



**industriales**  
etsii

**Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial**

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Industrial**

## **Aplicación de energías renovables a viviendas sociales: Estudio de viabilidad en República Dominicana.**

**The application of renewable energy to social  
housing: feasibility study.**

**TRABAJO FIN DE MASTER**

**MÁSTER EN ENERGÍAS RENOVABLES**

**Autor: Famy Enmanuel Shephard González**

**Director: Ana María Nieto Morote.**



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**

Cartagena, 10 de octubre 2018



## **AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIA**

A través de estas líneas quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que con su aporte científico y/o humano han colaborado en la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar a Dios, ser sobrenatural que llena espacios que nadie puede. Que aunque no te puedo ver, tengo cada día más y más interés de saber ti.

la institución que ha hecho posible la realización del trabajo presentado en esta memoria de tesis por la ayuda económica brindada, por el Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT, República Dominicana) y al Estado Dominicano. Gracias por la ayuda y confianza en mí depositada.

A la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT, Cartagena, Murcia, España) y sus profesores, por recibirme con brazos abiertos, capacitación y dirección. Muy especialmente a mi tutora y directora del TFM Dra. Ana María Nieto Morote, por la tan acertada orientación, dirección y discusión crítica que permitieron un buen aprovechamiento en el trabajo realizado.

A mis compañeros de máster y compañeros becados, los cuales de una manera u otra me hicieron crecer en muchos sentidos de la palabra, valen mucho, especial mención a Nathalie M. Alcántara Cordero, por tantos buenos momentos de risa y comprensión que hicieron el trayecto más fácil.

A mis amigos, que demostraron que la distancia significa poco cuando alguien significa tanto.

Finalmente, pero no menos importante, agradezco a mi familia, por su amor incondicional, comunicación constante y apoyo desde diferentes partes del mundo. Su ejemplo de superación y tan valioso apoyo a pesar de la distancia ha sido mucho, Facundo Shephard Santana, Milagros González, Stephany Shephard Rojas y Naiffer S. Shephard González, este trabajo de fin de máster va dedicado a ustedes.

**¡GRACIAS!**

## CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>Capítulo I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo general.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
1.2 Justificación y motivación.....	13
<b>Capítulo II</b>	
<b>2. ESTADO DEL ARTE</b> .....	16
2.1 Antecedentes internacionales.....	16
2.1.1 Singapur.....	16
2.1.2 España.....	19
2.1.3 Brasil.....	26
2.1.4 Argentina.....	28
2.2 Investigaciones nacionales.....	29
<b>Capítulo III</b>	
<b>3. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS EN REPÚBLICA DOMINICANA</b> .....	35
3.1.1 Recurso solar.....	35
3.1.2 Recurso eólico. ....	36
3.1.3 Recurso biomasa. ....	37
3.1.4 Recurso hidráulico. ....	38
3.2 Experiencias de utilización de recursos renovables en Rep. Dom.....	39
3.2.1 Energía solar. ....	39
3.2.2 Energía eólica. ....	40
3.2.3 Energía biomasa. ....	41
3.2.4 Energía hidráulica. ....	42
3.3 Marco Legal de la Rep. Dom. aplicable.....	43
3.3.1 Ley 57-07 Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes Especiales. ....	44
3.3.2 Ley 64-00 De Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales. ....	46
3.3.3 Ley 1-12 La Estrategia Nacional de Desarrollo 2030.....	46
<b>Capítulo IV</b>	
<b>4. CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES</b> .....	49

## Capítulo V

<b>5. ANÁLISIS TÉCNICO</b> .....	53
5.1 Emplazamiento.....	53
5.2 Superposición de las 100 viviendas.....	54
5.3 Datos climatológicos locales.....	55
5.3.1 Generalidades importantes.....	55
5.3.2 El sol.....	58
5.4 Procedimiento de cálculo.....	59
5.4.1 Datos de ubicación y orientación. ....	59
5.4.2 Cálculo de consumos.....	60
5.4.3 Horas de sol pico. ....	62
5.4.4 Selección de los componentes de la instalación. ....	63
5.4.4.1 Cálculo de módulos. ....	63
5.4.4.2 Cálculo del regulador. ....	65
5.4.4.3 Cálculo de las baterías. ....	66
5.4.4.3.1 N° de acumuladores. ....	67
5.4.4.4 Cálculo del inversor-cargador. ....	67

## Capítulo VI

<b>6. ANÁLISIS ECONÓMICO</b> .....	70
6.1 Inversión inicial. ....	70
6.2 Financiación.....	72
6.3 Costes de explotación ....	72
6.4 Ingresos.....	73
6.5 Cálculo del CASH-FLOW.....	73
6.6 Rentabilidad.....	74

<b>CONCLUSIONES</b> .....	75
---------------------------	----

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	80
---	----

## LISTADO DE FIGURAS

	<b>PAG.</b>
<b>Figura 1.</b> Mapa Energético de la República Dominicana 2013.....	10
<b>Figura 2(a).</b> ( <i>Singapur</i> ) Plataforma de prueba de PV solar en Serangoon.....	17
<b>Figura 2(b).</b> ( <i>Singapur</i> ) Camas de prueba de PV solar en Wellington.....	17
<b>Figura 3.</b> ( <i>Singapur</i> ) Treelodge @ Punggol.....	18
<b>Figura 4.</b> ( <i>Singapur</i> ) Posibilidades de un diseño aerodinámico de instalación de película delgada amorfa flexible.....	19
<b>Figura 5.</b> ( <i>España</i> ) Bloque de viviendas de la cooperativa Arroyo Bodonal en Tres Cantos (Madrid).....	21
<b>Figura 6.</b> ( <i>España</i> ) Formato del envolvente del edificio.....	21
<b>Figura 7.</b> ( <i>España</i> ) Las ocho (8) bombas de calor geotérmicas del edificio.....	22
<b>Figura 8.</b> ( <i>España</i> ) Campo de captación bajo la losa del edificio {Las cuarenta y siete (47) perforaciones.....	23
<b>Figura 9.</b> ( <i>España</i> ) Sistema independiente y automatizado de ventilación con recuperación de calor del edificio.....	23
<b>Figura 10.</b> ( <i>España</i> ) Representación gráfica del sistema Calor/Frío & Frío/Calor del edificio.....	24
<b>Figura 11.</b> ( <i>España</i> ) Vista Frontal del edificio en construcción (1).....	24
<b>Figura 12.</b> ( <i>España</i> ) Vista Frontal del edificio en construcción (2).....	25
<b>Figura 13.</b> ( <i>España</i> ) Recreación del edificio de 92 viviendas. ....	25
<b>Figura 14.</b> ( <i>Brasil</i> ) Vista frontal de las viviendas sociales.....	27
<b>Figura 15.</b> ( <i>Brasil</i> ) Conjunto de viviendas sociales de Morada do Salitre y Praia do Rodeadouro.....	27
<b>Figura 16.</b> ( <i>Argentina</i> ) Propuesta de las viviendas sociales. ....	29
<b>Figura 17.</b> (Rep. Dom.) Ubicación de la capacidad de generación eléctrica con energías renovables en REmap en 2030. ....	32
<b>Figura 18.</b> Mapa Solar en Rep. Dom. ....	35
<b>Figura 19.</b> Mapa Eólico en Rep. Dom. ....	36
<b>Figura 20.</b> Áreas más favorecidas con viento como recuso en Rep. Dom. ....	37
<b>Figura 21.</b> Cuencas Hidrográficas prioritarias en Rep. Dom.....	38
<b>Figura 22.</b> (Solar Fotovoltaica) Ejemplo 1. La empresa taiwanesa General Energy Solutions Inc. (GES, siglas en inglés).....	39
<b>Figura 23.</b> (Solar Fotovoltaica) Ejemplo 2. El Aeropuerto Internacional Cibao.....	40
<b>Figura 24.</b> (Eólica) Ejemplo 1.1. El Parque Eólico Los Cocos.....	40
<b>Figura 25.</b> (Eólica) Ejemplo 1.2. El Parque Eólico Los Cocos.....	41
<b>Figura 26.</b> (Biomasa) Ejemplo 1. San Pedro Bio Energy (SPBE).....	41
<b>Figura 27.</b> (Biomasa) Ejemplo 2. Zona franca Navarrete.....	42
<b>Figura 28.</b> (Hidráulica) Ejemplo 1.1 Presa de Aguacate. ....	42
<b>Figura 29.</b> (Hidráulica) Ejemplo 1.2 Presa de Aguacate.....	43
<b>Figura 30.</b> Vista en planta de la propuesta de vivienda.....	49
<b>Figura 31.</b> Vista en planta de la propuesta de viviendas. ....	51
<b>Figura 32.</b> Vista en planta de la propuesta de ubicación de viviendas sociales. ....	53
<b>Figura 33.</b> Vista en planta de la propuesta de ubicación de viviendas sociales con detalle marcado.....	53
<b>Figura 34.1</b> Vista en planta de la superposición de la propuesta de ubicación de viviendas sociales. ....	54
<b>Figura 34.2</b> Vista en planta de la superposición de la propuesta de ubicación de viviendas sociales.....	54
<b>Figura 35.</b> Vista en planta de la propuesta de viviendas con techos cubiertos.....	55
<b>Figura 36.</b> Climatograma de La Romana. ....	56
<b>Figura 37.</b> Diagrama de temperatura de La Romana.....	56
<b>Figura 38.</b> Diagrama de Horas de luz natural y crepúsculo de La Romana.....	58

<b>Figura 39.</b> Energía solar de onda corta incidente diaria promedio.....	59
<b>Figura 40.</b> Características físicas y especificaciones del panel seleccionado.....	64
<b>Figura 41.</b> Regulador elegido.....	65
<b>Figura 42.</b> Especificaciones del regulador elegido.....	66
<b>Figura 43.</b> Baterías seleccionadas.....	67
<b>Figura 44.</b> Inversor/Cargador seleccionado.....	68
<b>Figura 45.</b> Características técnicas del Inversor/Cargador seleccionado.....	68
<b>Figura 46.</b> Presupuesto de la inversión.....	71
<b>Figura 47.</b> Costes de explotación.....	73
<b>Figura 48.</b> Cash-Flow.....	74
<b>Figura 49.</b> Cálculo del VAN.....	75
<b>Figura 50.</b> Diagrama de relación Producciones/Consumo.....	78

## LISTADO DE TABLAS

	<b>PAG.</b>
<b>Tabla 1.</b> Resumen de generalidades del sector eléctrico en la Rep. Dom.....	11
<b>Tabla 2.</b> Potencial y costos de suministro de bioenergía en la Rep. Dominicana, 2030.....	32
<b>Tabla 3.</b> Resumen de resultados por tecnología para el año base, Caso de Referencia y REmap – sector eléctrico.....	33
<b>Tabla 4.</b> Metas quinquenales para las emisiones de CO2 hasta 2030.....	47
<b>Tabla 5.</b> Tabla climática // Datos históricos del tiempo en La Romana.....	57
<b>Tabla 6.</b> Tabla de consumo de energía.....	60
<b>Tabla 7.</b> Performance Ratio.....	61
<b>Tabla 8.</b> Relación Año/Consumo.....	61
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de HSP.....	63
<b>Tabla 10.</b> Resumen del cálculo de módulos.....	65
<b>Tabla 11.</b> Resumen del cálculo del regulador.....	65
<b>Tabla 12.</b> Resumen de características físicas de las baterías.....	67
<b>Tabla 12.</b> Costes de inversión.....	71
<b>Tabla 13.</b> Cuadro de amortización de préstamos.....	72
<b>Tabla 14.</b> Estimación de factura anual de electricidad en Rep. Dom.....	73
<b>Tabla 15.</b> Relación cantidad/Elementos.....	77
<b>Tabla 16.</b> Relación Producciones/Consumo.....	77

## ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

**R.D. / REP. DOM.** - REPÚBLICA DOMINICANA.

**FIG.** - FIGURA.

**CNE** - COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (The National Energy Commission).

**SIE** - SUPERINTENDENCIA DE ELECTRICIDAD (the Superintendent of Electricity).

**OC** - ORGANISMO COORDINADOR DEL SISTEMA ELÉCTRICO

INTERCONECTADO (the Coordinating Agency for the Interconnected Electrical System).

**SERCOTEC** - SERVICIO DE COOPERACIÓN TÉCNICA.

**BID** - BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO.

**IRENA** - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (Agencia Internacional de Energía Renovable).

**GEI** - GAS DE EFECTO INVERNADERO.

**ALYC** - AMÉRICA LATINA.

**(CDEEE)** - CORPORACIÓN DOMINICANA DE EMPRESAS ELÉCTRICAS ESTATALES.

**EERR** - ENERGÍAS RENOVABLES.

**15TW** - 15 TERAWATTS

**CMIs** - CONSTRUCTION MATERIAL INDUSTRIES (Industrias de Materiales de Construcción).

**HBD** - HOUSING AND DEVELOPMENT BOARD (Junta de Vivienda y Desarrollo).

**PV SOLAR** - PHOTOVOLTAIC SOLAR (Solar Fotovoltáica).

**MSCP** - MULTI-STOREY CAR PARK (estacionamiento de varios pisos).

**SCBP** - SOLAR CAPABILITY BUILDING PROGRAMME (Programa de Creación de Capacidad Solar).

**PAR** - PROGRAMA DE ARRENDAMIENTO RESIDENCIAL.

**LEED** - LIDERAZGO EN ENERGÍA Y DISEÑO AMBIENTAL (**EE. UU.**).

**HQE** - EL GREEN STAR AUSTRALIANO O EL HAUTE QUALITE' ENVIRONNEMENTALE DES BATIMENTS.

**RE** - RENEWABLE ENERGY (Energía Renovable).

**SH** - SOCIAL HOUSING (Viviendas Sociales).

**KWH.** K= KILO= 1000 / W= WATTS= VATIO (potencia) / H = HORA (tiempo).

**AHP** - ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.

**C** - CRITERIO.

**C1** - CRITERIO 1.

**C2** - CRITERIO 2.

**C3** - CRITERIO 3.

**C4** - CRITERIO 4.

**A1** - ALTERNATIVA 1.

**A2** - ALTERNATIVA 2.

**A3** - ALTERNATIVA 3.

**A4** - ALTERNATIVA 4.

**MGN** - MEDIA GEOMÉTRICA NORMALIZADA.

**VP** - VECTOR DE PESOS.

**λMAX** - LAMBDA MÁXIMO.

**IC** - ÍNDICE DE CONSISTENCIA.

**RC** - RATIO DE CONSISTENCIA.

$\sqrt[n]{\quad}$  - MEDIA GEOMÉTRICA.



# Capítulo I

## INTRODUCCIÓN

# 1. INTRODUCCIÓN

La República Dominicana (Rep. Dom.) es un país ubicado en la zona central de las Antillas, en los dos tercios orientales de la isla La Española. Es uno de los trece países que forman la América Insular, Antillas o Islas del mar Caribe y uno de los treinta y cinco del continente americano. Su capital y ciudad más poblada es Santo Domingo. Limita al norte con el océano Atlántico, al este con el Canal de la Mona, que lo separa de Puerto Rico, al sur con el mar Caribe, y al oeste con Haití, que es el otro país situado en La Española.

Por su parte, el desarrollo del sector eléctrico ( Véase **Fig. 1**, mapa eléctrico 2013) {1} en la Rep. Dom. ha sido mínimo para el crecimiento económico del país. Una prolongada crisis eléctrica y apagones e ineficaces medidas correctivas han llevado a un círculo vicioso de apagones habituales, altos costos operativos de las compañías de distribución, grandes pérdidas (incluyendo robo de electricidad a través de conexiones ilegales), elevadas tarifas minoristas para cubrir estas ineficiencias, bajas tasas de cobro de boletas, una significativa carga fiscal para el gobierno a través de subsidios directos e indirectos, y costos muy altos para los consumidores, ya que muchos dependen de una electricidad alternativa autogenerada muy costosa.



**Fig. 1.** Mapa Energético de la Rep. Dom. 2013.

Según el Banco Mundial {2}, la revitalización de la economía dominicana depende en gran medida de una importante reforma del sector eléctrico (véase **Tabla 1**).

**Tabla 1.** Resumen de generalidades del sector eléctrico en la Rep. Dom.

<b>Cobertura eléctrica (2006)</b>	88%(total), 40%(rural); (Promedio total en (América Latina y Centroamérica en 2007: 92%)
<b>Capacidad instalada</b>	3.394 MW
<b>Porcentaje de energía fósil</b>	86%
<b>Porcentaje de energía renovable</b>	14% (hidroeléctrica)
<b>Emisiones de GEI de la generación eléctrica (2003)</b>	7,63 millones de Tm de CO <sub>2</sub>
<b>Consumo medio de electricidad (2003)</b>	1.349 kWh per cápita

La mayor parte de la generación de electricidad en la Rep. Dom. proviene de fuentes térmicas. Sólo el 14% de la capacidad instalada es hidroeléctrica y, si se toma en cuenta toda la autogeneración térmica, este porcentaje desciende al 9%. La explotación de otros recursos renovables, como solar o eólica, es muy limitada. Sin embargo, esta situación cambió tras la promulgación en mayo de 2007 de la *Ley n° 57-07* (Law of Incentives to Renewable Energy and Special Regimes) {3}, la cual se expuso, junto con otros incentivos, esta ley establece la financiación, a tasas de interés ventajosas, del 75% del costo del equipamiento en hogares que instalen tecnologías renovables para autogeneración y en comunidades que desarrollen proyectos a pequeña escala (menos de 500 kW).

Por otro lado, cuando, en un país se habla de vivienda, hay que definir el déficit habitacional de ese país. Cada país implementará las políticas de construcción tanto privadas o públicas para obtener el número de viviendas que se requiere. Las características dependerán, entre otros factores, de quién la adquiera o del poder adquisitivo que tenga para obtener un techo, donde pueda albergar a su familia. Esto lleva, por sí mismo, a una clasificación casi natural del uso y de la ubicación. En el caso de la Rep. Dom., las viviendas de interés social representan una tipología de vivienda muy extendida. Este tipo de viviendas son aquellas ocupadas por urbanizaciones planificadas donde todos los servicios están resueltos (luz, agua, basura) y donde los ingresos de la familia son estables pues el empleo está asegurado.

En el caso de la República Dominicana, las viviendas económicas y las viviendas sociales, aunque pueden tener semejanzas, no son lo mismo, ni son iguales; se aclara el punto, porque es común que se tengan como iguales, lo cual es un error; en cuanto a viviendas sociales, se habla específicamente de las viviendas que de algún modo, el Estado u organizaciones no gubernamentales entregan a las personas que no pueden acceder a una vivienda digna por sus propios medios, por su parte las viviendas económicas, se diferencia no sólo en que no son donadas por alguna institución, sino en precio, y en que las dimensiones de las mismas son dadas por el mismo comprador. Actualmente existe gran impulso a la vivienda económica por el sector público y privado al amparo de la Ley de Fideicomiso {4}. El costo aproximado de construcción de éstas se encuentra en un rango de 1 a 2.4 millones de pesos dominicanos, un equivalente de entre 17.500 a 42.000 de euros para octubre de 2018, un intervalo todavía inalcanzable para los segmentos más pobres de la población dominicana. Las viviendas económicas, en realidad, son todavía lujosas para la mayoría de los que tienen menos.

El presente documento se estructurará en las siguientes partes:

1. En primer lugar, realizar un análisis al estado del arte para saber el estado de esta temática actualmente y sus avances, tanto a nivel internacional como nacional.
2. A partir de ahí, un segundo capítulo, en el cual se analizará la disponibilidad de recursos en la República Dominicana, en la que se definen las instalaciones EERR a implementar, ya sean solar, minieólica, biomasa o minihidráulica. Presentando cierto número de experiencias de utilización de estos mismos recursos. Haciendo también un análisis del marco legal nacional referente al tema.
3. En el capítulo tres, se propone características estructurales de estas viviendas sociales.
4. Posteriormente, un capítulo cuatro con un análisis técnico, en el cual se hará un predimensionamiento de las instalaciones EERR.
5. Finalmente, un capítulo cinco, un análisis económico resulta crucial, ya que será un factor determinante el presupuesto de inversión, debido a las características de las viviendas y metas que se quieren obtener. A partir de esto saber si resulta mejor realizar las instalaciones de manera individualizada por viviendas o en conjunto.

## 1.1 Objetivos

Como metas que se quieren alcanzar en este trabajo, los objetivos se dividieron en dos partes, presentados a continuación:

### 1.1.1 Objetivo general:

El objetivo del presente trabajo es analizar desde el punto de vista técnico y económico, la integración de instalaciones de energías renovables en el diseño, en la infraestructura y en el equipamiento de viviendas sociales, lo que permitirá mejorar la calidad de vida de sus usuarios, logrando menor consumo de energía y un menor costo energético.

### 1.1.2 Objetivos específicos:

1. Revisar el estado del arte sobre propuestas de implementación de energías renovables en viviendas sociales.
2. Propuesta de soluciones.
3. Análisis de ventajas e inconvenientes de las soluciones propuestas.
4. Selección de la opción óptima para un entorno definido.
5. Análisis económico de la opción propuesta.

## 1.2 Justificación y motivación

La motivación de este trabajo es el unir mis estudios de grado con mi postgrado. Siendo mi grado el de Ingeniero Civil, estoy en la facultad de bien proponer características de la parte estructural de las viviendas y con el Master de EERR, satisfacer su demanda energética.

A medida que la accesibilidad a las tecnologías de energía renovable crece debido a mayor asequibilidad y eficiencia, también lo hacen las posibilidades y oportunidades para su aplicación.

En contraste con los tradicionales sistemas centralizados de suministro de electricidad (como la generación de electricidad a base de carbón), las tecnologías de energía renovable permiten la descentralización de la generación energética tanto en escala (edificios individuales) como en los actores separados que participan y cosechan los beneficios de dicha generación (consumidores individuales). Con esto viene la oportunidad no solo de abordar la energía demandada, pero también reduce los costos de electricidad para los residentes.

## **Capítulo II**

# **ESTADO DEL ARTE**

## 2. ESTADO DEL ARTE

El análisis del estado del arte que aquí se realiza se hará tomando en cuenta los siguientes factores: requisitos, restricciones, desafíos y soluciones planteadas en proyectos similares anteriormente ejecutados, todo esto, tomando en cuenta principalmente antecedentes internacionales, ya que en Rep. Dom. todavía no se crean este tipo de viviendas sociales donde su demanda eléctrica sea suplida a base de EERR, aunque si se mencionarán las perspectivas para el 2030 de las energías renovables: Rep. Dom., por la Comisión Nacional de Energía e IRENA (International Renewable Energy Agency) {5}.

### 2.1 Antecedentes internacionales.

En muchos países de Europa y Asia, y en menor medida en Oceanía, África y América, la tendencia de incluir en los hogares sistemas de energías renovables para generar su propia electricidad, va creciendo.

Un sistema de energía renovable de uso residencial es factible utilizarlo para cubrir en parte o la totalidad de las necesidades de electricidad de una casa vivienda. Entre las tecnologías más empleadas se encuentran los sistemas fotovoltaicos, eólicos o mini hidroeléctricos, así como los denominados híbridos, que combinan distintas fuentes de energía.

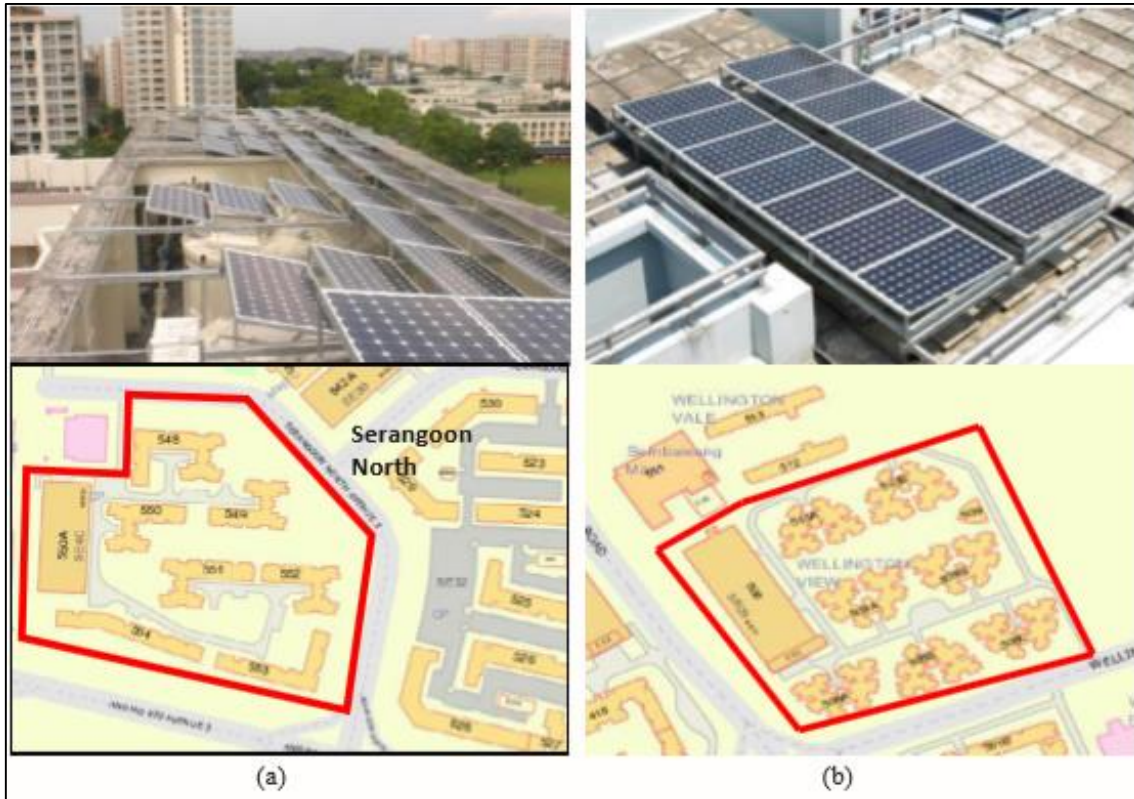
Posteriormente se presentan algunos ejemplos divididos por países (Singapur, Brasil, España y Argentina):

#### 2.1.1 Singapur.

Wong y otros {6}, proponen que la expansión del uso de energía renovable como la energía solar fotovoltaica forma parte de los esfuerzos constantes de la Junta de Vivienda y Desarrollo (HBD) para promover el desarrollo sostenible y está en línea con el segundo objetivo de la Hoja de ruta de HDB para una vida mejor: desarrollar ciudades sostenibles, reconociendo las limitaciones de recursos únicos de Singapur, por ejemplo, la HDB ha mirado hacia la energía solar fotovoltaica. El Programa de Construcción de Capacidades Solares (SCBP) para viviendas públicas involucra un banco de pruebas de solar PV a gran escala en ciudades nuevas y existentes.



Los primeros proyectos piloto se llevaron a cabo en dos recintos existentes en Serangoon (**Fig. 2a**) y Wellington (**Fig. 2b**) en 2008. Cada recinto, que constaba de 7 bloques residenciales y un estacionamiento de varios pisos (MSCP), y se dotaron con un sistema fotovoltaico de 73 kWp.



**Fig. 2 (a).** Plataforma de prueba de PV solar en Serangoon  
**(b).** Camas de prueba de PV solar en Wellington.

Tras la instalación exitosa de la energía solar fotovoltaica en bloques existentes, HDB procedió a incorporar la energía solar fotovoltaica en su primer desarrollo nuevo de recinto ecológico, es decir, Treelodge @ Punggol. Este sería el primer proyecto de desarrollo integrado solar de HDB. La extensa instalación solar en Treelodge @ Punggol (Véase **Fig. 3**) fue para generar suficiente energía verde para satisfacer la demanda de energía para sus servicios comunes, es decir, para lograr un consumo de energía cero para los servicios comunes. Los servicios en áreas comunes que funcionan con la energía solar generada incluyen el corredor y la iluminación de escalera, ascensores y bombas de agua.



**Fig. 3.** Treelodge @ Punggol.

Cabe mencionar que el desarrollo del SCBP se estructuró en torno a la prueba de varios tipos de paneles solares monocristalinos, paneles policristalinos y películas delgadas amorfas. El objetivo era probar el rendimiento y la eficiencia de estos sistemas de energía solar fotovoltaica en condiciones nubosas locales. Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

**1era Prueba** con Paneles monocristalinos:

Aumentando los estándares, se convocó una licitación por 500 kWp de paneles fotovoltaicos solares monocristalinos. Aprovechando la cantidad, HDB esperaba mantener los costos razonables. La Fase 1 del SCBP comenzó en enero de 2010 con la instalación de un total de paneles solares fotovoltaicos de 500 kWp en tres recintos: Bukit Panjang (oeste), Marine Parade y Tampines (ambos en el este). Las ubicaciones se seleccionaron con la intención de probar el impacto del microclima en el rendimiento de generación de los sistemas solares fotovoltaicos. Se eligieron paneles fotovoltaicos monocristalinos de 230 Wp con una eficiencia establecida del 14.1% para la primera fase de trabajos.

**2da Prueba** con Paneles policristalinos:

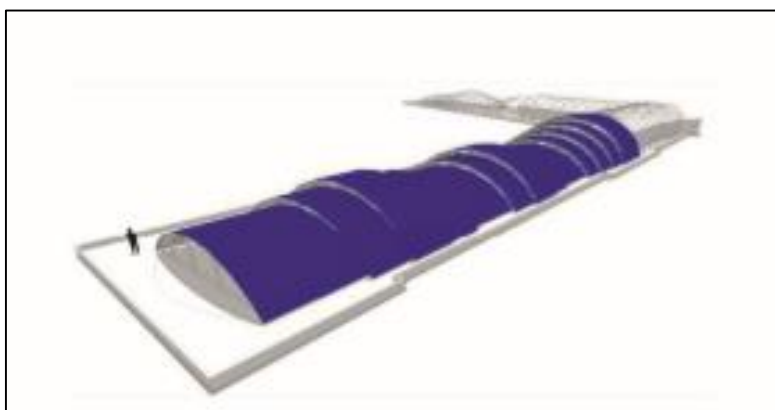
Con la prueba 1 de instalación en curso, los investigadores de HDB continuaron investigando nuevas tecnologías de energía solar fotovoltaica y encontraron paneles policristalinos.

Los paneles policristalinos generalmente son de menor eficiencia que los paneles monocristalinos, pero también tienen un costo menor. Los investigadores de HDB también quisieron probar el uso de paneles fotovoltaicos policristalinos bajo luz solar difusa, similar a las condiciones que enfrenta Singapur a menudo. Los paneles policristalinos se eligieron con la intención de probar esta teoría. El equipo presionó para que se instale un mayor despliegue de paneles de 1 MWp en siete recintos: Ang Mo Kio, Bishan, Bukit Merah, Hougang, Jurong East, Kallang Bahru y Telok Blangah Heights. Se eligieron paneles fotovoltaicos policristalinos de 230 Wp con una eficiencia establecida del 13.9% para la segunda fase de los trabajos.

### 3era Prueba con Paneles Película fina amorfa:

A lo largo de 2010, los desarrolladores de todo el mundo comenzaron a estudiar el potencial estético de los sistemas fotovoltaicos solares, incluidos los paneles flexibles de película delgada amorfa que permitirían la creación de detalles arquitectónicos artísticos para techos y fachadas.

Los paneles solares fotovoltaicos de película fina amorfa tienen una eficiencia mucho menor que los paneles fotovoltaicos solares cristalinos, y por lo tanto requieren aproximadamente el doble de espacio en el techo. Es mucho más difícil instalar esta gran cantidad de paneles solares fotovoltaicos de capa fina amorfos, dado el espacio limitado en el techo de los bloques HDB. Sin embargo, HBD también se dio cuenta de que esta flexibilidad también puede permitir una mayor creatividad en la integración de los paneles fotovoltaicos amorfos a la superficie del techo, lo que puede proporcionar más posibilidades de un diseño aerodinámico (Véase **Fig. 4**).



**Fig. 4.** Posibilidades de un diseño aerodinámico de instalación de película delgada amorfa flexible.

A partir del análisis de los datos obtenidos en las diferentes pruebas se llegó a la conclusión de instalar paneles monocristalinos en los tres recintos.

Enfatizar también que durante el proceso de selección de los paneles solares con las mayores ventajas se presentaron desafíos:

- Dimensionar con precisión la capacidad de los paneles fotovoltaicos solares para instalarse en los bloques.
- Otro desafío fue si había suficiente espacio en el techo para permitir que se desplegara una cantidad adecuada de paneles para lograr un consumo de energía netos-cero para servicios comunes para los bloques.
- Además, una limitación adicional en la selección de los bloques fue que también puede sombrearse en algunas áreas del techo, lo que reduce el área útil potencial para la energía solar fotovoltaica.

### 2.1.2 España

Según Energiehaus {7}, a España, como al resto de países europeos, le quedan tres años para que todas las viviendas nuevas que se construyan tengan un consumo de energía casi nulo. En 2020 la energía requerida tendrá que ser muy baja y la poca que se necesite deberá ser aportada por fuentes renovables localizadas en el propio edificio o en su entorno. "La edificación es consumidora de un 40% de la energía durante su uso y productora de un 30% de las emisiones de CO<sub>2</sub>; ambas son razones suficientes para actuar", explica Inés Leal, arquitecto y directora del Congreso de Edificios de Energía casi Nula.

Hay ejemplos por toda España de viviendas que apenas consumen energía. En régimen de cooperativa, el más relevante son los 80 pisos de Arroyo Bodonal en Tres Cantos (Madrid) (Véase **Fig. 5.**), y aunque no se trata de viviendas sociales, son definitivamente un ejemplo a seguir, ya que ha logrado el máximo reconocimiento internacional por su sostenibilidad ecológica y energética. Los inquilinos solo pagarán 37 euros al mes de media en electricidad.



**Fig. 5.** Bloque de viviendas de la cooperativa Arroyo Bodonal en Tres Cantos (Madrid), considerado de consumo de energía casi nulo.

El Grupo Vaillant **{8}**, compañía del sector de la climatización que trabajaron en estas viviendas, se trata de un proyecto de construcción sostenible y eficiencia energética a la vanguardia, con hasta un 80% de ahorro en el consumo energético, frente a soluciones tradicionales. Vaillant colabora en el proyecto "Edificio Arroyo Bodonal" con sus bombas de calor geotérmicas que climatizan las 80 viviendas que la cooperativa Arroyo Bodonal construyó en Tres Cantos (Madrid) e integrando en el sistema sus equipos de ventilación con recuperación de calor.

La orientación sur-sureste del edificio permite un mejor aprovechamiento de la luz solar; las terrazas están dimensionadas para actuar de parasol en verano sin impedir la entrada de sol en invierno, siendo por su ancho ampliamente utilizables; la envolvente del edificio (Véase **Fig. 6**) se ha planteado lo más aislante posible, con fachada ventilada de piedra natural y ladrillo macizo con doble aislamiento térmico.



**Fig. 6.** Formato de la envolvente del edificio.

En cuanto al sistema de climatización, el proyecto incluye el uso y control de energías renovables, como la geotermia y la ventilación con recuperación de calor, para la climatización y calefacción de las viviendas, lo que supone un ahorro energético anual previsto entre el 70-80% y próximo al medio millón de kWhora/año.

Las ocho bombas de calor geotérmicas Vaillant (Véase **Fig. 7**), instaladas en cascada, proporcionarán calefacción, agua caliente y refrigeración a las viviendas. En total se instalarán más de 445 kW de potencia eléctrica.



**Fig. 7.** Las ocho (8) bombas de calor geotérmicas del edificio.

A continuación, algunas generalidades del funcionamiento del sistema de calefacción:

- La instalación trabaja con 5 máquinas generando frío/calor y 3 máquinas generando frío/calor y ACS con prioridad de ACS.
- El software de control desarrollado permite trabajar con sistema geotérmico en generación a 4 tubos.
- De esta forma, se almacena el frío y el calor generado en dos depósitos inerciales de 2.000 l. cada uno circulando dicho fluido según necesidad.
- La acumulación de ACS es de 8000 litros.

En este proyecto, pionero en España, por su ahorro y eficiencia energética, se han realizado 47 perforaciones de 137 metros, lo que supone aproximadamente 6500 ml de perforación. Todas las perforaciones se sitúan debajo de la huella de la edificación. Existen 4 arquetas centralizadoras que unifican las 47 perforaciones mediante 2.500 m de tubo PEX de conexión horizontal (Véase **Fig. 8**).



**Fig. 8.** Campo de captación bajo la losa del edificio {Las cuarenta y siete (47) perforaciones}.

En cuanto a la ventilación con recuperación de calor, el control de las ventilaciones se realiza mediante sistema independiente y automatizado (Véase **Fig. 9**) recoVAIR de Vaillant.



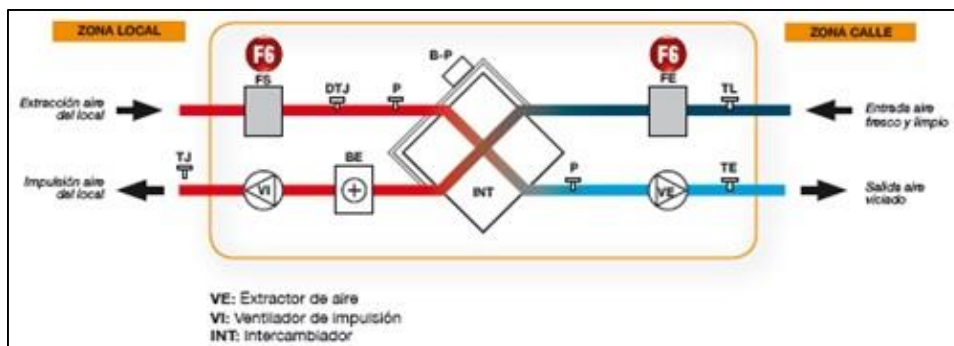
**Fig. 9.** Sistema independiente y automatizado de ventilación con recuperación de calor.

Cada vivienda se regula automáticamente el flujo de aire y renovaciones que necesita, dispone de filtro F7 o F9 (opcional).

La central de ventilación dispone de intercambiador de calor ( Véase **Fig. 10**) que extrae el calor del aire que se expulsa y lo transfiere al aire que entra, reduciendo un valor de 85 – 90 % las pérdidas de calor por ventilación.

Ello implica:

- Gran ahorro energético.
- Reducción de la potencia de generación.
- Reducción de metros de perforación.
- Posibilidad de Free-cooling.



**Fig. 10.** Representación gráfica del sistema Calor/Frío & Frío/Calor del edificio.

Se consigue un edificio que ha obtenido la calificación energética A ( Véase **Fig. 11 & Fig. 12**) y está previsto que reciba asimismo la calificación energética del sistema internacional LEED y cuyo ahorro anual de energía se estima en 481.862 kwh.



**Fig. 11.** Vista Frontal del edificio en construcción (1).





**Fig. 12.** Vista Frontal del edificio en construcción (2).

Además, se obtiene entonces:

- Aprovechamiento de los recursos sostenibles mediante energía geotérmica.
- Uso de la orientación solar en la Arquitectura para aprovechamiento del sol.
- Edificio respetuoso con el medio ambiente y eficiente energéticamente.

Se recalca también que este estudio ha sido tomado como ejemplo para otros proyectos con consumo casi nulo. Como es el complejo Innova Torrejón {9}, un edificio de 92 viviendas (Véase **Fig. 13**) dotado con la máxima calificación energética que será uno de los primeros en España con consumo casi nulo.



**Fig. 13.** Recreación del edificio de 92 viviendas.

El edificio Innova Torrejón, cuya construcción comenzó en agosto y está previsto que esté concluido en 2019, contará con las últimas tecnologías en materia medioambiental y cumplirá con las exigencias de sostenibilidad establecidas en la Directiva Europea 2010/31/UE **{10}**, que serán de obligado cumplimiento a partir del 31 de diciembre de 2020.

Para obtener un bajo consumo energético, el edificio ha sido diseñado con criterios bioclimáticos y con un alto nivel de pasividad, reforzando el aislamiento térmico, sobre todo en fachadas frías y cubierta.

Por otro lado, Innova Torrejón contará con un sistema de producción de energía mediante energías renovables. Como resultado, las viviendas de Innova Torrejón dispondrán de un importante aislamiento acústico y térmico y reducirán las emisiones de dióxido de carbono, con el consiguiente ahorro.

### **2.1.3 Brasil.**

Según Bodach & Hamhaber **{11}**, la conciencia sobre la eficiencia energética en el sector de la construcción comercial y pública brasileña ha aumentado en los últimos años como resultado de acciones gubernamentales y proyectos de investigación. Sin embargo, el diseño de la construcción en el sector de la vivienda no ha sido empujado hacia la eficiencia energética, debido al bajo interés del sector público y privado, así como a la falta de inversión.

En Brasil, el 44% del consumo de electricidad se consume en edificios: el 22% en el sector residencial, el 14% en el comercial y el 8% en los edificios públicos **{12}**. Sabiendo esto, el grupo clave de vivienda social, los estratos más pobres de la población, son los que más sufren por el aumento de los costos de energía; pagando una gran parte de sus ingresos por servicios de energía.

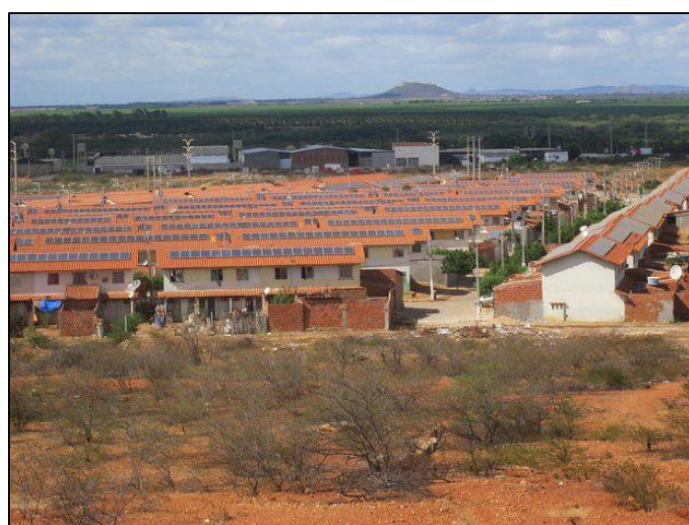
CleanEnergy Brief **{13}**, informa de viviendas residenciales en la zona de influencia de Bahía, Playa Rodeadouro y Morada du Salitre, en Juazeiro, específicamente de interés social la cuales están aprovechando los beneficios de la energía solar y el acceso a internet y otros beneficios de la modernidad.

Con 9.144 paneles fotovoltaicos instalados en los tejados (Véase **Fig. 14** & **Fig. 15**) de los bloques con cuatro o seis apartamentos, establece el programa 'Mi Casa, Mi Vida', perteneciente al PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO 2 {14}, para las familias de bajos ingresos las que están aprovechando la energía solar y micro usina en el país, con el potencial para producir 2,1 Mega Watts (MW), suficiente para abastecer a 3.600 hogares en un año destaca un informe de Energía Limpia XXI.

La energía vendida al distribuidor local ganó, neto de R\$1,89 millones entre febrero y junio de 2014. El 60% se destina a familias, todo de bajos ingresos, el 30% se invierte en un fondo fiduciario para el condominio restante y para la asociación de residentes y el 10% a pagar los gastos de mantenimiento de viviendas.



**Fig. 14.** Vista frontal de las viviendas sociales.



**Fig. 15.** Conjunto de viviendas sociales de Morada do Salitre y Praia do Rodeadouro.

### 2.1.4 Argentina

De acuerdo con Belen Cavanillas {15}, Directora de la revista de SmartLIGHTING, en agosto de 2015 el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó una financiación no reembolsable de 14,4 millones de dólares provenientes del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, en apoyo a un proyecto con el cual la vivienda social en Argentina incorporará medidas de eficiencia energética y energía renovable que contribuirán a mejorar la calidad de vida de las familias y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

“Este proyecto es sumamente innovador pues permitirá establecer nuevos estándares y especificaciones técnicas para la construcción de viviendas sociales energéticamente eficientes. En América Latina y el Caribe no existen precedentes de acciones con esta magnitud y alcance”, dijo Alberto Levy, jefe del equipo del proyecto del BID.

En este sentido, se construirán 128 prototipos con muy bajas emisiones de gases de efecto invernadero en las ocho áreas bioclimáticas de la Argentina. Las mismas son; Ushuaia (T del Fuego), Alte. Brown (Pcia. de Buenos Aires), Rawson y Comodoro Rivadavia (Chubut), Tafí Viejo (Tucumán), Rosario de Lerma (Salta), Formosa capital (Formosa) y Gral. San Martín (Mendoza). También se incorporarán energías renovables adaptadas a las condiciones de cada zona climática del país, entre ellas la solar fotovoltaica, la solar térmica, la eólica y la de biomasa.

La financiación no reembolsable aprobada por el BID tiene una contrapartida local de 70,7 millones de dólares y una cooperación técnica no reembolsable del BID de 1 millón de dólares.

En 2018, se reunieron representantes de los ministerios de Ambiente y Desarrollo Sustentable y el de Interior, Obras Públicas y Vivienda; junto al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y a la Secretaría del Fondo para el Medio Ambiente Mundial institutos provinciales de vivienda, expertos y funcionarios de Gobierno {16}, concluyeron que la construcción de estas viviendas sociales comenzará en enero de 2019 y culminará a finales de julio de 2020 {17} (Véase Fig.16).

Además, la utilización de energía de las viviendas será monitoreada durante un año, lo que permitirá comparar el desempeño del rendimiento de las distintas medidas a implementar en cada región y ratificar la importancia de integrar aspectos asociados a la sustentabilidad en la construcción.



**Fig. 16.** Propuesta de las viviendas sociales.

Como desafío por excelencia, se encuentra en el almacenaje de la energía eléctrica a escala de red y sus variables tecno-económicas. Tomando esto y otros factores en cuenta, se realizarán monitoreos durante un año, e inspecciones durante las distintas etapas de construcción y uso de estas viviendas.

## **2.2 Investigaciones nacionales.**

Como antes se ha mencionado, Rep. Dom. no cuenta con viviendas sociales donde su demanda eléctrica es suplida con EERR, pero si se cuenta con un plan organizado para el 2030.

A continuación algunos detalles de las “Perspectivas para el 2030 de las energías renovables: Rep. Dom. ”, por la CNE (Comisión Nacional de Energía) e IRENA (International Renewable Energy Agency) {5}.

Según Adnan Z. Amin **{5}**, Director General de la IRENA, la Rep. Dom., como muchos estados insulares, está enfrentando un número importante de desafíos que limitan su crecimiento económico, tales como la dependencia de la importación de combustibles, exposición a la volatilidad del precio de petróleo e incertidumbre en la oferta energética. Y aunque es una de las economías más grandes y diversas del Caribe, aún depende en gran medida de la importación de combustibles fósiles, para satisfacer casi todos sus requerimientos energéticos.

Sin embargo, la Rep. Dom. se ha organizado para abordar estos desafíos ampliando sus recursos de energía renovable, los cuales pueden ayudarle a satisfacer la demanda energética al tiempo que se perciben beneficios socio-económicos significativos. El objetivo es utilizar el 25% más de electricidad renovable en 2025.

Habiendo dicho esto, al igual que muchos países, el déficit habitacional existente exige que se construyan aproximadamente casi un millón de viviendas para enfrentar dicha problemática, meta que por ahora es imposible de alcanzar, dado los elevados recursos económicos que amerita dicho reto gubernamental, por lo que en un plazo de doce años, podría considerarse la construcción y/o mejoramiento de 80,000 unidades anuales, producción que nunca ha podido lograr, inclusive ni en los mejores tiempos de dicho sector.

Según datos de los expertos, se estima que para hacerle frente al problema del déficit habitacional se necesitaría construir y/o mejorar unas 80 mil viviendas en los próximos 12 años en la Rep. Dom.

Sabiendo esto, la ubicación geográfica del país la convierte en una tierra privilegiada para suplir la demanda eléctrica de estas viviendas con EERR, sea energía eólica, solar u otra. El país posee un sólido potencial solar en todo su territorio, comparable con el del suroeste de Estados Unidos y superior a otras áreas bien posicionadas, como la costa del mar Mediterráneo.

Según la Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales (CDEEE) **{18}** el potencial solar en el país oscila en un rango de 1,500 a más de 2,000 horas, equivalentes 1,500 a 2,000 kilovatios hora, lo que significa un factor de capacidad de 17% a 23%. Este factor es superior al que exhiben países europeos que han integrado ampliamente energía solar fotovoltaica en su matriz de generación.

Rubén Jiménez Bichara, vicepresidente ejecutivo de la CDEEE, sostiene que esa institución se encamina al cumplimiento de los objetivos de la Ley 1-12, que crea la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, que tiene como objetivo general el suministro eficiente de energía ambientalmente sostenible y plantea un plan de apoyo a los proyectos de energías renovables, para una mayor integración de las mismas en el mercado energético.

El potencial solar es particularmente grande, con niveles GHI de 5–7 kWh/m<sup>2</sup>/día en la mayor parte del país **{19}**. Esto es el doble de los niveles de GHI observados en Alemania, que son alrededor de 3 kWh/m<sup>2</sup>/día. Este potencial incluye tanto capacidad conectada a red (a gran escala y descentralizada), como capacidad fuera de la red en zonas no interconectadas. El potencial para desarrollar instalaciones a gran escala representa cerca del 60% de esta capacidad de generación fotovoltaica.

Por otro lado, el potencial eólico en este país también es grande. Un análisis (zona por zona) del potencial del viento, muestra que alrededor de la mitad de 500 puntos evaluados de la red, tienen un factor de capacidad de al menos 20%. Además, 120 y 78 puntos tienen factores de capacidad de al menos 25% y 30% respectivamente **{20}**.

Por su parte, mucho del gran potencial hidroeléctrico del país ya ha sido utilizado. Existe potencial para usar esta capacidad de generación más eficientemente, específicamente para las plantas hidroeléctricas más pequeñas llegando a decenas o centenas de kilovatios especialmente en las áreas del norte del país.

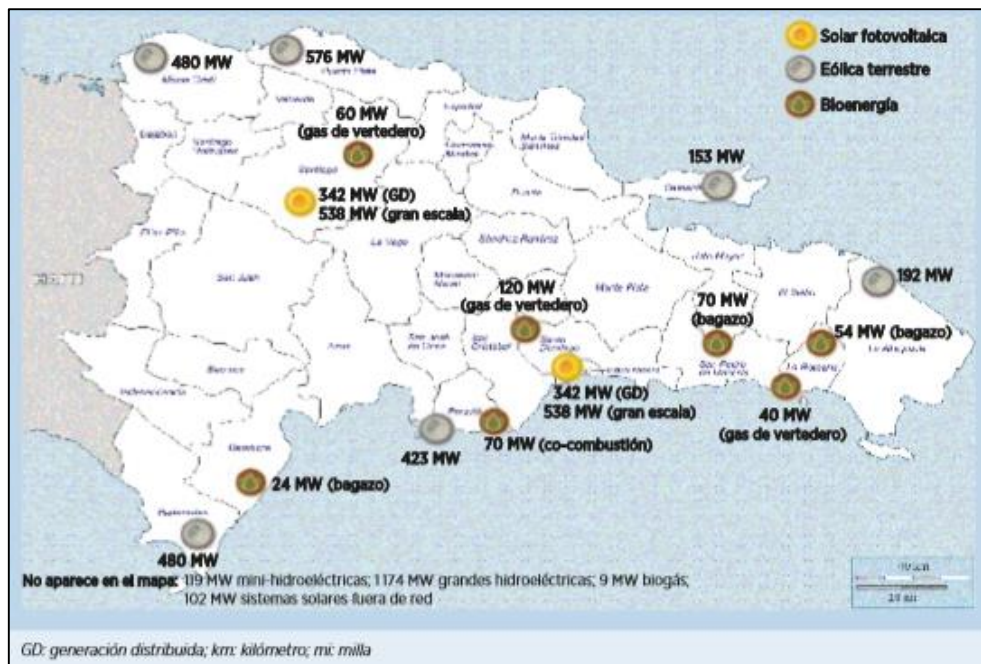
Y por último, pero no menos importante, el análisis de IRENA del potencial de suministro de bioenergía en el año 2030 y los costos relacionados al suministro según la materia prima, se muestran en la **Tabla 2**. Residuos procedentes del sector agrícola proporcionan la mayor parte de este potencial así como el estiércol de animales y los residuos domésticos para biogás. Las fuentes tradicionales de residuos agrícolas incluyen caña de azúcar, arroz, café y plantaciones de bananas y cacao. Existe también, cierto potencial en la biomasa leñosa (madera combustible y residuos forestales). Sin embargo, dicho potencial es bajo y sus costos significativos **{21}**.

**Tabla 2.** Potencial y costos de suministro de bioenergía en la Rep. Dominicana, 2030.

	Potencial de Suministro de Bioenergía		Costos de Suministro (USD/GJ)
	Bajo (PJ por año)	Alto (PJ por año)	
	<b>Residuos de cosechas</b>	10	25
<b>Residuos de procesos agrícolas</b>	0	18	1
<b>Estiércol y desperdicios post-consumo</b>	18	32	3
<b>Cultivos energéticos de tierras forestales</b>	6	6	17
<b>Explotación de madera forestal y procesamiento de residuos</b>	2	2	17
<b>Madera de construcción, demolición y desperdicios de mobiliario</b>	1	1	17
<b>TOTAL</b>	<b>37</b>	<b>84</b>	<b>64</b>

Cabe mencionar también, que la Rep. Dom. se beneficia también de recursos geotérmicos de baja a alta entalpía pero se necesitan más estudios para determinar el potencial técnico. Para ello, el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) y la Oficina Francesa de Recursos Geológicos y Mineros (BRGM por sus siglas en francés) han firmado un acuerdo para evaluar esto en una iniciativa financiada por el Banco Interamericano de Desarrollo {22}.

A continuación, un mapa con las posibles ubicaciones y capacidades de generación eléctrica con energías renovables (Véase Fig. 17), luego Resumen de resultados por tecnología para el año base, Caso de Referencia y REmap – sector eléctrico (Tabla 3).



**Fig. 17.** Ubicación de la capacidad de generación eléctrica con energías renovables en REmap en 2030.



La capacidad de generación del sector eléctrico y la mezcla de generaciones se resumen a continuación:

**Tabla 3.** Resumen de resultados por tecnología para el año base, Caso de Referencia y REmap – sector eléctrico.

<b>Capacidad de generación eléctrica instalada</b>					
	<b>Unidad</b>	<b>2010</b>	<b>2014</b>	<b>Caso de referencia 2030</b>	<b>Remap 2030</b>
<b>Capacidad total instalada para generación de electricidad</b>	MW	3538	4995	8156	9913
Capacidad Renovable	MW	608	795	2473	5817
Hidroeléctrica	MW	530	613	1202	1293
Pequeña Hidroeléctrica (< 5MW)	MW	15	15	28	119
Grande Hidroeléctrica (> 5MW)	MW	515	598	1174	1174
Eólico en tierra	MW	8	85	850	2304
Bioenergía (sólida, líquida, gaseosa)	MW	70	70	181	449
Auto productores, MW de cogeneración (bagazo)	MW	70	70	100	148
Biomasa (cogeneración)	MW	0	0	0	70
Auto productores, digestor anaeróbico	MW	0	0	0,8	9
Gas de vertedero	MW	0	0	80	220
Solar fotovoltaica	MW	0	27	240	1772
Fotovoltaica a gran escala	MW	0	0	205	989
Fotovoltaica descentralizada (en la red)	MW	0	27	35	681
Fotovoltaica descentralizada con almacenamiento	MW	0	0	2	112
Fotovoltaica para electrificación rural (aislado)	MW	0	0	0	102
Capacidad no-renovable	MW	2930	4200	5683	4096
<b>Renewable energy share in total capacity</b>	%	17	16	30	59
<b>Generación de electricidad</b>					
Total de generación eléctrica	TWh	16,2	18	34,9	36,2
Generación Renovable	TWh	1,6	2,1	7,4	15,8
Hidroeléctrica	TWh	1,4	1,6	3,7	4
Eólica en tierra	TWh	0	0,3	2,3	6,1
Bioenergía (sólida, líquida y gaseosa)	TWh	0,2	0,2	1	2,7
Solar fotovoltaica	TWh	0	0	0,4	3
Generación no-renovable	TWh	14,6	15,9	27,5	20,4
<b>Cuota de energía renovable en generación de electricidad</b>	%	9,8	11,6	21,3	43,6

## **Capítulo III**

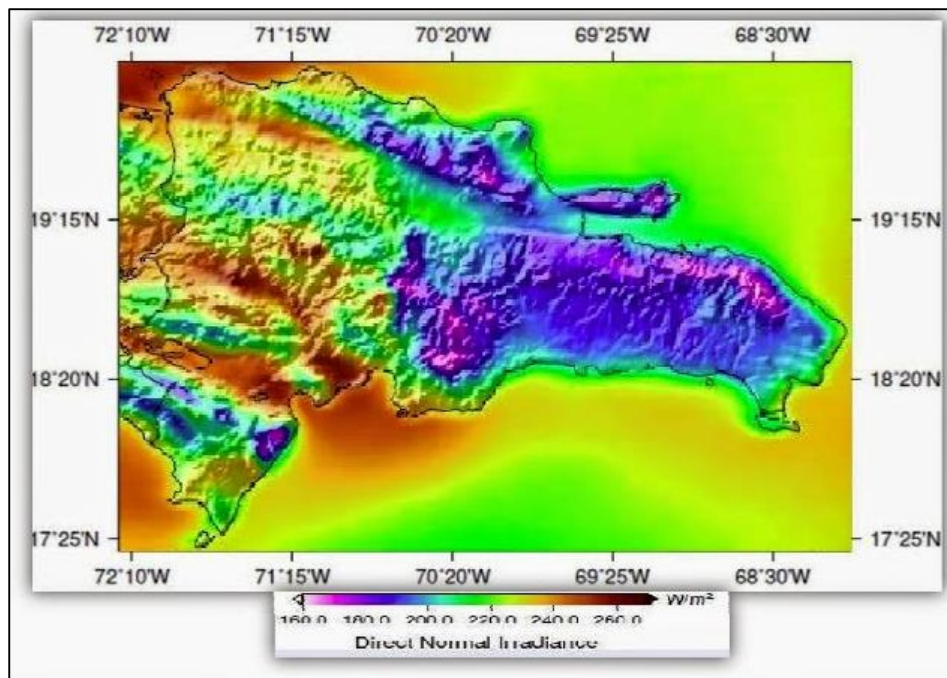
# **ANÁLISIS DE LOS RECURSOS EN REPÚBLICA DOMINICANA**

### 3. ANÁLISIS DE LOS RECURSOS EN REPÚBLICA DOMINICANA

A continuación, se muestran los detalles específicos de los recursos energéticos disponibles en Rep. Dom.:

#### 3.1.1 Recurso solar.

Al referirse al potencial solar de la República Dominicana, expertos citan recientes estudios de 'World Watch Institute' {20} según los cuales la irradiancia global horizontal va de 5 a 7 kilovatios-hora por metro cuadrado por día (kWh/m<sup>2</sup> /día) en la mayor parte del país y se acerca a 8 kWh/m<sup>2</sup> /día en algunas regiones. A continuación, la representación del mapa solar ( Véase **Fig. 18**).



**Fig.18.** Mapa Solar en Rep. Dom.

Indican también que, según los mismos estudios, Alemania, que cuenta con casi la mitad de la capacidad instalada de energía solar fotovoltaica del mundo, tiene pocos lugares con una irradiancia global horizontal por encima de 3.5 kWh/m<sup>2</sup> /día.

Asimismo, Phoenix, Arizona, una ciudad del suroeste de los Estados Unidos, famosa por su potencial solar, tiene una irradiancia global horizontal promedio de 5.7 kWh/m<sup>2</sup> /día.

### 3.1.2 Recurso eólico.

Según 'World Watch Institute' {20}, la República Dominicana tiene buenos recursos eólicos. Muchos lugares cuentan con una velocidad de viento promedio de más de 7 metros por segundo a 80m sobre el nivel del mar, y un número de lugares ofrecen velocidades promedio mayores a 8 metros por segundo (Véase Fig. 19).

Nuestro estudio global descubrió que aproximadamente el 13% de los lugares tienen velocidades de viento de 7 metros por segundo o más, generalmente considerado como una indicación de que es posible un desarrollo de energía eólica de bajo costo.

El mejor recurso eólico se encuentra en la parte occidental del país, en las áreas a lo largo de las costas sur y norte y en las montañas centrales a lo largo de la frontera con Haití.

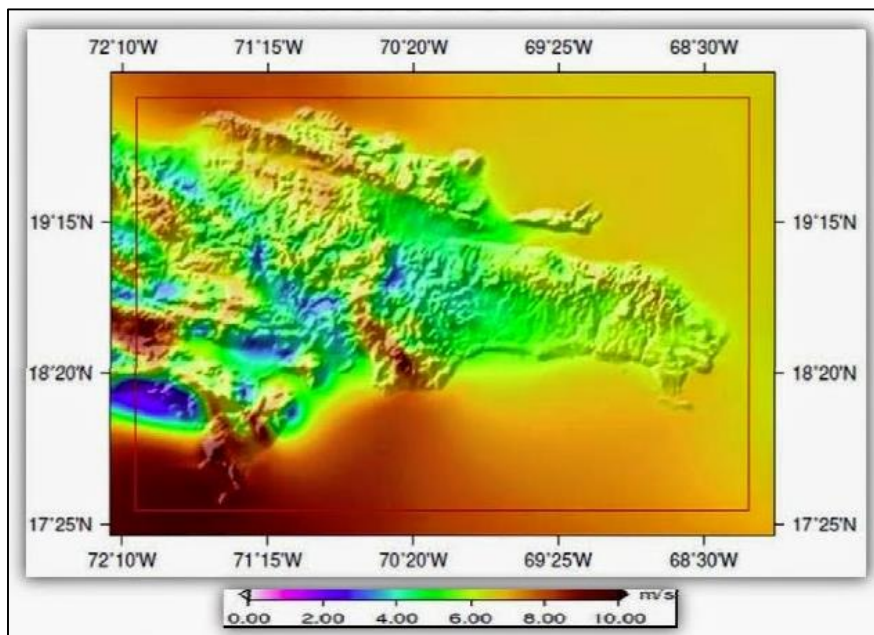


Fig. 19. Mapa Eólico en Rep. Dom.

El potencial del viento para producir electricidad en la República Dominicana es muy bueno. De acuerdo al Atlas eólico, existen cerca de 1,500 kilómetros cuadrados (cerca del 3% del territorio nacional) clasificados como buenos y excelentes para producir electricidad. Por lo que se estima un potencial de capacidad instalada de 10,000 MW, y una producción anual de energía de 24,000 GWh. Ambas cifras muy optimistas, pero aun asumiendo el peor de los escenarios se debe reconocer el gran potencial como isla {22}. En la Fig. 20 se aprecian las áreas con mayor viento como recurso.

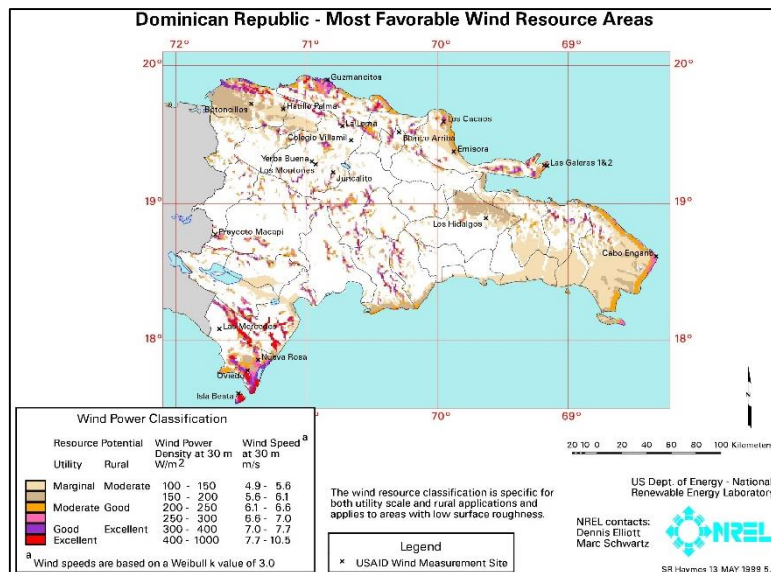


Fig. 20. Áreas más favorecidas con viento como recurso en Rep. Dom.

### 3.1.3 Recurso biomasa.

Dentro de las fuentes energéticas más atractivas se ubica la biomasa, una de las más abundantes en el país, con una producción de 1.6 millones de toneladas por año {23}. En general, la participación de energías renovables en el sector eléctrico a nivel nacional asciende al 11.5% de la generación eléctrica total. Esto se conforma de un 9% de energía hidroeléctrica, 1.5% de energía eólica, 1% de bioenergía, y el resto corresponde a energía solar fotovoltaica, según el informe Perspectivas de energía renovable RD, presentado por la Comisión Nacional de Energía (CNE) en 2016.

En la actualidad, los mayores proveedores de biomasa a nivel nacional son Hacienda Cortina, Biomasa Agroindustrial, Teca del Caribe, Dominican Energy Crops, Biomasa Atlántica, Inversiones el Cerco y Bosquesa. Estas empresas brindan a los sectores empresariales una nueva forma de crear combustible. En la siguiente imagen, una representación gráfica del recurso de biomasa en R.D.

Según el Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio de la República Dominicana {24}, existen muchas fuentes potenciales de materia prima de biomasa en el Caribe, incluidos los residuos de cultivos agrícolas, tales como el bagazo de la caña de azúcar, la cáscara del café, la paja del arroz y las cáscaras de coco, así como biomasa de leña. Los residuos de cultivos y la biomasa de leña son renovables y, posiblemente, son recursos energéticos limpios.

Los residuos de cultivos siguen un patrón regular de producción y pueden medirse de forma proporcional a la cantidad de terrenos utilizados para el cultivo y el número de veces que el cultivo se produce al año. Ambas formas de biomasa se pueden utilizar para calor o electricidad, o pueden ser gasificados para tener la misma funcionalidad que el petróleo o gas natural, pero sin bajar las emisiones netas de carbono. El Plan de Desarrollo Climático Compatible de la República Dominicana contiene una curva de reducción de costos que estima que para el 2030, la energía de biomasa ahorraría casi 1.5 millones de toneladas métricas de equivalente de dióxido de carbono {24}. En términos generales el 16% de biomasa procede del sector forestal y el 84% procede del sector agrícola.

### 3.1.4 Recurso hidráulico.

La República Dominicana cuenta con 38 hidroeléctricas. La primera fue Central Inoa, construida en el 1945, sobre el río Inoa, luego siguieron la Central Ocoa sobre el arroyo Parra y en 1953 la hidroeléctrica Constanza, ambas con una potencia de 250 kilowatts {25}. Cabe hacer referencia también, a las principales cuencas hidrográficas que posee el país (Véase Fig. 21), posteriormente la representación gráfica {26}.

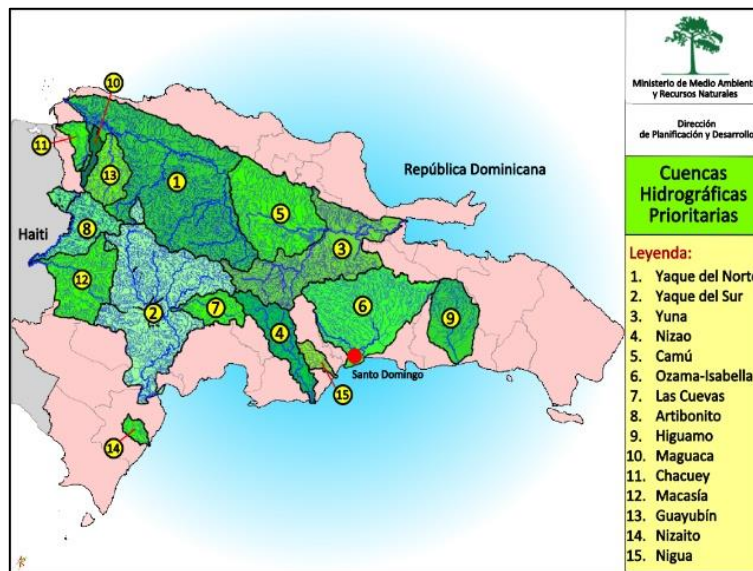


Fig. 21. Cuencas Hidrográficas prioritarias en Rep. Dom.

La región donde más energía se genera es en el Sur, pese a que es la más seca. Allí están las presas de Las Damas, Jigüey- Aguacate-Valdesia, Sabaneta, Sabana Yegua y Los Toros. También en el Norte cuenta con grandes presas como las de Tavera, y Hatillo.

La Rep. Dom. tiene más potencial hidroeléctrico que cualquier otro país del Caribe, con una estimación de 9,000 GWh por año factibles técnicamente, de acuerdo con la Red Internacional de Pequeñas Plantas Hidroeléctricas. La agencia de coordinación del sistema eléctrico del país, el Organismo Coordinador (OC), informa que la República Dominicana tiene 523 MW de grandes plantas hidroeléctricas instaladas {27}. La Compañía Dominicana de Generación de Energía Hidroeléctrica planea instalar otra planta de 119.2 MW con una capacidad hidroeléctrica grande, mediana y pequeña que generaría una estimación adicional de 403 GWh por año {28}. Por ser sistemas de energía renovables, los pequeños sistemas hidroeléctricos son elegibles de acuerdo con la Ley 57-07 {3} para beneficios financieros específicos, incluidas exenciones impositivas a la importación y un precio especial de 0.07 centavos por kWh por la electricidad generada por los sistemas conectados a la red.

### 3.2 Experiencias de utilización de recursos renovables en Rep. Dom.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de la utilización de energías renovables:

#### 3.2.1 Energía solar.



**Fig. 22.** Ejemplo 1. Monte Plata Solar.

La empresa taiwanesa General Energy Solutions Inc. (GES, siglas en inglés), construyó una planta de energía solar en República Dominicana, que se aprecia en esta

vista aérea. La GES anunció el 30 de marzo que completó la primera etapa de este proyecto llamado Monte Plata Solar, en el que ha hecho una inversión de 110 millones de dólares estadounidenses. El mismo tiene la capacidad de generar 34 megavatios de electricidad, y será ampliado hasta alcanzar 60 megavatios (Véase **Fig. 22**).



**Fig. 23.** Ejemplo 2. El Aeropuerto Internacional Cibao.

Con 1,5 megavatios de paneles y soportes de SolarWorld, la cual provee la mayor instalación de energía solar de República Dominicana (Véase **Fig. 23**).

### 3.2.2 Energía eólica.



**Fig. 24.** Ejemplo 1.1. El Parque Eólico Los Cocos.



El Parque Eólico Los Cocos, que se extiende desde Juancho, Pedernales, hasta Enriquillo, Barahona, en el suroeste de la isla, es la primera central de energía a partir del viento instalada en República Dominicana. En 2011, EGE Haina inauguró y puso en funcionamiento el Parque Eólico Los Cocos con una capacidad de generación de 25.2 MW y a un costo de US\$100 millones. En 2012 fue desarrollada la expansión de la central de viento, con la inclusión de 26 aerogeneradores con una capacidad de 52 MW, para una generación total de 77.2 MW con 40 molinos, lo que equivale a 100,000 hogares abastecidos de energía limpia o un millón de bombillos de bajo consumo encendidos durante un año (Véase **Fig. 24 y 25**).



**Fig. 25.** Ejemplo 1.2. El Parque Eólico Los Cocos.

### 3.2.3 Energía biomasa.



**Fig. 26.** Ejemplo 1. San Pedro BioEnergy (SPBE).

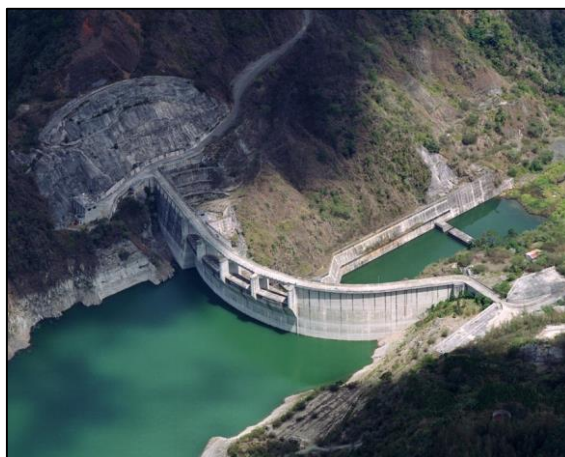
San Pedro BioEnergy (SPBE) (Véase **Fig. 26**), es la primera central de cogeneración de vapor y electricidad interconectada al sistema eléctrico nacional, utilizando los bagazos de caña como combustible primario. La planta producirá 30 megavatios de electricidad, de esos 30mW el ingenio utilizará entre 8 a 12 megavatios en el período de zafra y el resto irá al sistema interconectado del país. La planta utilizará cerca de 400 mil toneladas anuales de bagazo de caña.



**Fig. 27.** Ejemplo 2. Zona franca Navarrete.

Zona franca Navarrete (Véase **Fig. 27**), la cual posee una cogeneradora de energía de biomasa que opera desde hace dos años y que suministra energía limpia, renovable y barata a las empresas que aloja. Además, de vapor de calidad para procesos industriales como planchado, lavado y enfriamiento, según Martin Rivas, encargado de la planta.

### 3.2.4 Energía hidráulica.



**Fig. 28.** Ejemplo 1.1 Presa de Aguacate.

Generalidades de la presa de Aguacate:

1. Inicio de Operación: Año 1992.
2. Longitud de la Cuenca: 747 Km<sup>2</sup>.
3. Altura máxima de la Presa: 41.50 Metros.
4. Volumen Almacenado: 4.30 MMC.
5. Unidad Generadoras: 2 Turbinas Tipo Francis.
6. Potencia Instalada: 52 MW.

Esta presa es el segundo aprovechamiento hidroeléctrico del río Nizao, partiendo de su parte alta. Está ubicado en el paraje Paso El Ermitaño, provincia de Peravia, a unos 20 kilómetros aguas debajo de la presa de Jigüey y aguas arriba de la presa de Valdesia (Véase **Fig. 28 y 29**).



**Fig. 29.** Ejemplo 1.2 Presa de Aguacate.

La fuente de abastecimiento es el río Nizao, con una cuenca hidrográfica de 747 km<sup>2</sup>; esta incluye el agua turbinada en la central de Jigüey, ubicadas aguas arriba de la presa de Aguacate. La superficie del lago es de 0.35 km<sup>2</sup> con capacidad total de 4.3 millones de m<sup>3</sup> de agua. Un volumen útil de 1.46 millones de metros cúbicos y volumen muerto de 2.84 millones de m<sup>3</sup> en la cota mínima de operaciones normal.

El embalse tiene un nivel máximo de operación normal de 329 metros y un mínimo de 324 m.s.n.m.; la producción de energía eléctrica, desde 1992 hasta 2001,

fue de 1,710.12 GWH. Esto da un promedio anual de 171.01 GWH; la mayor producción, después de Tavera (189.18), de las hidroeléctricas del país. El dique es de hormigón tipo gravedad. Tiene una longitud en la corona de 194 metros, con un ancho de 10.40 a 18.40 metros y una altura sobre el lecho del río de 41.50 metros.

El vertedero es de hormigón tipo gravedad y Cimacio, formando parte del dique con cinco compuertas radiales capaz de desalojar un caudal máximo de 3,720 m<sup>3</sup>/seg. el ancho de una compuerta es de 10 metros y su altura de 10 metros. El túnel de presión posee una longitud de 10,803.44 metros y un diámetro de 4.36 metros revestido de hormigón, con un espesor de 0.35 metros y un caudal de diseño de 34 m<sup>3</sup>/seg, la tubería de presión tiene una longitud de 180 metros, diámetro de 3.38 metros, con una cota de entrada de 277.43 metros y de salida de 138.45 metros, y una caída de 138.98 metros.

### **3.3 Marco Legal de la Rep. Dom. aplicable.**

Seguidamente, se presenta el marco legal nacional (Rep. Dom.) en relación con el tema, principalmente a la parte de las EERR.

#### **3.3.1 Ley 57-07 Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes Especiales.**

Uno de los objetivos principales de la Ley No. 57-07 de Incentivo a las Energías Renovables y sus Regímenes Especiales, consiste en reducir la importación de combustibles fósiles, atenuando la dependencia de los mismos, a favor de la diversificación de las fuentes que permitan promover la independencia energética de República Dominicana. Este propósito se lograría a través de la incorporación de alternativas nativas limpias para lograr la satisfacción de las necesidades del país de forma sostenible desde la óptica ambiental, social y económica.

Dicha ley contempla una serie de ventajas de naturaleza tanto crediticia como fiscales aplicables a todos los proyectos, de naturaleza pública o privada, personal o comercial, que produzca energía con fuentes renovables o combustibles de carácter renovable, entre los que se incluye los parques eólicos, los parques fotovoltaicos, la explotación de energía de las mareas, etc.

República Dominicana cuenta con un Plan Nacional de Energía que prevé la cobertura del 25% de las necesidades del sector eléctrico a partir de fuentes de energías autóctonas para el año 2025.

Por su impacto favorable en el desarrollo económico-social (compatible con el clima), la Rep. Dom. ha asumido como objetivo sectorial la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que permitan al país una descarbonización gradual de su economía; proponiéndose para el 2030 una reducción sustancial de estas emisiones, por debajo de los niveles del 2010. Un planteamiento como el precedente está orientado a contribuir con el desarrollo de una economía con menor huella de carbono, más eficiente y que permitirá reducir la contaminación ambiental, facilitando al país estar en sintonía con el nuevo paradigma de desarrollo sostenible que promueve la producción de energía a partir de esquemas ambientalmente amigables. Subsiguientemente algunas especificaciones:

*CONSIDERANDO PRIMERO: Que las energías y combustibles renovables representan un potencial para contribuir y propiciar, en gran medida, el impulso del desarrollo económico regional, rural y agroindustrial del país.*

*CONSIDERANDO TERCERO: Que la Ley de Hidrocarburos No.112-00, y su Reglamento, instituye un fondo proveniente del diferencial impositivo a los combustibles fósiles, que se mantendrá en el 5% de dicho diferencial a partir del presente año 2005, para programas de incentivo al desarrollo de fuentes de energía renovables y al ahorro de energía y que estos recursos deberán ser utilizados y optimizados eficiente y transparentemente para los fines previstos;*

*CONSIDERANDO CUARTO: Que la República Dominicana no dispone de fuentes fósiles conocidas hasta el presente, en volúmenes comercializables, lo que contribuye a aumentar la dependencia externa, tanto en el consumo de combustibles importados y de fuentes no renovables, como en la dependencia tecnológica y financiera en general.*

*CONSIDERANDO QUINTO: Que la República Dominicana es signataria y ha ratificado diferentes convenciones y convenios internacionales, como lo son la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y el Protocolo de Kyoto, donde el país se compromete a realizar acciones en la producción de energías renovables que reducen las emisiones de gases efectos de invernadero, que contribuyen al calentamiento global del planeta.*

*Artículo 2.- Alcance de la ley. La presente ley constituye el marco normativo y regulatorio básico que se ha de aplicar en todo el territorio nacional, para incentivar y regular el desarrollo y la inversión en proyectos que aprovechen cualquier fuente de energía renovable y que procuren acogerse a dichos incentivos.*

*Artículo 9.- Exención de impuestos. La Comisión Nacional de Energía (CNE) recomendará la exención de todo tipo de impuestos de importación a los equipos, maquinarias y accesorios importados por las empresas o personas individuales, necesarios para la producción de energía de fuentes renovables contemplados en el Párrafo II del presente artículo, que de acuerdo con el reglamento de la presente ley apliquen a los incentivos que ésta crea. La exención será del 100% de dichos impuestos. Este incentivo incluye también la importación de los equipos de transformación, transmisión e interconexión de energía eléctrica al SENI.*

*Para los proyectos basados en fuentes renovables, que cumplan con esta ley. Los equipos y materiales dentro de este capítulo quedan también exentos del pago del Impuesto de Transferencia a los Bienes Industrializados y Servicios (ITBIS) y de todos los impuestos a la venta final.*

*Artículo 11. Reducción de impuestos al financiamiento externo. Se reduce a 5% el impuesto por concepto de pago de intereses por financiamiento externo establecido en el Artículo 306 del Código Tributario, modificado por la Ley de Reforma Tributaria No.557-05, del 13 de diciembre del 2005, para aquellos proyectos desarrollados bajo el amparo de la presente ley.*

*Artículo 12. Incentivo fiscal. En función de la tecnología de energías renovables asociada a cada proyecto, se otorga hasta un 75% del costo de la inversión en equipos, como crédito único al impuesto sobre la renta, a los propietarios o inquilinos de viviendas familiares, casas comerciales o industriales que cambien o amplíen para sistemas de fuentes renovables en la provisión de su autoconsumo energético privado y cuyos proyectos hayan sido aprobados por los organismos competentes. Dicho crédito fiscal será descontado en los tres (3) años siguientes al impuesto sobre la renta anual a ser pagado por el beneficiario del mismo en proporción del 33.33%. La Dirección General de Impuestos Internos, requerirá una certificación de la Comisión Nacional de Energía respecto a la autenticidad de dicha solicitud. La CNE y la Dirección General de Impuestos Internos regularán el procedimiento de obtención de este incentivo fiscal.*

### **3.3.2 Ley 64-00 De Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales.**

*Que es misión del Estado impulsar y reglamentar la investigación sobre las condiciones del medio ambiente, los recursos naturales y la diversidad biológica; Que es un deber patriótico de todos los dominicanos apoyar y participar en cuantas acciones sean necesarias para garantizar la permanencia de nuestros recursos naturales para uso y disfrute de las presentes y futuras generaciones;*

*Artículo 1.-La presente ley tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, asegurando su uso sostenible.*

*Artículo 5.-Es responsabilidad del Estado, de la sociedad y de cada habitante del país proteger, conservar, mejorar, restaurar y hacer un uso sostenible de los recursos naturales y del medio ambiente, y eliminar los patrones de producción y consumo no sostenibles.*

### **3.3.3 Ley 1-12 La Estrategia Nacional de Desarrollo 2030.**

*Artículo 5. Visión.- Se aprueba como componente de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030, la siguiente Visión de la Nación de Largo Plazo, la cual se aspira alcanzar para el año 2030: "República Dominicana es un país próspero, donde las personas viven dignamente, apegadas a valores éticos y en el marco de una democracia participativa que garantiza el Estado social y democrático de derecho y promueve la equidad, la igualdad de oportunidades, la justicia social que gestiona y aprovecha sus recursos para desarrollarse de forma innovadora, sostenible y territorialmente equilibrada e integrada y se inserta competitivamente en la economía global".*

## Objetivo General

### 3.2 Energía confiable, eficiente y ambientalmente sostenible:

*Enunciado 3.2.1 Asegurar un suministro confiable de electricidad, a precios competitivos y en condiciones de sostenibilidad financiera y ambiental.*

*Enunciado 3.2.1.1 Impulsar la diversificación del parque de generación eléctrica, con énfasis en la explotación de fuentes renovables y de menor impacto ambiental. Indicador 4.1 Emisiones de dióxido de carbono Toneladas métricas per cápita. (Véase **Tabla 4**).*

**Tabla 4.** Metas quinquenales para las emisiones de CO2 hasta 2030.

	<b>Línea Base METAS QUINQUENALES</b>				
<b>Año</b>	2010	2015	2020	2025	2030
<b>Valor</b>	3,6	3,4	3,2	3	2,8

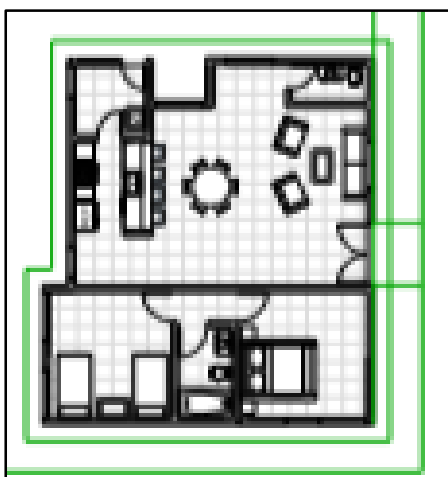
## **Capítulo IV**

# **CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES**



#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS EDIFICACIONES

Tomando en cuenta que se quiere llegar un tipo de viviendas las cuales además de energéticamente y estructuralmente eficientes, sean lo más asequibles posible, siendo a la vez, respetuosas con el medio ambiente, posteriormente se presenta una propuesta ( Véase **Figura 30**) con las siguientes características:



**Fig. 30.** Vista en planta de la propuesta de vivienda.

Generalidades:

- Tipo de edificación: Residencial entre medianeras.
- Características físicas:
  - 1 baño completo.
  - 1 medio baño.
  - 1 cocina.
  - 2 habitaciones.
  - 1 sala/comedor.
  - 1 área de lavado.
  - Nivel básico de acabados.
  - Altura: 1 nivel de 2.80mts-3mts.
- 100 viviendas como mínimo.
- Superficie útil media de menor de 45m<sup>2</sup>.

Otros detalles:

- Para 1 vivienda:
  - Construcción - 116.80mts<sup>2</sup>.
  - Largo - 11.34mts.
  - Ancho - 10.30mts.
  - Altura - 3.00mts.
  
- Complejo Para 20 Vivienda:
  - Área de Complejo - 5,761.38 mts<sup>2</sup> (Aceras-Calles).
  - Área de Circulación:
    - Área de Circulación Vehicular - 2,764.9mts<sup>2</sup>.
    - Área de Circulación Peatonal - 526.5mts<sup>2</sup>
  
  - Por viviendas:
    - Área de propiedad - 182.16mts<sup>2</sup>.
    - Área de Verde - 56.8mts<sup>2</sup>.
    - Área Útil - 116.80mts<sup>2</sup>.
    - Área de Construcción - 133.86mts<sup>2</sup>
  
- Complejo Para 100 Viviendas:
  - Área de Complejo - 28,806.9mts<sup>2</sup>.
  - Área de Circulación:
    - Área de Circulación Vehicular - 13824.5mts<sup>2</sup>.
    - Área de Circulación Peatonal - 2632.5mts<sup>2</sup>.

Posteriormente se muestra la representación gráfica de la propuesta de las viviendas (Véase **Figura 31**), la propuesta en conjunto de 20 viviendas, que luego, en el capítulo IV, serán multiplicadas por 5, para un total de 100 viviendas para el análisis técnico.

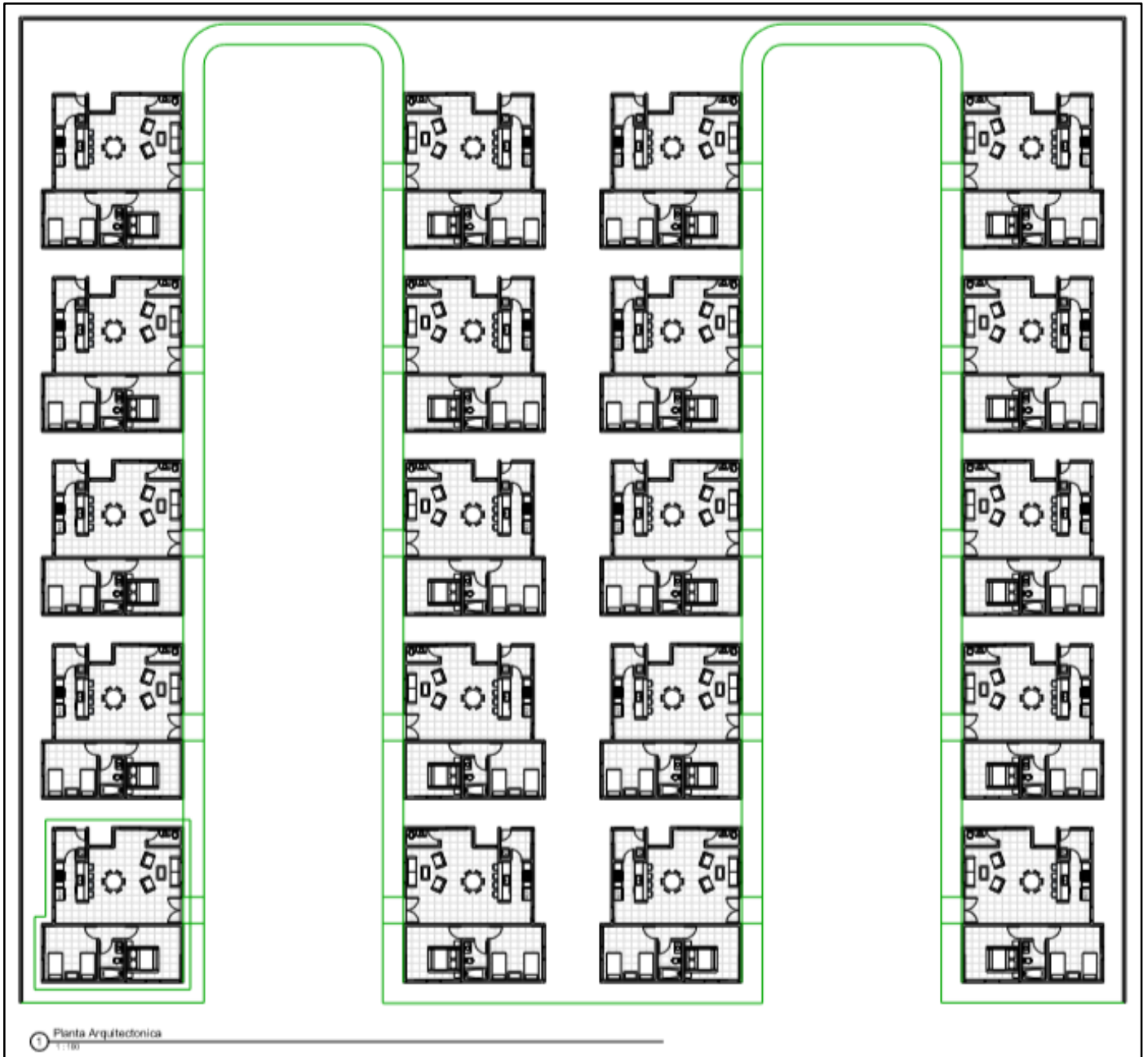


Fig. 31. Vista en planta de la propuesta de viviendas.

# Capítulo V

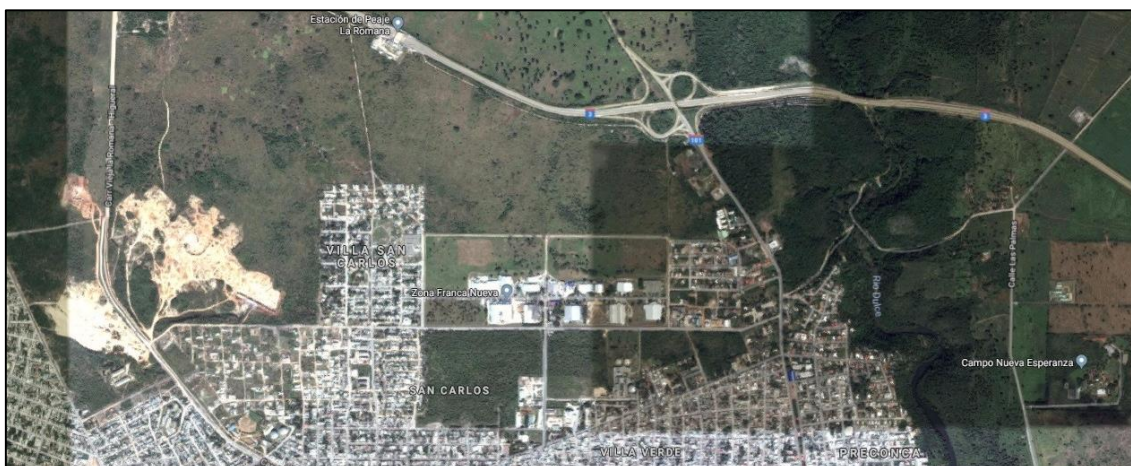
## ANÁLISIS TÉCNICO

## 5. ANÁLISIS TÉCNICO

### Predimensionamiento de las instalaciones de EERR.

#### 5.1 Emplazamiento:

Es importante tener en cuenta la posible ubicación de la instalación. En las siguientes imágenes, se muestra la disposición del emplazamiento ( Véase **Fig. 32 y 33**):



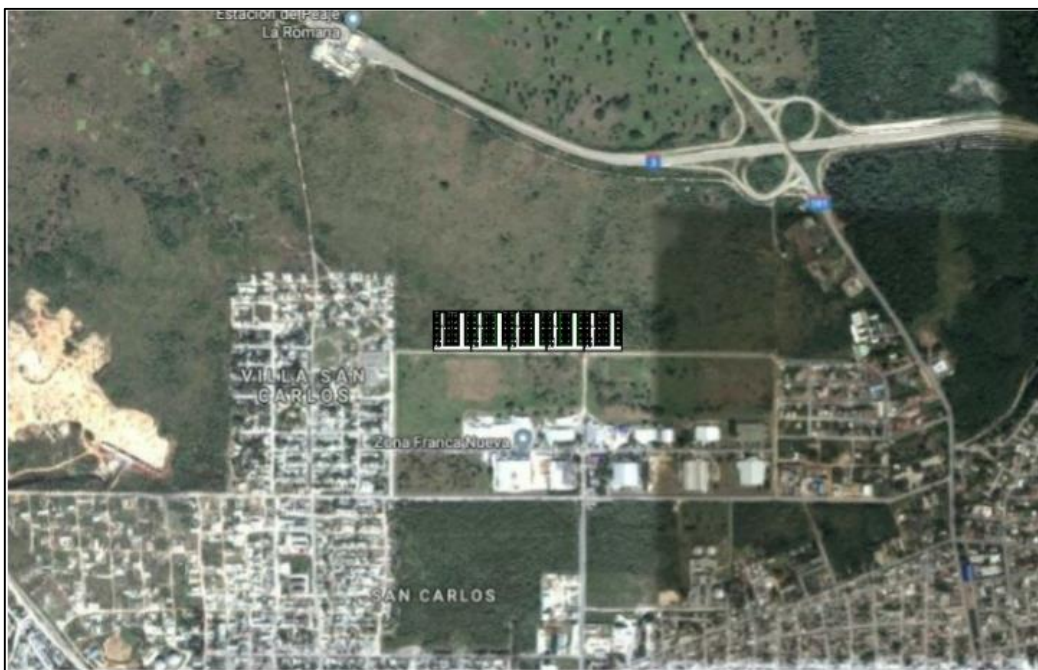
**Fig. 32.** Vista en planta de la propuesta de ubicación de viviendas sociales.



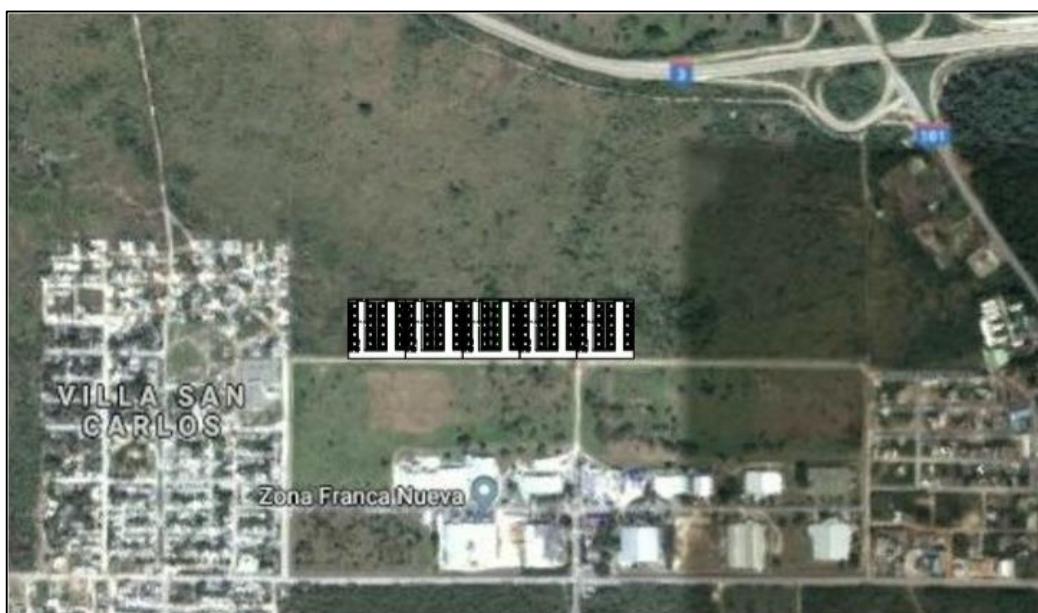
**Fig. 33.** Vista en planta de la propuesta de ubicación de viviendas sociales marcado.

El emplazamiento de vivienda consta de un **Área= 28.806,9m<sup>2</sup>** y un **Perímetro= 693,82m**, y con un área Útil para los paneles solares de 116.80m<sup>2</sup> por vivienda para un área total= 11.680m<sup>2</sup>. En este espacio se evaluará la instalación de paneles. A continuación la superposición de las viviendas ( Véase **Fig. 34.1** y **34.2**).

## 5.2 Superposición de las 100 viviendas:

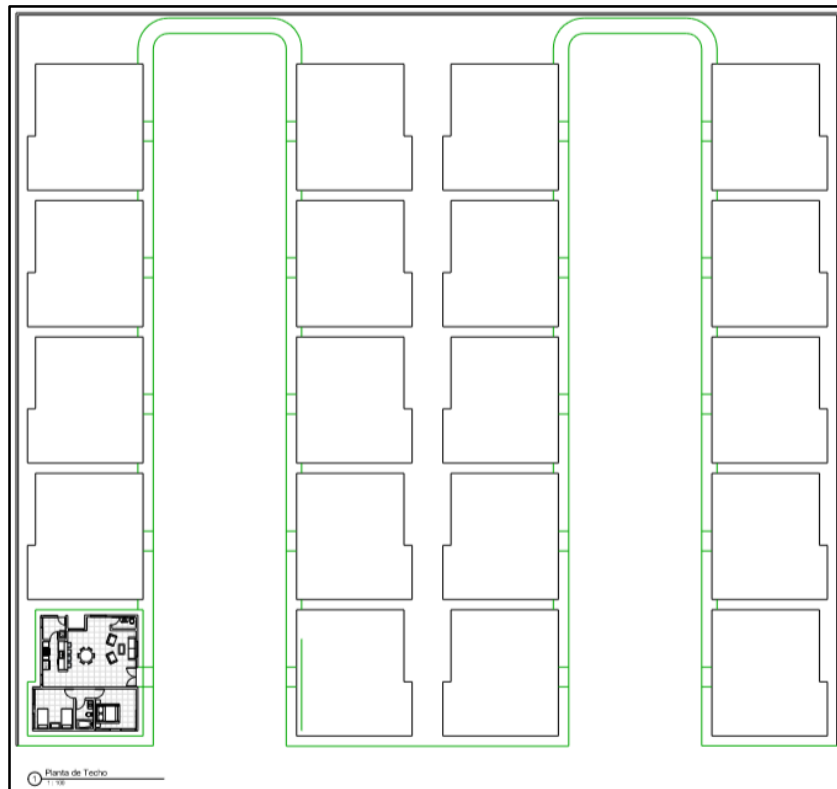


**Fig. 34.1.** Vista en planta de la superposición de la propuesta de ubicación de viviendas sociales.



**Fig. 34.2.** Vista en planta de la superposición de la propuesta de ubicación de viviendas sociales.

Subsiguientemente la vista en planta con techos cubiertos ( Véase **Fig. 35**).



**Fig. 35.** Vista en planta de la propuesta de viviendas con techos cubiertos.

### 5.3 Datos climatológicos locales:

#### 5.3.1 Generalidades importantes:

Según CLIMATE-DATA.ORG **{29}**, La Romana tiene un clima tropical. En invierno hay en La Romana mucho menos lluvia que en verano. La clasificación del clima de Köppen-Geiger es Aw (*Aw: Sabana*) **{30}**. La temperatura es en promedio 26.2°C (Véase **Fig.36**). Hay alrededor de precipitaciones de 1017mm.

El mes más seco es marzo, con 34mm. 137 mm, mientras que la caída media en mayo (Véase **Fig.37**). El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año. El mes más caluroso del año con un promedio de 27.7 °C de agosto. El mes más frío del año es de 24.2 °C en el medio de enero.

La diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 103mm. Las temperaturas medias varían durante el año en un 3.5°C (Véase **Tabla 5**).

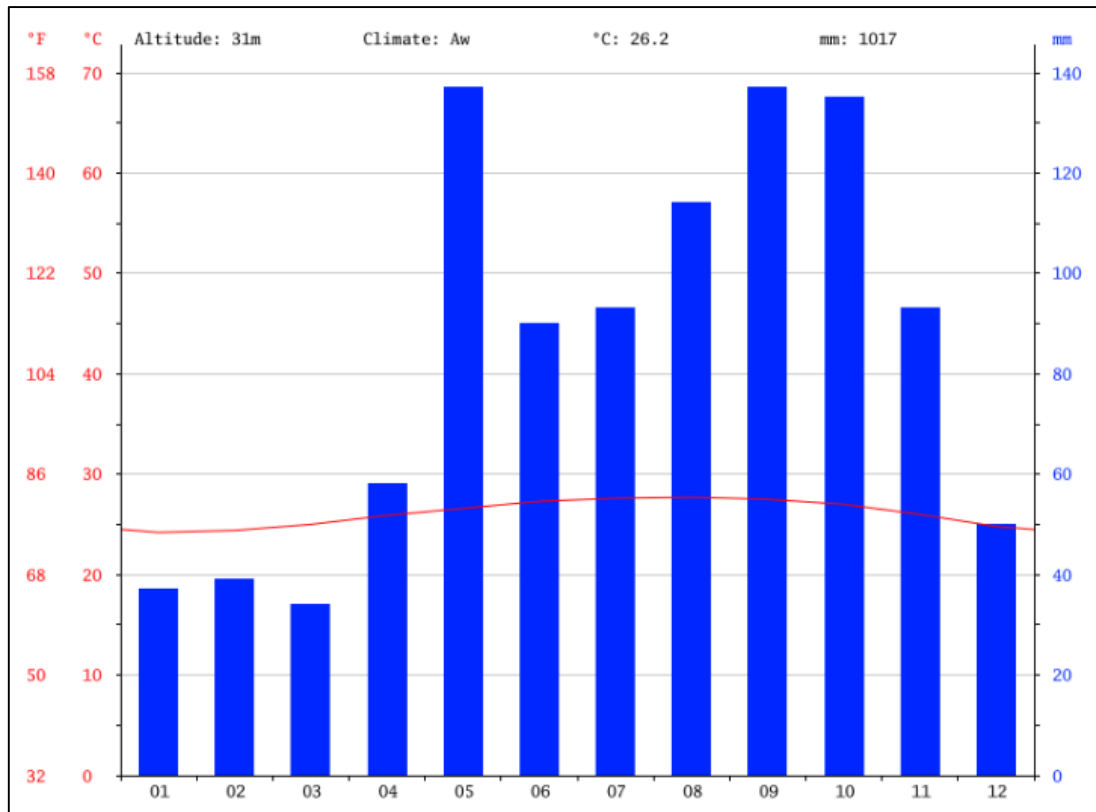


Fig. 36. Climatograma de La Romana.

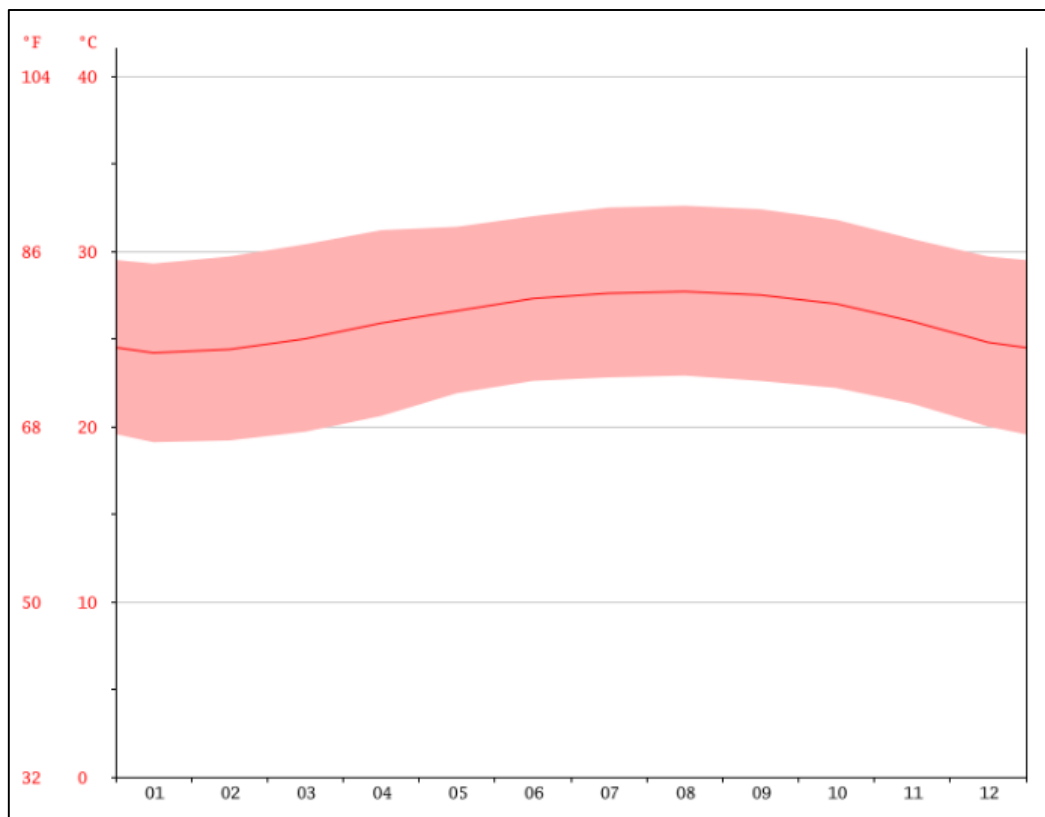


Fig. 37. Diagrama de temperatura de La Romana.

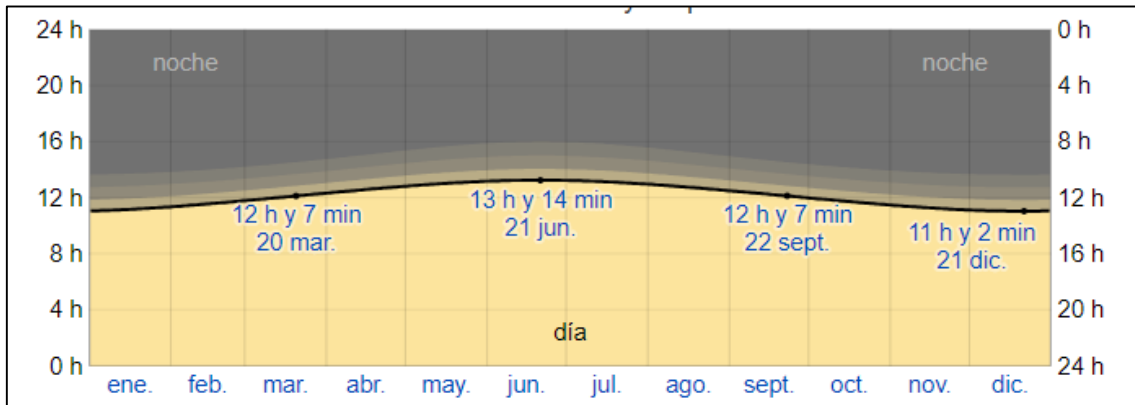


**Tabla 5.** Tabla climática // Datos históricos del tiempo en La Romana.

Precipitación	Temperatura máxima (°F)	Temperatura mínimo (°F)	Temperatura media (°F)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura Media (°C)	Unidad
(mm)							
37	84.7	66.4	75.6	29.3	19.1	24.2	Enero
39	85.5	66.6	75.9	29.7	19.2	24.4	Febrero
34	86.7	67.5	77.0	30.4	19.7	25	Marzo
58	88.2	69.1	78.6	31.2	20.6	25.9	Abril
137	88.5	71.4	79.9	31.4	21.9	26.6	Mayo
90	89.6	72.7	81.1	32	22.6	27.3	Junio
93	90.5	73.0	81.7	32.5	22.8	27.6	Julio
114	90.7	73.2	81.9	32.6	22.9	27.7	Agosto
137	90.3	72.7	81.5	32.4	22.6	27.5	Septiembre
135	89.2	72.0	80.6	31.8	22.2	27	Octubre
93	87.3	70.3	78.8	30.7	21.3	26	Noviembre
50	85.5	68.0	76.6	29.7	20	24.8	Diciembre

El sol:

Según la NASA {31}, La duración del día en La Romana varía durante el año. En 2018, el día más corto es el 21 de diciembre, con 11 horas y 2 minutos de luz natural; el día más largo es el 21 de junio, con 13 horas y 14 minutos de luz natural (Véase Fig. 38).



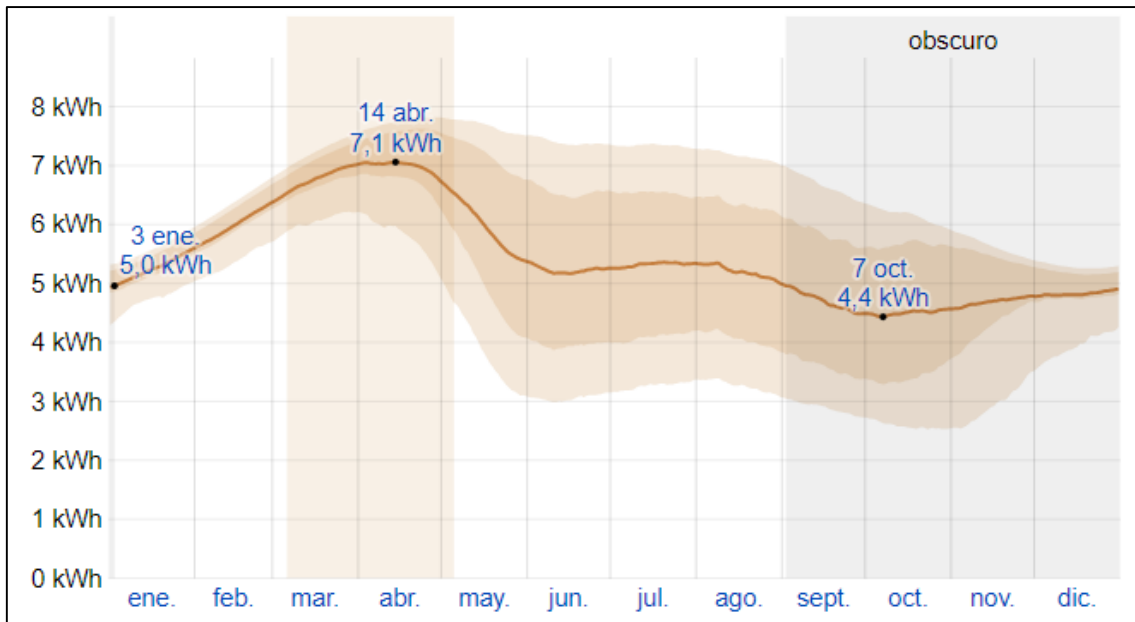
**Fig. 38.** Diagrama de Horas de luz natural y crepúsculo de La Romana.

*Nomenclatura: La cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total.*

La salida del sol más temprana es a las 5:58 el 5 de junio, y la salida del sol más tardía es 1 hora y 12 minutos más tarde a las 7:11 el 18 de enero. La puesta del sol más temprana es a las 17:57 el 25 de noviembre, y la puesta del sol más tardía es 1 hora y 19 minutos más tarde a las 19:16 el 5 de julio.

Por otra parte, la energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales leves durante el año. El período más resplandeciente del año dura 2,0 meses, del 6 de marzo al 5 de mayo, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado superior a 6,5 kWh. El día más resplandeciente del año es el 14 de abril, con un promedio de 7,1 kWh {31}.

El periodo más obscuro del año dura 4,0 meses, del 2 de septiembre al 3 de enero, con una energía de onda corta incidente diaria promedio por metro cuadrado de menos de 5,0 kWh. El día más obscuro del año es el 7 de octubre, con un promedio de 4,4 kWh (Véase Fig. 39).



**Fig. 39.** Energía solar de onda corta incidente diaria promedio.

*La energía solar de onda corta promedio diaria que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25º a 75º y 10º a 90º.*

#### 5.4 Procedimiento de cálculo.

##### ➤ **Aislada: (Por vivienda).**

Se realiza un informe de una instalación solar fotovoltaica aislada de la red a partir de los datos de entrada detallado subsiguientemente considerando los consumos estimados según las necesidades y el uso de los mismos y la radiación solar en función a la ubicación, orientación e inclinación de la instalación.

##### 5.4.1 Datos de ubicación y orientación:

La instalación está situada:

- En las coordenadas: Latitud: 18°25'38" N, Longitud: 68°58'22" O.
- El campo fotovoltaico estará dispuesto con las siguientes características:
  - Inclinación: 45 °.
  - Desorientación respecto al Sur: 0 °.
- Usará un sistema de corriente alterna con un voltaje de 110 V (Rep. Dom.).
- El sistema dispondrá de un generador auxiliar.

#### 5.4.2 Cálculo de consumos:

Para el cálculo de la potencia de los paneles solares, primero se calcula el consumo energético de dichas viviendas (Véase **Tabla 6**) {32}. Se calcula el consumo a partir del uso de los electrodomésticos y la iluminación por mes.

**Tabla 6.** Tabla de consumo de energía.

EQUIPOS	CONS. MENSUAL ENERGIA (KWH/MES)/EQUIPO	CANT. EQUIPOS	Relación (KWH/MES)*Cnt equipos	TOTAL CONSUMO MENSUAL ENERGIA (KWH/MES)
Abanico de pedestal	21	1	21	6,300
Abanico de techo 56"	23,40	3	70,20	21,060
Blower	18,60	1	18,60	0,056
Equipo de música	28,80	1	28,80	2,592
Lavadora de Ropa 28Lbs	43,20	1	43,20	0,864
Secadora de ropa	168	1	168	3,780
Licuada residencial	1,60	1	1,60	0,010
Microondas 1,5 PIES CUB.	9	1	9	0,081
Olla ARROCERA	4,50	1	4,500	0,068
Plancha	72	1	72	1,080
Televisor LCD 32"-42"	31,5	1	31,5	1,485
Nevera de 10'	72	1	72	25,920
Luminaria 13watts	3,90	9	35,10	8,424
Bomba de agua 1/4hp	3,80	1	3,80	0,342
Teléfono inalámbrico	4,30	1	4,30	3,096
Computadora Laptop	9	1	9,00	1,620
<b>TOTAL ESTIMADO CONSUMO MENSUAL DE ENERGÍA DEL SUMINISTRO:</b>				<b>592,60</b>

Con esto se llega a las siguientes conclusiones:

- Total energía al mes = 592,60kWh.
- Energía al día (30 días medio)= 592,60/30 =19,7533kWh.

Para el cálculo del rendimiento (Performance Ratio) se han utilizado los siguientes parámetros ( Véase **Tabla 7**):

**Tabla 7.** Performance Ratio.

<b>Coefficiente perdidas en batería</b>	<b>5 %</b>
<b>Coefficiente autodescarga batería</b>	<b>0.5 %</b>
<b>Profundidad de descarga batería</b>	<b>60 %</b>
<b>Coefficiente perdidas conversión DC/AC</b>	<b>5 %</b>
<b>Coefficiente perdidas cableado</b>	<b>5 %</b>
<b>Autonomía del sistema</b>	<b>3 d</b>
<b>Rendimiento General</b>	<b>82.88 %</b>

Lo que nos proporciona los siguientes resultados de energía: ENERGIA TOTAL REAL DIARIA (WH/DIA): 23,833.61.

Cabe destacar que se trata de una vivienda de uso habitual (100%) con los siguientes consumos distribuidos por meses a lo largo del año, con mínimas diferencias en clima y temperatura durante todo el año ( Véase **Tabla 8**):

**Tabla 8.** Relación Año/Cosumo.

	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>%Mes</b>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
<b>Consumos (W)</b>	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834	23834

### 5.4.3 Horas de sol pico:

Para el cálculo de las horas sol pico, se ha utilizado la base de datos NREL-NASA, contemplando la inclinación y orientación elegidas, así como los datos de localización del lugar.

- La declinación solar se ha calculado con la siguiente formula:

$$\delta = 23,45 \cdot \text{sen} \left( 366 * \frac{284 + \delta n}{365} \right)$$

$\delta$  = Declinación (grados).

$\delta n$  = día del año.

- Para el cálculo de la elevación solar se han tomado los valores:

$(90^\circ - \varphi - \delta)$  Para el solsticio de invierno.

$(90^\circ - \varphi + \delta)$  Para el solsticio de verano.

$\varphi$  = Latitud del lugar.

$\delta$  = Declinación (grados).

- Para la estimación del parametro  $G_a(\beta_{opt})$ , se ha usado la siguiente fórmula:

$$G_a(\beta_{opt}) = \frac{G_a(0)}{1 - 4,46 * 10^{-4} * \beta_{opt} - 1,19 * 10^{-4} * \beta_{opt}^2}$$

$G_a(\beta_{opt})$  = Valor medio anual de la irradiación global sobre una superficie con inclinación óptima (kW.h/m<sup>2</sup>).

$G_a(0)$  = Media anual de la irradiación global horizontal (kW.h \* m<sup>2</sup>).

- Para la obtención del factor de irradiancia (FI) se han utilizado las siguientes expresiones:

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 * 10^{-5}a^2] \text{ Para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 * 10^{-4}(\beta - \beta_{opt})^2] \text{ Para } \beta \leq 15^\circ$$

FI = Factor radiación (Sin unidades)

$\beta$  = Inclinación real de la superficie (°).

$\beta_{opt}$  = Inclinación óptima de la superficie (°).

$a$  = Acimut de la superficie (°).

Finalmente las horas sol pico (HSP) (Véase **Tabla 9**) es el resultado de multiplicar la radiación global óptima ( $G_a(\beta_{opt})$ ) por el factor de irradiación (FI).

**Tabla 9.** Cálculo de HSP.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Días mes</b>	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>Declinación</b>	-21,27°	-13,62°	-2,02°	9,78°	19.26°	23.39°	21.18°	13.12°	1.81°	-10.33°	-19.6°	-23.4°
<b>Nº día/año</b>	15	45	76	106	137	168	198	229	259	290	321	351
<b>Elevación solar</b>	50.73°	58.38°	69.98°	81.78°	91.26°	95.39°	93.18°	85.12°	73.81°	61.67°	52.4°	48.6°
<b>Inclinación optima</b>	39.27°	31.62°	20.02°	8.22°	1.26°	5.39°	3.18°	4.88°	16.19°	28.33°	37.6°	41.4°
<b>rad_glo_hor</b>	5.44	6.4	7.2	7.52	7.47	5.87	5.21	5.22	5.93	6.05	5.47	5.12
<b>rad_glo_op</b>	6.81	7.38	7.63	7.61	7.48	5.9	5.22	5.25	6.17	6.78	6.71	6.58
<b>FI</b>	1	0.98	0.93	0.84	0.77	0.81	0.79	0.81	0.9	0.97	0.99	1
<b>HSP/día</b>	6.81	7.23	7.1	6.39	5.76	4.78	4.13	4.25	5.55	6.58	6.64	6.58
<b>HSP/mes</b>	211.11	202.44	220.1	191.7	178.56	143.4	128.03	131.75	166.5	203.98	199.2	203.98
<b>Temp día max</b>	25.54°	24.95°	25.67°	27.2°	28.88°	29.27°	28.56°	27.88°	27.41°	28.33°	28.54°	27.07°
<b>Consu/HSP día</b>	3499.8	3296.49	3356.85	3729.83	4137.78	4986.11	5770.85	5607.91	4294.34	3622.13	3589.4	3622.13

#### 5.4.4 Selección de los componentes de la instalación.

##### 5.4.4.1 Cálculo de módulos:

Para el cálculo del campo fotovoltaico se ha tenido en cuenta la inclinación y orientación elegidas, las HSP, el ratio de aprovechamiento del regulador de carga y las temperaturas medias mensuales diurnas del lugar elegido.

Dando los siguientes valores:

- El mes más desfavorable según consumos: Julio.
- Inclinación optima anual: 16,12°.
- Inclinación optima anual por consumos: 19,78°.
- Inclinación elegida: 45°.
- Azimut módulos: 0°.
- Temperatura media mensual máxima diaria (3 meses): 28,57°.
- Horas Sol Pico en meses más desfavorables: 4,13HSP.
- Energía Real Diaria desde módulos: 23833.61Wh/d.
- Ratio de aprovechamiento regulador: 1.
- Potencia pico módulos calculada= (Wp<sub>necesarios</sub>) =

$$E_{\text{panel}} = I_{\text{Panel}} / \text{HSP} (1 + 35\%) * 1000 = 19,7533 \text{ kWh} / 4,13 * (1 + 35\%) * 1000 = 6441,02 \text{ Wp.}$$

*I<sub>Panel</sub>* = La corriente máxima del panel \* HSP = son las horas sol pico.

*35%* = Factor de pérdidas en captación FV.

La elección del módulo, tiene en cuenta los distintos parámetros eléctricos, que determinan el rendimiento, las unidades necesarias y su acoplamiento con el regulador y batería. A continuación se observan los detalles del módulo y los cálculos elegidos (Véase Fig. 40).



			
<b>Luxor Eco line 60/230 W</b>			
<b>Eficiencia</b> 14.08%		<b>Luxor, el oro de la energía solar</b> Los módulos cristalinos Luxor llegan a la península ibérica desde las orillas del río Rin. Luxor, que significa Luz y Valor, tiene un contrato de distribución exclusiva con Krannich. Además de los generadores convencionales, el fabricante germano ofrece módulos de dimensiones reducidas ideales para pequeños sistemas aislados de autoconsumo como la señalización terrestre.	
<b>Garantía</b> Producto garantizado para 10 años. 90% potencia nominal durante 12 años. 80% potencia nominal durante 25 años.			
<b>Certificaciones</b> IEC/TÜV, Protection Class 2			
<b>Datos eléctricos</b>			
Potencia (Wp)	230.0	<b>Componentes</b>	
V <sub>mpp</sub> (V)	29.8		Tipo de célula
I <sub>mp</sub> (A)	7.7	Número de células	60
V <sub>ca</sub> (V)	37.0	Célula (mm)	156
I <sub>cc</sub> (A)	8.2	Conector	MC4
Tolerancia	+1,5/+6,5 Wp	<b>Embalaje palet</b>	
V <sub>max</sub> (V)	1000.0	Unidades por palet 22	
<b>Coefficientes térmicos</b>		<b>Contenedor</b>	
Coef. P [%/°C]	-0.45	Palets	28
Coef. I [%/°C]	0.05	Unidades	616
Coef. V [%/°C]	-0.32	<b>Ref:</b> KD18362	
<b>Dimensiones y peso</b>			
Largo (mm)	1650		
Ancho (mm)	990		
Alto (mm)	50		
Peso (kg)	21		
Área (m <sup>2</sup> )	1.63		

Fig. 40. Características físicas y especificaciones del panel seleccionado.

- nº de módulos mínimo=  $N_{\text{Min Paneles}} = E_{\text{panel}}/P_{\text{GF}} = 6441,02 / 230 = 28,004$ .
- Tensión nominal del módulo (V)=  $U_n = 29,8$ .
- Tensión de trabajo de la aislada (V):  $U_t = 48$ .
- nº módulos en serie=  $N_{\text{Serie}} = U_n / U_t = 29,8/48 = 1,611$ .
- nº módulos en serie mínimo=  $N_{\text{MinPaneles}}/N_{\text{MinSerie}} = 28,004/2 = 14,002$ .
- nº módulos en serie elegido=  $N_{\text{SerieEleg}} = 14$ .
- nº total de módulos=  $N_{\text{PanelesTotal}} = N_{\text{Serie}} * N_{\text{SerieEleg}} = 2*14 = 28$ .
- Wp totales sistema=  $P_{\text{GF}} * N_{\text{PanelesTotal}} = 230*28 = 6668,46$ .



Subsiguientemente un resumen del cálculo de los módulos ( Véase **Tabla 10**).

**Tabla 10.** Resumen del cálculo de módulos.

<b>LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino</b>			
<b>Voltaje a circuito abierto (voc):</b>	37	<b>Voltaje a potencia máxima (vmp):</b>	29.8
<b>Corriente de cortocircuito (isc) (A):</b>	8.22	<b>Corriente a potencia máxima (imp) (A):</b>	7.73
<b>Potencia máxima ((W):</b>	230	<b>Coefficiente de temperatura de Pmáx:</b>	-0.45 %/°C
<b>Potencia real a Temperatura media máx (Wp):</b>	228.3935	<b>Nº de módulos serie:</b>	2
<b>Potencia pico módulos total (Wp):</b>	6440	<b>Nº de series paralelo:</b>	14
<b>Optimización instalación/necesidades mes más desfavorable</b>	1	<b>Total módulos :</b>	28
<b>El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de (%):</b>			100

#### 5.4.4.2 Cálculo del regulador:

Para la elección del regulador se debe tener en cuenta los valores de tensión del sistema, los parámetros de los módulos fotovoltaicos, lo que nos aporta un determinado grado de optimización ( Véase **Tabla 11**).

**Tabla 11.** Resumen del cálculo del regulador.

<b>Tensión sistema:</b>	48 V
<b>Tensión módulos Circuito abierto:</b>	37 V
<b>Tensión módulos máxima potencia :</b>	29.8 V
<b>Corriente de cortocircuito modulo:</b>	8.22 A
<b>Corriente a potencia máxima modulo:</b>	7.73 A
<b>Nº de módulos serie instalar:</b>	2
<b>Nº de módulos paralelo instalar:</b>	14
<b>Total módulos a instalar:</b>	28
<b>Intensidad modulo a tensión sistema (abierto):</b>	8,22 A
<b>Intensidad modulo a tensión sistema (cerrado) :</b>	7,73 A
<b>Intensidad total sistema (abierto) :</b>	115 A

La elección del regulador ha sido la siguiente ( Véase **Fig. 41**):

<b>LEONICS SCP-48240 PWM</b>			
Tensión:	48 V	Voltaje máximo:	48 V
Potencia nominal:	13200 Wp	Consumo propio:	12 mA
Capacidad de carga:	240 A	Ratio aprovechamiento :	0.9
El grado de optimización elección equipo/necesidades reales es de		209 % Nº Reguladores :	1

**Fig. 41.** Regulador elegido.

A continuación detalles generales del regulador ( Véase Fig. 42):

Wall Mount Model	SCP-2430	SCP-2460	SCP-24120	SCP-4830	SCP-48120	SCP-48240	SCP-12030	SCP-12060	SCP-120120	SCP-24030	SCP-24060	SCP-240120
Rack Mount Model	SCP-2430/RM	SCP-2460/RM	SCP-24120/RM	SCP-4830/RM	SCP-48120/RM	SCP-48240/RM	SCP-12030/RM	SCP-12060/RM	SCP-120120/RM	SCP-24030/RM	SCP-24060/RM	SCP-240120/RM
<b>RATED POWER</b>												
Maximum current	30 A	60 A	120 A	30 A	120 A	240 A	30 A	60 A	120 A	30 A	60 A	120 A
<b>INPUT</b>												
Nominal voltage	24 Vdc			48 Vdc			120 Vdc			240 Vdc		
Maximum voltage	48 Vdc			96 Vdc			240 Vdc			450 Vdc		
Maximum PV power*	0.83 kWp	1.65 kWp	3.3 kWp	1.65 kWp	6.6 kWp	13.2 kWp	4.13 kWp	8.26 kWp	16.5 kWp	8.26 kWp	16.5 kWp	33 kWp
<b>OUTPUT (at 25° C)</b>												
Boost charging voltage	26.0 - 30.0 Vdc (default = 30.0 Vdc)			52.0 - 60.0 Vdc (default = 60.0 Vdc)			130.0 - 150.0 Vdc (default = 150.0 Vdc)			260.0 - 300.0 Vdc (default = 300.0 Vdc)		
Floot charging voltage	24.0 - 28.0 Vdc (default = 27.6 Vdc)			48.0 - 56.0 Vdc (default = 55.2 Vdc)			120.0 - 140.0 Vdc (default = 138.0 Vdc)			240.0 - 280.0 Vdc (default = 276.0 Vdc)		
Low voltage alarm	20.0 - 24.0 Vdc (default = 23.6 Vdc)			40.0 - 48.0 Vdc (default = 47.2 Vdc)			100.0 - 120.0 Vdc (default = 118.0 Vdc)			200.0 - 240.0 Vdc (default = 236.0 Vdc)		
Low battery voltage disconnected	19.8 - 23.8 Vdc (default = 21.6 Vdc)			39.6 - 47.6 Vdc (default = 43.2 Vdc)			99.0 - 119.0 Vdc (default = 108.0 Vdc)			198.0 - 238.0 Vdc (default = 216.0 Vdc)		
Reconnected voltage	23.0 - 27.0 Vdc (default = 25.0 Vdc)			46.0 - 54.0 Vdc (default = 50.0 Vdc)			115.0 - 135.0 Vdc (default = 125.0 Vdc)			230.0 - 270.0 Vdc (default = 250.0 Vdc)		
<b>BATTERY</b>												
Type	Deep cycle lead acid (LA)											
<b>EFFICIENCY</b>												
Charger peak efficiency	> 98%											
<b>PROTECTION</b>												
Reverse polarity	Protection											
High battery voltage	Protection / Alarm											
Low battery voltage	Protection / Alarm											
Overload	Protection / Alarm											
PV disconnection	Protection / Alarm											
<b>INDICATOR</b>												
LED	Battery level, PV voltage level, Operation status, Alarm											
LCD	Digital meter, 180 days power and event logger											
<b>COMMUNICATION INTERFACE</b>												
RS-232	DB-9 connector											
RS-485	operate with RS-485 adaptor (option)											
<b>SYSTEM</b>												
Battery temperature compensation range	-5 to 7 mV / cell / celsius (option)											
<b>OPERATING CONDITION</b>												
Temperature	0 - 45° C											
Relative humidity	0 - 95% (non-condensing)											
<b>DIMENSION (W x H x D) (approximate in cm.)</b>												
Wall mount case	27 x 36.5 x 20.5			35 x 50 x 27			27 x 36.5 x 20.5			42 x 40 x 23		
Rack mount case				48.2 x 26.5 x 54								
<b>WEIGHT (approximate in kg.)</b>												
Wall mount case	9.5	10.5	10	10.5	10	10.5	10	10.5	10	10.5	10	15
Rack mount case	11.5	12.5	12	12.5	12	12.5	12	12.5	12	12.5	12	17

Fig. 42. Especificaciones del regulador elegido.

#### 5.4.4.3 Cálculo de las baterías:

Para el cálculo de la batería, se ha tenido en cuenta, la energía necesaria, la tensión del sistema, así como la profundidad de descarga y la autonomía de dicho sistema en días.

- Tensión nominal del sistema de acumulación (V)=  $V_{SistAcu} = 48$ .
- Profundidad máxima de descarga de las baterías= 60%.
- Autonomía del sistema: 3días.
- Ah diarios necesarios=

$$(I_{panel}/V_{SistAcu}) * 1000 = (19,7533/48) * 1000 = 411,528.$$

- Pérdidas conversión= 20,67%.
- Energía Real Diaria: 23834Wh/día.
- Capacidad real baterías calculada=

$$\left[ \frac{(411,528 * 3)}{60} * (1 + 20.67) \right] = 2483Ah.$$

- Capacidad útil baterías calculadas: 1490Ah.

Seguidamente, detalles de la batería ( Véase **Fig. 43** y **Tabla 12**):



**Fig. 43.** Baterías seleccionadas (ECOSAFE TZS-13 TUBULAR-PLATE).

**Tabla 12.** Resumen de características físicas de las baterías:

<b>Voltaje del vaso:</b>	2V	<b>Número de placas:</b>	13
<b>Número de polos:</b>	2	<b>Dimensiones:</b>	166 x 206 x 505 mm
<b>Número de ciclos por % de descarga:</b>	Ciclos 5200 al 25%	<b>Peso húmedo:</b>	147.10 Kg
<b>Electrolito:</b>	Estructura líquida	<b>Autodescarga:</b>	< 2% al mes
<b>Mantenimiento:</b>	Mantenimiento mínimo		

**5.4.4.3.1** N° de acumuladores de 2V=  $V_{SistAcu}/12= 48/2= 24$ .

- Capacidad mínima de cada acumulador (Ah) =  $C_{apMinAcu}= 2483$ .
- Capacidad acumulador elegido=  $C_{apAcu}= 2608$ .
- Días de autonomía=  $(C_{apAcu}/ C_{apMinAcu})*3= (3000/2483)*3= 3,625$ .

De lo que se desprende, que, adaptándonos al fabricante, utilizaremos una batería con 24 vasos en serie de 1 series en paralelo de 2608Ah en C100, por serie, dando un total de 2608Ah en C100 y 48V. Con esta acumulación se tendría la capacidad de almacenamiento de 3 días, con los consumos teóricos.

**5.4.4.4** Cálculo del inversor-cargador:

Para el dimensionado del inversor-cargador se han utilizado los siguientes datos:

- Tensión sistema DC: 48V.

- Tensión salida AC: 110V.
- Potencia máxima: 2197W.
- Coeficiente Simultaneidad: 0.7.
- Potencia mínima necesaria: 1538W.
- Factor de seguridad: 0.8
- Potencia de cálculo: 1922W.

La elección del inversor-cargador ha sido la siguiente (Véase **Fig. 44**), y para detalles técnicos (Véase **Fig. 45**).



**Fig. 44.** Inversor/Cargador seleccionado.  
(Inversor/Cargador Multiplus 48/3000/35-16 Victron)

Características técnicas
> Power control: SI
> Conmutador de transferencia: 16 A
> Protección contra: corocircuito de salida, sobrecarga, tensión de la batería demasiado alta, tensión de la batería demasiado baja, detección de inversión de polaridad, 230V CA en salida de inversor, ondulación de la tensión de entrada demasiado grande, temperatura demasiado alta
> Controlador de relé
> Funcionamiento en paralelo y/o trifásico
> Temperatura de funcionamiento: -20 a 50°C
> Humedad máxima: 95%
> Conexión a baterías con pernos M8
> Conexión a 230V CA con abrazadera de tornillas
> Peso: 18 kg
> Dimensiones: 362x258x218 mm
> Cumple la normativa de seguridad EN60335, EN60335-2-29, y la EN 55014 - 1, EN 55014 - 2 /EN 61000 - 3 -2, EN 61000 - 3 - 3.
<b>INVERSOR:</b>
> Tensión de alimentación: 38 - 66 V
> Pico de potencia: 6000 W
> Potencia cont. de salida a 25°C: 3000VA
> Eficacia máxima: 95%
> Consumo en vacío: 12%
<b>CARGADOR</b>
> Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA
> Tensión de carga absorción: 57,6,8 VCC
> Modo de almacenamiento: 52,8 VCC
> Corriente de carga de batería casera: 35 A
> Corriente de carga de batería arranque: 4 A
> Sensor de temperatura de la batería

**Fig. 45.** Características técnicas del Inversor/Cargador seleccionado.

# **Capítulo VI**

## **ANÁLISIS ECONÓMICO**

## 6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Los beneficios económicos de las energías renovables son superiores a sus costos. Las energías renovables son cada vez más competitivas frente a otras fuentes de energía convencionales. Además, se crean miles de puestos de trabajo tanto en fabricación, como en instalación, mantenimiento y comercialización, que contribuyen en gran manera a la economía del país.

En esta sección se hará un análisis de rentabilidad económica de la instalación fotovoltaica aislada, analizando los costes involucrados y algunos parámetros importantes. La instalación se puede dividir en los siguientes elementos:

- Generador fotovoltaico: está compuesto por 28 módulos *tipo - LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino*, orientados al sur y con una inclinación de 45°.
- Sistema de almacenamiento, se ha definido una capacidad de 24 baterías *tipo - ECOSAFE TZS-13 TUBULAR-PLATE* que proporcionen una autonomía de 3 días de funcionamiento.
- Acondicionamiento de potencia: este sistema se compone de dos equipos: un regulador y un inversor. En esta instalación se utilizan 1 Regulador *tipo - LEONICS SCP-48240 PWM* y 1 Inversor *tipo - VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16* conectados en paralelo para así mejorar el rendimiento total del sistema.

### 6.1 Inversión inicial:

Contamos con 28 paneles fotovoltaicos de 230W de potencia con un coste de 235,00€/Und. 24 Baterías, con un coste de 853,59€/Und. 1 Regulador de 48V de tensión y una capacidad de carga de 240A, con un coste estimado de 350€. 1 Inversor de 3000W de potencia y una Tensión de alimentación de 38 - 66 V y cargador con un rango de tensión de entrada de 187-265 VCA y una tensión de carga absorción de 57,6,8 VCC, con un coste de 1.437,16€ y se ha supuesto un costo del resto de la instalación de 15.000€ (Véase **Tabla. 13** y **Fig.46**). (*Detalles de precios en las referencias bibliográficas*).

**Tabla 13.** Costes de inversión.

ELEMENTOS	COSTES (€)
<b>MODULO</b> tipo -LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino	
Potencia nominal del sistema = 6440 Wp	
Coste unitario	235,00
<b>Coste total</b>	<b>6.580</b>
<b>REGULADOR</b> LEONICS SCP-48240 PWM	
Potencia nominal= 13200 Wp	
Coste unitario	350.00
<b>Coste total</b>	<b>350.00</b>
<b>INVERSOR-CARGADOR</b> tipo -VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16	
Potencia nominal = 3000 W	
	1.437,16
<b>Coste total</b>	<b>1.437,16</b>
<b>BATERÍAS</b> tipo - ECOSAFE TZS-13 TUBULAR-PLATE	
Capacidad nominal.= 48V y 2608 Ah	
Coste unitario	853,59
<b>Coste total</b>	<b>20.486,16</b>
<b>OTROS ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN</b>	
Cableado	<b>523,95</b>
Cajas de conexiones	<b>1.392,60</b>
<b>OTROS COSTES</b>	
Obra civil	<b>1.200,00</b>
Estructura del sistema	<b>1,200,00</b>
Puesta en servicio	<b>797,40</b>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>33.443,32</b>
<b>INGENIERÍA</b>	
Diseño y gestión del proyecto	
<b>10% SUBTOTAL</b>	<b>33.44,332</b>
<b>COSTE TOTAL DE LA INSTALACIÓN</b>	<b>36.787,652</b>

INVERSIÓN DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA		
TOTAL		36.787,65 €
Inversión propia	25%	9.196,91 €
Préstamo	75%	27.590,74 €

**Fig. 46.** Presupuesto de la inversión.

## 6.2 Financiación:

La *ley No. 57-07* {3}, otorga un crédito fiscal del 75% de la inversión total de los equipos (Véase **Fig. 46**) destinados al desarrollo del proyecto, durante un término de los primeros 3 años de la inversión (solamente). Cabe destacar que según el Banco Central de la Rep. Dom. {37}, se cuenta con una tasa de interés nominal de 5,0%, y pagos anuales (Véase **Tabla 14**).

**Tabla 14.** Cuadro de amortización de préstamos.

AÑOS	CUOTA	INTERESES	AMORTIZACIÓN	AMORTIZADO	PENDIENTE
0					27.590,74
1	10.131,56	1.379,54	8752,02	8.752,02	18.838,72
2	10.131,56	941,94	9189,62	17.941,64	9.649,10
3	10.131,56	482,46	9649,10	27.590,74	0,00

## 6.3 Costes de explotación:

Los costes de explotación o gastos de explotación, son los costes de actividades que no están conectadas directamente con la actividad primaria del negocio. Son el gasto de llevar a cabo actividades del día a día que no tienen que ver con la producción o las ventas.

Presentados subsiguientemente (Véase **Fig. 46**):

- Costes de producción (Véase **Fig. 47**), Se dividen en coste de funcionamiento y coste de mantenimiento. Los dos se calculan a través del coste del primer año que se va a multiplicar para los demás por el factor IPC (Índice de Precios al Consumo), con un valor de 4,5% {35}.
- Costes financieros, por su parte, representan los intereses que se tienen que pagar anualmente con respecto a la cantidad de dinero prestada.



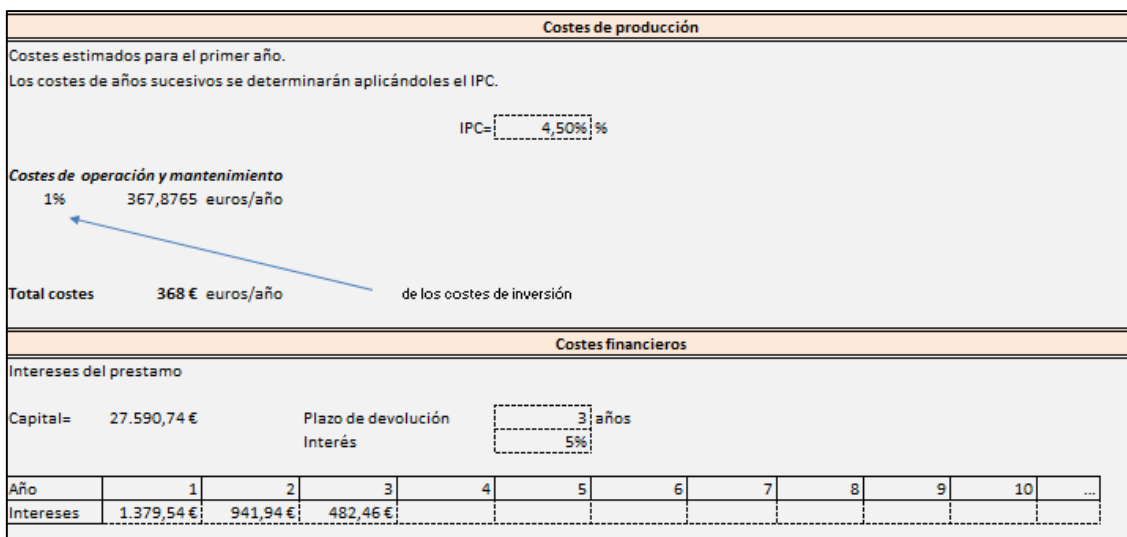


Fig. 47. Costes de explotación.

#### 6.4 Ahorro en facturación.

Si bien es cierto, al ser por ser una instalación aislada, no inyectamos nada a la red, por ende no vendemos. Pero todo lo producido, lo consumimos del sistema, ES GRATIS, a parte, es un sistema el cual puede dar servicio en horas nocturnas.

A continuación, una estimación de la factura de electricidad anual en Rep. Dom. (Véase **Tabla 15**), cada uno con precios reales según EdeEste {36}.

Tabla 15. Estimación de factura anual de electricidad en Rep. Dom.

Factura		
Concepto	Cálculos	Importes(€)
<b>Facturación por potencia contratada</b>		
Potencia contratada	Potencia kW x 0,19 Eur/kW y año x N/365 días	0,0248
<b>Cargo fijo</b>		
	30días, 0,10Eur/kW	0,100
<b>Facturación por energía consumida</b>		
Energía consumida	200kWh x 0,077 Eur/kWh	184,80
	100kWh x 0,12 Eur/kWh	144,00
	15kWh x 0,19 Eur/kWh	34,20
<b>TOTAL</b>		<b>363,12 €</b>

### 6.5 Cálculo del CASH-FLOW:

Para esta instalación, el cash-flow, definido como la diferencia entre los cobros y pagos en un período determinado. Para esta ocasión sería el *beneficio neto*, se le resta el *pago a principal*, más el *beneficio del ahorro*, y (Véase **Fig. 48**). El *ahorro* de las facturas de luz, se sumarían al beneficio neto para calcular el Cash flow.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Inversión	<b>36.788</b>																									
Inversión propia	9.196,913																									
Préstamo (Financiación)	27.590,74																									
Ingresos		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
Costes																										
Costes de funcionamiento		367,88	394,43	401,73	419,81	438,70	458,44	479,07	500,63	523,16	546,70	571,30	597,01	623,87	651,95	681,29	711,94	743,98	777,46	812,45	849,01	887,21	927,14	968,86	1.012,46	1.058,02
Costes financieros		1.379,54	941,94	492,46	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
Costes de depreciación		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
Beneficio bruto		-1.384,29	-963,24	-521,06	-56,68	-75,57	-95,32	-115,95	-137,50	-160,03	-183,57	-208,18	-233,88	-260,75	-288,82	-318,16	-348,82	-380,86	-414,34	-449,32	-485,88	-524,09	-564,01	-605,73	-649,33	-694,89
Impuestos 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
Beneficio neto		-1.384,29	-963,24	-521,06	-56,68	-75,57	-95,32	-115,95	-137,50	-160,03	-183,57	-208,18	-233,88	-260,75	-288,82	-318,16	-348,82	-380,86	-414,34	-449,32	-485,88	-524,09	-564,01	-605,73	-649,33	-694,89
Pago a principal		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
Ahorro		363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12	363,12
Cash Flow		-8.196,91	-1.384,29	-963,24	-521,06	-56,68	-75,57	-95,32	-115,95	-137,50	-160,03	-183,57	-208,18	-233,88	-260,75	-288,82	-318,16	-348,82	-380,86	-414,34	-449,32	-485,88	-524,09	-564,01	-605,73	-649,33

**Fig. 48.** Cash-Flow.

### 6.6 Rentabilidad.

Para evaluar la rentabilidad de la instalación calcularemos el VAN (Valor Actual Neto), el cual es un indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto. Si tras medir los flujos de los futuros ingresos y egresos y descontar la inversión inicial queda alguna ganancia, el proyecto es viable.

Cabe destacar que según la Comisión Nacional de Energía (CNE), en Rep. Dom existe la exención de todo tipo de impuestos de importación a los equipos, maquinarias y accesorios importados por las empresas o personas individuales necesarios (*Ley n° 57-07*) **{3}** para la producción de energía de fuentes renovables. La exención será del 100% de dichos impuestos.

Tasa de actualización:

$$i = e + k(1 + e) + r = 11,9\%$$

$$e = \text{Interés del capital} = 5\%. \{38\}$$

$$k = \text{inflación anual} = 1,2\%. \{39\}$$

$$r = \text{prima de riesgo} = 5,6\%. \{40\}$$

Los indicadores de rentabilidad del proyecto son negativos, por lo tanto, la instalación no es rentable económicamente (Véase **Fig. 49**).

CÁLCULO DE LOS PARAMETROS DE RENTABILIDAD	
Tasa de actualización	11,86%
Instalación fotovoltaica	
VAN= -12.738,33	

**Fig. 49.** Cálculo del VAN.

## CONCLUSIONES

En vista del problema entre la discrepancia del ingreso económico de este tipo de viviendas, el costo de la propiedad y su demanda energética, y luego de realizar este proyecto, vemos como la aplicación de energías renovables a viviendas sociales crea ventajas y oportunidades estratégicas potencialmente simplificadas y generalizadas, aunque muchas veces esto plantea barreras y complicaciones únicas, apreciamos como el uso de estas, beneficiaría en gran manera no sólo a las personas de escasos recursos que necesitan viviendas en las que habitar, sino también al medio que nos rodea a todos. Profundizando en esto, debido a la escasez de energía y otras razones, esta área desatendida se convierte en la primera víctima de cualquier cambio que haya en el país.

Entonces, en función a los objetivos planteados al inicio y a raíz de la investigación, los análisis y sus resultados, se pueden resaltar las siguientes conclusiones:

1. Luego de realizar un análisis al estado del arte y saber la situación de esta temática actualmente y sus avances, tanto a nivel internacional como nacional, y analizando requisitos, desafíos y soluciones planteadas en proyectos similares anteriormente ejecutados o planteados para años venideros, vemos como el mundo está actualizándose y adaptándose a la utilización de los recursos renovables que poseen, tanto para viviendas sociales como económicas.
2. En cuanto al análisis de los recursos renovables en República Dominicana, se contempla las tantas opciones disponibles, variando sólo en la posición en la que estás en el país.
3. Posteriormente, se analizó y se propusieron viviendas con características básicas pero funcionales, con un tipo de edificación: Residencial entre medianeras, con un área total de 116,80m<sup>2</sup>, Largo – 11,34mts, ancho – 10,30mts y una altura – 3,00mts y otras particularidades (Véase **Cap. III**).
4. Respecto al análisis técnico, dividido en las siguientes partes:
  - o Un emplazamiento de viviendas, que consta de un Área Total= 28.806,9m<sup>2</sup>, y con un área útil para los paneles solares de 116,80m<sup>2</sup> por vivienda, para un área total= 11.680m<sup>2</sup> para las 100 viviendas.

- o Un análisis climatológico a La Romana y la clasificación del clima de Köppen-Geiger, es Aw (Aw: Sabana), lo que significa que es cálido todo el año, con estación seca, típico en países caribeños. Se presentaron diferentes diagramas y tablas Datos históricos del tiempo en La Romana ( Véase Datos climatológicos locales, **Cap. IV**). Se presentaron también generalidades y datos locales (La Romana) de sol e irradiación que posee.
- o Luego un procedimiento de cálculo, en cual se llegó a las siguientes conclusiones:

Subsiguientemente, la relación cantidad/Elementos (**Tabla 16**).

**Tabla 16.** Relación cantidad/Elementos.

Unidades	Elementos
28	Modulo tipo -LUXOR Eco line 60/230 W Policristalinos
1	Regulador tipo - LEONICS SCP-48240 PWM
24	Baterías tipo - ECOSAFE TZS-13 TUBULAR- PLATE
1	Inversor tipo -VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16

Con los elementos de consumos seleccionados y los componentes de la instalación calculados, obtenemos la siguiente comparativa de consumos y producción estimados a lo largo del año ( Véase **Tabla 17** y **Fig. 50**).

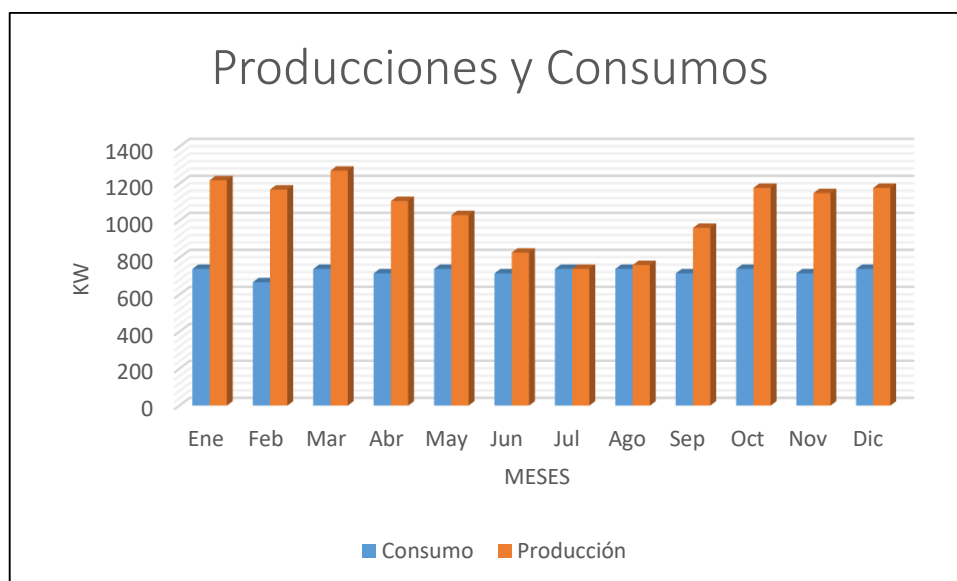
**Tabla 17.** Relación Producciones/Consumo.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Consumo	739	667	739	715	739	715	739	739	715	739	715	739
Producción	1218	1168	1270	1106	1030	827	739	760	961	1177	1149	1177

**Consumo total al año: 8700Kw.**

**Producción total al año: 12582Kw.**

**Total kg/año CO2 evitados: 6819.**



**Fig. 50.** Diagrama de relación Producciones/Consumo.

5. Por último, un análisis económico, donde nos damos cuenta que la opción solar es económica a largo plazo, aparte de que como ventajas tiene que es la que necesita menos mantenimiento, es más práctica y confiable.

Ciertamente, el indicador de rentabilidad del proyecto (VAN) dio negativo, sin embargo se debe tener en cuenta algunos puntos importantes:

- Todo lo consumido del sistema, sería gratis.
- Es un sistema el cual puede dar servicio en horas nocturnas.
- La localización del emplazamiento está un poco aislada de la red eléctrica nacional, por lo que sería especialmente útil para estas viviendas.
- La opción de hacerse independientes de la compañía eléctrica, las circunstancias del mercado y los elevados costes.
- La comodidad de uso y el mantenimiento.

Aparte, la Rep. Dom. cuenta con modelos de subsidios cruzados, créditos del 75% del total del proyecto, y leyes como la *Ley 57-07* (Véase el Marco Legal, Cap. II), la cual elimina todos los impuestos, y sugieren que la carga financiera del Estado dominicano también podría minimizarse. Por lo tanto, considerar la vinculación de cualquier proyecto de vivienda social con la provisión de energía solar sería ideal y económicamente viable.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

### Referencias:

- {1} "Comisión Nacional de Energía, (2012), *Mapa Eléctrico y Energético de la República Dominicana*, Ley 57-07".
- {2} "Banco Mundial, (2007) ".
- {3} "CNE, SIE, OC, (Julio 2012), *Ley número 57-07 Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales*, República Dominicana, Reglamento Decreto 202-08".
- {4} EL CONGRESO NACIONAL, (2011), *Ley No. 189-11, sobre Desarrollo del Mercado Hipotecario y el Fideicomiso en la República Dominicana*, República Dominicana.
- {5} "Comisión Nacional de Energía e IRENA (International Renewable Energy Agency), (Noviembre 2017), *Perspectivas de Energías Renovables: República Dominicana*, REmap 2030".
- {6} "Wong, J.L.H., Teh, P.S., Wang, V. X. & Chia, L.M.H., (2013), *Solar Capability Building Programme for Public Housing*, Singapore, Energy Procedia".
- {7} "Energiehaus expertos arquitectura Passivhaus, (Octubre, 2017), *Los edificios Passivhaus ya existentes, mucho más exigentes que el nuevo CTE nZEB*, España, energiehaus".
- {8} "Vaillant Group, (Febrero, 2015), *Cómo climatizar un bloque de 80 viviendas con geotermia y ventilación con recuperación de calor*, España, Vaillant".
- {9} "mca/jnr, (Septiembre, 2017), *Torrejón contará en 2019 con un edificio de consumo energético casi cero*, España, LA VANGUARDIA".
- {10} "DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, (Mayo, 2010), *relativa a la eficiencia energética de los edificios*, España, Diario Oficial de la Unión Europea".
- {11} "Bodach, S. & Hamhaber J., (2010), *Energy Efficiency in Social Housing: Opportunities and Barries from a Case Study in Brazil*, Alemania, Energy Policy".
- {12} " EPE (Empresa de Pesquisa Empresa de Pesquisa Energética) & MME (Ministerio de Minas e Energia), EPE & MME, (2004), *Brazilian Energy Balance 2005*, Brasil, EPE".
- {13} "Cleanenergy Brief, (Noviembre, 2015), *Brasil promueve energía solar en viviendas de interés social*, ENERGIA LIMPIA XXI".
- {14} "Ministerio de Planificación, Presupuesto y Gestión, (2007 & 2011), *PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO 2 (PAC 2)*, Brasil".
- {15} "Belen Cavanillas, (Agosto, 2015), *BID apoya incorporación de eficiencia energética y energía renovable en la vivienda social de Argentina*, Argentina, Smart-Lighting".
- {16} " Argentina.gob.ar, (Julio, 2018), *Se realizó un taller sobre viviendas sociales sustentables*, Argentina, Argentina.gob.ar".
- {17} "Casa Rosada, (Junio, 2018), *Se construirán viviendas sociales con criterios de eficiencia energética en ocho provincias*, Argentina, Casa Rosada – Presidencia de la Nación".
- {18} "Stephany de la Cruz, (Abril, 2017), *República Dominicana busca aprovechar más la energía eólica y solar*, Rep. Dom., elDinero".
- {19} "Instituto Worldwatch, (Julio, 2015), *Aprovechamiento de los Recursos de Energía Sostenible de la República Dominicana*, Washington, D.C., USA, WORLDWATCH INSTITUTE".

- {20} "Instituto Worldwatch, (Junio, 2011), Estrategia para un Sistema de Energía Sustentable, Washington, D.C., USA, WORLDWATCH INSTITUTE".
- {21} "IRENA, (2014), *Bioenergía Mundial: Proyecciones de la Oferta y la Demanda* (documento de trabajo), Abu Dhabi, Agencia Internacional de Energía Renovable".
- {22} "Milton Morrison, (Marzo, 2016), *La eólica en República Dominicana*, Rep. Dom., Listin Diario".
- {23} "Yulissa Álvarez, (Julio, 2017), *RD tiene el potencial de producción de 1.6 millones de toneladas de biomasa por año*, Rep. Dom., elDinero".
- {24} "Concejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio de la República Dominicana, (Septiembre, 2011), "A Journey to Sustainable Growth: The Draft Climate-Compatible Development Plan of the Dominican Republic, Rep. Dom., Concejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio".
- {25} "Dep. de Noticias, (Septiembre, 2009), "La primera hidroeléctrica se construyó en el país en 1945, Rep. Dom., Diariolibre".
- {26} "MARN, *Cuencas Hidrográficas Prioritarias*, Rep. Dom., Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales".
- {27} "Organismo Coordinador del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado de la República Dominicana, Inc, (Memoria Anual 2009), Rep. Dom.".
- {28} "Concejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio de la República Dominicana, (2010), *The Study for the Promotion of CDM Projects in the Dominican Republic*, Rep. Dom. ".  
Disponible en [www.cambioclimatico.gob.do/eng/Portals/0/pdf/DFR\\_MainEN.pdf](http://www.cambioclimatico.gob.do/eng/Portals/0/pdf/DFR_MainEN.pdf).
- {29} "CLIMATE-DATA.ORG, *CLIMA: LA ROMANA*, Rep. Dom., CLIMATE-DATA.ORG".
- {30} "Meteorología y climatología de Navarra, *Clasificación climática de Köppen*, España, [meteo.navarra](http://meteo.navarra)".
- {31} "NASA, (Diciembre, 2008), *Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications, Version 2*, Estados Unidos de América, AGU".
- {32} "EdeEste, (Septiembre, 2018), *CALCULADORA RESIDENCIAL*, Rep. Dom., Empresa Distribuidora de Electricidad del Este (EdeEste) ".
- {33} "Cristina Rodríguez, (Noviembre, 2016), *¿Cómo se mide el consumo de energía eléctrica?*, Rep. Dom., PROGRAMA DE REHABILITACIÓN DE REDES ELÉCTRICAS / Corporación Dominicana de Empresas Eléctricas Estatales".
- {34} "Annie McCabe, Dorina Pojania, Anthony Broese van Groenou, (Enero, 2018), *The application of renewable energy to social housing: A systematic review*, Australia, Elsevier".
- {35} "DatosMacro, (Mayo, 2018), *En mayo se elevó el IPC en República Dominicana*, Rep. Dom., Expansión".
- {36} "EdeEste, (Julio, 2017), *TARIFA SIE PARA SISTEMA INTERCONECTADO*, Rep. Dom., Banco Central de La Rep. Dom".
- {37} "BanCentral, (Octubre, 2018), *VARIABLES MACROECONÓMICAS*, Rep. Dom., Banco Central de La Rep. Dom".
- {38} "BanCentral, (2018), *Histórico Tasas Interés*, Rep. Dom., Banco Central de La Rep. Dom".
- {39} "DatosMacro, (Mayo, 2018), *En mayo se elevó el IPC en República Dominicana*, Rep. Dom., [datosmacro.com](http://datosmacro.com) Toggle navigation".
- {40} "Felix Santana Gargía, (Julio, 2016), *Prima de riesgo dominicana*, Rep. Dom., ALMOMENTO.NET".



### Leyes y/o Normativas:

- Ley 57-07. Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y de sus Regímenes Especiales.
- Ley 64-00 De Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales.
- Ley 1-12 que establece la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030.

### Páginas Web visitadas:

- <https://acento.com.do/2017/especiales/8445184-habitat-dominicana-la-vivienda-social/>
- <https://www.evwind.com/2016/03/28/la-eolica-en-republica-dominicana/>
- <https://noticias.nat.gov.tw/news.php?unit=101,105,115&post=97166>
- <https://www.businesswire.com/news/home/20130827005465/es/>
- <http://egehaina.com/plantas/loscocos/>
- <https://www.eldinero.com.do/44487/biomasa-potencial-energetico-republica-dominicana/>
- <https://www.arqhys.com/construccion/aquacate-presa.html>
- <https://www.google.es/maps>
- <https://www.listindiario.com/economia/2016/04/22/416476/energias-renovables-en-republicadominicana>
- <https://constructorelectrico.com/opciones-de-generacion-renovable-para-uso-residencial/>
- <http://camiperd.org/republica-dominicana-busca-aprovechar-mas-la-energia-eolica-y-solar-2/>
- [https://es.wikipedia.org/wiki/Sector\\_el%C3%A9ctrico\\_en\\_la\\_Rep%C3%BAblica\\_Dominicana](https://es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_la_Rep%C3%BAblica_Dominicana)
- <http://camiperd.org/republica-dominicana-busca-aprovechar-mas-la-energia-eolica-y-solar-2/>
- <https://www.arqhys.com/blog/la-produccion-de-vivienda-social-en-republica-dominicana.html>
- [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA\\_REmap\\_Dominican\\_Republic\\_summary\\_2016\\_ES.PDF?la=en&hash=CE2E1A47F33F599C3B4344065A6449296E483ED7](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_REmap_Dominican_Republic_summary_2016_ES.PDF?la=en&hash=CE2E1A47F33F599C3B4344065A6449296E483ED7)
- <https://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/mercados/REP2018779431.html>
- [https://elpais.com/economia/2017/09/22/actualidad/1506088730\\_345149.html](https://elpais.com/economia/2017/09/22/actualidad/1506088730_345149.html)
- <http://ecologico.vaillant.es/index.php/101-arroyo-bodonai.html>
- <https://www.cronista.com/columnistas/Energias-renovables-la-alternativa-de-crecimiento-de-Argentina-20180605-0003.html>
- <https://es.weatherspark.com/y/27405/Clima-promedio-en-La-Romana-Rep%C3%BAblica-Dominicana-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- <https://es.weatherspark.com/y/27405/Clima-promedio-en-La-Romana-Rep%C3%BAblica-Dominicana-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- <https://edeeste.com.do/site/inicio/calcular-consumo/calculadora-comercial/>
- <https://www.diariolibre.com/medioambiente/analice-su-factura-electrica-controlar-los-electrodomesticos-puede-reducirla-EC6631116>

Referencias de precios de los componentes de la instalación:

- [https://www.teknosolar.com/placa-solar-luxor-eco-line-p60-270w?gclid=Cj0KCQjwgOzdBRDIARIsAJ6\\_HNI0o1VspWSoUz6Bnihvk\\_pltKc3cNj1xkslnu\\_GVWgCwaTgZwxEBMQaAuwpeALw\\_wcB](https://www.teknosolar.com/placa-solar-luxor-eco-line-p60-270w?gclid=Cj0KCQjwgOzdBRDIARIsAJ6_HNI0o1VspWSoUz6Bnihvk_pltKc3cNj1xkslnu_GVWgCwaTgZwxEBMQaAuwpeALw_wcB)
- [https://autosolar.es/reguladores-de-carga/reguladores-de-carga-48v?gclid=Cj0KCQjwgOzdBRDIARIsAJ6\\_HNmSI-O42NocDL93LimyMOXLhK0yu-berFwIMRL762RCIXh5HnM406EaAm3eEALw\\_wcB](https://autosolar.es/reguladores-de-carga/reguladores-de-carga-48v?gclid=Cj0KCQjwgOzdBRDIARIsAJ6_HNmSI-O42NocDL93LimyMOXLhK0yu-berFwIMRL762RCIXh5HnM406EaAm3eEALw_wcB)
- <HTTPS://WWW.CAMBIOENERGETICO.COM/POWERSAFE/356-BATERIA-POWERSAFE-OPZS-TZS-13-2V-2600AH-C100.HTML>
- [HTTPS://WWW.PUNTOENERGIASHOP.IT/ES/INVERSOR-OFF-GRID/2687-INVERSORCARGADORE-2500W-48V-3000VA-VICTRON-ENERGY-MULTIPLUS-48300035-16-8380000002009.HTML?UTM\\_CAMPAIGN=MERCHANTCENTER&UTM\\_SOURCE=GOOGLE&UTM\\_MEDIUM=ADS&GCLID=CJ0KCQJWGOZDBRDLARISAJ6\\_HNM00FUEU23RFDEIZ4XBORKASXEZKJ5XH7XS03CLM8UWUCOBKFWWWCWAAJLMEALW\\_WCB](HTTPS://WWW.PUNTOENERGIASHOP.IT/ES/INVERSOR-OFF-GRID/2687-INVERSORCARGADORE-2500W-48V-3000VA-VICTRON-ENERGY-MULTIPLUS-48300035-16-8380000002009.HTML?UTM_CAMPAIGN=MERCHANTCENTER&UTM_SOURCE=GOOGLE&UTM_MEDIUM=ADS&GCLID=CJ0KCQJWGOZDBRDLARISAJ6_HNM00FUEU23RFDEIZ4XBORKASXEZKJ5XH7XS03CLM8UWUCOBKFWWWCWAAJLMEALW_WCB)