando el desarrollo físico, psicológico y social del ciudadano, que afecta directamente el rendimiento laboral y la capacidad creativa de un individuo. Estos efectos se reflejan en el entorno económico, afectando los niveles de producción y eficiencia. Se ha agravado tanto la crisis en los últimos años, que la OEA (2020) reporta que las cifras de migrantes huyendo del país ha aumentado significativamente entre el 2018 y 2019.

2.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La bancarrota de la ENEE ha evidenciado la situación actual del sub sector eléctrico en Honduras, donde el sector industrial, comercial y residencial son perjudicados afectando así el desarrollo económico del país. Junto con las crisis políticas en la últimas dos décadas, y la falta de transparencia, han privado a la ciudadanía de oportunidades de desarrollo humano.

Según el Índice de Desarrollo Humano (IDH), indicador de las Naciones Unidas (UN), Honduras ocupa el puesto 133 (2019), el segundo con menor nivel de desarrollo en América; son más de un millón de hondureños los que no cuentan con un hogar y se encuentra en situación de exclusión social, dejándolos sin capacidad de adquirir una vivienda o sustentar una familia, afectando así la micro-economía hondureña.

2.3 JUSTIFICACIÓN

La exclusión socio-residencial es una situación que afecta de manera general a una sociedad, sin importar si se está fuera del umbral de este fenómeno. Una sociedad, donde la mayoría se encuentran al margen, es muy propensa a tener un carácter degenerativo en la integridad física y psicológica de aquellos que la conforman.

También afecta directamente a la pérdida del potencial de capital humano, causa efectos demográficos, impide aprovechar la diversidad y promueve la fracturación social. Como producto, se frenan las posibilidades de crecimiento tanto propio como colectivo. Si bien actualmente la situación socio-económica de Honduras es delicada, se tendría que plantear como sería este mediano plazo si no se toman las medidas necesarias. Estudios sugieran que podríamos incluso llegar al colapso total de toda la estructura económica.

Como la exclusión social y la economía nacional actúan de manera recíproca, una entrega algo a cambio de algo que la otra no le puede dar, y así alternándose. Para poder seguir en las vías del desarrollo, es necesario atender las necesidades básicas del ciudadano hondureño, que es el motor que impulsa a esta nación.

Dentro de la exclusión social, la falta de una vivienda es la llave que desencadena todas sus otras características. El diseño de una vivienda que sea económica, segura como cualquier otra y promueva la eficiencia, es el camino hacia una política de vivienda adecuada, que, en consecuencia, es también una política de eficiencia energética y de prevención de salud.

2.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1. ¿Cuál es la diferencia térmica de una construcción convencional de bloque de concreto en relación con una construcción de bloque ICF?
2. ¿Cuál sería la capacidad necesaria del sistema PV para suplir la demanda de una vivienda social de 42m²?
3. ¿Cuál sería la capacidad necesaria del banco de baterías para suplir la demanda de la vivienda con una autonomía de 3 días?
4. ¿Es viable económicamente la implementación de viviendas pasivas en el sector social para el Valle de Sula?
5. ¿Qué porcentaje del salario mínimo en Honduras representarían las cuotas mensuales si el usuario accediera al bono de vivienda para una vida mejor del gobierno con una tasa del 6.8% a 20 años en BANHPROVI?

2.5 OBJETIVOS

A continuación, se presentará cuáles serán los objetivos que se busca alcanzar a través de esta investigación.

2.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la viabilidad técnica y económica para la construcción de viviendas pasivas en el Valle de Sula, como medida para promover el uso eficiente de la energía y el desarrollo humano en la sociedad hondureña.

Objetivos Específicos

1. Determinar el diferencial de temperatura entre una vivienda de bloque de concreto y bloque ICF.
2. Determinar la capacidad necesaria del sistema PV para suplir la demanda.
3. Determinar la capacidad del banco de baterías para una autonomía de 3 días.
4. Determinar si es viable económicamente de viviendas pasivas en el sector social.
5. Determinar qué porcentaje representaría las cuotas mensuales de los fondos BANHPROVI en relación con el salario mínimo promedio.

III MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se evaluarán cuáles sistemas de eficiencia energética se podrán aplicar para el diseño de viviendas sociales de consumo nulo en el Valle de Sula. Se realizará un análisis de las diferentes tecnologías, al igual como el marco legal y normativas en Honduras y otros países latinos, empleadas en este ámbito. También se explicarán los fundamentos de las tecnologías principales a utilizar para llevar a cabo este proyecto, la autogeneración con paneles solares y el panel ICF tipo bloque. Se profundizará en cuáles son las bases de sus funcionamientos, el beneficio tanto ambiental como social y en las legislaciones que promueven sus implementaciones.

3.1 DESARROLLO SOCIO-ECONÓMICO

Según el Índice de Desarrollo Humano (IDH), un indicador de las Naciones Unidas (ONU), Honduras ocupa el puesto 133, el segundo con el nivel más bajo de desarrollo en América (UNDP, 2019); Más de un millón y medio de hondureños (18% de la población) no tienen hogar y se encuentran en una situación de exclusión social, lo que afecta el desarrollo físico, psicológico y social del ciudadano, lo que afecta directamente el desempeño laboral y la capacidad creativa de un individuo (Hábitat para la Humanidad Honduras, 2017). Estos efectos se reflejan en el entorno económico, afectando los niveles de producción y la eficiencia, debilitando así la microeconomía hondureña.

Considerando esto, el mismo informe de HPHH establece que el 71% de la población asalariada gana el salario mínimo, que en Honduras es de Lps. 8,466.00 en promedio para áreas urbanas y Lps. 4,382.40 en áreas rurales (2017). Además de las dificultades para obtener un hogar, la gran mayoría de la población carece de oportunidades para mantenerlo. El costo marginal a corto plazo de la energía eléctrica para el consumidor es más alto que el de los países desarrollados. En el sector urbano, en promedio, las facturas mensuales equivalen a Lps. 1,867.00 para la familia hondureña promedio de 4 a 5 habitantes por casa, lo que representa un promedio del 22% de los gastos para un individuo. Para un

individuo en el sector rural, donde en promedio se les factura Lps. 597.60 por mes, representa el 13% de sus ingresos mensuales (INE, 2018).

Honduras es parte del plan 2030 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), donde uno de los objetivos es lograr que Honduras sea productiva, genere oportunidades, empleos decentes y sea más eficiente en el manejo de sus recursos naturales. El plan es fortalecer el crecimiento económico y el desarrollo de infraestructura lógica. Con esto se refiere a promover el crecimiento económico sostenible, crear infraestructura inclusiva y sostenible, consumo y producción sostenibles, y adoptar medidas contra el cambio climático (Gordillo et Al. 2020).

En 2018, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) desarrolló una metodología para desarrollar planes nacionales de eficiencia energética en los países que conforman el Sistema de Integración Centroamericana. En el Informe Nacional sobre Eficiencia Energética en Honduras, preparado por la CEPAL (2018), se determinó que se deben generar más políticas energéticas en el país, instituciones que recopilen y brinden información veraz, reducción de pérdidas en el NIS y preparación de la planificación energética con objetivos a medio y largo plazo.

En esta investigación, el Diseño de Vivienda Eficiente en Energía (DVVE) ha sido elegido como método para contrarrestar los efectos socioeconómicos en Honduras, específicamente en el Valle de Sula. El DVVE es un sistema de gestión de energía eficiente que integra muchos aspectos de la arquitectura tradicional y bioclimática, tecnologías de autogeneración de energía y políticas energéticas, con el fin de crear sostenibilidad, mejorar la calidad de vida y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores residencial y comercial.

3.2 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética se puede resumir como distintos sistemas que se pueden aplicar en la mayoría de las actividades desarrolladas por el hombre con el fin de reducir la energía empleada en estas sin tener que perjudicar su funcionamiento.

A esta suma de medidas planificadas se le puede denominar Sistema de Gestión de Energía (SGEn) y se aplica mediante tecnologías y políticas que exhortan al manejo eficiente de nuestros recursos y las actividades que interactúan con la energía. “Para ser totalmente eficaz, necesita estar integrada, ser proactiva y debería abarcar la compra de energía, la eficiencia energética y las energías renovables” (Carbon Trust Energy Management Guide, 2020, pg. 13).

La eficiencia energética es un tema al cual en las últimas décadas se le ha abordado con un grado de muy alta importancia a nivel mundial en su mayor parte por el contexto ambiental, pero no de menos igual, por el aspecto económico. Los países desarrollados son los que mejores sistemas energéticos tienen y así los países menos desarrollados, son lo que presentan mayor ineficiencia en el manejo de la energía. Esto se podría acreditar a la capacidad de poder aplicar políticas que brinden cambios positivos.

En Honduras son muy pocas las políticas vigentes relacionadas con la gestión eficiente de energía. En la sección 3.3 se profundizará en cuanto a estas. Esta carencia se debe mucho a que todavía no se ha podido regular las pérdidas tanto como en transmisión y distribución (Gordillo et Al. 2020), enfocando la mayor atención de recursos económicos y legales a solventar este problema. Una red robusta es el primer paso para consolidar un plan que trate el manejo eficiente de la energía y atraer inversión a la región.

La investigación de la Universidad Nacional de Entre Ríos, Nuevas Estrategias para un Plan de Uso Eficiente de la Energía Eléctrica, muestra una tabla donde presentan las anomalías que afectan a los sistemas interconectado nacionales en latino américa en general (2017). A continuación, en la tabla 3.1, las que se consideran más relevantes para Honduras.

Tabla 3.1 Anomalías en las redes eléctricas latinoamericanas.

Anomalías	Descripción	Consideraciones a ser tomadas en cuenta en el plan a ser propuesto
Planificación e inversión incorrectas	La relación técnica-económica no siempre es la que mejor responde a los problemas derivados del cambio climático, ahorro de energía, entre otros. Por ello, también se requiere prestar especial atención a los cambios de paradigmas que tienen lugar en la generación eléctrica y su entorno, ya que una mala selección podrá agravar aún más los problemas existentes.	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones y equipos nuevos de generación, subestaciones, transmisión y distribución de energía eléctrica. - Instalaciones y equipos existentes de generación, subestaciones, transmisión y distribución de energía eléctrica. - Diversificación del sistema. - Medición (micro y macro).
Debilidad institucional	Relacionada con la capacidad de las empresas públicas o privadas, de entender los razonamientos del plan a nivel de los entes responsables de las políticas a corto, mediano y largo plazo, para su implantación.	<ul style="list-style-type: none"> - Debilidad política. - Debilidad estructural. - Debilidad de conocimiento (personal no actualizado en las nuevas tecnologías y nuevas prácticas del sector eléctrico).
Uso ineficiente de la energía eléctrica	Conjunto de acciones, deliberadas o no, que tiene un considerable impacto negativo en un SIN.	<ul style="list-style-type: none"> - Fraude o hurto de energía. - Pérdidas técnicas y no-técnicas de sistema de energía eléctrica. - Operación deficiente, alto consumo, derroche de energía y bajo costo del servicio.

Fuente: Ciencia, Docencia y Tecnología Vol. 28 No. 54 (2017) pg. 81

Si el SIN es robusto, se deben examinar cuales son las áreas como mayor oportunidad de ahorro y optimización. Las oportunidades de ahorro y uso eficiente de energía se pueden identificar en el diagnóstico, ya que ahí se analiza primero la problemática mostrada por la

información, de modo que se pueden vislumbrar alternativas, las cuales se traducen en oportunidades en este caso (Vásquez,2020).

Las áreas de oportunidades para la implementación de un SGEEn se pueden identificar mediante los datos obtenidos del balance energético como diagnóstico. Usualmente son aquellas de mayor consumo como los es en la mayor parte de los países el sector industrial y residencial.

Para fines de este proyecto las áreas de oportunidades identificadas conforman parte del sector residencial:

- Edificación: Aborda las oportunidades de ahorro de energía debido a mejores prácticas de construcción y aislamiento térmico.
- Energía Alternativa: La utilización de recursos naturales como fuente de energía para disminuir las emisiones de gases de invernadero y el costo del L/ kW*h
- Energía Distribuida: Diversificar la matriz energética para obtener mejores rendimientos.

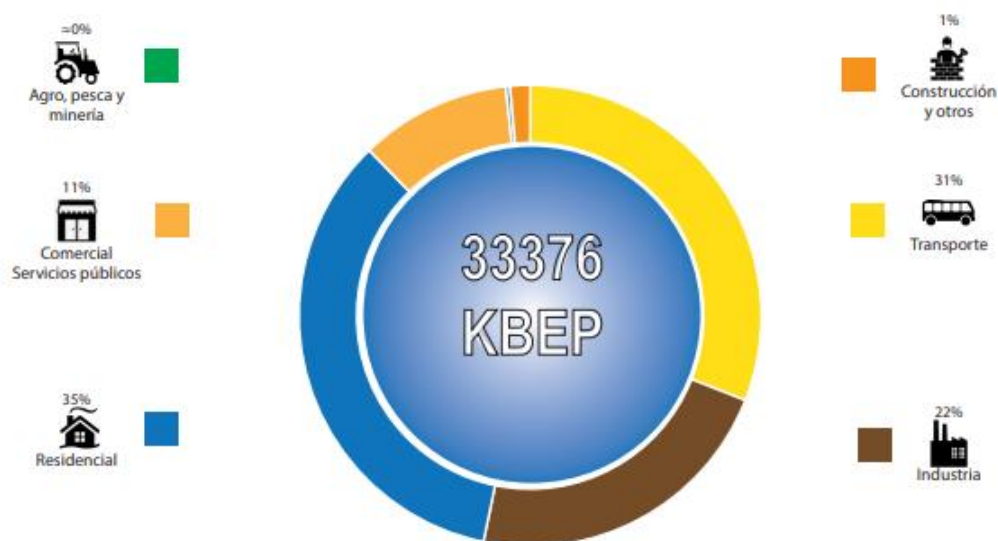


Ilustración 3.1 Consumos energéticos en Honduras 2017.

Fuente: Secretaria de Estado en el Despacho de Energía (SEDE). 2018

Si bien el sector residencial es el de mayor consumo en Honduras y contiene deficiencias en cuanto al manejo de la energía en los puntos mencionados anteriormente, hay una característica social que llama mucha la atención. El último informe de la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) arroja datos alarmantes. Honduras es el segundo país de latino américa con menos desarrollo social, un 58% de la población no tiene un hogar (CIDH, 2019). Esto genera en el autor un deseo inefable de descubrir que tanto puede influir el desarrollo de un SGEEn aplicado en el rubro de viviendas sociales, adoptando siempre una postura fría ante los resultados que se obtengan en el proyecto. Para el BID, al obtener resultados positivos, se estarían solventando aspectos tanto en asuntos de energía como sociales, una combinación exitosa para aumentar el desarrollo local (2013).

3.3 POLÍTICAS Y NORMATIVAS

En todo SGEEn con resultados alentadores, detrás de todo lo técnico, tendrá que haber una política formidable que contemple múltiples escenarios y para todos, una planeación basada en datos reales obtenidos por un grupo calificado de investigadores e información verídica proporcionada por el ente que administra la localidad donde se quiere implementar el SGEEn.

Un ejemplo que define lo que puede salir bien, así como lo que no, es el ambicioso “Marco sobre clima y energía 2030” de la Unión Europea (EU), que como meta principal busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mediante la reducción del consumo con sistemas de eficiencia energética y reemplazando generadores no renovables con renovables (AEMA, 2020).

El medio ambiente de Europa se encuentra en un punto de inflexión, aun así, Bruyninckx (2020) cree que todavía hay una pequeña oportunidad en la próxima década de ampliar las medidas para proteger la naturaleza, atenuar las repercusiones del cambio climático y reducir radicalmente el consumo de los recursos naturales. Esto se debe ya que en los últimos 5 años los europeos han fallado en cumplir los objetivos que venían cumpliendo airoosamente en las dos décadas previas a la actual como se observa en la ilustración 3.2.

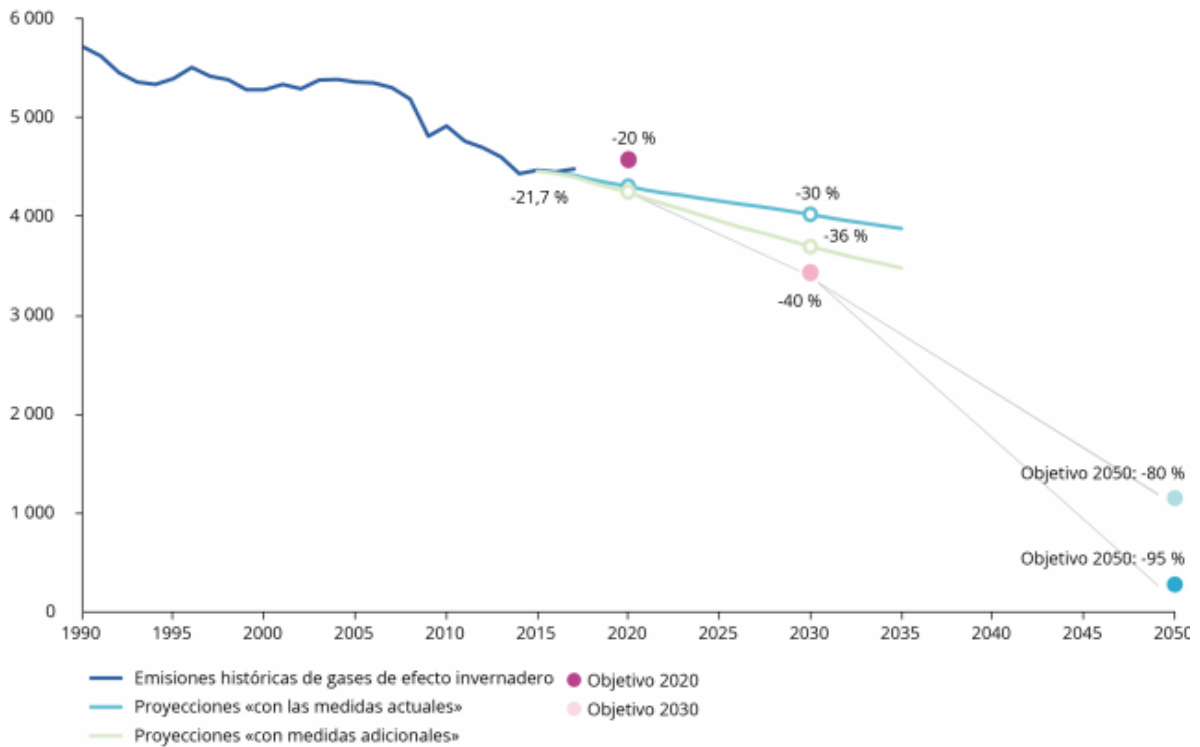


Ilustración 3.2 Tendencias y proyecciones de las emisiones de gases de efecto invernadero en la EU.

Fuente: SOER 2020 p. 158.

La UE ha podido cumplir en cuanto al uso de más energías renovables, pero no en disminuir el consumo (SOER, 2020). Es importante entender que lo que estos países desarrollados buscan es compensar ese crecimiento anual de demanda con la reducción de consumos innecesarios y así regular la demanda de nuevos generadores cada año. La razón es simple. El mismo ritmo al que aumenta la demanda mundial, es con el que nuestro ecosistema colapsa. Por eso, la legislación energética es un factor gigante que dicta cual es nuestro rumbo.

Honduras carece de políticas que se ejecuten, normas y una planificación energética que envuelva a todos los involucrados en el sector energético. Existe una legislación para la industria eléctrica, incentivos para la energía renovable y un plan de nación que aborda

todos los sectores del país. Sin embargo, no existe una planificación energética con metas a corto, mediano y largo plazo.

Según Díez-Picazo (1988), la ley es una regla y el principal modo de creación de derecho. La normativa nos dice cómo se va a hacer o como se debe cumplir la ley para fines técnicos. En el 2014 se publicó en el diario oficial de Honduras, La gaceta, La Ley General de la Industria Eléctrica que reemplazaba a la Ley del Subsector Eléctrico publicada en 1994. Junto al marco legal se debe elaborar también la normativa. Después de 5 años desde la publicación de la nueva ley, aun no se ha elaborado una normativa para ella. Esto quiere decir que todos los artículos donde se menciona el uso de una normativa, no se pueden aplicar porque no existe un procedimiento. El ente encargado de realizar esta normativa es la Comisión Reguladora de Energía Eléctrica (CREEE), según el artículo 3 de la Ley General de la Industria Eléctrica en el literal F, obligación de la CREE, los numerales 1 y 3.

Existe una planificación energética en latino américa a la cual Honduras se podría apegar por similitudes tanto como económicas y ambientales. Costa Rica un país de la región centro americana que es parte, al igual que Honduras, del Sistema de Interconexión Eléctrica para Países de América Central (SIEPAC) cuenta con una planificación energética que ha brindado resultados alentadores y destaca a nivel mundial.

En el 2015, el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), publico el Plan Nacional de Energía (PNE) como objetivo final cumplir las metas establecidas antes del 2030. Un modelo similar al de la EU. La construcción de la política energética se sustentó en un proceso de participación ciudadana transparente, dinámico y orientado a incorporar la mayor diversidad de criterios sectoriales (PNE, 2015). La metodología planteada tuvo como objetivo el establecimiento de líneas de acción, construidas por medio de un diálogo ciudadano, lo cual el autor de esta investigación considera es una de las acciones más importantes del PNE como medio para armonizar intereses contrapuestos (PNE, 2015).

El PNE también aborda la importancia de la eficiencia energética para el desarrollo sostenible. Tiene varios criterios respecto al crecimiento de la demanda energética en relación a la oferta energética que resultan interesantes. Los autores del plan consideran que

aprovechar todas las posibilidades de reducción en el crecimiento de la demanda que no afecten otras metas de desarrollo y que reduzcan la necesidad de instalación de nuevas plantas generadoras de electricidad y el consumo de combustibles, es de las oportunidades más grandes que tiene el país. A estas oportunidades se les ha agrupado bajo el concepto de eficiencia energética (2015). El autor considera oportuno resaltar como la autogeneración podría beneficiar a la necesidad de nuevas plantas de generación eléctrica mitigando los efectos adversos como la disminución de potencia reactiva con la instalación de bancos de capacitores.

El PNE establece que la eficiencia energética (EE) mejora la competitividad del sistema productivo del país, evita el desperdicio y, por ende, disminuye las inversiones e impactos sociales y ambientales del desarrollo energético. (PNE, 2020)

Para la investigación se aplicarán las normas extendidas por el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), el Documento Básico - HE (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación Española (CTE) que trata sobre el ahorro de energía y normas extendidas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), además de la legislación energética hondureña.

A continuación, en la tabla 3.2 se pueden visualizar las principales leyes y decretos de la legislación energética de Honduras que podrían aplicarse para promover el uso eficiente de la energía en el sector residencial.

Tabla 3.2 Legislaciones hondureñas utilizadas en la investigación.

Ley/Decreto	Sección	Descripción	Consideraciones
Ley General de la Industria Eléctrica Decreto No. 404-2014	Capítulo 2 Artículo 15 Literal D	Medición Bidireccional	-Las empresas distribuidoras estarán obligas a comprar el exceso de energía provenientes de fuentes renovables generadas por usuarios residenciales y comerciales. - El reglamento definirá la liquidación y medición,

			sin embargo no hay un reglamento aun.
Ley General de la Industria Eléctrica Decreto No. 404-2014	Capítulo 4 Artículo 25	Fondo Social de Desarrollo Eléctrico (FOSODE)	-Se Crea el FOSODE, administrado por la ENEE y sirve para financiar los estudios y obras de interés social. -La empresas distribuidoras aporta un 1% de sus ventas finales anuales (trasladadas al usuario final) y el Gobierno Central Lps.15,000,000.00
Reforma a la Ley de Promoción a la Generación de Energía Eléctrica con Recursos Renovables Decreto No. 138-2013	Artículo 1	Reforma del artículo 2 y sus numerales 1, 2, 3 y 5 del Decreto No. 70-2007	-Son un conjunto de políticas y medidas fiscales que exoneran, de pagos de impuesto sobre venta y renta a los desarrolladores de proyectos renovables en bienes y servicios relacionadas con la generación de energía renovable. -Es necesario estar registrado con la Servicio de Administración de Rentas (SAR) como ente exonerado
Decreto No. 93-2015	Artículo 1-3	Beneficios para viviendas del sector social.	-Las viviendas con un costo menor a Lps. 600,000.00 quedan exentas de presentar permisos de construcción y ambientales.
Decreto No. PCM-010-2012	Artículo 3 Numeral 2	De ahorro Energético	-Crear tarifas multihorarios para consumir en horarios estratégicos.

			-Exhorta al Gabinete Energético a aprobar la Ley de Uso Racional de la Energía
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

3.4 DISEÑO DE VIVIENDAS EFICIENTES EN ENERGÍA

El Diseño de Viviendas Eficientes en Energía (DVEE) es un componente de la gestión eficiente de energía que integra muchos aspectos de la arquitectura tradicional y bioclimática, tecnologías de autogeneración de energía y normas o políticas (en el contexto de la sección 3.3), con el fin de crear sustentabilidad, mejorar la calidad de vida y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en sector residencial y comercial.

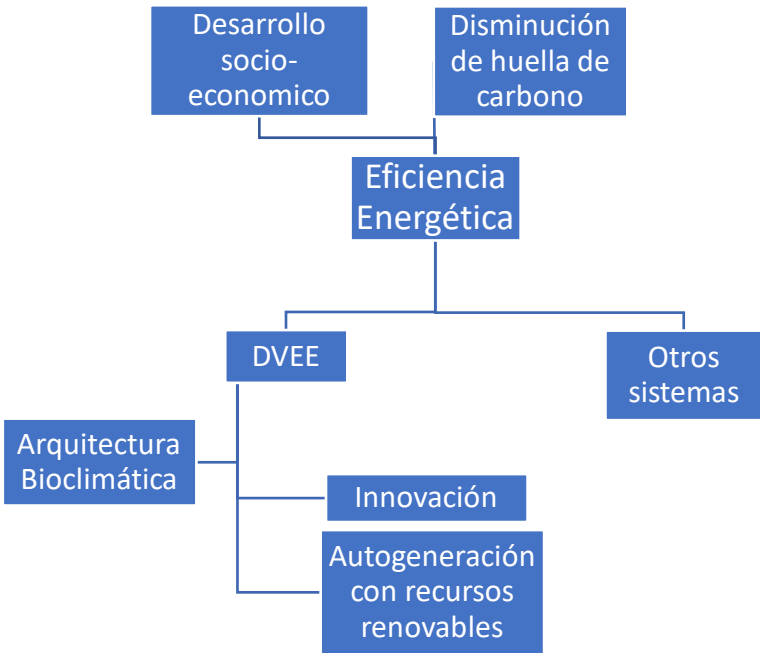


Ilustración 3.3, El DVEE en relación con la EE.

Fuente: Elaboración Propia

Según Brundtland (1987), el desarrollo sostenible es poder ser capaz de satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. Construcción sostenible significa, por eso, desarrollo y gestión en la edificación y su entorno, respetando a la humanidad y al medio ambiente (Soares, 2010).

3.4.1 ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA

El autor de esta investigación considera la arquitectura bioclimática uno de los aspectos más sustanciales para el DVEE y la define como una mezcla de técnicas milenarias y vanguardistas con la finalidad de reducir el consumo de energía sin disminuir el rendimiento y balancear la relación humano-ambiental.

Para Vegas (2015), el diseño bioclimático es adaptable con el medio ambiente ya que se aprovechan los recursos naturales en el sitio tales como: intensidad del viento, recorrido del sol, condiciones topográficas y meteorológicas, integrándolas con estructuras y técnicas actuales para la edificación; garantizando un confort térmico y a su vez eficiencia energética.

“Si pensamos que el sector de la edificación es responsable de casi un 40% de las emisiones de CO₂ a la atmósfera, siendo, además, gran consumidor de la energía producida, es imposible hablar de construcción sostenible de forma independiente del concepto de eficiencia energética.” (Soares,2010)

3.4.1.1 *Envolvente Térmico*

Para el Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) de Uruguay, la envolvente comprende los cerramientos del edificio en contacto con el exterior (2019). Estos cerramientos regulan factores como la temperatura, humedad y su eficiencia dependerá de los materiales que conformen el envolvente. A continuación, las ecuaciones para calcular el coeficiente de transmisión de calor (K) en cerramientos simples (material homogéneo) y compuestos (distintos materiales).

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{L}{\lambda} + \frac{1}{h_e}$$

Ecuación 1. Cálculo de Cerramiento Simple.

$$\frac{1}{K} = \sum \frac{L}{\lambda} + \left(\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \right)$$

Ecuación 2. Cálculo de Cerramiento Compuesto.

Fuente: Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas de edificaciones.

El coeficiente de trasmisión de calor (K) se puede definir como la intensidad de transferencia de calor a través de un material [W/hr-m²-K] y el de transmitancia térmica como la resultante después de tener en cuenta la conductividad térmica y la conductancia de la capa superficial (Kuri,2012). Para obtener la transmitancia térmica U [W/m²-K] se debe conocer la resistencia total (R) que es la resistencia térmica del material a ser estudiado.

$$U = \frac{1}{R}$$

Ecuación 3. Cálculo de la transmitancia térmica

Fuente: Documento de Apoyo al Documento Básico DA DB-HE / 1

Según Domingo (2013) la transmisión de calor tiene lugar por tres mecanismos básicos:

1. Conducción, que es la energía calorífica que se transmite durante el contacto directo entre cuerpos (o partes de los mismos) a distintas temperaturas.
2. Convección, que es la energía calorífica que se transmite por el movimiento físico de moléculas "calientes" de las zonas de alta temperatura a las zonas de baja temperatura y viceversa, equilibrándose las temperaturas.
3. Radiación, cuando la energía calorífica se transmite en forma de energía de la radiación electromagnética, emitida por todos los cuerpos por el hecho de encontrarse con una temperatura T.

Para los puentes térmicos el cálculo es distinto. El Código Técnico de la Edificación (CTE), define puente térmico como aquella zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, donde se transmite más fácilmente el calor por las características del material. (CTE-DB-HE1)

$$\Phi_T = \left(\sum U_i A_i + \sum \psi_j L_j + \sum \chi_k \right) (\theta_i - \theta_e) = U_m A_T (\theta_i - \theta_e)$$

Ecuación 4. Formulación de la transmisión de calor considerado los puentes térmicos.

Fuente: CTE-DB-HE1 pg.3

Para Kuri (2012), la ganancia de calor por conducción a través de la envolvente de un edificio bajo estudio (paredes, techos, pisos y ventanas), se calcula con la ecuación que resulta de la solución de la ecuación de conducción sin almacenamiento, para el caso de flujo a través de paredes, el techo y piso, que pueden ser consideradas como placas planas, la solución es:

$$Qt = U x A x \Delta t$$

Ecuación 5. Cálculo para el flujo calorífico en superficies planas

Fuente: Cálculo de transmisión de calor en elementos constructivos y temperatura de sus superficies. Antonio Kuri.

Estos planteamientos forman parte de las condiciones requeridas para el control de la demanda energética por lo cual las viviendas dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y de invierno. (CTE-DB-HE, 2019)

3.4.1.2 Materiales de aislamiento térmico

El aislamiento de los edificios supone actuar sobre la envolvente y los elementos internos del edificio para reducir pérdidas térmicas y acústicas. El aislamiento es la opción con más potencial de reducción de la dependencia energética. La energía conservada por el uso del aislamiento compensa sobradamente la energía requerida para su fabricación y su instalación (Manual de aislamiento URSA insulation, 2009).

Para Velásquez (2016) un cerramiento aislado reduce a una cuarta parte las transferencias de calor que ocurren en determinada superficie y alrededor de un 20% de las pérdidas en una edificación se dan por puentes térmicos.

En esta investigación se tomarán únicamente las paredes y techo como los cerramientos a ser aislados. Se descartan las ventanas aisladas porque ya es conocido que sus costos en el mercado son elevados y, que las pérdidas que se puedan dar en esos cerramientos, se pueden mitigar con el buen diseño de un techo aislado.

El bloque de hormigón es material de construcción más popular en el sector residencial hondureño por ser considerado un material resistente a condiciones exteriores. Según Adell (2007) está elaborado de una mezcla de conglomerantes inorgánicos con áridos del tamaño de la grava y de la arena y agua, (y si se prescriben adiciones y aditivos) con una resistencia especificada y con la proporción de cemento adecuado para proteger de las barras corrugadas normales con la que suele mezclarse. En la tabla 3.3 se observan las propiedades del bloque de hormigón que según el Instituto Nacional de Estadísticas representa el 74.63% del material utilizado para elaborar muros y paredes en Honduras.

Tabla 3.3 Propiedades físicas del bloque de hormigón.

Bloque de 4 pulgadas		Bloque de 6 pulgadas	
Dimensiones	4x8x16 (pulgadas)	Dimensiones	6x8x16 (pulgadas)
Alto estándar	19 cm	Alto estándar	19 cm
Ancho estándar	10 cm	Ancho estándar	14 cm
Largo estándar	39 cm	Largo estándar	39 cm
Peso	11.7 kg (28.5 lbs)	Peso	14 kg (30.8 lbs)

Fuente: Ficha Técnica de Argenis, 2017.

Los paneles ICF (Insulated Concrete Form) en forma de bloque están elaborados de Poliestireno Expandido de alta densidad y tiene unas características similares a las de un bloque de <LEGO>. Para Janaina (2020), gerente de operaciones de Formas Térmicas S.A, es una alternativa constructiva con resultados eficientes para el medio hondureño.

Los paneles ICF corresponden a bloques huecos, los cuales una vez se instalan en terreno se refuerzan con barras de acero dispuestas en su interior tanto de forma horizontal como vertical con la cuantía que especifique el ingeniero calculista, para luego rellenar el interior de los bloques ensamblados con hormigón y de esta manera disponer de los muros de la vivienda, los cuales resultan ser exteriormente de poliestireno expandido e interiormente de hormigón armado (Gonzales, 2019). En la tabla 3.4 y 3.5 se observan algunas características del bloque ICF de la marca Syntheon. Las propiedades físicas son las mismas que la de los bloques ICF de Formas Térmicas.

Tabla 3.4 Premisas del bloque ICF de Syntheon.

	Unidades	ICF 15	ICF 20
Resistencia Térmica	m ² -K/W	2,63	2,7
Transmitancia Térmica	W/m ² -K	0,38	0,37
Resistencia al fuego	Clasificación	F15 a F180	F15 a F60
Aislación acústica	dB		45

Fuente: Ficha Técnica SYNTHEON 2015.

Tabla 3.5 Propiedades físicas del bloque ICF

Propiedades Geométricas	Unidades	ICF 15	ICF 20
Espesor/Altura/Largo	cm/cm/cm	15/30.5/120	20.32/30.5/122
Densidad	kg/m ³	23	23
Diámetro de perforación	cm	9	14
Peso teórico bloque	kg	0.83	0.97
Peso teórico bloque c/hormigón	kg	49	84
Rendimiento	Bloques/m ²	2.73	2.69

Fuente: Ficha Técnica SYNTHEON 2015

El Adobe es uno de los materiales de construcción más viejos todavía en uso. Es un material de construcción de bajo costo y de fácil accesibilidad ya que es elaborado por comunidades locales. Para obtener un buen bloque es necesario que la tierra tenga entre un 15% a 30 % de arcilla para cohesionar el material mientras el resto puede ser arena o áridos más gruesos. No aísla muy bien, así que las paredes hechas del adobe necesitan aislamiento para mantener comodidad en el edificio. Esto se puede lograr creando una pared doble, con un espacio de aire (Cladera et Al. 2007).

Los paneles de EPS están compuestos por el mismo material que los bloques ICF. Las diferencias varían en el espesor y por ende la densidad. Estos sirven para recubrir paredes o techos. Los techos en Honduras usualmente son cubiertos con lamina de zinc o aluminio.

La lamina de aluminio es una opción más económica en cuanto a la de zinc, pero con menos durabilidad. Estas se dividen en calibres que determina el espesor de la lámina. Ambos materiales por si mismos no se desempeñan como buenos aislantes, por lo que el diseño del techo y la implantación de aislantes son necesarias para reducir perdidas térmicas en esa superficie.

3.4.1.3 Recolección de Agua Pluviales

El sistema de captación de agua se puede catalogar como parte de esas técnicas milenarias para el aprovechamiento de los recursos. Para Morales (2013) es una ecotecnia, que en el SAHOP (1978) se define como las tecnologías que puede servir para mejorar el establecimiento de comunidades ecológicas y autosuficientes.

Para su implementación es necesario conocer parámetros meteorológicos de la ubicación del proyecto a instalarse al igual como ciertas consideraciones constructivas en la superficie de captación. Para el aprovechamiento de espacios muertos se diseñan en los techos y si son lozas deben tener pendientes de más de 1 grado hasta 5 de inclinación y un subnivel según Ortiz (2020).



Ilustración 3.4 Diseño para captación de aguas.

Fuente: CEPIS, 2004.

3.4.1.4 Iluminación Natural

La luz natural, según la Guía Técnica de Aprovechamiento de Luz Natural (GTALN) (2010) es una fuente luminosa muy eficiente que cubre todo el espectro visible, que proporciona un rendimiento de colores perfecto, con variaciones de intensidad, color y distribución de luminancias, con una dirección variable de la mayor parte de la luz incidente. Consta de 3 componentes:

1. El haz directo precedente del sol.
2. La luz natural difundida en la atmosfera.
3. La Luz procedente de la reflexión en superficies.

También en la GTALN menciona la importancia de luz natural como medio para disminuir las aportaciones térmicas en la edificación y crear una relación entre el control de iluminación y el control térmico. Para el sector residencial se le conoce coloquialmente como "traga luz" a la técnica más empleada en Honduras. Para Franklin (2019) el uso de traga luces brinda resultados positivos en cuando a eficiencia energética como los del aprovechamiento del recurso solar en paneles fotovoltaicos.

3.5 AUTOGENERACIÓN

El otro factor que se debe considerar en un DVEE es la capacidad de poder suplir la demanda energética de la edificación con recursos propios de esta misma. A esa capacidad se otorga el concepto de autogeneración de energía. Como se ha mencionado en este documento, estos recursos serán propias de las condiciones bioclimáticas ofrecidas en el sitio del proyecto.

Existen diferentes sistemas de autogeneración de energía algunos muy complejos y otros simples. Podemos seccionarlos en dos partes, el primero, que su recurso es renovable y el segundo, con recursos no renovables. En la investigación se implementarán sistemas solamente con recursos renovables con el fin de abordar la problemática socio-ambiental de manera eficiente.

3.5.1.1 Generación Solar

La generación solar se basa en la captación de energía encontrada en la intensidad radioactiva emitida por el sol y recibida por la tierra y su transformación de energía. Actualmente existen dos sistemas en Honduras con los cuales se puede aprovechar la irradiación solar:

1. Energía Solar Fotovoltaica
2. Energía Solar Térmica

La solar térmica es comúnmente empleada en calentadores de agua residenciales y comerciales. Para fines de esta investigación esta se descartará por ser poco relevante en el sector de viviendas sociales dadas las condiciones meteorológicas en el Valle de Sula y el incremento de costos.

La energía solar fotovoltaica (PV) es la que se transforma en energía eléctrica. Según García y Torres (2017) esto ocurre cuando los fotones que se encuentran compuestos en el haz de luz inciden en una celda fotovoltaica y se transfieren a un electrón en el átomo de la célula. García y Torres (2017) también menciona que no todo el espectro se convertirá en energía

eléctrica. Cuando el haz de luz incide en el panel o cualquier otra superficie, una parte es absorbida (la energía útil), otra reflejada y el resto lo atraviesa.

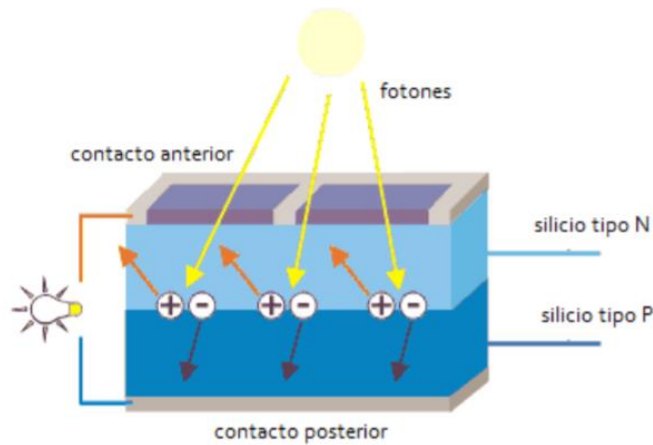


Ilustración 3.5 Efecto Fotovoltaico.

Fuente: Proyecto de diseño e implementación de un sistema fotovoltaico de interconexión a la red eléctrica en la Universidad Tecnológica de Altamira (2017) pg.15

Para Pandey et al. (2018) los paneles fotovoltaicos de silicón cristalino son los que mejor eficiencia brindan (15% a 20%) y con mayor disponibilidad en el mercado. De estos se producen paneles policristalinos y monocristalinos. Los policristalinos tiene mejor rendimiento a mayor costo económico y los monocristalinos tienen menos rendimiento, pero a menor costo económico. La factibilidad de ambos dependerá del análisis financiero.

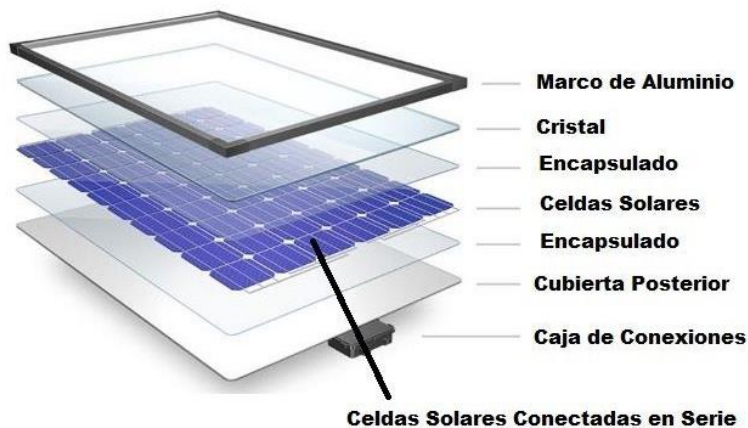


Imagen 3.6 Partes de un módulo PV.

Fuente: AutoTech pg.2 2017.

En la imagen 3.6 se visualizan los componentes de un módulo solar. La energía eléctrica obtenida mediante el panel PV será de estado continuo o corriente directa (CD) y direct current en inglés (DC). Se obtendrá cuando se conecten todos los módulos o paneles PV en serie (terminal positiva con negativa) y luego se lleven 2 líneas (una positiva y la otra negativa) a los equipos electrónicos. Estos desempeñarán un papel importante para que esta energía pueda ser utilizada en el hogar y se profundizara en la sección 3.6. En la imagen 3.7 se puede visualizar una instalación con dos *arrays* (cantidad de paneles en serie por línea) donde se unen las terminales positivas de cada uno, al igual que las negativas, para ser llevadas a los aparatos electrónicos de regulación y conversión

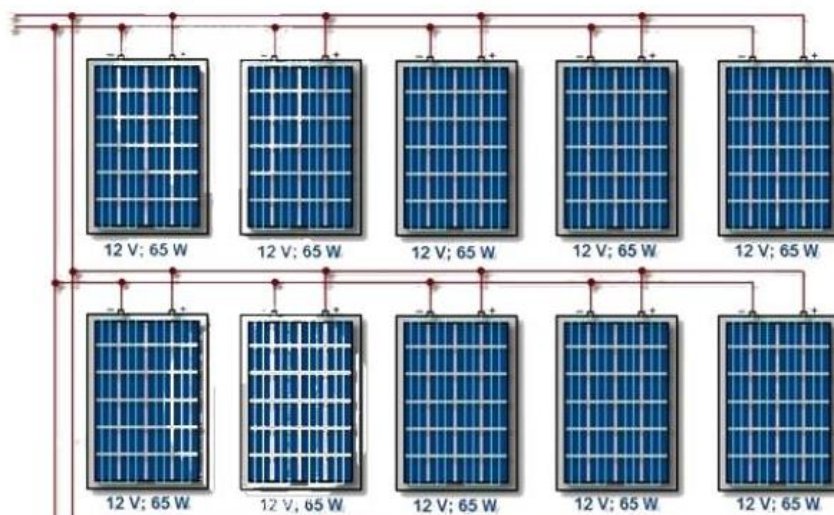


Imagen 3.7 Conexión en serie de paneles PV

Fuente: www.tecnosolab.com, 2018

El funcionamiento de los paneles PV estará también sujeto a las horas solares útiles de la región y a sus valores de irradiación. Honduras es uno de los países en el mundo con más horas solares útiles por su posición geográfico. Estas horas solares son en las que mayor incidencia hay sobre el panel y mejor es el rendimiento de este. Otro factor determinante es la ubicación del panel que deber ser orientado de norte a sur (caso contrario para los países por debajo del ecuador) y con un grado de inclinación entre 12 a 15 grados (en relación a la latitud de Honduras) según Ortiz (2020).

3.5.1.2 *Generación Eólica*

Para Reyes (2019) la generación eólica aprovecha el flujo del aire (viento) ocasionado por los cambios de temperatura en las capas atmosféricas. Las turbinas eólicas convierten la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual acciona un generador que produce energía en corriente continua. La eficiencia de esta también está sujeta a las condiciones topográficas del terreno como por ejemplo valles, cañones y relieves accidentados.

Los generadores eólicos tienen una eficiencia de hasta el 50%, según Reyes (2019), por arriba a la de los paneles PV. Actualmente existen distintos tipos de generadores. Los de más auge son los que se emplean en el sector de generación a niveles industriales; sin embargo, hoy en día se emplean micro generadores eléctricos (como las micro turbinas hidráulicas) que se adoptan a las necesidades cuantitativas de sectores con menor demanda.

Para aerogeneradores en el sector residencial es necesario que la magnitud con la que se desplaza el viento sea mayor a 1.5 m/s en promedio anual. En la sección 3.7 de esta investigación se podrá determinar si las condiciones topográficas y meteorológicas son aptas para la implementación de esta tecnología.

3.5.1.3 *Biodigestores anaeróbicos*

Los biodigestores, al igual que las tecnologías anteriores, se podrían utilizar en la generación de energía eléctrica. Sin embargo, para esto se ocupan biodigestores industriales capaces de generar toneladas de gas metano o biogás que puedan impulsar una turbina accionada por gas. En esta investigación se buscará aprovechar el biogás para cocinar y los residuos orgánicos en la agricultura.

Según Suarez (2017), la descomposición de la materia orgánica mediante una digestión anaeróbica es el proceso clave para la elaboración de biodigestores que generen biogás. En el manual de biogás de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) la digestión anaeróbica se puede definir como un proceso biológico degradativo en el cual parte de los materiales orgánicos de residuos animales y vegetales

son convertidos en biogás y fertilizante orgánico por un consorcio de bacterias que son sensibles o completamente inhibidas por el oxígeno (2011). El proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica se divide por ahora en cuatro fases o etapas (Manual de biogás FAO,2011):

1. Hidrólisis
2. Etapa fermentativa o acidogénica
3. Etapa acetogénica
4. Etapa metanogénica

Para asegurar que la materia orgánica, o biomasa, pase por las 4 etapas se tendrán que tomar en cuenta dos factores, los cuales son:

1. Temperatura y tiempo de gestión
2. Propiedades químicas de la biomasa.

La temperatura determinara el tiempo de la fermentación dentro del biodigestor. A mayores temperaturas, menor será el tiempo de gestión. Para el proyecto, dadas las condiciones meteorológicas del Valle de Sula, se clasificarán las fermentaciones de dos formas según Alcayega et al (1999):

- a. Fermentación mesofílica, para un rango de temperatura entre 20 y 35°C y aproximadamente 30 a 40 días de retención.
- b. Fermentación termofílica, para un rango de temperatura entre 50 y 60°C y más de 8 días de retención. Este tipo de fermentación no es apropiada para plantas sencillas.

Las propiedades químicas que más deberán interesar en cuanto a la selección de materia orgánica será la relación de carbono y nitrógeno (C/N) ya que esta influirá en la producción de gas. En base a la investigación de Arboleda (2009) una relación aceptable será de 20 a 30 y la ideal 16. También enfatiza que para obtener una mejor producción de gas se deberán de hacer mezclas entre materiales con alto contenido de nitrógeno con otro con alto contenido de carbono, así mismo, mezclas de biomasa con un C/N alto con un C/N bajo. En la tabla xx se pueden observar distintas relaciones C/N según la sustancia y en la tabla xxx las características generales del biogás.

Tabla 3.6 Relación de C/N en distintas biomásas.

Sustancia	Relación C/N
Orina	0.8
Estiércol equino	25
Estiércol vacuno	18
Aserrín	511
Basura	25
Cascaras de papa	25
Paja seca de trigo	87
Hojas secas	53
Estiércol de aves	41
Pasto	32
Estiércol ovino	29
Estiércol de cerdos	13
Excretas frescas humanas	2.9

Fuente: Elaboración propia con datos del manual de biogás de la FAO.

Suarez (2017) también explica que el biogás puede reemplazar el consumo irregular de leña en el sector rural de Honduras. Según el documento de planificación emitido por la Secretaria de Energía (SEN) la leña representa el principal energético consumido en Honduras con un 30% y en el sector residencial un 79%, una cifra mucho mayor que la de la energía eléctrica (18%) y el gas LPG (2%) (Balance Energético Nacional, 2017). En la tabla 3.6 se observa la relación C/N de distintas sustancias y en la 3.7 las características generales del biogás.

Tabla 3.7 Características básicas del biogás.

Composición	55-70% metano 30-45% dióxido de carbono
Contenido energético	6.0-6.5 kW-h-m ³
Equivalente de combustible	0.60-0.65 L petróleo/m ³ biogás
Temperatura de ignición	650-750 grados Celsius
Presión crítica	74-88 atm
Densidad normal	1.2 kg/m ³
Olor	Huevo podrido
Masa molar	16,043 kg kmol

3.6 SISTEMA DE AUTONOMÍA

En esta investigación se analizará un DVEE cuya generación eléctrica va a ser OFFGRID o en modo isla. Para que se pueda desarrollar en modo isla es necesario la implementación de un Sistema de Almacenamiento de Energía (SAE). Para esta investigación se necesita almacenar energía de tipo eléctrica por lo cual un Sistema de Almacenamiento de Energía con Baterías (SAEB) sería el sistema indicado para el DVEE (Lainfiesta, 2020).

Para que el SAEB sea autónomo, en base a criterios cualitativos y la guía No. 21 Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas del Departamento Nacional de Planificación de Colombia (DNP), se asignaran los días en los cuales las cargas serian cubiertas solo por el SAEB. El DNP establece que todo sistema PV se debe calcular mínimo para un día y medio de autonomía (2016).

Los SAEB se caracterizan por ser sistemas de alto costo económico. Hace una década la implementación de estos era escaso por la poca rentabilidad que ofrecían. Sin embargo, hoy en día los costos han disminuido y cada vez los SAEB se van afianzando más en los mercados energéticos. En la imagen 3.8 se puede visualizar un gráfico que muestra los valores de energía almacenada del 2013 a 2018. Nótese que para el 2018 la mayoría de esa energía era almacenada "behind the meter", que quiere decir que se encuentra antes de un medidor o en el sector residencial y comercial.

Para el diseño del SAEB se tomará en cuenta las cargas, la tensión compatible con el inversor seleccionado y la profundidad de descarga (PDD) de la batería que se seleccione. La PDD indica que porcentaje de la capacidad de la batería se podrá utilizar. Si no se respeta la PDD el ciclo de vida de la batería disminuirá y el sistema dejará de ser eficiente. En base a lo anterior, se recomienda utilizar baterías de ion-Litio selladas.

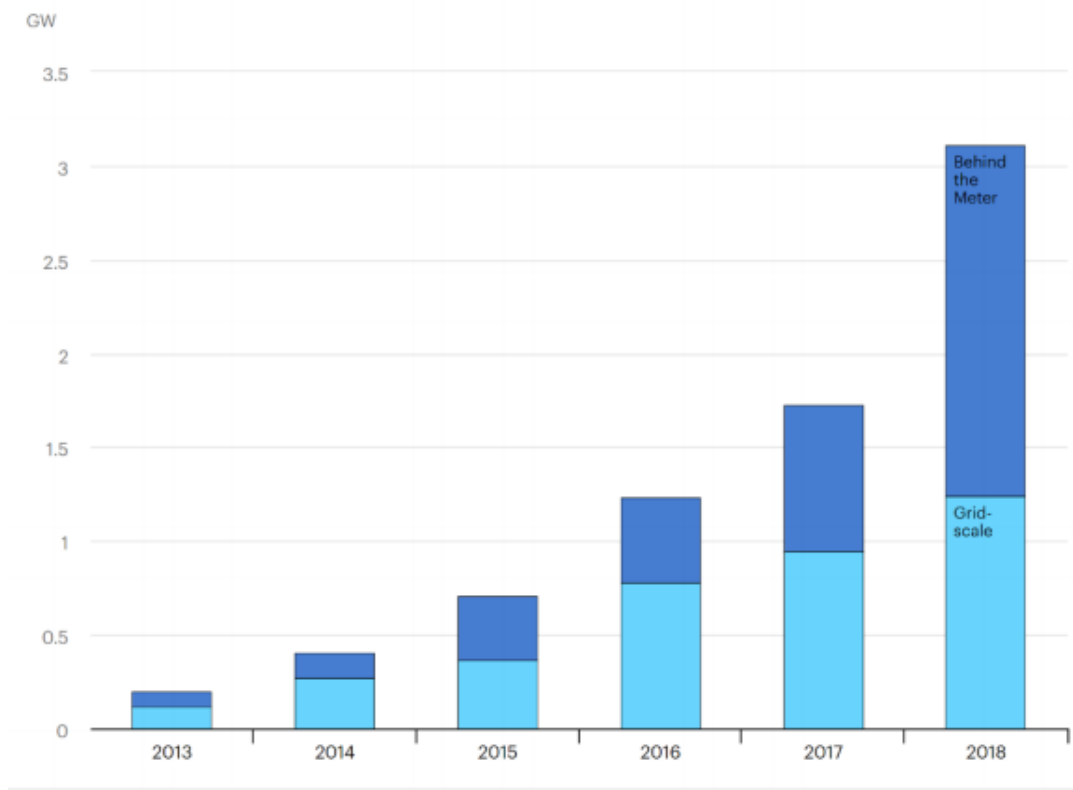


Ilustración 3.8 Gráfico de almacenamiento de energía con SAEB de 2013-2018.

Fuente: IEA, Annual storage deployment, 2013-2018, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/annual-storage-deployment-2013-2018>.

Las baterías ion-Litio tienen una alta densidad de potencia y energía y una alta eficiencia de carga-descarga. El electrodo positivo está típicamente construido de óxido de litio cobalto (LiCoO₂) o fosfato de hierro-litio (LiFePO₄), el electrodo negativo está típicamente construido de carbón (Lainfiesta, 2020).

Estas baterías pueden ofrecer una PDD de hasta el 100% pero en promedio rondan en un 50-70%. A diferencia de las baterías de plomo-acido, las baterías selladas no requieren mantenimiento. La PDD de las baterías de plomo-acido en promedio es de 30-50%. Estas últimas son muy sensibles y al sobrepasar su PDD terminarían averiadas e inservibles (Lainfiesta, 2020).

La eficiencia de la batería o "roundtrip efficiency" también será necesaria para diseñar el SAEB. Esta determinará que porcentaje de energía se perderá en todo el proceso, desde la entrada proveniente del sistema PV y la salida hacia las cargas. También la temperatura es un parámetro que se deberá considerar. Una regla empírica determinará que cada aumento de 10°C en la temperatura ambiente reducirá a la mitad la vida útil del SAEB (Jiménez et Al. 1998). La temperatura ambiente según los fabricantes de baterías es de 23°C. Sin embargo, a temperaturas bajas, la tensión de las baterías disminuirá y también reduciría el ciclo de vida de la batería. Según la dimensión del SAEB, podría ser necesario un sistema de monitoreo de temperatura.

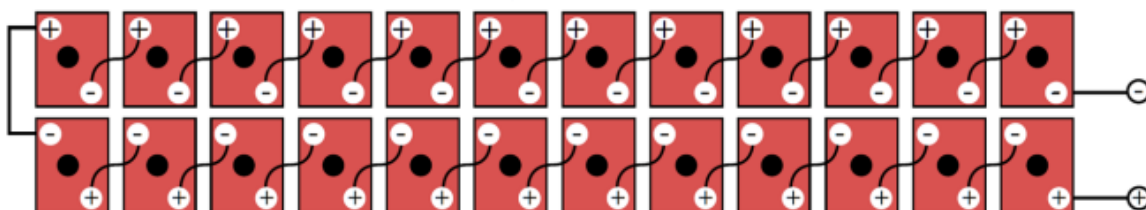


Ilustración 3.9 Banco de baterías conectadas en serie.

Fuente: Curso de almacenamiento de energía, EdX, 2020.

Los bancos se podrán configurar con conexiones en serie, paralelo o ambas. Con una conexión en serie se obtendrá un aumento de tensión y con una conexión en paralelo un aumento de corriente. En la ilustración 3.9 se puede observar un esquema de un banco de baterías conectado en serie. En bancos paralelos, el positivo debe salir por el lado contrario del negativo o viceversa.

El SAEB funcionaría como un simulador del SIN. Tendrá que ser capaz de entregar energía firme según los días de autonomía. Complementa una de las desventajas del sistema PV, que fluctúa con el paso de las nubes y cesa de generar cuando no hay luz solar. Para la comunidad de La Cuchilla se ha determinado una autonomía de 3 días. En el manual de usuario, en la parte de anexos, se determinan los pasos a seguir en caso de mal tiempo.

3.7 INVERSOR

La corriente que se generará en el sistema PV, y se almacenará en el SAEB, será en DC. Las cargas donde se conectará el sistema son AC. El inversor es el dispositivo que se encargará de transformar la corriente DC a AC. Existen diferentes tipos de inversores, pero para fines de esta investigación se analizarán inversores DC/AC. El inversor es un dispositivo electrónico que rectificará la señal DC y la convertirá en una onda sinusoidal. Según el inversor será el parecido de esa onda rectificada con una onda AC. A los inversores de alta calidad se denomina los denomina inversores de onda pura.

En esta investigación se instalará un inversor híbrido. Este, además de lo mencionado anteriormente, atenderá las cargas del banco de baterías y brindará una amplia comunicación entre el sistema PV, el SAEB y las cargas. Para Ortiz (2020), colocar un inversor híbrido resulta mejor ya que no será necesario implementar un regulador de cargas ni lidiar con los problemas que con lleva la operación de estos.



Ilustración 3.4 Inversor Híbrido Sumry de 1.6 kW.

Fuente: Alibaba, 2020, <https://spanish.alibaba.com/product-detail/24vdc-220vac-2kv-inverter-1-6kw-hybrid-solar-inverter-inbuild-mppt-controller-1600060745708.html?spm=a2700.8699010.normalList.26.2a3340d13gbYpJ>.

EL inversor se calculará tomando en cuenta el consumo anual de todas las cargas y el rendimiento solar específico. En la ilustración 3.10 se puede visualizar el inversor que se utilizara en este proyecto.

3.8 CONDICIONES AMBIENTALES Y ATMOSFÉRICAS

Muchos de los parámetros que se utilizaran en esta investigación están relacionados con el entorno físico en el que se encuentra el proyecto. Algunos de estos parámetros suceden en el ambiente y otros se generan desde lo más alto en la atmosfera. Para ambas condiciones se encuentran parámetros meteorológicos y climatológicos.

El clima del Valle de Sula es un clima húmedo-seco. Este clima es muy similar al clima de la región W según el documento de apoyo al DB-HE de España. Para esta región el KG no puede exceder de 1.5 (NBE-CT-79, 1980).

3.8.1 METEOROLOGÍA

En esta se analizarán parámetros que ocurren en corto plazo, por ejemplo, la irradiación o insolación diaria. La mayoría de estos parámetros ocurren bajo condiciones ambientales. Otro ejemplo puede ser la temperatura promedio que tendrá peso en el comportamiento de todos los sistemas empleados para este DVEE. Estos valores son registrados en estaciones meteorológicas las cuales tendrán que contar con el equipo adecuado según sea su finalidad.

Según Palaguachi (2018), estas están destinadas a medir ciertas variables del clima en base a su ubicación. Estos datos sirven para poder realizar estudios climatológicos. Para este proyecto se utilizaron datos de la estación meteorológica de La Mesa en La Lima.

3.8.2 CLIMATOLOGÍA

La climatología nos muestra datos en periodos de tiempo más prolongados. Por ejemplo, el rendimiento solar específico es una variable climatológica que se estudia anualmente. Se podría determinar que serían las sumas de distintos resultados meteorológicos empleados en un solo estudio. En la ilustración 3.11 se puede observar un mapa que brinda el

rendimiento solar específico de Honduras según la región. Para Martínez (2020), operario de La Mesa, el rendimiento es de aproximadamente 1290 kWh/kWp al año.

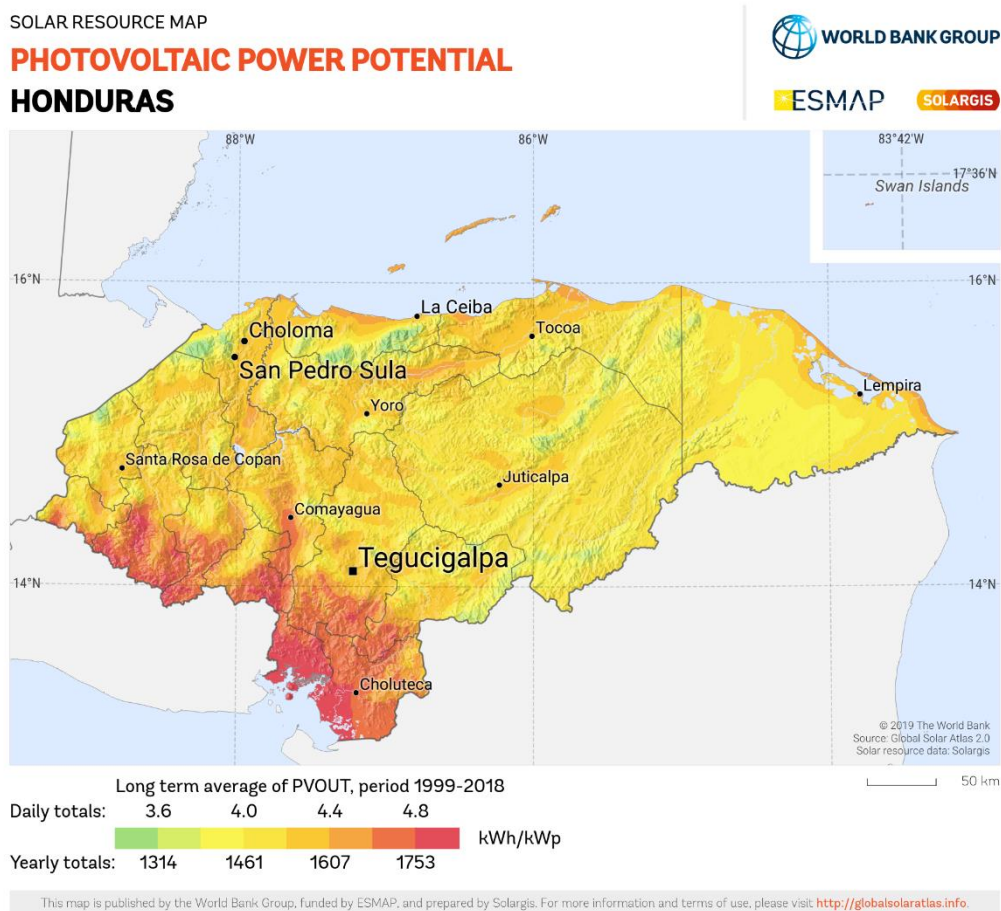


Ilustración 3.11 Potencial de Energía Fotovoltaica en Honduras.

Fuente: Banco Mundial, Solagris, 2018.

3.9 TIR Y VAN

En esta investigación se demostrará si el proyecto es viable económicamente. Para poder realizar dicha comprobación es necesario la aplicación de ciertos parámetros financieros. La Tasa Interna de Retorno (TIR) y en el Valor Actual Neto (VAN) serán las variables que determinarán la rentabilidad de este proyecto. Dichos valores se aplicarán explícitamente en el sistema PV y el SAEB. Si estos no son viables, el proyecto en sí no sería viable.

Según Gallant (2020), El VAN es la diferencia entre el valor presente de las entradas de efectivo y el valor presente de las salidas de efectivo durante un período de tiempo. Por el contrario, la TIR es un cálculo utilizado para estimar la rentabilidad de las inversiones potenciales.

Tanto la TIR como el VPN se usarán para determinar qué tan deseable será el proyecto y si agregará valor. Mientras que el TIR usa un porcentaje, el VAN se expresa como una cifra en dólares. Si bien se podría utilizar solamente la TIR como una medida del presupuesto de capital, viene con problemas porque no tiene en cuenta los factores cambiantes, como las diferentes tasas de descuento. En estos casos, usar el valor presente neto sería más beneficioso.

IV METODOLOGÍA

El siguiente capítulo describe las técnicas y metodología utilizada para la elaboración de este proyecto, desde la recolección de los datos hasta el manejo de estos y la interpretación de los resultados.

4.1 ENFOQUE

Durante el desarrollo de esta investigación, se hace uso de un enfoque mixto puesto que se utilizan características de tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo.

Álvarez (2011, pg. 44) menciona que: "La investigación científica, desde el punto de vista cuantitativo, es un proceso sistemático y ordenado que se lleva a cabo siguiendo determinados pasos". Para que se lleve a cabo esta investigación es necesario plantear una estructura lógica de pasos que proyecten el trabajo y que brinde soluciones coherentes a los problemas planteados.

A lo largo de la investigación se utiliza el enfoque cuantitativo para la construcción del marco teórico, la metodología de la investigación, determinación de variables y el establecimiento de hipótesis.

En esta investigación se utiliza el enfoque cualitativo desde el inicio y al final para analizar los resultados obtenidos. En un inicio se debe determinar que envoltente se desea analizar podría ser una mejor solución ante el bloque de concreto. Álvarez también afirma que “La investigación cualitativa, se plantea, por un lado, que observadores competentes y cualificados puedan informar con objetividad, claridad y precisión acerca de sus propias observaciones del mundo social, así como de las experiencias de los demás” (2011, pg.47).

Los softwares de diseño al igual que las plantillas de Excel arrojan resultados que son objetivos sin ningún sesgo, esa información comprueba o rechaza la hipótesis de la investigación.

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

“Una variable es una entidad abstracta que adquiere distintos valores, se refiere a una cualidad, propiedad o característica de personas o cosas de estudio” (Pineda & E. de Alvarado, 1994, pg.78).

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

Esta investigación cuenta con distintas variables dependientes. Las más importantes son la de la TIR y VAN por lo expuesto en la sección 3.9. Si el sistema de generación de energía eléctrica (incluyendo el SAEB) no son viables, el proyecto no es viable porque técnicamente no hay otro sistema renovable que se pueda emplear.

La TIR y el VAN intentan responder a la siguiente pregunta: ¿Es rentable la instalación del sistema PV y el SAEB que se ha diseñado? La TIR y VAN se definen de la siguiente manera:

$$TIR = \sum_{T=0}^n \frac{Fn}{(1+i)^n} = 0$$

Ecuación 6. Cálculo de TIR.

Dónde:

n = Numero de periodos considerados.

Fn = Flujo de caja en el periodo n.

i = Inversión Inicial.

$$VAN = -i\sigma + \int_{k=1}^n \frac{FNk}{(1+i\sigma)^k}$$

Ecuación 7. Cálculo de VAN.

Dónde:

n = Numero de periodos considerados.

FN = Flujo de caja en el periodo n.

iσ = Inversión Inicial.

k = Costo del capital utilizado.

El coeficiente global de transmisión de calor (KG) es la última, pero no menos importante, variable dependiente. El KG intenta responder la siguiente pregunta: ¿La edificación cumple las normativas expuestas en el DB-HE1, previamente la NBE-CT-79? El KG se define de la siguiente manera:

$$KG \equiv \frac{\sum KSe + 0.8 \sum KSq + 0.5 \sum KSs}{\sum Se + \sum Sq + \sum Ss}$$

Ecuación 8. Cálculo de coeficiente global de calor.

Donde:

KSe = Transmisión de calor en cerramientos en contacto con el exterior.

KSq = Transmisión de calor en cerramientos en contacto con la cubierta.

KSs = Transmisión de calor en cerramientos en contacto con el terreno.

Se = Área del cerramiento en contacto con el exterior.

Sq= Área del cerramiento en contacto con la cubierta.

Ss= Área del cerramiento en contacto con el terreno.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

Según Mora (2020), se denominan variables independientes todas aquellas variables cuyo valor no depende de otra variable. Para esta investigación se definen las siguientes variables independientes:

1. Variables meteorológicas y climatológicas: Por estas el autor se refiere a todas las variables que obtenemos al ingresar las coordenadas del proyecto en la base de datos de la NASA. Entre ellas las más importante la irradiación, índice de cielo despejado, velocidad del viento y temperatura ambiental.
2. Resistencia térmica: la habilidad que posee un material de retener calor. Es la inversa de transmisión térmica con la cual se realizan los cálculos de cerramientos.
3. Costos: Los costos de cada material empleado para esta investigación suman para obtener una inversión inicial, la cual se utilizará para el cálculo de la TIR y el VAN.
4. Tasa de descuento: esta nos indica el valor que tendrá nuestra utilidad neta a lo largo de la vida útil del proyecto. Se puede obtener mediante el BCH o consultando al banco con el que se desea manejar el proyecto.

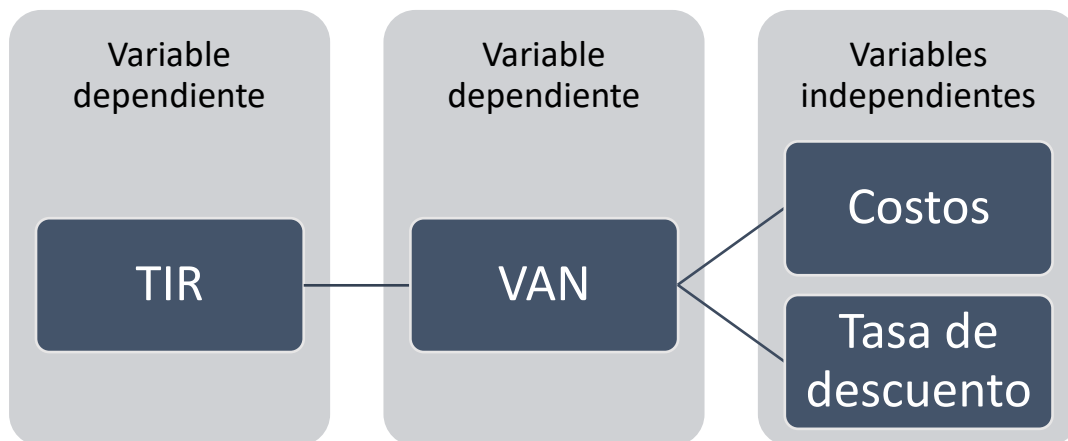


Ilustración 4.1 Diagrama de Variables.

Fuente: Elaboración propia.

4.3 HIPÓTESIS

En la siguiente sección se plantea la hipótesis de investigación y una hipótesis nula.

Hipótesis de Investigación (Hi): La vivienda no excede un costo total de Lps. 600,000.00 y el TIR del proyecto es superior a la tasa de costo de capital%.

Hipótesis Nula (Ho): La vivienda excede un costo total de Lps. 600,000.00 y el TIR del proyecto es inferior al 12%.

4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

1. Helioscope: es un software aplicado para el diseño de sistemas PV. El software facilita diferentes herramientas que le permiten al usuario poder realizar distintas simulaciones del proyecto como si este estuviera ya instalado en el sitio. De esta manera se pueden realizar diferentes combinaciones hasta obtener el diseño que se considere el más factible. Algunos parámetros importantes que se pueden fácilmente manipular son los grados del azimut, grados de inclinación, tipo de instalación, identificar las sombras que se pueden dar en el sitio, el espaciado entre módulos, seleccionar el tipo de modulo que se va a emplear al igual que el inversor, identificar la ratio DC-AC y las pérdidas que se puedan dar en el cableado eléctrico.
2. Power Access data base: es una aplicación desarrollada por la NASA. La aplicación se conecta con los satélites de la NASA que a la vez reciben información de distintas estaciones meteorológicas. La aplicación está diseñada para la generación de energía con fuente renovables y el manejo de edificaciones sostenibles. Al ingresar, el usuario selecciona la información que quiere recibir y de dónde. Luego esta se puede importar a un archivo CVS y visualizarla desde Excel.
3. AutoCAD: Es un software desarrollado por Autodesk con el fin de facilitar la elaboración de planos 2D y dimensionamientos 3D. Esta aplicación resulta muy útil para tomar medidas del proyecto sin necesidad de visitar el sitio. Es indispensable para la elaboración de los planos.

4. Huawei Y7: es un teléfono móvil el cual cuenta con una cámara de 15 mega pixeles con las cuales de tomaron fotos del sitio en la Cuchilla. También cuenta con una aplicación de calculadora y una brújula.
5. Google Forms: Es un servicio de nube gratis que permite realizar encuestas elaboradas por el usuario de manera dinámica. Las encuestas son guardadas en la nube del Google Drive del usuario y se pueden compartir mediante un link al cual se puede acceder fácilmente mediante un navegador de internet.
6. Microsoft Office Excel 2019: Software utilizado para la recopilación de datos y el análisis de los mismos. En este software se realizaron las plantillas con las cuales se calcularon las premisas básicas del sistema PV, el dimensionamiento del SAEB y el análisis de la TIR y VAN.
7. Marco Legal y Normativos: Las leyes y normas son herramientas en las cuales la sociedad se apoya para mantener el orden. En el contexto de eficiencia energética, estas políticas son de gran importancia para poder llevar a cabo estudios y desarrollar proyectos. A continuación, un ejemplo de las más relevantes de la legislación hondureña.
 - a) Ley General de la Industria Eléctrica
 - b) Ley de beneficio para la construcción de viviendas sociales.
 - c) Reglamento operativo del programa del bono de vivienda para una vida mejor.

4.5 POBLACIÓN Y MUESTRA

El propósito de la investigación es crear un DVEE que se pueda replicar en el Valle de Sula en sector social y brinde un alivio económico para la economía de la región que se pueda percibir a de corto a mediano plazo. El Valle de Sula tiene una población de 1.7 millones de habitantes (INE,2018) y es difícil determinar cuantitativamente cuantas personas se puede beneficiar del DVEE sugerido en esta investigación. Por lo cual se toma el proyecto de La Cuchilla como una muestra. En dicho proyecto se construyeron 8 casas con bloque ICF para

beneficiar a 8 familias. En base a esta muestra se logró identificar la viabilidad del bloque ICF al igual como las condiciones precisadas para realizar la simulación de un sistema OFFGRID. Los datos del satélite también se consideran una muestra con la cual se determina el dimensionamiento del sistema con datos meteorológicos de 2 años. Las encuestas con el fin de determinar el uso de gas LPG en áreas urbanas forman parte igual de toda la base de datos de la investigación, en la cual participaron 144 ciudadanos.

4.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En la presente sección se documenta la metodología utilizada para realizar esta investigación.

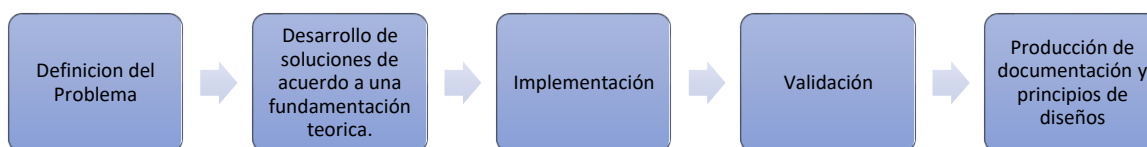


Ilustración 4.2. Proceso de la investigación de desarrollo (adaptado de Reeves, 2000)

Fuente: Elaboración propia con datos de Reeves, 2020.

Tomando como base el proceso de la investigación de desarrollo, ilustrado en la ilustración 4.2, se siguen cinco pasos:

1. Paso 1: Definición del problema. La desigualdad social es un problema que se encuentra a simple vista, sin embargo, muchos actúan como si no existiera. Al consultar con diferentes organizaciones que se dedican a brindar viviendas en el sector social coincidieron en que los altos costos de la energía, al igual que la tendencia de los costos del cemento y el desempleo, dificultan a una parte de la población acceder a una vivienda propia.
2. Paso 2: Desarrollo de soluciones de acuerdo con una fundamentación teórica. La solución propuesta fue la de un DVEE y previo al desarrollo de cualquier concepto, se analizó que material en el Valle de Sula podría substituir al bloque de hormigón. Una vez identificado el material a utilizar en los cerramientos, se analizó la parte de

generación y se determinó que el sistema debería de ser OFFGRID para impulsar el uso de micro redes eléctricas e independizarse del SIN.

3. Paso 3: Implementación. El único sistema que se podría implementar en físico era la construcción de las viviendas que ya estaba programada a ejecutarse por IHB y HHF. Los demás sistemas quedarían plasmados en los diseños contenidos en esta investigación y en los softwares.
4. Paso 4: Validación. Gracias al trabajo realizado por las ONGs en La Cuchilla se logró validar el proceso de construcción utilizando bloque ICF. Sin embargo, la validación operativa del DVEE solo será posible cuando esta investigación se lleve al siguiente nivel y se pueda ejecutar. El aspecto económico se logró validar en base a las normativas y mediante consultas en la banca local.
5. Paso 5: Producción de documentación y principios de diseño. Finalmente, a través de lo largo de la investigación se produjo la documentación necesaria que abarca desde el marco teórico, hasta los resultados y análisis. Los principios del diseño de cada uno de los sistemas y la elaboración de las viviendas son la base fundamental de esta investigación.

4.7 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

4.7.1 VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN

Dado el enfoque de la investigación, el análisis financiero y social muestra los resultados con los cuales se podría validar la aplicación de DVEE. Al final se busca que el usuario pueda acceder al bono de vivienda para una vida mejor del gobierno y que las cuotas mensuales no excedan un 30% de sus ingresos mensuales.

4.7.2 VALIDACIÓN DEL DVEE

Haciendo uso de las ecuaciones y normativas expuestas anteriormente, se busca comprobar la viabilidad del DVEE como ante proyecto. El sistema de generación eléctrica está sujeto a condiciones estrictas ya que opera OFFGRID. Siendo así, si su costo es muy alto, difícilmente

se puede reacomodar para disminuir costos. Esto se podría dar si los componentes necesarios tienen una sobrevaloración en el mercado hondureño o no se encuentran disponibles. Si se opta por componentes de menor calidad, se disminuye la vida útil de proyecto y podría generar una inconformidad de la población hacia tecnologías renovables. Si se cumple con los parámetros establecidos y el costo final financiado no resulta mayor al 30% del promedio entre el salario mínimo rural y urbano, se puede contemplar llevar a cabo este proyecto con el apoyo de las autoridades competentes.

4.8 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Esta sección se encarga de definir las actividades que se realizarán en el transcurso de esta investigación. La elaboración de esta investigación se llevó a cabo a lo largo de un periodo académico de 10 semanas.

Tabla 4.1 Cronograma de Actividades.

Actividad a Desarrollar	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Propuesta de Investigación	■									
Planteamiento del Problema	■	■								
Recopilación de Información		■	■	■	■					
Desarrollo de la Metodología					■	■				
Elaboración de Diseños y Cálculos					■	■	■			
Análisis Financiero							■	■		
Conclusiones y Recomendaciones									■	

Fuente: Elaboración propia

V RESULTADOS Y

ANÁLISIS

En el siguiente capítulo se presentan los resultados obtenidos posteriormente a la elaboración de las viviendas con bloque ICF y la viabilidad técnica-económica del sistema solar autónomo, biodigestor y el sistema de captación de aguas pluviales.

5.1 VIVIENDA SOCIAL PASIVA

La elaboración de esta investigación se llevó a cabo en 3 fases. La primera, con la noción de diseñar viviendas pasivas como punto de partida, fue seleccionar el material o cerramiento que sustituiría al bloque de hormigón tradicional para maximizar la eficiencia térmica del hogar y determinar hacia qué sector irían orientadas estas viviendas. El autor consideró que la problemática expuesta en esta investigación era la de mayor relevancia por los múltiples beneficios que se podrían obtener si el proyecto fuera viable, por lo cual se decidió por un diseño que se ajustara a las necesidades del sector social.

Para determinar el cerramiento, era fundamental que la producción de este fuera nacional, su proceso eficiente en energía y de alto rendimiento. El autor concluyó que el bloque ICF podría ser la opción más viable y en base a eso, luego de un mes, se procedió a la fase 2.

En la fase 2, el autor tendría que ubicar un proyecto en el sector social que cumpliera con dos requisitos: fuera elaborado con bloque ICF y no contara con ningún sistema de eficiencia energética aparte del bloque ICF. El autor visitó varias organizaciones que se dedican a proveer viviendas en el sector social, entre ellas Fundación Techo y Hábitat para la Humanidad Honduras, para obtener información sobre algún proyecto con esas características en las zonas. De manera fortuita, fue referido a IHP, que en la tercera semana de febrero arrancaban la elaboración de 8 viviendas sociales de 43m² con bloque ICF en la comunidad de La Cuchilla en el departamento de Yoro.

En la última fase, se desarrollaron los diseños para los sistemas de eficiencia energética, los análisis económicos y las correcciones sobre el diseño estructural, en base a parámetros de eficiencia energética, presentado por IHP; en un margen de 4 semanas.

5.1.1 BLOQUE ICF VS BLOQUE HORMIGÓN

Como se menciona anteriormente, en la segunda fase para lograr la reducción de la carga térmica dentro del hogar, se empleó el uso de bloque ICF. El bloque es producido por Formas Térmicas S.A en Cofradía.

Dicha empresa nos proporcionó la resistencia térmica del bloque encontrada mediante ensayos en la planta. Se investigaron las resistencias térmicas del resto de los materiales considerados en la investigación y partir de eso se determinó la transmitancia térmica y la conductividad de cada material. En la tabla 5.1 se pueden visualizar los valores encontrados y separar los materiales de mayor rendimiento con los de menor.

Tabla 5.1 Cálculo de transmitancia y conductividad térmica en base a la resistencia térmica.

Fuente	Material	Resistencia Térmica (m²-K/W)	Transmitancia Térmica (W/m²-K)	Conductividad Térmica (W/m-K)
1	<i>SYNTHEON ICF</i>	2.80	0.36	0.07
2	<i>Formas Térmicas ICF</i>	2.22	0.45	0.09
3	<i>Hormigón Hueco</i>	0.15	6.50	0.66
4	<i>Hormigón Hueco</i>	0.12	8.02	1.63
5	<i>Adobe</i>	0.22	4.53	0.46
6		0.25	4.04	0.82
3	<i>Ladrillo Perforado</i>	0.15	6.67	0.77
3	<i>Ladrillo Macizo</i>	0.13	7.69	0.88

Fuente: (1) Ficha técnica de SYNTHEON ICF 20 (2015), (2) laboratorio Formas Térmicas, (3) NBE-CT-79 (2010), (4) Bestraten et al. (2011), (5) Heathcotel (2011), (6) Norma IRAM 11601. (2002). Transmitancia y conductividad térmica elaboración propia.

Como se puede observar, los bloques ICF presentan menor transmitancia térmica que el resto de los materiales, siendo el ladrillo macizo y bloque de Bestraten et al. (2011) los de mayor transmitancia. La superioridad del ICF antes el resto de los materiales, si recordamos, se debe a que el 98% de su composición es aire. El aire es el mejor aislante térmico natural con una conductividad térmica de 0.026 W/m-K, y al estar compuesto el bloque ICF en su mayoría por aire, es coherente la similitud y el alto rendimiento del bloque ICF.

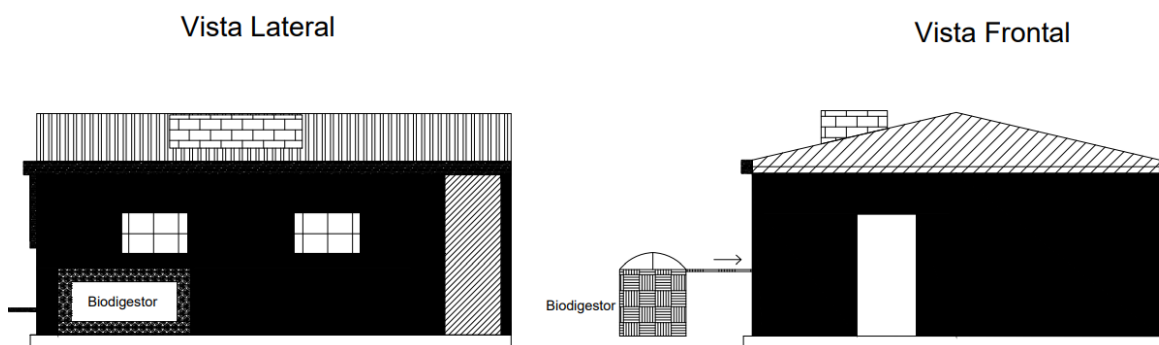


Ilustración 5.1 Vista lateral y frontal de la vivienda social propuesta sin el sistema PV.

Fuente: Elaboración propia

En base a estos resultados dados por la formulas planteadas en la sección 3.3.1.1 de este informe, se realizaron los análisis de carga térmica en la sección lateral y frontal de la casa, imagen 5.1, evaluando el bloque ICF vs el bloque de hormigón. Los resultados se pueden observar en las tablas 5.2 y 5.3; donde se ve que el diferencial de temperatura, respecto a la temperatura interior y exterior de la casa, es mal alto en el bloque ICF con 279.1 grados Kélvines o 6 grados Celsius. Este diferencial se obtuvo del proyecto turístico AGUALPA debido que por la pandemia del COVID-19 no se terminaron de instalar las puertas y ventanas de los hogares en la Cuchilla. El diferencial de hormigón se obtuvo de una vivienda de concreto sin algún aislante extra aparte del concreto.

Tabla 5.2 Resultados de cargas térmicas con bloque ICF

Área Lateral				
Área (m ²)	17.16	Transmisión en cerramientos K (W/m ² -K)	0.8584	
Perímetro (m)	19.10	Transmisión lineal en cerramientos k (W/m-K)	3.6533	
(1/hi+1/he) (m ² -K/W)	0.17	Transmisión Global de calor KG (W/m ² -K)	0.42	
Diferencial de temperatura (K)	279.49	Flujo de calor por conducción eT (W)	1,889.49	
ICF	Área Frontal			
	Área (m ²)	15.01	Transmisión en cerramientos K (W/m ² -K)	0.52
	Perímetro (m)	17.18	Transmisión lineal en cerramientos k (W/m-K)	2.93
	(1/hi+1/he) (m ² -K/W)	0.17	Transmisión Global de calor KG (W/m ² -K)	0.34
	Diferencial de temperatura (K)	279.49	Flujo de calor por conducción eT (W)	2,190.99

Fuente: Elaboración propia salvo la constante (1/hi+1/he) NBE-CT-79 pg.24 (2010)

Tabla 5.3 Resultados de cargas térmicas con bloque de hormigón

Área Lateral			
Área (m ²)	17.16	Transmisión en cerramientos K (W/m ² -K)	2.70
Perímetro (m)	19.10	Transmisión lineal en cerramientos k (W/m-K)	18.91
(1/hi+1/he) (m ² -K/W)	0.17	Transmisión Global de calor KG (W/m ² -K)	1.36
Diferencial de temperatura (K)	275.10	Flujo de calor por conducción eT (W)	17,349.10
Área Frontal			
Área (m ²)	15.01	Transmisión en cerramientos K (W/m ² -K)	2.36
Perímetro (m)	17.18	Transmisión lineal en cerramientos k (W/m-K)	13.57
(1/hi+1/he) (m ² -K/W)	0.17	Transmisión Global de calor KG (W/m ² -K)	1.18
Diferencial de temperatura (K)	275.10	Flujo de calor por conducción eT (W)	15,175.41

Fuente: Elaboración propia salvo la constante (1/hi+1/he) NBE-CT-79 pg.24 (2010)

En España, la normativa divide el país por regiones. La región W comparte las mismas condiciones climatológicas del Valle de Sula. Para la región W, el coeficiente de transmisión global de calor KG no puede ser mayor a 1.5. En este caso vemos ambos materiales cumplen la normativa, sin embargo, el ICF está casi por debajo de la mitad requerida. Se podría decir que el ICF es 65.55% más eficiente que el hormigón en la sección lateral y 69.13% en la sección frontal. Seguido de este, el bloque de adobe es el material con mejor rendimiento térmico, el cual puede variar drásticamente según su elaboración, que en su mayoría es artesanal.

En la investigación de Huarza et al. se desarrolló una mezcla de adobe con materiales andinos del Perú (2018). En dicha investigación se concluyó que la conductividad en las paredes era de 0.06 W/m-k, un valor ideal y por debajo de los del bloque ICF. Sin embargo, la elaboración del bloque de adobe está sujeta a distintas condiciones, siendo la geología del terreno la más importante.

Como se había mencionado anteriormente, la producción del bloque de adobe se caracteriza por ser de tipo artesanal, que decir industrial y debe contener alrededor de 70% a 90% de arcilla en la mezcla. En Honduras, su producción es común en la región occidental y central, donde los suelos son más arcillosos. En la tabla 5.4 se pueden observar los tipos de suelos en el Valle de Sula, occidente, sur y el centro de Honduras. Se puede visualizar que

para el Valle de Sula y el sur los suelos son Franco-Limosos y el resto a base de arcilla. Esto se debe a las condiciones climatológicas del valle y el sur, que son húmedas y secas.

Tabla 5.4 Suelos de Honduras

Región	Nombre del suelo	Suelo Superficial		Subsuelo	
		Color	Textura	Color	Textura
Valle de Sula	Coray	Pardo oscuro	Franco limoso	Pardo	Franco limoso
Occidente	Salalica	Pardo rojizo	Franco-arcillo-limoso	Pardo rojizo	Arcilloso
Centro	Yojoa	Pardo muy oscuro	Franco limoso	Rojo Amarillento	Arcilloso
Sur	Coray	Pardo oscuro	Franco limoso	Pardo	Franco limoso

Fuente: Informe al Gobierno de Honduras sobre suelos de Honduras. FAO 1969

Dado que la el adobe se produce en un entorno micro-local, con mezcla heterogéneas, y que su materia prima es escaza en el Valle de Sula, se descarta como aislante térmico en esta investigación, en la cual se quiere satisfacer la necesidad de una población la cual el adobe no podría dar abasto incluso se acareara de comunidades cercanas. Se podría realizar análisis en comunidades puntuales en donde sí podría ser una mejor alternativa.

En cuanto a rendimiento y disponibilidad, el bloque ICF parece ser la opción más viable. Sin embargo, se debe analizar el aspecto económico y que tanto podría este incrementar los costos de la construcción.

Gracias al apoyo de IHP se pudo determinar la relación de costos entre una vivienda elaborado con bloque ICF y otra con bloque de hormigón, el método constructivo de mayor uso en Honduras con 74.9% según el BCH (2017). Se analizaron los costos de 2 viviendas de 42m², ambas construidas por IHP, donde en la tabla 5.5 y 5.6 se puede observar que finalmente la vivienda de bloque ICF es aún más barata que la de concreto. El bloque ICF, por sí solo, es más caro que un bloque de concreto. Sin embargo, el acarreo, disminución de mezcla de concreto y tiempo de construcción compensan el valor económico agregado del bloque.

Tabla 5.5 Elaboración de vivienda con bloque de hormigón

Área	Material	Costo	Costo por Área
Constructiva	Bloque	L 25,500.00	L 94,949.00
	Cemento	L 23,912.00	
	Mano de obra	L 31,140.00	
	Otros	L 14,397.00	
Techo	Varios	L 12,958.00	L 34,982.00
	Laminas	L 9,024.00	
	Mano de obra	L 13,000.00	
Sanitaria	Pozo Séptico	L 16,500.00	L 19,084.00
	Sanitario	L 1,600.00	
	Otros	L 984.00	
Puertas y ventanas		L 7,760.00	L 7,760.00
Eléctrica	Acometida	L 640.00	L 6,499.00
	Accesorios	L 2,959.00	
	Mano de obra	L 2,900.00	
TOTAL			L 163,274.00

Fuente: Elaboración propia con recursos de IHP

Tabla 5.6 Elaboración de vivienda con bloque ICF

Área	Material	Costo	Costo por Área
Constructiva	Bloque	L 35,700.00	L 90,409.00
	Cemento	L 18,609.00	
	Mano de obra	L 21,500.00	
	Otros	L 14,600.00	
Techo	Varios	L 12,958.00	L 34,982.00
	Laminas	L 9,024.00	
	Mano de obra	L 13,000.00	
Sanitaria	Pozo Séptico	L 16,500.00	L 19,084.00
	Sanitario	L 1,600.00	
	Otros	L 984.00	
Puertas y ventanas		L 7,760.00	L 7,760.00
Eléctrica	Acometida	L 640.00	L 6,499.00
	Accesorios	L 2,959.00	
	Mano de obra	L 2,900.00	
TOTAL			L 158,734.00

Fuente: Elaboración propia con recursos de IHP

Usualmente las tecnologías que brindan un mejor rendimiento son más caras que las convencionales. En este caso se puede observar que en el resultado final las viviendas ICF son un 1% más baratas que las de hormigón, con un ahorro de Lps. 4540. Aparte de la reducción de la carga térmica en un 69%, se reduce el tiempo de elaboración. Construir una vivienda social de 42m² con bloque ICF tomo un tiempo de 1 semana, mientras que una de concreto lleva 3 semanas. Con lo que lleva producir una vivienda de concreto de pueden producir 3 de tipo ICF.

En la ilustración 5.2 se observan un collage de imágenes durante la construcción. El albañil se beneficia del bloque ICF este reducir su carga de 11.7 kg, peso del bloque estándar de concreto, a 0.87 kg. Al igual como el transporte hacia sitios de proyecto. Un camión que transporte 2000 bloques de 10.16 cm, lleva una carga de 23400 kg. Si llevara 2000 bloques ICF su carga seria de 1740 kg. El camión reduce su carga en un 92.56%, lo que se traslada en un ahorro energético para el motor de combustión.



Ilustración 5.2 Desarrollo de viviendas sociales con bloque ICF en la Cuchilla Yoro.

Fuente: Elaboración propia.

La prueba con el termómetro se realizó el día 15 de junio de 2020 a una temperatura ambiente de 28 grados Celsius. En la casa del autor, elaborada de hormigón sin aislante térmico, la temperatura ambiente en el interior de la casa era de 26.12 grados Celsius. Paralelamente se tomó la temperatura en La Cuchilla y la temperatura ambiente en el interior era de 22 grados Celsius.

5.1.2 SISTEMA DE AUTOCONSUMO ELÉCTRICO

Como el concepto dado a estas viviendas sociales es que sean auto sostenibles y que se pueden elaborar en zonas donde no haya acceso a la energía eléctrica, al igual que en zonas con acceso a la red de distribución, se debía dimensionar un sistema de generación de energía eléctrica que pudiera suplir la demanda de la vivienda. La radiación y el viento son dos recursos naturales que se encuentran presentes casi todo el tiempo en cualquier ambiente, por eso se debía optar entre un sistema solar fotovoltaico o generadores eólicos residenciales y así dejar el recurso hídrico para otros usos como el ser el agua potable, riego y salubridad.

5.1.2.1 Viabilidad Técnica

Se utilizó la base de datos satelitales para analizar los parámetros meteorológicos en el Valle de Sula. En la tabla 5.7 se observa la irradiación obtenida por la estación meteorológica en La Mesa (Aeropuerto Ramón Villeda Morales) y en la 5.8, de POWER LARC NASA. Los parámetros se necesitan para comprender bajo que parámetros se encuentra el sitio del proyecto y calcular cuantas pérdidas podría llegar a tener el sistema. Los programas profesionales de diseños solares fotovoltaicos se entrelazan con los satélites y obtienen los mismos datos de la tabla y automáticamente calculan las pérdidas y en base a eso se obtiene el dimensionamiento ideal del sistema PV. En la 5.9, las definiciones de los parámetros.

Tabla 5.7 Radiación Solar 2019 en el Valle de Sula

Mes	Radiación solar diaria -	
	horizontal kWh/m ² /d	Radiación solar diaria - inclinado kWh/m ² /d
Enero	3.96	4.40
Febrero	4.87	5.25
Marzo	5.68	5.86
Abril	6.12	6.01
Mayo	5.81	5.50
Junio	5.74	5.35
Julio	5.61	5.27
Agosto	5.72	5.53
Setiembre	5.45	5.51
Octubre	4.46	4.70
Noviembre	3.84	4.20
Diciembre	3.60	4.02
	Anual 5.07	5.13

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5.8 Resultados de parámetros meteorológicos vía satélite

PARAMETER	Año	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	Anual
PRECTOT	2018	4.63	1.05	0.86	2.02	3.02	6.59	3.86	4.85	3.84	3.69	1.47	2.36	3.2
PRECTOT	2019	1.73	0.39	0.18	1.2	3.32	4.44	2.63	3.85	6.11	6.2	2.93	1.82	2.91
RH2M	2018	88.48	80.85	70.59	68.66	70.5	82.58	80.6	80.96	82.29	83.12	78.27	76.04	78.57
RH2M	2019	78.46	65.04	62.09	61.98	71.39	74.9	71.87	73.44	79.03	85.96	86.22	81.82	74.41
PS	2018	95.27	95.24	95.01	94.98	94.85	94.95	95.09	95.04	94.84	94.85	95.01	95.13	95.02
PS	2019	95.2	95.02	95.12	94.92	94.73	94.89	95.02	94.94	94.88	94.78	95.03	95.09	94.97
T2M_MAX	2018	23.46	26.9	30.26	31.58	31.8	28.6	29.42	29.31	29.14	28.32	29.15	27.97	28.83
T2M_MAX	2019	27.38	31.46	31.62	33.3	32.28	31.93	31.77	32.03	30.33	28.08	26.84	27.09	30.33
T2M_MIN	2018	17.27	17.7	18.85	20.68	21.77	21.28	21.3	21.12	21.43	20.97	20.26	18.18	20.08
T2M_MIN	2019	17.94	19.11	19.09	21.17	22.73	22.75	21.87	22.3	22.21	21.31	19.93	18.91	20.78
WS50M	2018	3.37	3.04	2.82	2.64	2.24	2.32	2.7	2.51	2.18	2.46	2.7	3.09	2.67
WS50M	2019	2.9	2.78	3.05	2.67	2.16	2.35	2.73	2.32	2.09	1.98	2.61	2.64	2.52
WS10M	2018	2.11	1.95	1.91	1.8	1.53	1.47	1.74	1.62	1.4	1.54	1.77	1.99	1.74
WS10M	2019	1.91	1.87	2.15	1.84	1.41	1.52	1.8	1.53	1.36	1.24	1.69	1.74	1.67
KT	2019	0.48	0.55	0.6	0.59	0.53	0.56	0.55	0.6	0.52	0.53	0.44	0.48	0.54
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2018	3.05	4.94	6.27	5.92	5.63	5.21	5.67	5.64	5.52	4.5	4.28	3.99	5.01
ALLSKY_SFC_SW_DWN	2019	4.07	5.21	6.03	6.18	5.67	5.96	5.86	6.33	5.65	4.89	3.61	3.76	5.21

Fuente: POWER LARC DATA ACCESS

Tabla 5.9 Definición de parámetros meteorólogos

Parámetro	Definición	Unidad
PRECTOT	Precipitación	mm-día
RH2M	Humedad relativa en un recorrido de 2m	%
PS	Presión en la superficie	kPa
T2M_MAX	Temperatura máxima en un recorrido de 2m	C
T2M_MIN	Temperatura mínima en un recorrido de 2m	C
WS50M	Velocidad del viento en un recorrido de 50m	m/s
WS10M	Velocidad del viento en un recorrido de 10m	m/s
KT	Índice de claridad adimensional	
ALLSKY_SFC_SW_DWN	Índice de insolación Solar Horizontal	kWh/m ² -dia

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5.8 se observa que la velocidad del viento en un recorrido de 50m en el 2018 y 2019 fueron de 2.67 y 2.52 en promedio y 1.74 y 1.67 para 10m. El promedio final de estas nos da una velocidad de viento de 2.15 m/s. Los generadores residenciales arriba de 3kW de potencia entregada requieren una velocidad de 2.5 m/s de arranque y para llegar a su potencia nominal, 11 m/s. La velocidad del viento en el Valle de Sula es insuficiente para accionar generadores eólicos y aun así si estos trabajaran, lo harían con muy bajo rendimiento.

En el caso de la energía solar, existen diversos parámetros que determinan la viabilidad. Por ejemplo, lugares donde se alcanzan temperaturas arriba de los 32 grados en promedio no son recomendables, porque averían las celdas solares hasta cortocircuitarlas y esto podría terminar en un incendio. Los índices de claridad se recomiendan estén por encima de 4 y que el rendimiento específico solar sea mayor a 1000 kWh/kWp.

El Valle de Sula cumple con todos estos parámetros, algunos expertos manejan que el rendimiento específico es de 1350 kWh/kWp al año, otros hacen el diseño preliminar con 1250 kWh/kWp al año. En este proyecto si dimensiono con 1250kWh/kWp al año. Sin embargo, Helioscope, el software de diseños PV empleado en este proyecto, calculo este valor en base a los índices de irradiación que le brinda el satélite de la NASA. Compararemos el resultado teórico con el resultado ya simulado en el software.

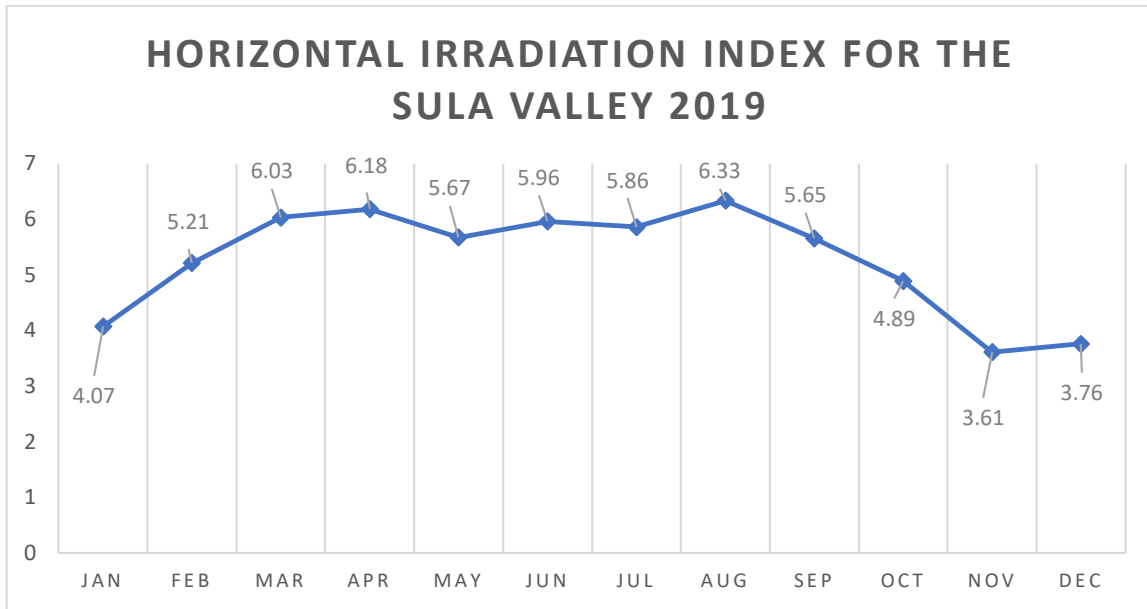


Ilustración 5.3 Gráfico de Irradiación horizontal para el Valle de Sula en 2019.

Primordialmente era necesario conocer las cargas de la vivienda. Estos consumos representan la idea de una vivienda social estandarizada en el Valle de Sula, no se limita a las viviendas de la Cuchilla. Al ser una vivienda social, para una familia de 4 personas, las cargas no serán muchas. Se realizó un análisis cualitativo de cuáles podrían ser los consumos de los habitantes en base a patrones de consumos de comunidades cercanas a la Cuchilla. En la tabla 5.10 se encuentran las cargas, la potencia de cada una y sus horas uso. Las horas uso están dadas por el manual de cálculo de cargas residenciales de la ENEE (2004).

Tabla 5.10 Consumos diarios de cada vivienda social

Ítem	Cantidad	Potencia (W)	Total Pot (W)	Horas uso	Wh/día	kWh/día
Focos	7	10	70	7	490	0.49
Refrigerador	1	114	114	1.37	156.18	0.16
Bomba hidráulica	1	1100	1100	1	1100	1.1
Equipo de Sonido	1	379.6	379.6	3.04	1153.98	1.15
Cargador	2	1.8	3.6	0.5	1.8	0.01
Televisor 21"	1	171	171	8	1368	1.37
Total				Consumo por día	4269.96	4.27

Fuente: Elaboración propia

Una de las ventajas que tiene Honduras son sus horas solares útiles, las cuales en un promedio anual son de 5 horas diarias (ME,2017). Todos estos parámetros, el software los toma en cuenta y se ven plasmados en el resultado final de la simulación. En total esta vivienda consume 1537.19 kWh-año y al aplicarle un rendimiento específico solar de 1250 kWh-año/kWp-año se obtiene: $kWp - año = \frac{1537.19}{1250} = 1.23$, teóricamente hablando. Se podría decir que se ocupa un inversor híbrido de 1.3 kWp o 1300 Wp.

Con ese valor se calculó el número de módulos. En el mercado hondureño existen paneles de hasta 330W y en esta investigación se optó por paneles de 320W para maximizar el rendimiento de la cubierta y porque financieramente es más viable (para este caso) comprar por ejemplo 5 paneles de 320 W que 9 de 240 W. El número de paneles es 1300 Wp dividido por la potencia del panel, en este caso 320 Wp. Eso equivale a 4 paneles solares de 320 Wp. Una vez se hicieron los cálculos teóricos se realizaron las simulaciones. Se realizaron simulaciones en base a dos diseños:

- Diseño con techo plano (diseño estandarizado para optar siempre por un azimut 0).
- Diseño con techo de hoja inclinado a 60 grados (viviendas IHP en la cuchilla).

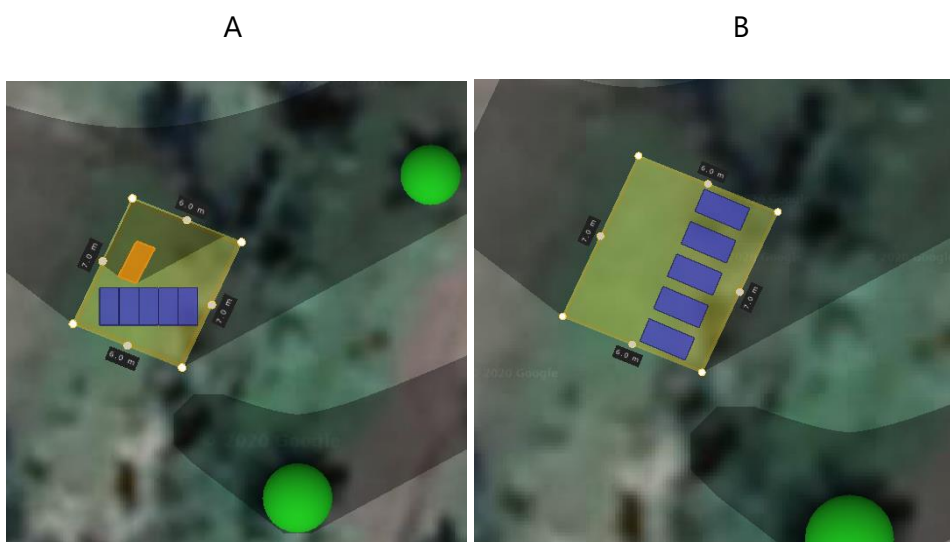


Ilustración 5.4 A. Diseño con azimut 0. B. Diseño con azimut 23 grados.

Fuente: Elaboración propia mediante Helioscope.

En el diseño A se cuenta con una superficie casi plana con inclinación de 1 grado, por lo cual no importa donde se ubique el hogar, siempre se va a poder orientar perfectamente de norte a sur. Es necesario recordar, que, en las regiones por encima del ecuador los paneles deben ir orientados de norte a sur. La inclinación de los paneles es de 14 grados en ambos diseños. También, el traga luz (sección naranja) no puede ir por debajo de los paneles o del sur. Todo objeto en la superficie debe estar de preferencia al norte para que la sombra no incida en el panel como se puede visualizar en la imagen A. Cada panel lleva su separación de 7mm ya que los paneles no pueden quedar totalmente pegados y se respeta una separación de 30cm respecto a los bordes.

El diseño B es la proyección real de las viviendas en la Cuchilla, donde el techo es de hojas o en v. Para facilitar la instalación se aplica un azimut de 23 grados. Hay una separación de 45cm entre cada panel y también una separación mínima de 10cm con el alero.

Añadido, también se dimensiono un sistema en el cual se utiliza todo el espacio de cubierta disponible, considerando que la superficie es plana y que el tragaluz es parte del diseño con una elevación de 30cm desde la superficie del techo.



Ilustración 5.5 Simulación de capacidad máxima de generación.

Fuente: Elaboración propia

En el sistema de la ilustración 5.5, la relación DC/AC es de 1.12, mejor que el de los diseños a y b. La inclinación es igual de 14 grados y este se encuentra a 0 grados respecto al azimut. El número máximo de módulos que se pueden instalar es de 7, para entregar una potencia de 2.2 kW con un inversor Fronius Galvo de 2 kW

Se puede observar también en ambas ilustraciones que el número de módulos solares es de 5. Esto se debe a que una vez el sistema analizó las coordenadas del proyecto determinó, que, para suplir nuestra demanda de 4.2699 kWh es necesario instalar una potencia de 1.6 kWp. Esto es 0.3kWp más de la potencia teórica, luego de considerar todas las pérdidas.

En ambos diseños la relación de transformación DC/AC es de 1.07, lo cual nos indica que el sistema opera bajo 0 pérdidas y con una ganancia del 7%. Esto también nos indica que las pérdidas por orientación en el azimut son casi despreciables y que el inversor seleccionado es el correcto, el cual es un Sumry de 1.6 kW. Si se utilizara un Galvo de 2 kW, la relación de transformación sería de 0.80, lo que demuestra que no hay que sobre dimensionar el inversor. Se optó por el Sumry 1.6 kW porque es un inversor híbrido dado que ese estará alimentando un banco de batería y puede realizar el trabajo de un regulador de cargas y facilita la comunicación entre el sistema PV, el banco de baterías y la red, si existiera. Los paneles son marca JA Solar modelo JAP6 de 72 celdas y 320 W.

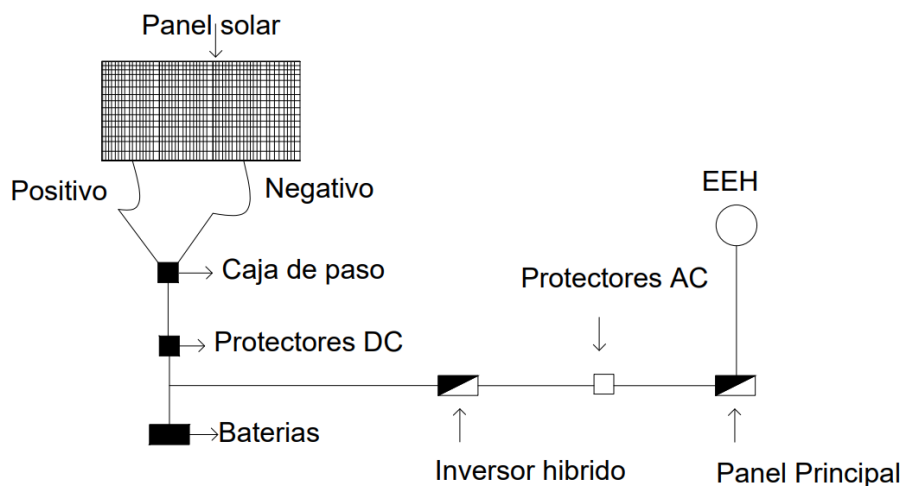


Ilustración 5.6 Esquema de conexión del sistema PV

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2.2 Sistema de almacenamiento

Este sistema se puede implementar ya sea un proyecto OFFGRID, como el de la Cuchilla, o conectado a la red nacional. Si es OFFGRID es fundamental y se le darán los días de autonomía que se consideren adecuados, según la zona. Las normas dictan que para zonas rurales el mínimo es de 3 días (DBE-HE-35, 2007). En caso sea ONGRID, se puede utilizar esa energía en la noche y no es necesario darle más de 2 días de autonomía al menos que se solicite.

Para este caso se utilizará un banco estacionario de 800 Ah de 24 V de baterías de litio selladas. Estas baterías son más caras en comparación a las de plomo, pero no requieren mantenimiento y su vida útil es de más de 10 años. Las baterías de plomo requieren mantenimiento y duran 5 años (pese a lo que muchos fabricantes digan) muy similar a las de un carro (Ortiz,2020).

En la tabla 5.11 se puede observar los valores que se consideraron para el dimensionamiento del banco de baterías. La tensión varía según el modelo, ya podría ser 12 V o 24 V hasta 48 V.

Tabla 5.11 Parámetros para el dimensionamiento del banco de baterías.

Banco de baterías	
Energía que necesita cubrir diariamente (<i>Wh</i>)	4269.96
Días de autonomía	3
Capacidad Nominal del banco (<i>Wh</i>)	23,656.51
Tensión de baterías (<i>V</i>)	24
Eficiencia del inversor (<i>Ei</i>)	0.95
Profundidad de descarga (<i>PDD</i>)	0.80
Roundtrip efficiency (<i>Eb</i>)	0.95
Amperaje necesario específico(<i>Ah</i>)	985.69

Fuente: Elaboración propia.

$$Ah = \frac{Energia \times (Dias\ de\ Autonomia + 1)}{Voltaje\ de\ batería \times PDD \times Ei \times Eb}$$

Ecuación 9. Cálculo de banco de baterías

Fuente: Phd. Lainfiesta (2020).

Se optó por una tensión de 24 V porque es el voltaje especificado en la placa del inversor híbrido. El panel de cargas de la casa también tendrá que ser de 24 V. Se dimensionó en 800 Ah dado que es el balance ideal entre lo técnico y económico; se encuentra por encima del rendimiento teórico y optar por un banco de 985 Ah incrementa el costo en un 15% del banco de baterías y siendo un proyecto social, es más factible concientizar al usuario que cuando haya días nublados y se requiera explícitamente del banco de baterías, disminuyan el consumo de cargas como el equipo de sonido y televisor.

Las baterías cotizadas son de fabricación china y ofrecen 5000 ciclos a una PDD del 95%. En el análisis se usa una PDD del 80% para respetar los ciclos de la batería teniendo en cuenta el fabricante no es una marca reconocida por grandes proyectos. Pero de lo contrario, un banco de baterías Victron de 24,000 Wh tiene un costo de \$ 4,000.00, lo que a simple vista haría el proyecto no viable. Esto no quiere decir que las baterías seleccionadas sean desechables, al contrario, son la mejor opción para estos micro proyectos. Sin embargo, si la aplicación fuera para regular frecuencias en redes de alta tensión o plantas de generación, se necesitaría una batería de la calidad de una Victron que también ofrece el doble de ciclos. Lo que, si no fuera correcto, fuera seleccionar baterías de plomo-acido, se podrían ahorrar un 50% en el valor inicial, pero seguramente estas ocuparían reemplazarse en 3 a 5 años. Las baterías de plomo-acido no están diseñadas para entregar y recibir carga diariamente.

La diferencia entre el amperaje necesario y el del banco seleccionada es considerable. Sin embargo, a criterio del autor es razonable ya que el banco se dimensiono tomando en cuenta carga diurnas y nocturnas y la limitación de la PDD. En la sección de anexos se encuentra el manual de usuario con el fin de respetar el ciclo de vida del banco y concientizar al usuario. El banco de baterías tendría una vida útil de 13 años según las especificaciones del fabricante, lo que significa que para el año 10 del proyecto se debería haber recuperado ya la inversión y tener un VAN necesario para poder adquirir otro banco de baterías. En 10 años seguramente el costo será mucho menor y las tecnologías serán aún más eficientes.

5.1.2.3 Flujo de caja del sistema de autoconsumo

Se ha comprobado que técnicamente es factible un sistema OFFGRID con paneles solares de 1.6 kWp y un banco de baterías de 800 Ah. Se realizó una corrida financiera para determinar la viabilidad económica del proyecto. El costo de este sistema es de \$ 2862.18 0 Lps 71,268.28 y la vida útil de 25 años, por garantía ya que el sistema con sus debidos manteamientos y cuidados puede durar más. También, se deja espacio en la cubierta para un panel (opcional después del décimo año) que pueda compensar las pérdidas por degradación. La tasa de cambio utilizada a lo largo de esta investigación es de Lps 24.90 por \$ 1.00, la tasa promedio del mes de mayo de 2020.

Para el cálculo se asumió que el usuario de la vivienda está conectado a la red y está pagando esa energía consumida al precio de la tarifa actual del sector residencial proporcionada por la EEH. Se asume no hay financiamiento, se paga con capital. Los costos de operación y mantenimiento se desprecian porque el usuario se hace responsables de sus módulos, salvo sea una falla de fábrica o instalación. El contratista deberá brindar capacitación al usuario y brindará 4 supervisiones gratuititos anuales, aprovechando evaluar la condición del sistema. A continuación, la tabla 5.12 donde se encuentran las premisas básicas.

Tabla 5.12 Premisas del flujo de caja

Premisas Básicas			
Energía exportada anual		3.08	MW
Inversión inicial presupuesto	\$	2,862.18	
Instalación PV kWp		1.6	
Capital		100.00%	\$ 2,834.34
Inflación		3.00%	
Precio de la Energía		0.1766	\$/kWh
Incremento a la tarifa eléctrica		2.50%	
Tasa de descuento		6.8%	
Degradación anual módulos FV		0.5%	
Costos Unitario kWp		1,788.86	\$/kWp

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el rendimiento específico solar es muy bajo. Esto se debe a la corrección que realizó el software de diseño para obtener un sistema robusto que brinde siempre el consumo exigido. Hay una degradación de 0.5%, valor predeterminado por la ficha técnica del panel. Se considera una inflación lineal en la tarifa eléctrica de 2.5%, baja en relación al 15% que ha aumentado en los últimos 5 años (ENEE 2015) y una inflación del 3%, actualmente de 4.3% (BCH,2020). Se podría decir son premisas de un escenario robusto. También se considera una tasa de descuento del 6.8% proporcionada por un representante de banco FICOHSA.

El costo total del sistema se divide de la siguiente forma como se observa en la tabla 5.13

Tabla 5.13 Costos del sistema de autogeneración

COSTOS	
<i>Ítem</i>	<i>Precio</i>
panel 320	\$ 755.27
Inversor	\$ 479.56
Cableado	\$ 78.24
Equipo a de conexión a tierra	\$ 37.00
Protecciones AC y DC	\$ 114.21
Fusibles y Breakers	\$ 34.27
Estructura paneles	\$ 137.24
Banco de Batería	\$ 840.39
Instalación	\$ 350.00
TOTAL	\$ 2,826.18

Fuente: Elaboración propia

El proyecto es económicamente viable, recuperando la inversión al 6 año, con una tasa interna de retorno de 15.32% y una relación de beneficio-costos de 1.77. El valor presente neto es de \$ 2,414.40, casi el valor absoluto del sistema. Bajo un escenario robusto se ha determinado que este sistema es viable técnicamente y económicamente. En la tabla 5.13 se puede observar todos los valores del análisis financiero dentro de los 25 años de vida útil del proyecto. Después del año 13 será necesario reemplazar el banco de baterías y según lo expuesto en la sección 3.6 por UC Berkeley, el valor del banco se habrá reducido en 60%. Por ende el VAN será suficiente para cubrir ese gasto de aproximadamente de \$ 336.16, exponiendo la sustentabilidad del proyecto.

Tabla 5.14 Corrida Financiera

INGRESOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9			
Energía Facturada	kWh	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96			
Precio	US\$/kWh	0.18	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.20	0.20			
Total Ingresos		678.62	688.80	699.13	709.62	720.26	731.07	742.03	753.16	764.46			
Egresos													
Costo O&M Solar		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Depreciación		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22			
Total Egresos		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
		3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96
		0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
		775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93	775.93
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22
		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22
		22	23	24	25								
		3,842.96	3,842.96	3,842.96	3,842.96								
		0.20	0.20	0.20	0.20								
		775.93	775.93	775.93	775.93								
		286.22	286.22	286.22	286.22								
		286.22	286.22	286.22	286.22								

Utilidad bruta	\$	392.40	402.58	412.91	423.40	434.05	444.85	455.82	466.95	478.24			
Gastos financieros	\$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Intereses		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Pago a Capital		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
Utilidad antes de Impuestos	\$	392.40	402.58	412.91	423.40	434.05	444.85	455.82	466.95	478.24			
		489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71

Utilidad neta		392.40	402.58	412.91	423.40	434.05	444.85	455.82	466.95				
Depreciación		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22				
Amortización de capital		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				
		478.24	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71
		286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22	286.22
		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		489.71	489.71	489.71	489.71								
		286.22	286.22	286.22	286.22								
		0.00	0.00	0.00	0.00								

flujo caja del proyecto	-2862.18	392.40	402.58	412.91	423.40	434.05	444.85	455.82	466.95
flujo de caja acumulado		-2469.78	-2067.19	-1654.28	-1230.88	-796.83	-351.98	103.83	570.78
		478.24	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71
		1049.02	1538.74	2028.45	2518.16	3007.87	3497.58	3987.29	4477.00
	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71	489.71
	4966.71	5456.42	5946.13	6435.84	6925.55	7415.27	7904.98	8394.69	8884.40

Proyecto	TIR	VPN	Pay Back
25 años	15.32%	\$ 2,414.054	6.21

Fin de tabla

Fuente: Elaboración propio

5.2 VIABILIDAD BIODIGESTOR

El biodigestor que se planea utilizar es una patente de la empresa Israelita Homebiogas. El equipo genera 0,6 m³ de gas y entre 6-10 litros de fertilizante por día con la incorporación de 5 kg de restos de comida y si es bosta de animales un poco más, ya que se degradan más rápido. Tiene un tanque de almacenamiento de gas interno y una manguera que es la que se conecta con el artefacto (cocina o anafre). Medidas del equipo armado 1,65 m largo, 1,27 m alto y 1 m ancho (Panizo,2020).

Concientizar a la sociedad hondureña a cambiar su patrón de consumo de cocción es una de las adversidades con las que este sistema se enfrenta. Se tomó una muestra de 178 personas y se les consultaron, mediante una serie de preguntas para determinar la viabilidad del uso de biodigestores residenciales. La primera pregunta era que energético utilizaba el usuario en la cocina.

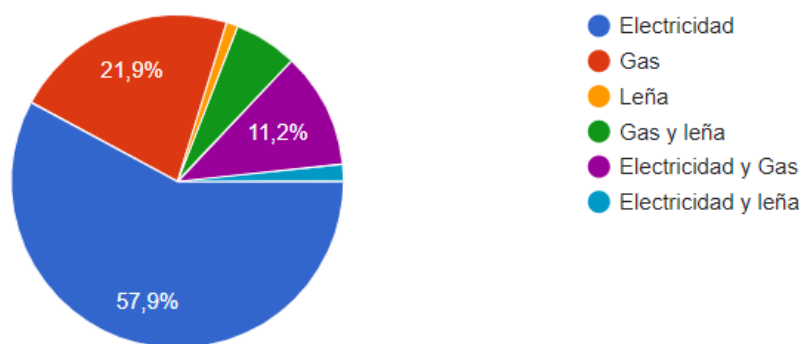


Ilustración 5.7 Gráfico de consumo energético en la cocina para el sector residencial

Fuente: Elaboración propia mediante Google Forms.

El 57.9% cocina con estufa eléctrica, el 21,9% con gas y le sigue una combinación de gas y electricidad con un 11.2%. Los volúmenes que consumen los usuarios son de 25L (41.8%), 8.4 L (23.9%) y 6.16 L (20,9%). El 42% rellena el tanque cada 4 semanas y el 20.3% cada 6 semanas. El 75% gasta arriba de 200Lps en gas.

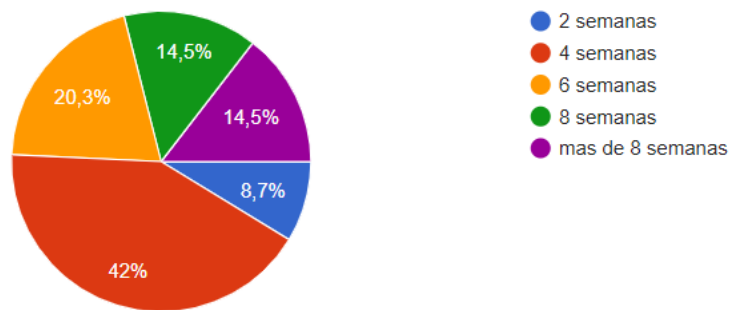


Ilustración 5.8 Frecuencia relleno del chimbo.

Fuente: Elaboración propia mediante Google Forms.

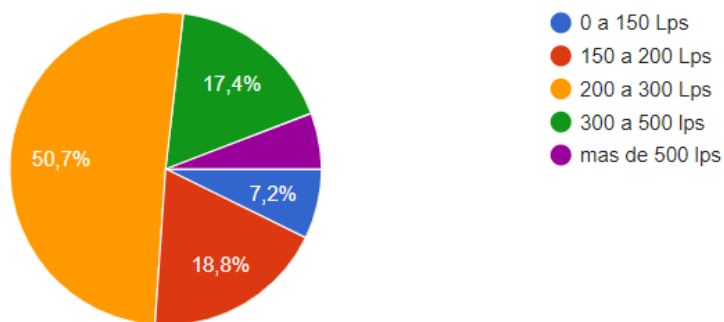


Ilustración 5.9 Costos por rellenar el chimbo.

Fuente: Elaboración propia mediante Google Forms.

En otras estadísticas, 95 personas considerarían cocinar con biogás si se mitigan los malos olores. Un 39% espera recuperar la inversión en 2 años y un 32% al primer año. En base a la encuesta se calcularon consumos y gastos promedios para determinar la viabilidad económica. A continuación, se puede observar en la tabla 5.15 el periodo de retorno de la inversión. En general, recuperar la inversión en un plazo de 6 años no está mal dada la vida útil (20 años), pero el usuario puede que no esté de acuerdo dado los resultados de la encuesta. Se necesitan incentivos para hacerlo más viable.

Tabla 5.15 Premisas para determinar la viabilidad económica del biodigestor

Premisas Biogás		
Costo Biodigestor Homebiogas	22,315.30	Lps
Consumo mensual promedio	15	Litros
Gasto mensual promedio	300	Lps
Consumo anual promedio	180	Litros
Gasto anual promedio	3600	Lps
Periodo de retorno de la inversión	6.19	años

Fuente: Elaboración propia.

Para el biodigestor no hay dificultades técnicas. Honduras tiene un gran potencial de biomasa que se desperdicia cada año. El país tiene un clima tropical que funciona perfectamente con el biodigestor. A temperaturas más bajas, más tiempo de producción y a temperaturas más altas, una tasa de producción de gas más rápida. Sin embargo, si es ofrecido como un producto aparte, probablemente el usuario dirá que no. Esto podría deberse en parte a que el modelo israelita es un poco caro para la población de clase baja y porque el pueblo hondureño es muy tradicional. También carecen de conocimiento de la eficiencia energética.

5.3 COSTO FINAL DEL PROYECTO

En la siguiente sección se exponen los resultados financieros finales en los cuales se agregan el tragaluz, el biodigestor prefabricado y el sistema de captación de agua. El tragaluz es un acrílico reforzado con PVC, elaborado por Formas Térmicas S RL, y con conductividad térmica de 0.2783 W/m-K. Sus medidas son 2 metros de largo por 1 metro de ancho.

El sistema de captación de aguas pluviales consiste en de un tanque Rotoplas con capacidad de 500 litros. Para los techos de hoja, como en la Cuchilla, se instalan una canaleta de PVC de 15cm en cada alero con una pendiente de 1 grado hacia donde el tubo de acople que une el fluido que viene por ambas canaletas. Luego es utilizada para el sanitario y jardinería.

Si fuera un techo plano, se eliminan las canaletas laterales, se substituye el tubo de acople por una canaleta de 20 cm y esa misma drena el agua hacia el Rotoplas. El techo debe tener una inclinación mayor a un grado respecto a la canaleta de recolección.

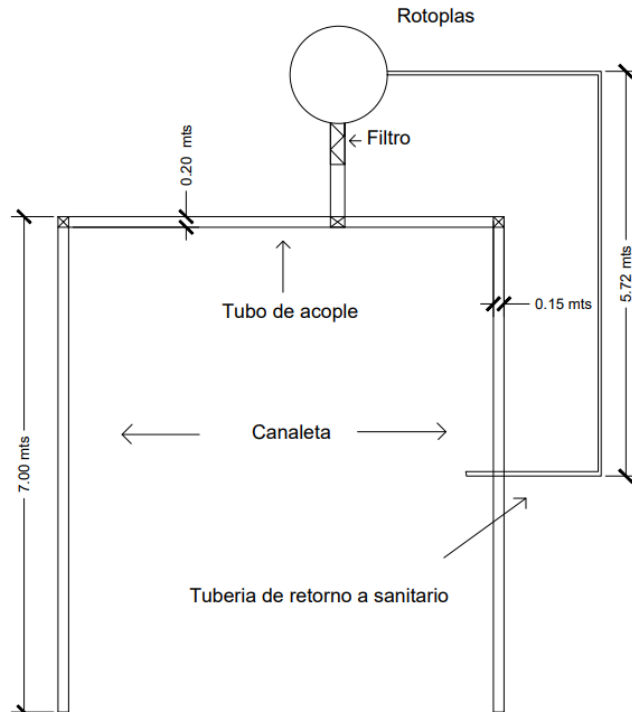


Ilustración 5.10 Esquema del sistema de recolección de agua pluvial en techo de hoja o v.

Fuente: Elaboración propia

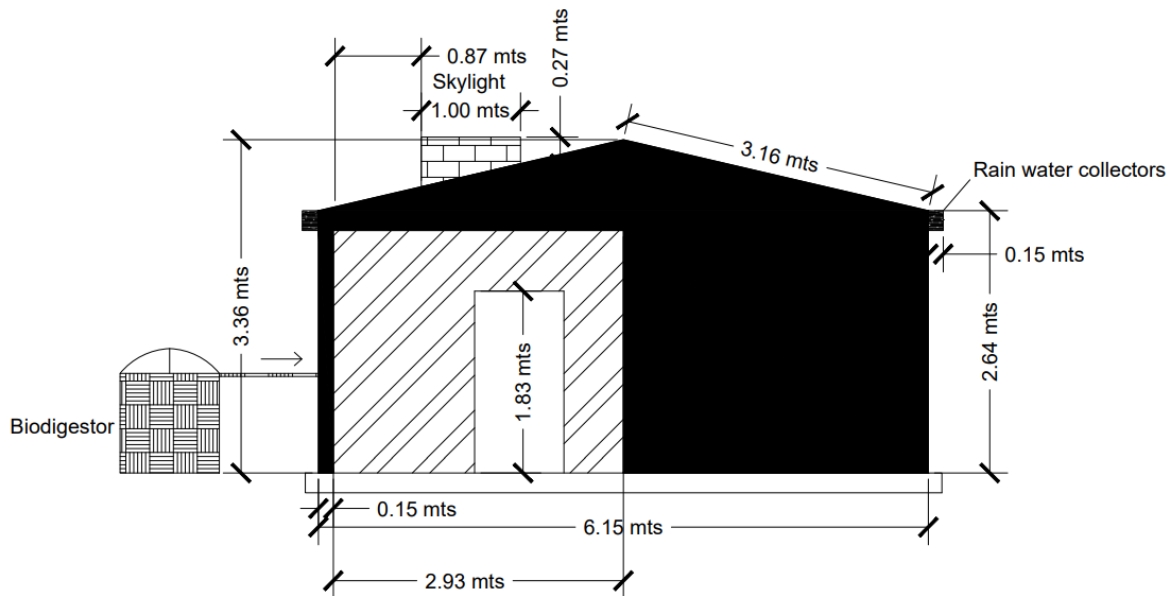


Ilustración 5.11 Fachada de la vivienda social.

Fuente: Elaboración propia.

El monto final de la vivienda social pasiva de 42m² es de Lps. 260,879.87 en la cual la familia que la habite dejaría de omitir 1.67 toneladas de dióxido de carbono anualmente y contarían con:

- Una vivienda con un 69% de eficiencia térmica respecto a las convencionales.
- Un sistema de autogeneración robusto de 1.6 kWp.
- Autonomía de 3 días con mal tiempo.
- Luz artificial.
- Almacenamiento de 500litros de agua.
- Gas de cocción natural diariamente.

En la tabla 5.16 se detallan los costos de cada sistema del hogar para obtener el gran final de la inversión necesaria.

Tabla 5.14 Inversión final necesaria
Inversión total de vivienda social pasiva

Ítem	Sistema	Costo
1	Vivienda de bloque ICF	L 158,734.00
2	Sistema de autogeneración con almacenamiento	L 70,230.57
3	Tragaluz	L 3,450.00
4	Recolector de aguas pluviales	L 6,150.00
5	Biodigestor Homebiogas	L 22,315.30
Inversión Total		L 260,879.87

El sistema fotovoltaico diseñado es muy robusto y dimensionado para incluso tomar un poco más de lo que las cargas calculadas. Esto garantiza la credibilidad en el usuario y evita cualquier daño. Financieramente se demostró que todo el proyecto puede pagarse en 5 años y generar ganancias para renovar el sistema y hacerlo auto sostenible. En base al análisis en la tabla A.1, en la sección de anexos, se puede observar que la TIR sería de 13%. Esta supera el 10% de la tasa de costo capital que sería la suma de la activa (6.8%) y la pasiva (3.2) ya que se asume el usuario está accediendo a un préstamo completo. En un plazo de 5 años se habrá pagado y generado un VAN de Lps 19,000.00. La depreciación está valorada a 20 años respetando la vida útil de los componentes y la

renovación del banco. Esto también reducirá el impacto de las pérdidas de SIN debido a la transmisión ya que la energía se consumirá desde el nodo más cercano. Si se hicieran lotificaciones masivas, estas podrían convertirse en micro redes o formar parte de una como en la imagen 5.12.

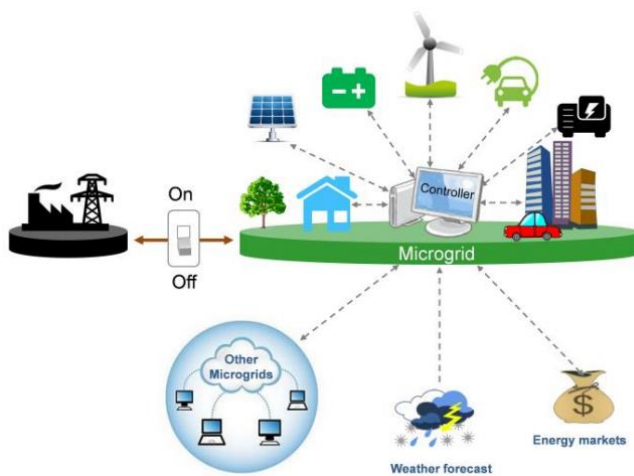


Ilustración 5.12 Esquema de micro redes.

Fuente: Berkeley Lab, 2020.

Una micro red es un grupo interconectados de cargas, generadores distribuidos y sistemas de almacenamiento de energía, con límites eléctricos claramente definidos que actúa como una entidad controlable con respecto a la red eléctrica convencional. Las micro redes pueden operar en varias modalidades, conectadas a la red, desconectadas de la red (Island mode), conectadas a otras micro redes (todas desconectadas de la red), conectadas simultáneamente a la red y a otras micro redes (Lainfiesta, 2020).

Finalmente, los autores determinaron cuánto tendrá que pagar el usuario si se le acreditó un préstamo en BANHPROVI. Si el banco le otorga al usuario un préstamo a 20 años con un interés del 6.8%, tendrá que pagar Lps. 1,991.90. Para las zonas rurales, esto representará el 45% de sus ingresos. Para las áreas urbanas representará un 25% de un ingreso individual. En general, es una gran oferta teniendo en cuenta que el usuario no tendrá que pagar el alquiler, las facturas eléctricas y gas. En el anexo, tabla A.2, se puede observar la cuota fija nivelada para el préstamo.

5.4 LIMITACIONES Y DIFICULTADES

La mayor limitante fue la desafortunada situación por la que atraviesa el mundo con la pandemia del COVID-19. Afortunadamente se pudieron hacer algunas visitas al sitio ya que el autor inicio el proyecto a inicios del año 2020. Sin embargo, las viviendas no se lograron terminar del todo, haciendo falta las puertas, ventanas, colocar la lámina. Esto dificulto poder tomar nuevas medidas y realizar pruebas térmicas. Dado que había material suficiente para realizar la investigación, no se ve muy afectada por este factor. Se planeó investigar cuales serían los costos si el biodigestor se fabricara en Honduras, pero en este aspecto si no se pudo contactar a los proveedores necesarios que contaran con la materia prima, por lo cual solo se pudo proponer el de Homebiogas. Se está seguro que dicho artefacto si se podría elaborar en Honduras a un menor costo, pero no se puede estimar el costo.

VI CONCLUSIONES

En el siguiente capítulo se condensa toda la información previamente expuesta y se presentan en forma de conclusiones de investigación.

- Se acepta la hipótesis de investigación ya que el costo final del proyecto no excede los Lps 600,000.00 y la TIR es 13%, superior al 10% que es la tasa de costo capital.
- Se podría decir que el precio del m² de construcción de viviendas auto sostenibles en Honduras es aproximadamente de 6,211.45 Lps/m².
- Si anualmente se destinara el aporte del gobierno a los fondos del FOSODE (Lps. 15,000,000.00) a construir este tipo de viviendas, se podrían elaborar 56 viviendas y generar 212.8 MW anuales.
- El comercio energético en Honduras es limitado, ciertos productos no se encuentran disponibles en el país y requieren ser importados.
- La sociedad debería de explorar nuevos métodos de construcción. Se comprobó que una vivienda con bloque ICF supera en rendimiento a una convencional sin incrementar costos.
- El sistema solar tiene una dimensión de 1.6 kWp y el banco de baterías de una capacidad de 19,200 kWh.
- La integración de micro redes podría reducir el impacto de las pérdidas técnicas en el SIN. Para esto es necesario un cálculo de SAEB muy preciso.

VII RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan algunas recomendaciones para futuro desarrollo de viviendas sociales pasivas.

- Se recomienda en un futuro no dimensionar el sistema PV solamente en base a las cargas existentes, eventualmente las distribuidoras tendrán que comprar excedentes y se podría sobre dimensionar un 20% que atienda solamente a la red.
- En el caso de La Cuchilla, si se pudieran instalar los sistemas de energía, es necesario trasplantar las palmas que se encuentran al este de las viviendas. Estas están aún jóvenes, pero eventualmente crecerán y darán sombra a los módulos.
- Utilizar solamente baterías selladas para el banco de batería.
- Se recomienda emplear lozas en la cubierta. En este caso se diseñó en base a los modelos en La Cuchilla que tiene techo tipo v. La loza facilita la instalación de los paneles y reduce los costos por estructuras. Si se hiciera una lotificación replicando este modelo, se podría orientar el panel completamente hacia el sur sin importar la posición de la casa.
- Las ventanas tienen que estar en el norte y sur. El viento corre de norte a sur la mayoría del tiempo lo cual ayuda a reducir las cargas térmicas. También, el sol incide con mayor intensidad en los cerramientos situados en el oeste y este.
- Se recomienda utilizar los pozos sépticos como biodigestores. Sobre la misma fosa se puede realizar ciertos ajustes que convertirían el pozo a la vez también en un biodigestor.

VIII BIBLIOGRAFÍA

Empresa Nacional de Energía Eléctrica (2018). *Cobertura del servicio de energía eléctrica en Honduras 2018*.

World Bank, *Honduras Access to Electricity*, Washington D.C (2019).

https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=HN&name_desc=false.

M. Rodríguez (2019). *Pérdidas técnicas de la ENEE*. Tegucigalpa, Honduras.

OEA (2019). *Situación de los derechos humanos en Honduras*. Washington DC, EEUU.

J. Gordillo, C. Lanza y M. Amaya. (2019), *Evidencias para la agenda 2030 y el ODS 16+: Sociedad Inclusivas y Pacíficas en Honduras*, Nueva York, EEUU.

Hábitat para la Humanidad Honduras. (2017) *Barrera De Acceso A Suelo Para Vivienda Social En Honduras* (1ra ed.).

Instituto Nacional de Estadística. <http://www.iné.gob.hn>

Programa de Desarrollo de la Naciones Unidas. (2019) *Human Development Index Ranking*, New <http://hdr.undp.org/en/content/2019-human-development-index-ranking>.

Aggarwal, S., Boyle, S. (2020). *Rewiring the US for economic recovery*. UC Berkeley.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2018). *Informe nacional de monitoreo de la eficiencia energética de Honduras*.

Congreso Nacional de Honduras. No. 404-2014, *Ley General de la Industria Eléctrica*.

Congreso Nacional de Honduras. No. 93-2015. *Ley de beneficios para viviendas sociales*.

Cooperación Alemana de desarrollo (2013). *Guía para ahorrar electricidad en la casa*.

- Pandey, A.K., Tyagi, V.V., Tyagi, S.K. (2016). *Recent advances in solar photovoltaic systems for emerging trends and advanced applications* (Vol. 53).
- Vega, J.C. (2015). *Influencia del diseño de una edificación en el consumo de energía eléctrica*. Universidad politécnica Salesiana, Ecuador.
- Varnero, M.T. (2011). *Manual de biogás de la FAO*. Roma, Italia.
- Viana, J. (2018). *Propiedades físicas y químicas del bloque ICF*.
- San Martín, C.M. (2019). *Construcción de vivienda social mediante sistema de paneles ICF tipo bloque como alternativa sustentable*. Universidad Federico Santa María de Valparaíso.
- Norma Básica de la Edificación (1980). *NBE-CT-79*.
- Código Técnico de la Edificación (2011). *Normas básicas para el ahorro de energía*.
- POWER Data Access Viewer. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>.
- Otair, M., & Salameh, W. (2006). *EFFICIENT TRAINING OF BACKPROPAGATION NEURAL NETWORKS*.
- Ortiz, R. (2020). *Entrevista a diseñador de sistemas PV*.
- Hernández, J.C., Pinto, A.D., Gonzáles, J.A. (2017). *Nuevas estrategias para un plan de uso eficiente de la energía eléctrica*. Concepción de Uruguay, Argentina
- Pineda, E., & E. de Alvarado. (1994). *Metodología de la investigación: Manual para el desarrollo del personal de salud* (2a ed.).
- SOER. (2020). *The European environment-state and outlook 2020*. Paris, Francia.
- Carbon Trust (2015). *Effective energy management for business*.

Morales, A. (2018). *Ecotecnia para captación y reciclaje de aguas pluviales*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Cuitiño, G., Esteves, A., Maldonado, G., Rotondaro, R. (2015). *Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de muros de quincha*. (63ra ed.).

Alcayaga, S.; Glaría, J.; Guerrero, L.; (1999). Regulaciones de temperatura y potencial de hidrógeno en un biodigestor anaerobio de lecho de lodo granular expandida. Universidad Técnica Federico Santa María, Valparaíso.

García, M. (2015). Estudio y modelado de la respuesta dinámica de baterías electroquímicas destinadas a las aplicaciones estacionarias. Universidad Carlos III de Madrid.

Fernández García, L.G. (2017). *Sistemas fotovoltaicos interconectados en redes eléctricas* Universidad Tecnológica de Altamira.

Suarez, A. (2020). Comunicación privada sobre biodigestores.

Tarifas Eléctricas EEH. <https://www.eeh.hn/es/tarifasvigentes>.

Tasa de inflación del Banco Central de Honduras. <https://www.bch.hn/>.

Adell, M. (2018). *PREÁMBULO SOBRE LA IDONEIDAD DE LA MAMPOSTERÍA DE HORMIGÓN EN LA ARQUITECTURA Y EL URBANISMO CONTEMPORÁNEO*. Cuenca. España.

Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cualitativa y cuantitativa*. Neiva, Colombia.

FAO (1969). *Informe de Suelos en Honduras* (1ra ed.).

Lainfiesta, M. (2020). Curso de almacenamiento de energía.

BANHPROVI (2020). *Comunicación privada*.

Panizo, C. (2020). *Representante de ventas de homebiogas comunicación privada*.

ENEE (2015) Pliego tarifario de enero a junio 2015.

http://www.enee.hn/Portal_transparencia/2015/planeacion_rendicion_de_cuentas/ventas/.

Pérez-Foguet, A. (2018). *Tecnología para el Desarrollo Humano y acceso a los servicios básicos*. (6ta ed.).

UC BERKELEY LAB (2017). *Micro-grids compositions*. University of Berkeley.

ANEXOS

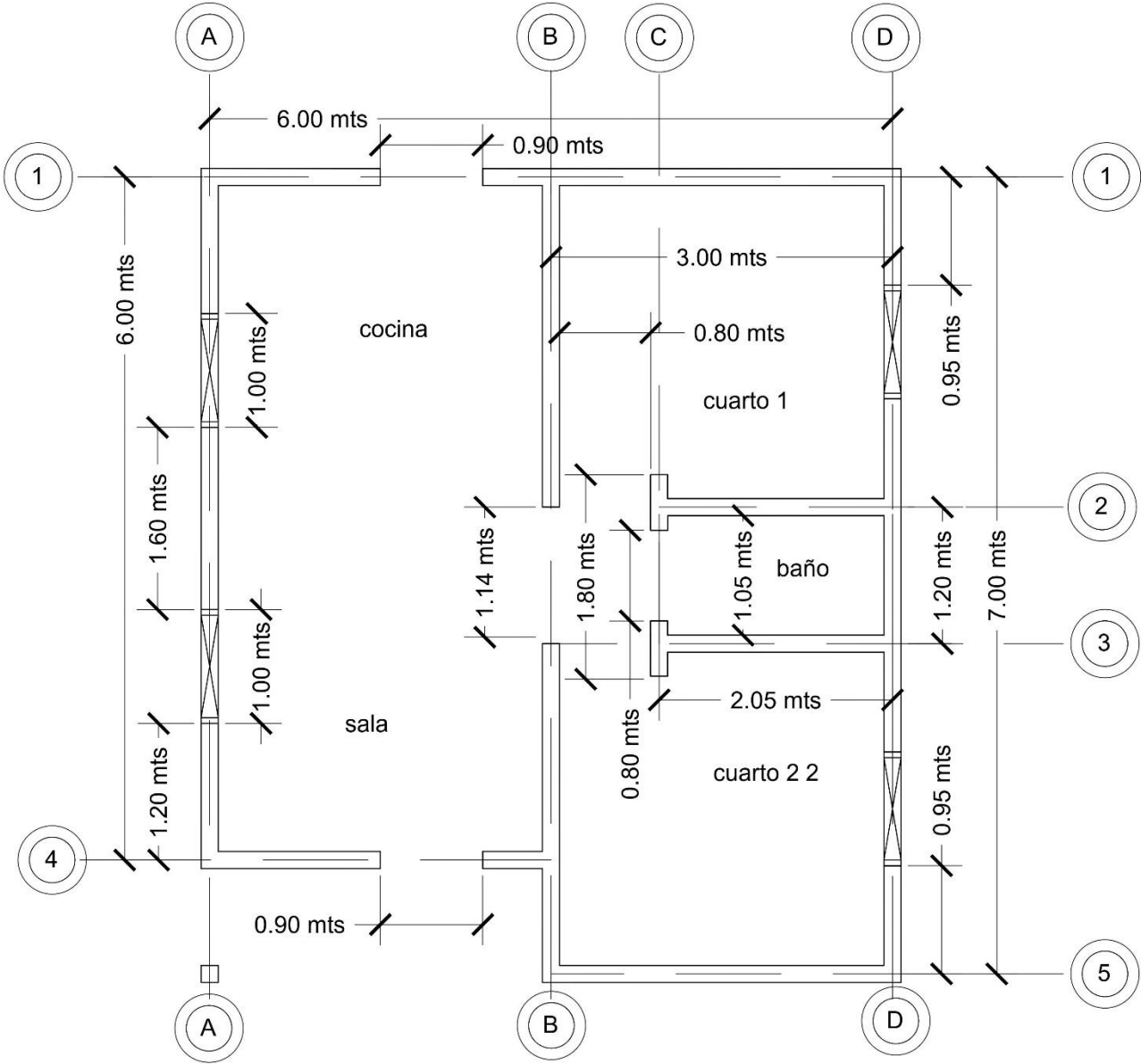
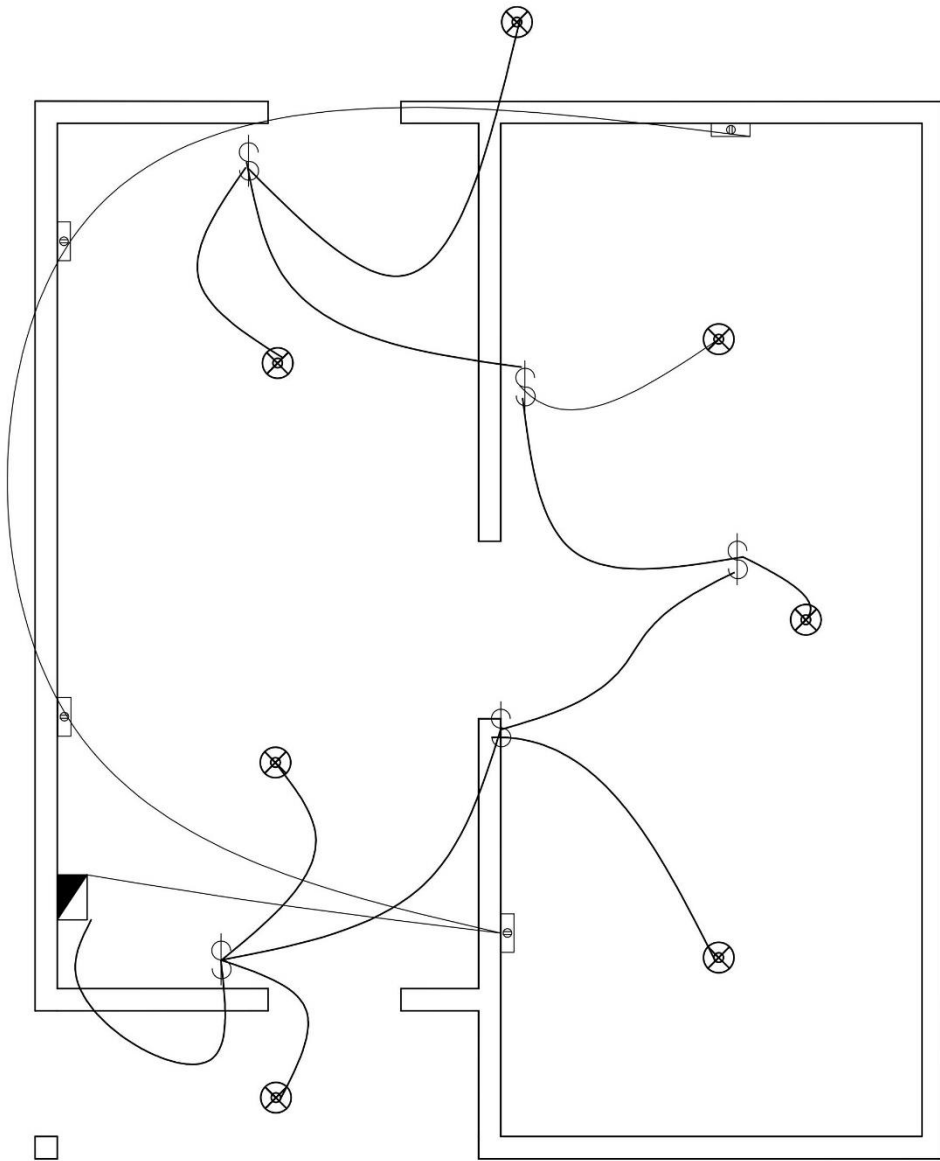


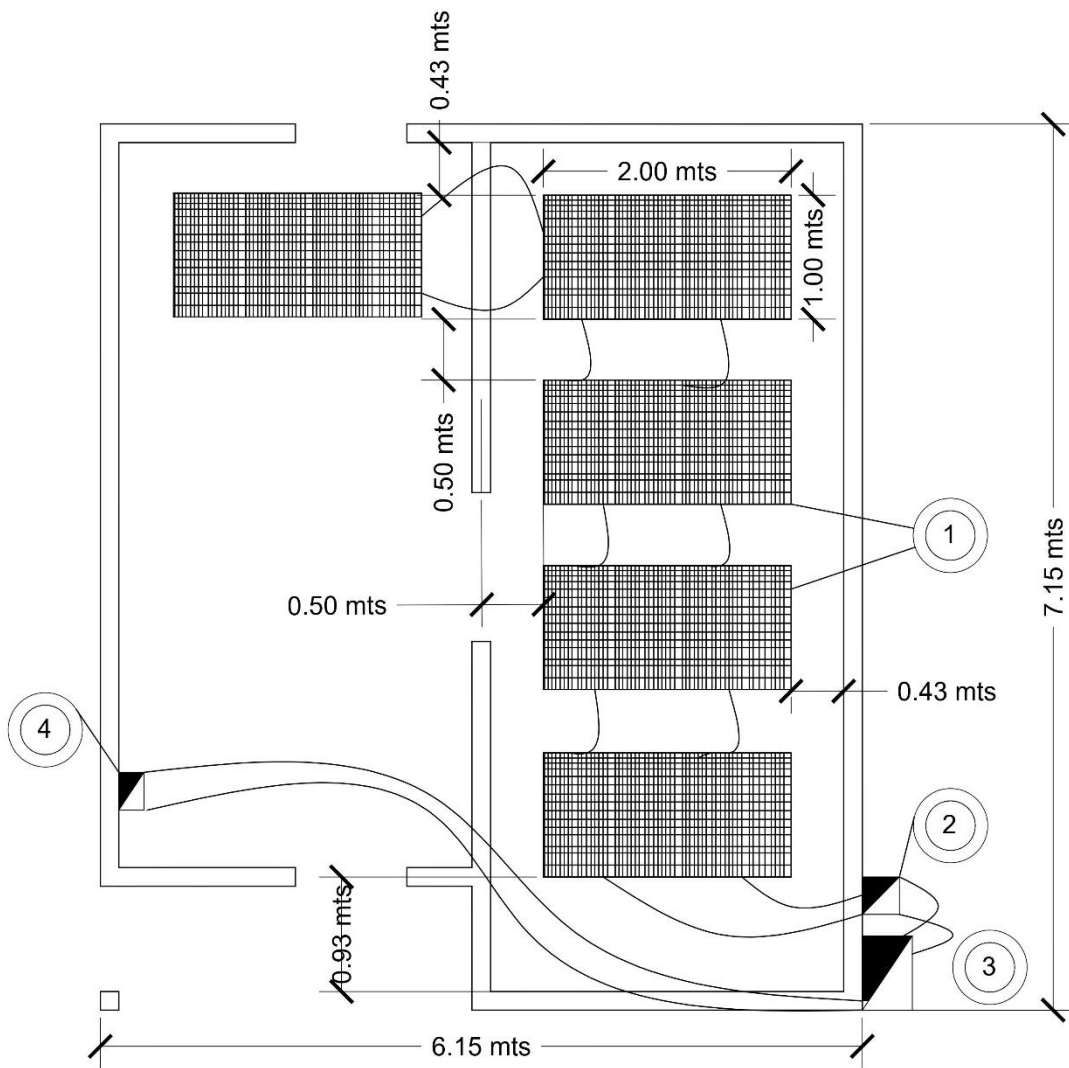
Ilustración A.1 Plano Constructivo.

Instalación Eléctrica



1		Panel de carga
2		Toma corriente
3		Interruptor Sencillo
4		Roseta

Ilustración A.2 Plano eléctrico.



Diseño PV

1	Módulo 320 W
2	Systemas protección DC y AC
3	Inversor híbrido
4	Centro de carga

Ilustración A.4 Vista en planta del sistema PV.

Estructura para el módulo

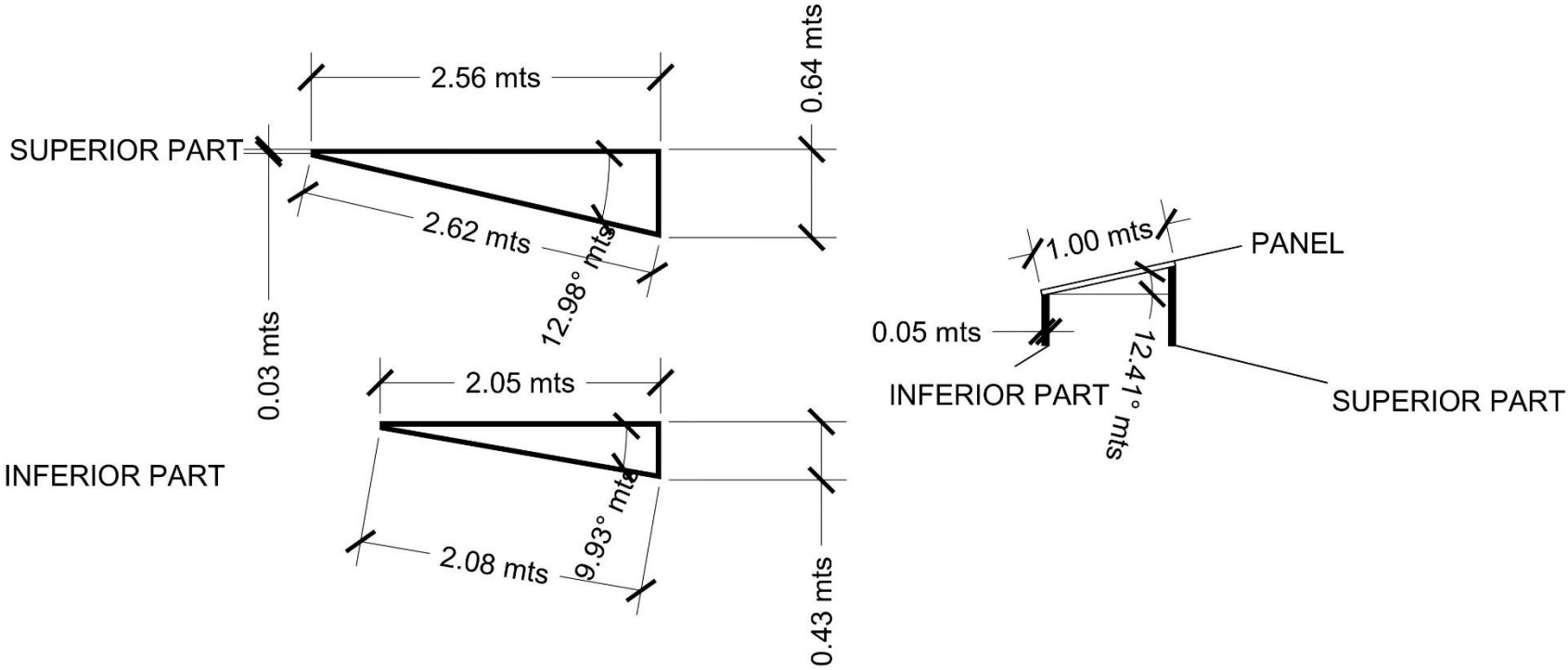


Ilustración A.5 Diseño para la estructura de montaje de los módulos.

Model Capacity	24V 100Ah	24V 200Ah	24V 300Ah
Capacity Energy	2.56kWh	5.12kWh	7.68kWh
Capacity Ah	104Ah	208Ah	312Ah
DOD%	95%	95%	95%
Nominal Voltage	25.6V	25.6V	25.6V
Operation Voltage	22.4V – 28.8V	22.4V – 28.8V	22.4V – 28.8V
Maximum Charging/Discharging Current	30A/100A	60A/200A	60A/200A
BMS	Build-in BMS with all protections		
Life Cycling (0.5C 25°C)	5000 cycles	5000 cycles	5000 cycles
Warranty BTT	10MWh per kWh		
	3 years, whichever comes sooner		
Suggested Operation Temperature	0°C ~ 45°C		
Storage Temperature	-20°C ~ 35°C		
Weight	22kG	44kG	70kG
Dimensions	170x235x 485 mm	220x235x635 mm	300x220x 695 mm
Casing	ABS	ABS	Metal

Ilustración A.6 Hoja de datos de las baterías.

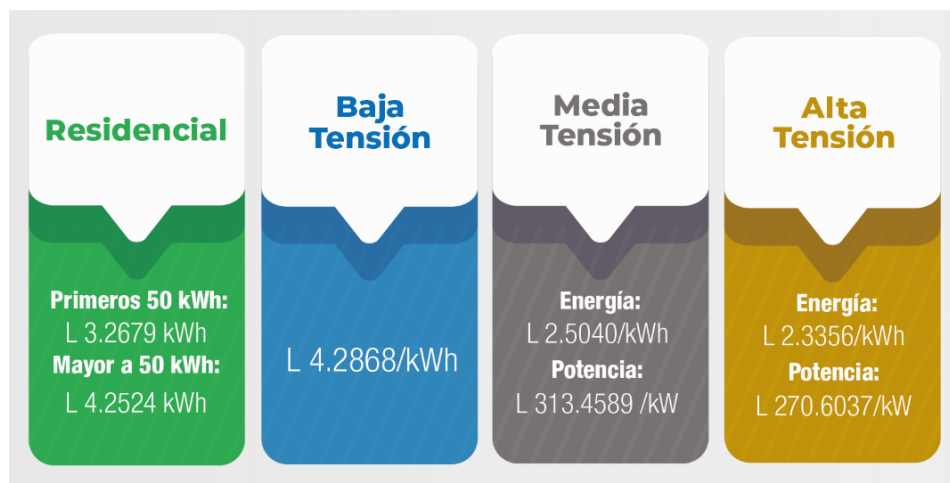
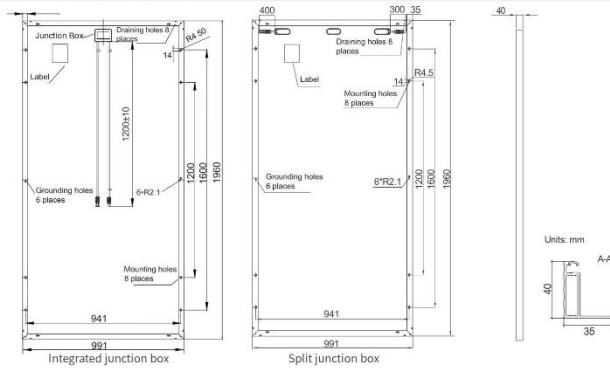


Ilustración A.7 Tarifas vigentes de la EEH.

Lugar del origen:	Guangdong, China	Marca:	Sumry
Número de Modelo:	Los diputados inversor de la serie	Potencia de salida:	1 - 200KW
Voltaje de entrada:	110 v/120 v/220 v/230 v	Voltaje de salida:	110 V/220 V/230 V/240 V, Mismo como AC
Corriente de salida:	30A	Frecuencia de salida:	50Hz/60Hz
Tipo de salida:	Solo	Talla:	100*272*355mm
Tipo:	Inversores DC/AC	Peso:	7-13 kg
La tecnología:	CPU de control	Protección:	Sobrecarga, sobretensión, corte corto
Tensión de entrada:	90 ~ 280VAC	Frecuencia de entr...	47 ~ 53Hz (50Hz) o 57 ~ 63Hz (60Hz)
Forma de onda de ...	De onda sinusoidal pura	Aplicación:	Todos los equipos eléctricos
Controlado:	Control de CPU; Tiempo de transferencia rápido	Salida P.F:	1,0
Función paralela:	Sí		

Ilustración A.8 Hoja de datos del Inversor Sumry.

MECHANICAL DIAGRAMS



SPECIFICATIONS

Cell	Poly
Weight	22kg±3%
Dimensions	1960mm×991mm×40mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	72(6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

Remark: customized frame color and cable length available upon request

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	315	320	325	330	335
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.85	46.12	46.38	46.40	46.70
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.09	37.28	37.39	37.65	37.83
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.01	9.09	9.17	9.28	9.35
Maximum Power Current(Imp) [A]	8.49	8.58	8.69	8.77	8.87
Module Efficiency [%]	16.2	16.5	16.7	17.0	17.2
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.058%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.330%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.400%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

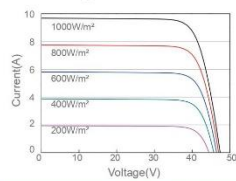
TYPE	JAP72S01 -315/SC	JAP72S01 -320/SC	JAP72S01 -325/SC	JAP72S01 -330/SC	JAP72S01 -335/SC
Rated Max Power(Pmax) [W]	233	237	241	244	248
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.84	43.04	43.24	43.41	43.63
Max Power Voltage(Vmp) [V]	34.45	34.64	34.82	35.03	35.21
Short Circuit Current(Isc) [A]	7.23	7.29	7.35	7.40	7.46
Max Power Current(Imp) [A]	6.77	6.84	6.91	6.97	7.04
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

OPERATING CONDITIONS

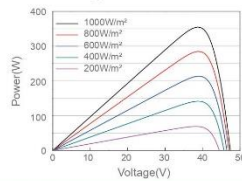
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa
Maximum Static Load,Back	2400Pa
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

CHARACTERISTICS

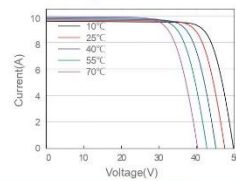
Current-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



Power-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



Current-Voltage Curve JAP72S01-325/SC



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global_EN_20180513A

Ilustración A.9 Hoja de datos de los módulos solares.



Cotización

Fecha 18/05/2020

Hora 3:55PM

Cotización No.: 1133360

Original

To CSA100001 EDUARDO HERMIDA

Sales Employee: SPS1 Roxana Briceño

Correo electronico: rbriceno@selhn.com

#	Código	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	158177	PANEL SOLAR 320Wp POLICRISTALINO AS-6P-320W AMERISOLAR	24	3,859.22	92,621.28

ATENCION

	LPS	92,621.28
I.S.V. 15%	LPS	13,893.19
Total	LPS	106,514.47

OFERTA VÁLIDA POR 3 DÍAS

PRECIOS SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO

Dirección: 1-2 Ave. 14-15 Calle S.E. Bo. Medina, San Pedro Sula. Teléfono: +(504) 2557-0657 / +(504) 2557-3964 Fax: +(504) 2557-6195

Página: 1

Autor: Roxana Briceño

Ilustración A.11 Cotización 3.

Tabla A.1 Análisis Financiero del Proyecto

Inversión

Casa	168,334.00
Sistema Electrico	70,230.57
Sistema Gas	<u>22,315.30</u>
Total Inversión	260,879.87

Costo de Capital			Tasa de Interes		Costo	
Fuente	Financiamiento	Participación	Pasiva	Activa	Fuente	Ponderado
Fondos Propios	-	0%	3.2%	0.0%	3.2%	0.0%
Fondos Externos	<u>260,879.87</u>	100%	3.2%	6.8%	10.0%	10.0%
Total	260,879.87					10.0%

Flujo de Efectivo

		2021	2022	2023	2024	2025
Inflación		7%	7%	7%	7%	7%
Precio Gas	300.00	321.00	343.47	367.51	393.24	420.77
Electricidad	4.4241	4.7338	5.0652	5.4197	5.7991	6.2050
Ingresos						
Gas	300.00	3,852.00	4,121.64	4,410.15	4,718.87	5,049.19
Electricidad	1,086.24	14,580.06	15,600.67	16,692.72	17,861.21	19,111.49
Alquiler	7,500.00	<u>90,000.00</u>	<u>90,000.00</u>	<u>90,000.00</u>	<u>90,000.00</u>	<u>90,000.00</u>
Total Beneficios	8,886.24	108,432.06	109,722.31	111,102.87	112,580.07	114,160.68
Egresos						
Depreciación		13,043.99	13,043.99	13,043.99	13,043.99	13,043.99
Cuota Casa	1,991.40	23,896.78	23,896.78	23,896.78	23,896.78	23,896.78
Flujo de Efectivo	-	71,491.29	72,781.54	74,162.10	75,639.30	77,219.90

Tasa Interna de Retorno (TIR) 13%

Flujos de Efectivo	71,491.29	72,781.54	74,162.10	75,639.30	77,219.90
Factor Flujo Descontado	0.8861	0.7851	0.6957	0.6164	0.5462
	63,346.06	57,141.84	51,591.90	46,624.42	42,175.65
	-				
Inversión Inicial	260,879.87				
Flujo Neto	0.00				

Nota:

La tasa interna de Retorno de nuestra inversion es de 13% lo que supera en un 3% el costo de capital lo que nos muestra que nuestro proyecto es rentable.

Valor Actual Neto (VAN)

Fórmula Valor Actual	Flujo de Caja / (1+ Costo de Capital) ⁿ
Fórmula Valor Actual Neto	Sumatoria Flujos Actuales - Inversión Inicial
Tasa Mínima Aceptada	10.0%

Fujo de Caja	71,491.29	72,781.54	74,162.10	75,639.30	77,219.90
Fujo de Caja Descontados	64,992.08	60,150.03	55,719.08	51,662.66	47,947.48
Total Flujos descontados	280,471.34				
	-				
Inversión Inicial	260,879.87				
Valor Actual Neto	19,591.47				

Tabla A.2 Cuota fija nivelada.

Financiamiento Bancario

MONTO SOLICITADO Lps. **260,879.78**
TASA DE INTERES 6.80%
PLAZO EN MESES 240 20.00
CUOTA FIJA
NIVELADA Lps. **1,991.40**

Periodo	Cuota mensual		Abono a	Intereses		Saldo
			Capital	Pagado	Acumulado	Actual
0			L.			L. 260,879.78
1	L.	1,991.40	513.08	1,478.32	1,478.32	L. 260,366.70
2	L.	1,991.40	515.99	1,475.41	2,953.73	L. 259,850.71
3	L.	1,991.40	518.91	1,472.49	4,426.22	L. 259,331.80
4	L.	1,991.40	521.85	1,469.55	5,895.76	L. 258,809.95
5	L.	1,991.40	524.81	1,466.59	7,362.35	L. 258,285.14
6	L.	1,991.40	527.78	1,463.62	8,825.97	L. 257,757.36
7	L.	1,991.40	530.77	1,460.63	10,286.59	L. 257,226.59
8	L.	1,991.40	533.78	1,457.62	11,744.21	L. 256,692.80
9	L.	1,991.40	536.81	1,454.59	13,198.80	L. 256,156.00
10	L.	1,991.40	539.85	1,451.55	14,650.36	L. 255,616.15
11	L.	1,991.40	542.91	1,448.49	16,098.85	L. 255,073.24
12	L.	1,991.40	545.98	1,445.42	17,544.26	L. 254,527.26
13	L.	1,991.40	549.08	1,442.32	18,986.58	L. 253,978.18
14	L.	1,991.40	552.19	1,439.21	20,425.79	L. 253,425.99
15	L.	1,991.40	555.32	1,436.08	21,861.87	L. 252,870.68
16	L.	1,991.40	558.46	1,432.93	23,294.81	L. 252,312.21
17	L.	1,991.40	561.63	1,429.77	24,724.58	L. 251,750.58
18	L.	1,991.40	564.81	1,426.59	26,151.16	L. 251,185.77
19	L.	1,991.40	568.01	1,423.39	27,574.55	L. 250,617.76

20	L.	1,991.40	L. 571.23	L. 1,420.17	L. 28,994.72	L. 250,046.53
21	L.	1,991.40	L. 574.47	L. 1,416.93	L. 30,411.65	L. 249,472.06
22	L.	1,991.40	L. 577.72	L. 1,413.67	L. 31,825.32	L. 248,894.33
23	L.	1,991.40	L. 581.00	L. 1,410.40	L. 33,235.72	L. 248,313.34
24	L.	1,991.40	L. 584.29	L. 1,407.11	L. 34,642.83	L. 247,729.05
25	L.	1,991.40	L. 587.60	L. 1,403.80	L. 36,046.63	L. 247,141.45
26	L.	1,991.40	L. 590.93	L. 1,400.47	L. 37,447.10	L. 246,550.52
27	L.	1,991.40	L. 594.28	L. 1,397.12	L. 38,844.22	L. 245,956.24
28	L.	1,991.40	L. 597.65	L. 1,393.75	L. 40,237.97	L. 245,358.59
29	L.	1,991.40	L. 601.03	L. 1,390.37	L. 41,628.33	L. 244,757.56
30	L.	1,991.40	L. 604.44	L. 1,386.96	L. 43,015.29	L. 244,153.12
31	L.	1,991.40	L. 607.86	L. 1,383.53	L. 44,398.83	L. 243,545.26
32	L.	1,991.40	L. 611.31	L. 1,380.09	L. 45,778.92	L. 242,933.95
33	L.	1,991.40	L. 614.77	L. 1,376.63	L. 47,155.54	L. 242,319.17
34	L.	1,991.40	L. 618.26	L. 1,373.14	L. 48,528.69	L. 241,700.92
35	L.	1,991.40	L. 621.76	L. 1,369.64	L. 49,898.32	L. 241,079.16
36	L.	1,991.40	L. 625.28	L. 1,366.12	L. 51,264.44	L. 240,453.87
37	L.	1,991.40	L. 628.83	L. 1,362.57	L. 52,627.01	L. 239,825.05
38	L.	1,991.40	L. 632.39	L. 1,359.01	L. 53,986.02	L. 239,192.66
39	L.	1,991.40	L. 635.97	L. 1,355.43	L. 55,341.45	L. 238,556.68
40	L.	1,991.40	L. 639.58	L. 1,351.82	L. 56,693.27	L. 237,917.11
41	L.	1,991.40	L. 643.20	L. 1,348.20	L. 58,041.46	L. 237,273.91
42	L.	1,991.40	L. 646.85	L. 1,344.55	L. 59,386.02	L. 236,627.06
43	L.	1,991.40	L. 650.51	L. 1,340.89	L. 60,726.90	L. 235,976.55
44	L.	1,991.40	L. 654.20	L. 1,337.20	L. 62,064.10	L. 235,322.35
45	L.	1,991.40	L. 657.91	L. 1,333.49	L. 63,397.60	L. 234,664.44
46	L.	1,991.40	L. 661.63	L. 1,329.77	L. 64,727.36	L. 234,002.81
47	L.	1,991.40	L. 665.38	L. 1,326.02	L. 66,053.38	L. 233,337.43

48	L.	1,991.40	L. 669.15	L. 1,322.25	L. 67,375.62	L. 232,668.28
49	L.	1,991.40	L. 672.94	L. 1,318.45	L. 68,694.08	L. 231,995.33
50	L.	1,991.40	L. 676.76	L. 1,314.64	L. 70,008.72	L. 231,318.57
51	L.	1,991.40	L. 680.59	L. 1,310.81	L. 71,319.52	L. 230,637.98
52	L.	1,991.40	L. 684.45	L. 1,306.95	L. 72,626.47	L. 229,953.53
53	L.	1,991.40	L. 688.33	L. 1,303.07	L. 73,929.54	L. 229,265.20
54	L.	1,991.40	L. 692.23	L. 1,299.17	L. 75,228.71	L. 228,572.97
55	L.	1,991.40	L. 696.15	L. 1,295.25	L. 76,523.96	L. 227,876.82
56	L.	1,991.40	L. 700.10	L. 1,291.30	L. 77,815.26	L. 227,176.72
57	L.	1,991.40	L. 704.06	L. 1,287.33	L. 79,102.59	L. 226,472.66
58	L.	1,991.40	L. 708.05	L. 1,283.35	L. 80,385.94	L. 225,764.61
59	L.	1,991.40	L. 712.07	L. 1,279.33	L. 81,665.27	L. 225,052.54
60	L.	1,991.40	L. 716.10	L. 1,275.30	L. 82,940.57	L. 224,336.44
61	L.	1,991.40	L. 720.16	L. 1,271.24	L. 84,211.81	L. 223,616.28
62	L.	1,991.40	L. 724.24	L. 1,267.16	L. 85,478.97	L. 222,892.04
63	L.	1,991.40	L. 728.34	L. 1,263.05	L. 86,742.02	L. 222,163.70
64	L.	1,991.40	L. 732.47	L. 1,258.93	L. 88,000.95	L. 221,431.23
65	L.	1,991.40	L. 736.62	L. 1,254.78	L. 89,255.73	L. 220,694.61
66	L.	1,991.40	L. 740.80	L. 1,250.60	L. 90,506.33	L. 219,953.81
67	L.	1,991.40	L. 744.99	L. 1,246.40	L. 91,752.74	L. 219,208.82
68	L.	1,991.40	L. 749.22	L. 1,242.18	L. 92,994.92	L. 218,459.60
69	L.	1,991.40	L. 753.46	L. 1,237.94	L. 94,232.86	L. 217,706.14
70	L.	1,991.40	L. 757.73	L. 1,233.67	L. 95,466.52	L. 216,948.41
71	L.	1,991.40	L. 762.02	L. 1,229.37	L. 96,695.90	L. 216,186.39
72	L.	1,991.40	L. 766.34	L. 1,225.06	L. 97,920.95	L. 215,420.04
73	L.	1,991.40	L. 770.68	L. 1,220.71	L. 99,141.67	L. 214,649.36
74	L.	1,991.40	L. 775.05	L. 1,216.35	L. 100,358.01	L. 213,874.31
75	L.	1,991.40	L. 779.44	L. 1,211.95	L. 101,569.97	L. 213,094.86

76	L.	1,991.40	L. 783.86	L. 1,207.54	L. 102,777.51	L. 212,311.00
77	L.	1,991.40	L. 788.30	L. 1,203.10	L. 103,980.60	L. 211,522.70
78	L.	1,991.40	L. 792.77	L. 1,198.63	L. 105,179.23	L. 210,729.93
79	L.	1,991.40	L. 797.26	L. 1,194.14	L. 106,373.37	L. 209,932.67
80	L.	1,991.40	L. 801.78	L. 1,189.62	L. 107,562.99	L. 209,130.89
81	L.	1,991.40	L. 806.32	L. 1,185.08	L. 108,748.06	L. 208,324.56
82	L.	1,991.40	L. 810.89	L. 1,180.51	L. 109,928.57	L. 207,513.67
83	L.	1,991.40	L. 815.49	L. 1,175.91	L. 111,104.48	L. 206,698.18
84	L.	1,991.40	L. 820.11	L. 1,171.29	L. 112,275.77	L. 205,878.07
85	L.	1,991.40	L. 824.76	L. 1,166.64	L. 113,442.41	L. 205,053.32
86	L.	1,991.40	L. 829.43	L. 1,161.97	L. 114,604.38	L. 204,223.89
87	L.	1,991.40	L. 834.13	L. 1,157.27	L. 115,761.65	L. 203,389.76
88	L.	1,991.40	L. 838.86	L. 1,152.54	L. 116,914.19	L. 202,550.90
89	L.	1,991.40	L. 843.61	L. 1,147.79	L. 118,061.98	L. 201,707.29
90	L.	1,991.40	L. 848.39	L. 1,143.01	L. 119,204.99	L. 200,858.90
91	L.	1,991.40	L. 853.20	L. 1,138.20	L. 120,343.19	L. 200,005.70
92	L.	1,991.40	L. 858.03	L. 1,133.37	L. 121,476.55	L. 199,147.67
93	L.	1,991.40	L. 862.90	L. 1,128.50	L. 122,605.05	L. 198,284.78
94	L.	1,991.40	L. 867.78	L. 1,123.61	L. 123,728.67	L. 197,416.99
95	L.	1,991.40	L. 872.70	L. 1,118.70	L. 124,847.36	L. 196,544.29
96	L.	1,991.40	L. 877.65	L. 1,113.75	L. 125,961.12	L. 195,666.64
97	L.	1,991.40	L. 882.62	L. 1,108.78	L. 127,069.89	L. 194,784.02
98	L.	1,991.40	L. 887.62	L. 1,103.78	L. 128,173.67	L. 193,896.40
99	L.	1,991.40	L. 892.65	L. 1,098.75	L. 129,272.42	L. 193,003.75
100	L.	1,991.40	L. 897.71	L. 1,093.69	L. 130,366.10	L. 192,106.03
101	L.	1,991.40	L. 902.80	L. 1,088.60	L. 131,454.70	L. 191,203.24
102	L.	1,991.40	L. 907.91	L. 1,083.49	L. 132,538.19	L. 190,295.32
103	L.	1,991.40	L. 913.06	L. 1,078.34	L. 133,616.53	L. 189,382.27

104	L.	1,991.40	L. 918.23	L. 1,073.17	L. 134,689.70	L. 188,464.03
105	L.	1,991.40	L. 923.44	L. 1,067.96	L. 135,757.66	L. 187,540.60
106	L.	1,991.40	L. 928.67	L. 1,062.73	L. 136,820.39	L. 186,611.93
107	L.	1,991.40	L. 933.93	L. 1,057.47	L. 137,877.86	L. 185,678.00
108	L.	1,991.40	L. 939.22	L. 1,052.18	L. 138,930.03	L. 184,738.77
109	L.	1,991.40	L. 944.55	L. 1,046.85	L. 139,976.88	L. 183,794.23
110	L.	1,991.40	L. 949.90	L. 1,041.50	L. 141,018.39	L. 182,844.33
111	L.	1,991.40	L. 955.28	L. 1,036.12	L. 142,054.50	L. 181,889.05
112	L.	1,991.40	L. 960.69	L. 1,030.70	L. 143,085.21	L. 180,928.36
113	L.	1,991.40	L. 966.14	L. 1,025.26	L. 144,110.47	L. 179,962.22
114	L.	1,991.40	L. 971.61	L. 1,019.79	L. 145,130.25	L. 178,990.61
115	L.	1,991.40	L. 977.12	L. 1,014.28	L. 146,144.53	L. 178,013.49
116	L.	1,991.40	L. 982.66	L. 1,008.74	L. 147,153.28	L. 177,030.83
117	L.	1,991.40	L. 988.22	L. 1,003.17	L. 148,156.45	L. 176,042.61
118	L.	1,991.40	L. 993.82	L. 997.57	L. 149,154.03	L. 175,048.79
119	L.	1,991.40	L. 999.46	L. 991.94	L. 150,145.97	L. 174,049.33
120	L.	1,991.40	L. 1,005.12	L. 986.28	L. 151,132.25	L. 173,044.21
121	L.	1,991.40	L. 1,010.81	L. 980.58	L. 152,112.83	L. 172,033.40
122	L.	1,991.40	L. 1,016.54	L. 974.86	L. 153,087.69	L. 171,016.85
123	L.	1,991.40	L. 1,022.30	L. 969.10	L. 154,056.79	L. 169,994.55
124	L.	1,991.40	L. 1,028.10	L. 963.30	L. 155,020.09	L. 168,966.45
125	L.	1,991.40	L. 1,033.92	L. 957.48	L. 155,977.56	L. 167,932.53
126	L.	1,991.40	L. 1,039.78	L. 951.62	L. 156,929.18	L. 166,892.75
127	L.	1,991.40	L. 1,045.67	L. 945.73	L. 157,874.91	L. 165,847.08
128	L.	1,991.40	L. 1,051.60	L. 939.80	L. 158,814.71	L. 164,795.48
129	L.	1,991.40	L. 1,057.56	L. 933.84	L. 159,748.55	L. 163,737.92
130	L.	1,991.40	L. 1,063.55	L. 927.85	L. 160,676.40	L. 162,674.37
131	L.	1,991.40	L. 1,069.58	L. 921.82	L. 161,598.22	L. 161,604.80

132	L.	1,991.40	L. 1,075.64	L. 915.76	L. 162,513.98	L. 160,529.16
133	L.	1,991.40	L. 1,081.73	L. 909.67	L. 163,423.64	L. 159,447.42
134	L.	1,991.40	L. 1,087.86	L. 903.54	L. 164,327.18	L. 158,359.56
135	L.	1,991.40	L. 1,094.03	L. 897.37	L. 165,224.55	L. 157,265.53
136	L.	1,991.40	L. 1,100.23	L. 891.17	L. 166,115.72	L. 156,165.31
137	L.	1,991.40	L. 1,106.46	L. 884.94	L. 167,000.66	L. 155,058.84
138	L.	1,991.40	L. 1,112.73	L. 878.67	L. 167,879.33	L. 153,946.11
139	L.	1,991.40	L. 1,119.04	L. 872.36	L. 168,751.69	L. 152,827.08
140	L.	1,991.40	L. 1,125.38	L. 866.02	L. 169,617.71	L. 151,701.70
141	L.	1,991.40	L. 1,131.76	L. 859.64	L. 170,477.35	L. 150,569.94
142	L.	1,991.40	L. 1,138.17	L. 853.23	L. 171,330.58	L. 149,431.77
143	L.	1,991.40	L. 1,144.62	L. 846.78	L. 172,177.36	L. 148,287.15
144	L.	1,991.40	L. 1,151.10	L. 840.29	L. 173,017.65	L. 147,136.05
145	L.	1,991.40	L. 1,157.63	L. 833.77	L. 173,851.42	L. 145,978.42
146	L.	1,991.40	L. 1,164.19	L. 827.21	L. 174,678.64	L. 144,814.24
147	L.	1,991.40	L. 1,170.78	L. 820.61	L. 175,499.25	L. 143,643.45
148	L.	1,991.40	L. 1,177.42	L. 813.98	L. 176,313.23	L. 142,466.03
149	L.	1,991.40	L. 1,184.09	L. 807.31	L. 177,120.54	L. 141,281.94
150	L.	1,991.40	L. 1,190.80	L. 800.60	L. 177,921.13	L. 140,091.14
151	L.	1,991.40	L. 1,197.55	L. 793.85	L. 178,714.98	L. 138,893.59
152	L.	1,991.40	L. 1,204.33	L. 787.06	L. 179,502.05	L. 137,689.26
153	L.	1,991.40	L. 1,211.16	L. 780.24	L. 180,282.29	L. 136,478.10
154	L.	1,991.40	L. 1,218.02	L. 773.38	L. 181,055.66	L. 135,260.07
155	L.	1,991.40	L. 1,224.92	L. 766.47	L. 181,822.14	L. 134,035.15
156	L.	1,991.40	L. 1,231.87	L. 759.53	L. 182,581.67	L. 132,803.28
157	L.	1,991.40	L. 1,238.85	L. 752.55	L. 183,334.22	L. 131,564.44
158	L.	1,991.40	L. 1,245.87	L. 745.53	L. 184,079.75	L. 130,318.57
159	L.	1,991.40	L. 1,252.93	L. 738.47	L. 184,818.22	L. 129,065.64

160	L.	1,991.40	L. 1,260.03	L. 731.37	L. 185,549.60	L. 127,805.62
161	L.	1,991.40	L. 1,267.17	L. 724.23	L. 186,273.83	L. 126,538.45
162	L.	1,991.40	L. 1,274.35	L. 717.05	L. 186,990.88	L. 125,264.10
163	L.	1,991.40	L. 1,281.57	L. 709.83	L. 187,700.71	L. 123,982.54
164	L.	1,991.40	L. 1,288.83	L. 702.57	L. 188,403.28	L. 122,693.70
165	L.	1,991.40	L. 1,296.13	L. 695.26	L. 189,098.54	L. 121,397.57
166	L.	1,991.40	L. 1,303.48	L. 687.92	L. 189,786.46	L. 120,094.09
167	L.	1,991.40	L. 1,310.87	L. 680.53	L. 190,466.99	L. 118,783.23
168	L.	1,991.40	L. 1,318.29	L. 673.10	L. 191,140.10	L. 117,464.93
169	L.	1,991.40	L. 1,325.76	L. 665.63	L. 191,805.73	L. 116,139.17
170	L.	1,991.40	L. 1,333.28	L. 658.12	L. 192,463.86	L. 114,805.89
171	L.	1,991.40	L. 1,340.83	L. 650.57	L. 193,114.42	L. 113,465.06
172	L.	1,991.40	L. 1,348.43	L. 642.97	L. 193,757.39	L. 112,116.63
173	L.	1,991.40	L. 1,356.07	L. 635.33	L. 194,392.72	L. 110,760.56
174	L.	1,991.40	L. 1,363.76	L. 627.64	L. 195,020.36	L. 109,396.80
175	L.	1,991.40	L. 1,371.48	L. 619.92	L. 195,640.28	L. 108,025.32
176	L.	1,991.40	L. 1,379.26	L. 612.14	L. 196,252.42	L. 106,646.07
177	L.	1,991.40	L. 1,387.07	L. 604.33	L. 196,856.75	L. 105,259.00
178	L.	1,991.40	L. 1,394.93	L. 596.47	L. 197,453.22	L. 103,864.06
179	L.	1,991.40	L. 1,402.84	L. 588.56	L. 198,041.78	L. 102,461.23
180	L.	1,991.40	L. 1,410.78	L. 580.61	L. 198,622.39	L. 101,050.44
181	L.	1,991.40	L. 1,418.78	L. 572.62	L. 199,195.01	L. 99,631.66
182	L.	1,991.40	L. 1,426.82	L. 564.58	L. 199,759.59	L. 98,204.85
183	L.	1,991.40	L. 1,434.90	L. 556.49	L. 200,316.09	L. 96,769.94
184	L.	1,991.40	L. 1,443.04	L. 548.36	L. 200,864.45	L. 95,326.91
185	L.	1,991.40	L. 1,451.21	L. 540.19	L. 201,404.63	L. 93,875.69
186	L.	1,991.40	L. 1,459.44	L. 531.96	L. 201,936.60	L. 92,416.26
187	L.	1,991.40	L. 1,467.71	L. 523.69	L. 202,460.29	L. 90,948.55

188	L.	1,991.40	L. 1,476.02	L. 515.38	L. 202,975.66	L. 89,472.53
189	L.	1,991.40	L. 1,484.39	L. 507.01	L. 203,482.67	L. 87,988.14
190	L.	1,991.40	L. 1,492.80	L. 498.60	L. 203,981.27	L. 86,495.34
191	L.	1,991.40	L. 1,501.26	L. 490.14	L. 204,471.41	L. 84,994.08
192	L.	1,991.40	L. 1,509.77	L. 481.63	L. 204,953.05	L. 83,484.32
193	L.	1,991.40	L. 1,518.32	L. 473.08	L. 205,426.12	L. 81,966.00
194	L.	1,991.40	L. 1,526.92	L. 464.47	L. 205,890.60	L. 80,439.07
195	L.	1,991.40	L. 1,535.58	L. 455.82	L. 206,346.42	L. 78,903.49
196	L.	1,991.40	L. 1,544.28	L. 447.12	L. 206,793.54	L. 77,359.22
197	L.	1,991.40	L. 1,553.03	L. 438.37	L. 207,231.91	L. 75,806.19
198	L.	1,991.40	L. 1,561.83	L. 429.57	L. 207,661.48	L. 74,244.36
199	L.	1,991.40	L. 1,570.68	L. 420.72	L. 208,082.20	L. 72,673.68
200	L.	1,991.40	L. 1,579.58	L. 411.82	L. 208,494.01	L. 71,094.09
201	L.	1,991.40	L. 1,588.53	L. 402.87	L. 208,896.88	L. 69,505.56
202	L.	1,991.40	L. 1,597.53	L. 393.86	L. 209,290.74	L. 67,908.03
203	L.	1,991.40	L. 1,606.59	L. 384.81	L. 209,675.56	L. 66,301.44
204	L.	1,991.40	L. 1,615.69	L. 375.71	L. 210,051.26	L. 64,685.75
205	L.	1,991.40	L. 1,624.85	L. 366.55	L. 210,417.82	L. 63,060.91
206	L.	1,991.40	L. 1,634.05	L. 357.35	L. 210,775.16	L. 61,426.85
207	L.	1,991.40	L. 1,643.31	L. 348.09	L. 211,123.25	L. 59,783.54
208	L.	1,991.40	L. 1,652.63	L. 338.77	L. 211,462.02	L. 58,130.92
209	L.	1,991.40	L. 1,661.99	L. 329.41	L. 211,791.43	L. 56,468.93
210	L.	1,991.40	L. 1,671.41	L. 319.99	L. 212,111.42	L. 54,797.52
211	L.	1,991.40	L. 1,680.88	L. 310.52	L. 212,421.94	L. 53,116.64
212	L.	1,991.40	L. 1,690.40	L. 300.99	L. 212,722.93	L. 51,426.23
213	L.	1,991.40	L. 1,699.98	L. 291.42	L. 213,014.35	L. 49,726.25
214	L.	1,991.40	L. 1,709.62	L. 281.78	L. 213,296.13	L. 48,016.63
215	L.	1,991.40	L. 1,719.30	L. 272.09	L. 213,568.23	L. 46,297.33

216	L.	1,991.40	L. 1,729.05	L. 262.35	L. 213,830.58	L. 44,568.28
217	L.	1,991.40	L. 1,738.84	L. 252.55	L. 214,083.13	L. 42,829.44
218	L.	1,991.40	L. 1,748.70	L. 242.70	L. 214,325.83	L. 41,080.74
219	L.	1,991.40	L. 1,758.61	L. 232.79	L. 214,558.62	L. 39,322.13
220	L.	1,991.40	L. 1,768.57	L. 222.83	L. 214,781.45	L. 37,553.56
221	L.	1,991.40	L. 1,778.59	L. 212.80	L. 214,994.25	L. 35,774.96
222	L.	1,991.40	L. 1,788.67	L. 202.72	L. 215,196.98	L. 33,986.29
223	L.	1,991.40	L. 1,798.81	L. 192.59	L. 215,389.56	L. 32,187.48
224	L.	1,991.40	L. 1,809.00	L. 182.40	L. 215,571.96	L. 30,378.48
225	L.	1,991.40	L. 1,819.25	L. 172.14	L. 215,744.10	L. 28,559.22
226	L.	1,991.40	L. 1,829.56	L. 161.84	L. 215,905.94	L. 26,729.66
227	L.	1,991.40	L. 1,839.93	L. 151.47	L. 216,057.41	L. 24,889.73
228	L.	1,991.40	L. 1,850.36	L. 141.04	L. 216,198.45	L. 23,039.37
229	L.	1,991.40	L. 1,860.84	L. 130.56	L. 216,329.01	L. 21,178.53
230	L.	1,991.40	L. 1,871.39	L. 120.01	L. 216,449.02	L. 19,307.15
231	L.	1,991.40	L. 1,881.99	L. 109.41	L. 216,558.43	L. 17,425.15
232	L.	1,991.40	L. 1,892.66	L. 98.74	L. 216,657.17	L. 15,532.50
233	L.	1,991.40	L. 1,903.38	L. 88.02	L. 216,745.19	L. 13,629.12
234	L.	1,991.40	L. 1,914.17	L. 77.23	L. 216,822.42	L. 11,714.95
235	L.	1,991.40	L. 1,925.01	L. 66.38	L. 216,888.80	L. 9,789.94
236	L.	1,991.40	L. 1,935.92	L. 55.48	L. 216,944.28	L. 7,854.01
237	L.	1,991.40	L. 1,946.89	L. 44.51	L. 216,988.78	L. 5,907.12
238	L.	1,991.40	L. 1,957.92	L. 33.47	L. 217,022.26	L. 3,949.20
239	L.	1,991.40	L. 1,969.02	L. 22.38	L. 217,044.64	L. 1,980.18
240	L.	1,991.40	L. 1,980.18	L. 11.22	L. 217,055.86	L. (0.00)

MANUAL DE USO DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Este manual contiene la información necesaria para evitar daños en el sistema eléctrico de la vivienda pasiva que ha adquirido. El sistema opera las 24 horas del día automáticamente y solamente requerirá ser manipulado en caso de una emergencia.

¿Qué necesitas saber?

1. El que **NO** hacer.
2. Que hacer en una emergencia.

COSAS QUE **NO** DEBES DE HACER



1. Manipular el equipo, ya sean las baterías, terminales de los módulos solares, inversor o cableado...
2. Utilizar regletas para conectar más dispositivos en un tomacorriente cuando los demás están ya llenos...
3. Dejar encendidos los focos y otros aparatos innecesariamente, en especial durante días nublados...



QUE HACER EN UNA EMERGENCIA



- EN CASO DE UN INCENDIO O DESASTRE NATURAL:



Inmediatamente accionar los sistemas de protección dentro del hogar ubicados al lado del centro de cargas...



De esta manera el sistema queda sin energía, luego también bajo los breakers del centro de carga y contacta al instalador del sistema...

- EL SISTEMA DEJAR DE FUNCIONAR REPENTINAMENTE:

Inmediatamente contacte al **INSTALADOR** o el **RESPONSABLE** en caso de fallos imprevistos...



NO contacte a nadie más por muy calificado que esa persona sea, ya que perderá cualquier garantía...