



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA  
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPLEMENTARIO DE SUMINISTRO  
ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍAS VERDES PARA EL CONJUNTO  
RESIDENCIAL “LA ARBOLEDA” EN CIUDAD GUAYANA  
TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

Presentado ante la

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**

Como parte de los requisitos para optar al título de

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**REALIZADO POR**

**Br. RAMÍREZ, Francis**

**C.I. 25.595.914**

**TUTOR:**

**Ing. José Fonseca**

**FECHA:**

**octubre de 2020**



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
Prolongación Av. Atlántico. Puerto Ordaz  
Telf.: (0286) 600-02-36 Fax: (0286) 600-02-36

Período: 202115

NRC: 17888

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial

## ACTA DE TRABAJO DE GRADO

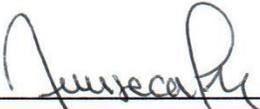
Ciudad Guayana, 15 de Diciembre de 2020

Los suscritos profesores: José Fonseca Droy, Luis Cabareda Rondón y Ivan Natera Alvizu, integrantes del jurado calificador del Trabajo de Grado intitolado "Estudio de factibilidad técnico económico para la implementación de un sistema complementario de suministro eléctrico basado en energías verdes para el conjunto residencial La Arboleda, en Ciudad Guayana", elaborado por la bachiller Ramírez Koteich, Francis Alicia, cédula de identidad N° 25595914, para optar al Título de Ingeniero Industrial, certifican que, habiendo examinado dicho trabajo, consideramos que es merecedor de la calificación de Veinte (20) puntos.

Observaciones:

---

---

  
José Fonseca Droy  
Tutor(a)

  
Luis Cabareda Rondón  
Jurado



  
Ivan Natera Alvizu  
Jurado

Secretaría General  
c.c. Escuela



VICERRECTORADO ACADÉMICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL.

“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA COMPLEMENTARIO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO BASADO EN ENERGÍAS VERDES PARA EL CONJUNTO RESIDENCIAL “LA ARBOLEDA” EN CIUDAD GUAYANA”

Presentado por: Francis A. Ramírez Koteich

Año: Octubre, 2020

### **RESUMEN**

El presente proyecto cumple con la finalidad de estudiar la factibilidad técnico – económica de la instalación de un sistema fotovoltaico complementario basado en energías verdes para el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana. Esta es una investigación de tipo evaluativa – proyectiva, ya que tiene como objetivo la evaluación de la factibilidad real en las condiciones actuales. La recolección de datos se llevó a cabo mediante entrevistas informales, encuestas y análisis documental de fuentes bibliográficas, informes técnicos y páginas web. El estudio técnico inició con la determinación de la necesidad de los habitantes, procediendo luego a calcular la demanda energética donde se relaciona la potencia requerida por distintos equipos de uso doméstico y las horas de uso de cada uno de ellos. Con la información señalada fue posible seleccionar los equipos que conformarían la propuesta energética, que consistió, luego de aplicar un método de ponderación de criterios de evaluación, en dos sistemas solares fotovoltaicos híbridos independientes. El estudio económico se formuló siguiendo los lineamientos de la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (CEPAL), y se basó fundamentalmente en el desarrollo de indicadores costo – eficiencia, una vez estructurados los costos en una proyección de cinco años, para la evaluación de la conveniencia y factibilidad de la inversión.

Palabras clave: radiación, módulo fotovoltaico, demanda, potencia, indicadores, carbono.

## **Dedicatoria**

A mis padres – quienes me enseñaron el valor de la educación, quienes son ejemplo de esfuerzo y dedicación, quienes nos acompañan a mi hermano y a mí en todos los caminos que decidamos recorrer.

## **Agradecimientos**

Agradezco en primer lugar, a mis tías, tíos y demás familiares quienes cuidaron de mí y se interesaron en ayudarme a cumplir esta meta.

A mis vecinos, quienes considero mi familia extendida y las personas más solidarias que he conocido.

A todos los primos pequeños, sacándome sonrisas a diario.

A los profesores que forman parte de la Escuela de Ingeniería Industrial. Todos y cada uno de ellos marcaron mi desarrollo académico durante estos cinco años en la Universidad Católica Andrés Bello. Agradezco especialmente al Ing. José Zacarías y José Fonseca por sus instrucciones, a la Ing. Luisa Vera por su compromiso, al Ing. Julio Hernández por su amistad, y al Ing. Héctor Chamorro por todos los conocimientos otorgados y el tiempo invertido en prestarme su apoyo.

A mis compañeros, principalmente José Fernández, quienes hicieron de esta etapa de mi vida una experiencia increíble, más allá de lo académico.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción.....	12
CAPÍTULO I.....	14
EL PROBLEMA.....	14
Planteamiento Del Problema.....	14
Objetivos.....	16
Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
Justificación De La Investigación.....	16
Alcance de la Investigación.....	17
Limitaciones de la Investigación.....	17
CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
Antecedentes de la Investigación.....	18
Bases Teóricas.....	20
Energía Eléctrica.....	20
Fuentes de Generación de Energía.....	20
Energías Renovables.....	21
Tipos de Sistemas.....	22
El Proyecto.....	23
Marco Lógico.....	23
Evaluación de Proyectos.....	24
Estudio de Factibilidad.....	25
Bases Legales.....	27
Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.....	27
Ley Orgánica del Ambiente.....	27
Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico.....	27
Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía.....	28
Definición de términos básicos.....	28
CAPÍTULO III.....	31

MARCO METODOLÓGICO .....	31
Tipo de Investigación .....	31
Nivel de Investigación .....	31
Diseño de la Investigación .....	31
Población.....	32
Muestra.....	32
Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	33
Observación Directa.....	33
Entrevistas.....	33
Encuesta.....	33
Análisis Documental.....	34
Operacionalización de las variables .....	34
Procedimiento para lograr los objetivos.....	37
Objetivo 1: Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda. .....	37
Objetivo 2: Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario más adecuado al contexto. ....	39
Objetivo 3: Evaluar la Factibilidad Económica del Proyecto.....	43
CAPÍTULO IV .....	44
PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	44
Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda.....	44
Entrevista .....	44
Encuesta: análisis de resultados .....	45
Instalaciones .....	54
Instalaciones eléctricas internas .....	55
Descripción de componentes.....	57
Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario más adecuado al contexto.....	58
Cálculo de requerimientos.....	58
Análisis climatológico.....	62
Matriz de Ponderación.....	69
Selección de la alternativa .....	72

Beneficios.....	72
Operabilidad y mantenibilidad. ....	73
Cálculos de dimensionamiento.....	73
Diseño para viviendas unifamiliares .....	74
Diseño para equipos comunes.....	87
Evaluar la factibilidad económica del proyecto .....	91
Marco Lógico.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Conclusiones .....	107
Recomendaciones.....	109
Plan de uso de equipos .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Equipos comunes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Equipo de trabajo.....	109
Dimensionamiento de la instalación para viviendas unifamiliares.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Desarrollo del marco legal .....	109
Análisis Costo – Beneficio .....	109
Anexos.....	110
Apéndices.....	124
Referencias bibliográficas .....	110

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Uso industrial de la Energía Eléctrica. ....	22
Fig. 2. Participación de los distintos combustibles en la oferta mundial de energía primaria. ....	23
Fig. 3. Estructura general de la evaluación de proyectos. ....	27
Fig. 4. Vista satelital Conjunto Residencial “La Arboleda” .....	57
Fig. 5. Información del sitio.....	67
Fig. 6. Vista satelital Conjunto Residencial “La Arboleda” .....	58
Fig. 7. Escala de Beaufort. ....	68
Fig. 8. Base de datos climatológicos RETScreen. ....	70
Fig. 9. Panel Solar fotovoltaico – Greensun Solar. ....	77
Fig. 10. Inversor híbrido 50/100 kW.....	78
Fig. 11. Inversor monofásico 8kW.....	79
Fig. 12. Gráfico de distribución – área techada. ....	84

Fig. 13. Diseño Preliminar para viviendas unifamiliares .....	89
Fig. 14. Cámara solar Sanan. ....	90
Fig. 15. Luminarias Solares .....	91
Fig. 16. Diseño preliminar – zonas comunes. ....	93

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfica 1. Resultado de la encuesta: pregunta 3. ....	53
Gráfica 2. Resultado de la encuesta: pregunta .....	54
Gráfica 3. Resultado de la encuesta: pregunta 5 .....	54
Gráfica 4. Resultado de la encuesta: pregunta 6. ....	55
Gráfica 5. Resultado de la encuesta: pregunta 7 .....	56
Gráfica 6. Resultado de la encuesta: pregunta 8 .....	56
Gráfica 7. Resultado de la encuesta: pregunta 9. ....	56
Gráfica 8. Resultado de la encuesta: pregunta 10 .....	57
Gráfica 9. Resultado de la encuesta: pregunta 11. ....	57
Gráfica 10. Resultado de la encuesta: pregunta 12 .....	58
Gráfica 11. Resultado de la encuesta: pregunta 14. ....	59
Gráfica 12. Resultado de la encuesta: pregunta 16. ....	60
Gráfica 13. Resultado de la encuesta: pregunta 17 .....	61
Gráfica 14. Resultado de la encuesta: pregunta 19 .....	61
Gráfica 15. Porcentajes de consumo. ....	71
Gráfica 16. Comparación de porcentajes de consumo de uso residencial y común. ....	71
Gráfica 17. Valor presente neto – viviendas unifamiliares. ....	107
Gráfica 18. Valor presente neto – equipos comunes. ....	114

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.....	41
Tabla 2. Indicadores de evaluación de la encuesta. ....	44
Tabla 3. Especificaciones técnicas – luminarias actuales. ....	65
Tabla 4. Especificaciones técnicas – cámara de seguridad. ....	66
Tabla 5. Consumo eléctrico de equipos de uso residencial.....	69
Tabla 6. Consumo eléctrico de equipos de uso común. ....	69
Tabla 7. Porcentaje de consumo de equipos de uso residencial.....	69
Tabla 8. Potencia requerida.....	70
Tabla 9. Radiación solar. ....	72
Tabla 10. Clasificación de la radiación solar según su potencial.....	72
Tabla 11. Criterios de selección por objetivo. ....	78
Tabla 12. Contraposición de criterios .....	78
Tabla 13. Evaluación de alternativas por criterio.....	80
Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio.....	80
Tabla 15. Factores de pérdidas asociados al rendimiento de instalaciones fotovoltaicas. ....	83
Tabla 16. Potencia corregida.....	84
Tabla 17. Configuración del arreglo: escenario (a).....	86
Tabla 18. Configuración del arreglo: escenario (b). ....	87
Tabla 19. Cálculos de área requerida.....	92
Tabla 20. Cálculos de cableado de string.....	93
Tabla 21. Cálculo de segmento de string. ....	93
Tabla 22. Cálculo de cableado CC – Inversor. ....	94
Tabla 24. Cálculo de cableado Banco de Baterías – Inversor.....	94
Tabla 25. Especificaciones técnicas cámara solar Sanan.....	96
Tabla 26. Especificaciones técnicas luminarias solares.....	97
Tabla 27. Potencia requerida y corregida – equipos comunes .....	98
Tabla 28. Kit solar – equipos comunes.....	98
Tabla 29. Análisis de interesados – viviendas unifamiliares. ....	100
Tabla 30. Análisis de interesados – equipos comunes. ....	101
Tabla 31. Análisis de objetivos del proyecto .....	101
Tabla 32. Desarrollo de indicadores por objetivo .....	103

Tabla 33. Costos de capital – viviendas unifamiliares.....	105
Tabla 34. Costos de operación y mano de obra – viviendas unifamiliares.....	105
Tabla 35. Flujo de caja – viviendas unifamiliares.....	106
Tabla 36. Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.....	107
Tabla 37. Empleos creados por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.....	107
Tabla 38. Personas servidas por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.....	108
Tabla 39. Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad – viviendas unifamiliares.....	108
Tabla 40. Productividad del servicio – viviendas unifamiliares.....	109
Tabla 41. Costo de generación – viviendas unifamiliares.....	109
Tabla 42. Disponibilidad del servicio de energía – viviendas unifamiliares.....	109
Tabla 43. Porcentaje de inversión tecnológica – viviendas unifamiliares.....	110
Tabla 44. Costos de capital – equipos comunes.....	111
Tabla 45. Costos Operación y Mano de Obra – equipos comunes.....	112
Tabla 46. Flujo de caja – equipos comunes.....	112
Tabla 47. Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria – equipos comunes.....	113
Tabla 48. Empleos creados por unidad monetaria – equipos comunes.....	113
Tabla 49. Personas servidas por unidad monetaria – equipos comunes.....	114
Tabla 50. Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad – equipos comunes.....	114
Tabla 51. Productividad del servicio – equipos comunes.....	114
Tabla 52. Costo de generación – equipos comunes.....	115
Tabla 53. Disponibilidad del servicio de energía – equipos comunes.....	115
Tabla 54. Porcentaje de inversión tecnológica – equipos comunes.....	115
Tabla 55. Combinación de consumo recomendado.....	119
Tabla 56. Capacidad requerida del consumo recomendado.....	119
Tabla 57. Costos – combinación de equipos recomendados.....	120

## Introducción

El presente estudio tiene como objetivo Evaluar la Factibilidad Técnico – Económica de instalar en el Conjunto Residencial privado “La Arboleda” en Ciudad Guayana, un sistema eléctrico complementario basado en energías verdes, con el fin de aumentar la disponibilidad del servicio eléctrico.

La principal razón por la cual surge esta investigación, es la notoria intermitencia del servicio eléctrico prestado actualmente a nivel nacional y el interés real y persistente por mitigar el calentamiento global a nivel mundial.

Por esta misma razón, se ha desarrollado una propuesta energética que funcione en paralelo al sistema eléctrico disponible para los habitantes del conjunto. Esta propuesta no busca sustituir totalmente al servicio prestado, sino más bien incrementar la disponibilidad y fiabilidad del mismo, permitiendo a los individuos que residen en el sitio, llevar una vida de mejor calidad y; al mismo tiempo; mejorar el desempeño ambiental.

En primer lugar, se debió realizar un sondeo para determinar si existe interés o necesidad para desarrollar la propuesta planteada. Para ello, se realizó una encuesta a un número de habitantes y una serie de entrevistas informales a miembros importantes de la comunidad.

Una vez establecida la necesidad, se prosiguió a calcular de manera teórica el consumo promedio de cada casa y de los equipos comunes que forman parte de las instalaciones. El cálculo permitió conocer los requerimientos energéticos del sistema a instalar.

Para elegir la mejor alternativa energética de las disponibles en el mercado, se seleccionaron criterios significativos para aplicar un método de evaluación multicriterio. Cada uno fue ponderado según su prioridad en el proyecto, para así seleccionar la alternativa más viable bajo las condiciones presentadas.

El diseño de la alternativa se realizó tomando en cuenta la calidad de los equipos, las necesidades de los residentes, la maximización del tiempo de vida útil y las opciones ofrecidas en el mercado internacional. Además, se consideraron las especificaciones técnicas de los dispositivos que integrarían el sistema, con el fin de mantener el mejor rendimiento posible.

Los proyectos de naturaleza social y ambiental incluyen beneficios intangibles por los cuales son preferidos por ciertos grupos y sectores. Para el estudio económico, se analizó la

eficiencia del valor invertido, formulado bajo los lineamientos establecidos por el Marco Lógico, concepto revelado por la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe. Si bien este es un proyecto de inversión, posee características particulares que condicionan el método evaluativo, por lo que se deben presentar indicadores que proporcionen información relevante acerca de la inversión y la conveniencia de la misma.

En resumen, el trabajo de investigación se estructura en cuatro capítulos. El primer capítulo; “El Problema”; delimita el problema a tratar en la presente investigación. El segundo capítulo es conocido como “Marco Teórico”, seguido por el “Marco Metodológico” donde se definen aspectos teóricos y mecanismos utilizados respectivamente. El cuarto capítulo corresponde a los resultados y se estructura de acuerdo a los objetivos establecidos en un principio, iniciando por el diagnóstico de la situación actual, en seguida se desarrolla el estudio técnico y, finalmente, se consuma al integrar el estudio económico. Por último, se emiten conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA

#### Planteamiento Del Problema

El ser humano, como el resto de los animales, recurrió en algún momento de la historia al Sol para calentarse. A partir de esta necesidad fue que nuestros antepasados utilizaron el fuego por primera vez para transformar la leña en combustible. Este descubrimiento significó una cantidad infinita de implicaciones para nuestra especie, pero la más importante está relacionada con el hecho de que; al poder cocinar alimentos; el Homo Erectus desarrolló un porcentaje de su cerebro que le abrió el camino hacia el resto del mundo, para así diferenciarse de los demás mamíferos.

Es así como el ser humano determina qué; en orden para establecerse como el mayor depredador y subsistir, es primordial el desarrollo de nuevas tecnologías. De este principio surge el aprovechamiento del carbón y posteriormente de la gasolina.

En el año 2016, la Organización de las Naciones Unidas establece como objetivo número 7 para el Desarrollo Sostenible, la “Energía asequible y no contaminante”, surgiendo de la premisa de que una de cada siete personas aún no tiene acceso a la electricidad y la demanda de la misma va en aumento, causando también un impacto directo en el cambio climático.

El acceso a fuentes energéticas es esencial para el desarrollo económico y permitir cierto grado de bienestar social a las personas, específicamente en países en vías de desarrollo como los localizados en Latinoamérica, Asia y África.

Las causas de la escasez de este recurso varían, en los países africanos, se debe al ciclo creado por la pobreza, falta de tecnología y difícil orografía. En cambio, en los países Latinoamericanos, la mayoría de los casos se presentan por la falta de administración pública que conlleva a la inaccesibilidad del recurso.

En Venezuela las fuentes primarias de electricidad son las Centrales Hidroeléctricas llamadas “Simón Bolívar” en Guri, “Antonio José de Sucre” en las Macaguas, “Francisco de Miranda” en Caruachi y “Manuel Piar” en Tocoma, seguidas de fuentes secundarias de generación en centrales termoeléctricas cuya operatividad y aporte al servicio nacional es incierto, esto hace que para Ciudad Guayana como para el resto del país las centrales hidroeléctricas representen el único suministro de energía eléctrica en la actualidad.

La falta de inversión y mantenimiento al sistema eléctrico nacional ha conllevado al descenso de la generación, fallas en las líneas de alta tensión del sistema interconectado, saturación en las subestaciones y colapso en la red de distribución, todo ello produce las constantes interrupciones del fluido eléctrico, por lo que muchos venezolanos se han visto en situaciones de incomodidad para el desarrollo de sus actividades diarias.

Si bien es cierto que Guayana ha sido el estado que hasta ahora presenta el menor número de irregularidades, los cortes súbitos y la variación del fluido eléctrico causan daños a los equipos de las zonas residenciales, no siendo la excepción el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana, a esta realidad se suma una condición local donde uno de los transformadores que alimenta al Conjunto Residencial ha perdido un alto porcentaje de eficiencia, dificultando aún más la continuidad del servicio. A esta afectación individual está también la colectiva al aumentar la vulnerabilidad del conjunto al desactivarse los sistemas que proporcionan seguridad a los residentes; como lo son los portones eléctricos, el alumbrado de las áreas comunes, el cercado eléctrico y las cámaras de seguridad.

Los residentes se han visto en la necesidad de adquirir plantas eléctricas de Diesel para proveer energía eléctrica en sus hogares en los momentos de corte, sin embargo, esta opción tiene sus inconvenientes por la emisión de ruidos y gases que irritan al resto de los vecinos, además por la situación actual de Venezuela no se garantiza el suministro permanente de combustible, por lo que poco contribuye a un desarrollo sustentable y sostenible.

Con esta investigación se dio respuesta al siguiente planteamiento problemático: La crisis del Sistema Eléctrico Nacional y los problemas locales en el Conjunto Residencial La Arboleda en Ciudad Guayana, ha traído como consecuencia el daño a equipos eléctricos en las residencias y en las áreas comunes, la vulnerabilidad de los sistemas de seguridad durante los cortes de electricidad y la proliferación de plantas generadoras de electricidad a base de diesel poco amigables con el medio ambiente, por lo que surge la necesidad de realizar un estudio de factibilidad técnico – económico para la implementación de un sistema complementario de suministro eléctrico basado en Energías Verdes para el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.

En este orden de ideas, se respondió la siguiente interrogante: ¿Cuál será la factibilidad para implementar un sistema de suministro eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana?

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Evaluar la factibilidad para la implementación de un sistema de suministro eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.

### ***Objetivos Específicos***

- Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda.
- Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.
- Evaluar la Factibilidad Económica de la instalación del sistema eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.

## **Justificación De La Investigación**

La situación a la que la crisis eléctrica ha llevado a los venezolanos complica notoriamente la continuidad operativa de distintos sectores del país, así como ha disminuido la calidad de vida a raíz de la racionalización del servicio. Las alternativas actuales para combatir esta crisis involucran elementos poco amigables con el ambiente, siendo los combustibles fósiles la fuente principal del proceso de transformación a energía eléctrica utilizable en los hogares.

La ejecución de este proyecto confiere una solución que relacione el cumplimiento de ambos objetivos: la accesibilidad al servicio y la sustentabilidad. De esta manera, se espera beneficiar no solo al planeta, sino a los ciudadanos venezolanos que pueden encontrar en este proyecto un ejemplo a seguir en alternativas viables que se adapten a la situación de los residentes de cada una de las zonas. En este proyecto se considerarán variables que no se consideran en el sistema eléctrico y alternativas actuales del Conjunto Residencial La Arboleda, como lo es la vida útil de los equipos, los costos de operación y el bajo requerimiento de mantenimiento, logrando la continuidad y efectividad en el suministro.

### **Alcance de la Investigación**

Este estudio tiene como objetivo evaluar la factibilidad técnica y económica de la implementación hipotética de un sistema de suministro eléctrico complementario en el Conjunto Residencial La Arboleda en Puerto Ordaz, en el que se garantice el funcionamiento de los equipos encargados de satisfacer las exigencias básicas respecto a la seguridad del conjunto; como lo son el portón peatonal, el portón vehicular, el alumbrado de las áreas comunes, las cámaras de seguridad y el cercado eléctrico; para el aprovechamiento de todos los residentes del conjunto.

Para ello, se procederá a seleccionar el sistema (o sistemas) de suministro eléctrico sustentable más adecuado a partir de un número finito de opciones. Una vez seleccionado el tipo de sistema, se procederá a determinar el consumo eléctrico de los sistemas de seguridad antes mencionados y el consumo promedio de una casa a partir de estimaciones realizadas en base a la información eléctrica de las 120 casas que conforman el conjunto. Luego se definirá el arreglo básico y la disposición de los equipos necesarios para satisfacer la demanda eléctrica determinada, anexando una opción hipotética para aquellas casas que decidan complementar el suministro en su totalidad de forma individual e independiente; y no solo en los sistemas de seguridad y áreas comunes. Finalmente se evaluará la factibilidad económica de la instalación del sistema eléctrico para los casos estudiados.

### **Limitaciones de la Investigación**

Una importante limitante a la hora de considerar todas las variables al estudiar las diferentes opciones de sistemas de suministro eléctrico, es no poseer acceso a licencias de software de simulación de sistemas eléctricos como es el caso de HOMER (Hybrid Optimization Model for Electric Renewable), en donde se estudia simultáneamente el tipo de componente más factible (paneles solares, turbinas eólicas, sistemas híbridos, etc.), los requerimientos de la demanda, la cantidad de baterías de almacenamiento necesarias, la variación de precios de los insumos y el control del sistema. No obstante, existen otras herramientas libres que toman en cuenta los principales factores influyentes como RETScreen, Monsolar y PVSystem, que permite el cumplimiento de los objetivos planteados en esta investigación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En el siguiente capítulo se despliegan los conceptos producto de la revisión bibliográfica y documental imprescindible en la determinación de la factibilidad de esta investigación. Desarrollar la perspectiva teórica implica exponer y analizar las teorías, las conceptualizaciones, las investigaciones previas y los antecedentes en general que se consideren válidos para encuadrar el estudio (Rojas, 2001).

#### **Antecedentes de la Investigación**

Los antecedentes marcan un punto de partida para la investigación, en donde se consideran estudios de interés realizados previamente. Arias (2016) plantea que esta sección se refiere a “investigaciones realizadas anteriormente y que guardan alguna vinculación con nuestro proyecto, por lo que no deben confundirse con la historia del objeto en cuestión” (p.106).

Alvarado (2014) redacta como trabajo de grado para la Escuela de estudios superiores de Ingenieros Industriales en la Universidad Politécnica de Madrid, una investigación que tiene por nombre “Diseño y Cálculo de una instalación fotovoltaica aislada”, la cual nos proporciona parámetros de pérdidas eléctricas específicos para el cálculo de dimensionamiento de instalaciones de esta índole, facilitando la aplicación de una metodología técnica avanzada de cálculos de diseño.

Ortegón (2015). En el manual “Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas” desarrollado bajo los lineamientos de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), recoge de manera didáctica todos los conceptos y aplicaciones de la Metodología de Marco Lógico para la formulación de proyectos como herramienta evaluativa. Este documento permite expresar de manera analítica la información más importante de un proyecto y acompaña como guía en toda la evaluación del mismo.

Orellana y Sarango (2015) redactan una investigación llamada “Estudio de Factibilidad para el Uso de Energía Solar y Eólica en Sistemas de Alumbrado Público para la Vía de Integración Barrial, Sector El Plateado Servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur” como tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana en Cuenca, Ecuador.

Por su parte, los autores establecen los pros y contras de instalar distintos tipos de energía renovable bajo diversos escenarios en la región, para obtener así el más alto rendimiento de los generadores involucrados. Esta acción es de interés para implementar en la presente investigación, además de permitir identificar los elementos claves que conforman un sistema eléctrico para satisfacer la demanda calculada, adaptándola a las dimensiones dispuestas para la instalación.

Hernández (2017) en su trabajo de postgrado “Análisis de Factibilidad para la Instalación de un Sistema de Energía Limpia mediante Celdas Fotovoltaicas para la Alimentación Eléctrica del Edificio 4 en el ITSLV” el cual tiene como objetivo “Analizar la factibilidad de instalar un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas que provea de electricidad al edificio 4 del Instituto Tecnológico Superior de la Venta”, se estima el consumo energético de dicho edificio, siendo crucial al momento de identificar los requerimientos del sistema a instalar en cualquier caso de estudio, además de evaluar el costo – beneficio del mismo.

Padilla (2017) en su trabajo de grado titulado “Implementación de un Sistema de Energía Renovable Alternativo para la Electrificación del Comando de La Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”” presentado ante la Universidad de Carabobo como requisito para optar al grado de magíster en Ingeniería Ambiental, plantea como objetivo general “Implementar un sistema de energía renovable alternativo para la electrificación del Comando de la Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”, ubicado en el Parque Nacional Guatopo del Estado Miranda.”.

Padilla establece, al igual que en este caso de estudio, la necesidad evidente de seleccionar un tipo de energía renovable para corregir la situación energética del Comando de la Guardia. De esta manera, realiza un análisis de las condiciones ambientales, urbanísticas y de consumo con el fin de seleccionar la energía verde más adecuada y adaptable al contexto. Por consiguiente, esta investigación permite trazar los lineamientos para completar un análisis ambiental y económico en su totalidad, considerando elementos tales como el cálculo de consumo energético, emisiones asociadas al consumo de energía, costos de operación y mantenimiento y el nivel de cumplimiento de los requerimientos energéticos del conjunto.

## Bases Teóricas

### *Energía Eléctrica*

El concepto de energía es asociado a nivel mundial al movimiento, se define más claramente como la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo. Sin embargo, este concepto es un tanto abstracto al contrastarlo con la clase de energía que utilizamos en nuestra vida diaria.

El tipo de energía que utilizamos más comúnmente por su facilidad de convertirse en otras formas de energía más adecuadas a los artefactos y máquinas de uso frecuente, es la energía eléctrica. Esta forma en la que se presenta la energía se produce en las centrales eléctricas a partir de la transformación de una energía primaria, a una secundaria luego de ser transportada a los centros de consumo.



Fig. 1. Uso industrial de la Energía Eléctrica.  
Fuente: Villalba (2008). La energía Eléctrica. (p. 3).

### *Fuentes de Generación de Energía*

Se refiere al origen de la energía primaria utilizada para la transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica.

La energía se produce de diferentes fuentes y es almacenada de distintas formas.

“Las fuentes se pueden clasificar en primarias y secundarias, según pueda obtenerse de ellas la energía directamente o sea necesario recurrir a otra fuente. Así, por ejemplo, la energía eléctrica es una fuente secundaria de energía, porque para su producción es necesario recurrir a otra fuente de energía.” (De Juana, 2013, p. 20).

## ***Energías Renovables***

Las fuentes de energía renovable son aquellas que se producen de forma continua, es decir, se regeneran cíclicamente tras ser utilizadas. Este ciclo de regeneración natural se da debido a la atracción gravitacional de otros planetas y, en último término, a la radiación solar. Las mismas que provocan una mínima contaminación y deterioro ambiental, entre ellas listan la solar, eólica, geotérmica, biocombustibles, biomasa y tidal.

El crecimiento del uso de fuentes alternativas renovables, o alternativas “verdes”, ha estado en notable crecimiento. Este fenómeno se adjudica a dos razones: las medidas gubernamentales para la promoción de energías “limpias” y la preocupación generalizada por el cambio climático, y el progreso tecnológico que permite mayor eficiencia por parte de los sistemas energéticos alternativos.

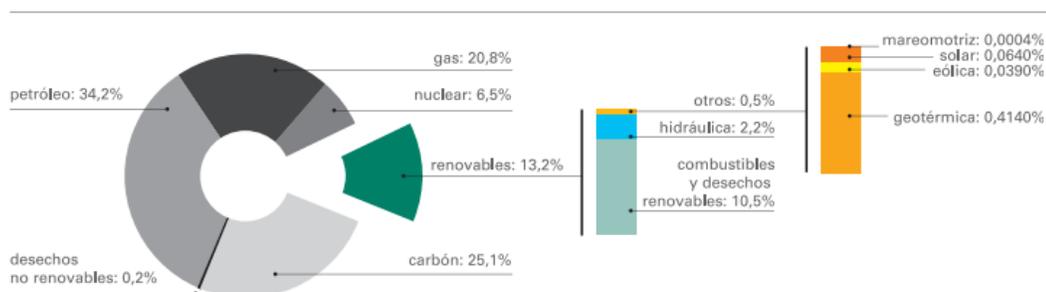


Fig. 2. Participación de los distintos combustibles en la oferta mundial de energía primaria.  
Fuente: International Energy Agency Statistics (2004)

**Energía Solar Fotovoltaica.** La energía solar es la energía proveniente de la radiación solar transformada, según sea el caso, en energía térmica o energía eléctrica mediante colectores solares o paneles solares respectivamente. Existen dos clases principales de energía solar: Fotovoltaica y termosolar.

La energía solar fotovoltaica se basa en la absorción de fotones; pequeñas partículas de energía; por parte de paneles solares. Las celdas fotovoltaicas poseen electrones que se mueven al ser excitado por los fotones, formando flujos de corriente.

*Sistemas Fotovoltaicos.* “Conjunto de elementos, debidamente acoplados, que permiten utilizar la energía eléctrica obtenida por conversión de la energía solar mediante las células o celdas solares, a fin de que éste pueda suplir la demanda de energía eléctrica impuesta por el tipo de carga.” (Padilla, 2017, p.46).

Entre los elementos principales participan: Módulos Solares Fotovoltaicos, baterías, regulador, convertidor DC/AC, estructura soporte, cables y accesorios eléctricos.

*Módulos Fotovoltaicos.* La conexión en serie de celdas solares individuales se conoce como módulo solar fotovoltaico y es el conjunto más básico de celdas incluyendo hasta 100 celdas, dependiendo de la demanda que se pretenda satisfacer. Este tipo de conexión permite adicionar tensiones (voltajes). Así como lo expresa Padilla (2017), los arreglos FV se posicionan en distintas combinaciones de módulos en serie y/o paralelo con el fin de fijar valores determinados de corriente y voltaje, mientras que los paneles FV comprenden los grupos de módulos.

*Células Fotovoltaicas.* Son dispositivos generalmente cuadrados formados por una lámina delgada de un material semi – conductor, por ejemplo, silicio mono-cristalino que presenta prestaciones y duración en el tiempo superiores a cualquier otro material.

*Inversores.* Elemento de los sistemas fotovoltaicos autónomos, encargado de la conversión de la corriente continua producida por el generador FV en corriente alterna utilizable. Está usualmente conectado a una batería y no directamente al generador, dada la naturaleza de la independiente del sistema.

**Energía Eólica.** Utilizando principios aerodinámicos, los molinos de viento capturan la energía cinética del viento, creando un efecto mecánico rotacional en sus aspas que, gracias a la diferencia de temperatura de las masas de aire, es transformado en energía eléctrica en el interior de las turbinas.

La mayor dificultad para conseguir energía eólica surge de la variabilidad del viento y el elevado coste de las máquinas, lo que encarece el precio del kilovatio/hora, al que adicionalmente se le asocia un impacto medioambiental derivado del ruido del giro del rotor.

### ***Tipos de Sistemas***

**Sistemas autónomos.** “En este tipo de sistemas, la energía producida por los módulos fotovoltaicos es almacenada en baterías de acumulación. La carga es alimentada, a través del regulador de carga, por la energía acumulada en las baterías.” (Hernández, 2017, p. 29).

**Sistemas conectados a la red.** Este tipo de sistema se caracteriza por depender de la conexión a la red eléctrica para generar electricidad, maximizando la producción de energía eléctrica al ser inyectada directamente. También poseen el nombre de conectada o enganchada a red.

**Sistemas híbridos.** Mera (2007). Cuando dos o más sistemas de generación de energía se combinan en una sola instalación para la generación de energía eléctrica, surge lo que se denomina un sistema híbrido. Estos sistemas están compuestos generalmente por fuentes energéticas renovables y de ser necesario se complementan con grupos electrógenos, dejándolos en la mayoría de los casos solo para funciones de emergencia. (Citado por Ávila, D. 2011. p.24).

### ***El Proyecto***

Project Management Institute Inc. (2013) en la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, introduce la definición de un Proyecto como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos implica que un proyecto tiene un principio y un final definidos.” (p.3).

Los ejemplos de proyectos, incluyen entre otros:

- El desarrollo de un nuevo producto, servicio o resultado;
- La implementación de un cambio en las estructuras principales que conforman una organización, ya sea infraestructura, procesos, personal o cultura;
- La realización y registro de resultados obtenidos a partir de un trabajo de investigación;
- La construcción de un edificio, planta industrial o infraestructura; o
- La implementación y mejora de procesos existentes.

**Proyectos de Inversión.** Un proyecto de inversión es aquél que produce como resultado un bien o un servicio, tras consumir un determinado capital asignado para el mismo, así como una serie de insumos, útil tanto como para un ser humano individual o para la sociedad.

### ***Marco Lógico***

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) es el organismo dependiente de la Organización de las Naciones Unidas. El mismo desarrolla y define La Metodología de Marco Lógico en el manual publicado en el año 2015 como “una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis

está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.” (CEPAL, 2015, p. 13).

**Análisis de involucrados.** El análisis de involucrados permite optimizar los beneficios sociales e institucionales del proyecto y limitar los impactos negativos. En él se busca identificar todos aquellos que pudieran tener interés, beneficios directos o beneficios indirectos.

**Análisis de objetivos.** El análisis de objetivos es una delimitación del tipo de efecto positivo que se quiere lograr una vez solucionado el problema para el cual el proyecto se ha diseñado. Los objetivos del proyecto parten de los grupos de interesados previamente mencionados, por lo que las soluciones tienden a clasificarse en beneficios sociales, económicos, ambientales y otras categorías pertinentes.

**Indicadores de evaluación.** Según el manual denominado “Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas”, redactado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2015), los indicadores presentan información necesaria para determinar el progreso hacia el logro de los objetivos establecidos por el proyecto. Los indicadores deben medir el cambio que puede atribuirse al proyecto, y deben obtenerse a costo razonable, preferiblemente de las fuentes de datos existentes. (p. 25)

**Matriz de Marco Lógico.** La Matriz de Marco Lógico presenta en forma resumida los aspectos más importantes del proyecto. Posee cuatro columnas correspondientes al resumen de los objetivos, indicadores establecidos, medios de verificación de los objetivos y supuestos factores externos que implican riesgos. Además de cuatro filas representativas al fin para el cual contribuye el proyecto, el propósito logrado con el objetivo planteado, los resultados completados y las actividades requeridas para alcanzar dicho resultado. Dependiendo del alcance de cada proyecto, la matriz se desarrolla total o parcialmente.

### ***Evaluación de Proyectos***

La etapa de evaluación de un proyecto consta del análisis de rentabilidad económica y social, con el objeto de asignar los recursos económicos adecuados al proyecto que represente la mejor alternativa. Este debe de asegurar la resolución eficiente, segura y rentable de una necesidad humana.



Fig. 3. Estructura general de la evaluación de proyectos.  
Fuente: Baca (2001). Evaluación de proyectos. 4ta edición. (p. 5)

En el proceso de evaluación de proyectos, se distinguen tres alcances o niveles de profundidad.

### ***Estudio de Factibilidad***

Según Blanco (2007), el principal objetivo del estudio de factibilidad de un proyecto es determinar la viabilidad social, económica y financiera haciendo uso de herramientas contables y económicas. Estudios pueden integrar la factibilidad técnica, factibilidad económica, factibilidad legal, factibilidad ambiental, análisis cultural, análisis socioeconómico y el estudio del mercado.

**Estudio técnico.** Tiene como objetivo principal determinar los recursos necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto, es decir, identificar los elementos tangibles demandados por el proyecto.

Baca (2001) subdivide esta fase en cuatro partes complementarias: la determinación del tamaño óptimo de la planta o instalaciones en general, la determinación de la localización óptima de dicha planta, la ingeniería del proyecto y el análisis administrativo.

*Método de selección multicriterio ELECTRE.* Este método consiste en realizar comparaciones entre parejas de alternativas para lo cual es necesario establecer criterios de evaluación. Dichas comparaciones se basan en la matriz de posibles soluciones en la que cada alternativa se evalúa con respecto a cada criterio. (Galarza, 2011, p. 180)

**Estudio económico.** Consiste en la determinación y sistematización de todos los aspectos monetarios que figuran en el proyecto. Inicia con la determinación; mediante estudios de ingeniería; de los costos iniciales del proyecto y de la inversión inicial necesaria. Una vez determinado esto, sigue la determinación de la depreciación y amortización de toda la inversión inicial. Es importante mencionar que se deben considerar otros costos de naturaleza líquida, como el capital de trabajo.

Seguidamente, en la evaluación económica, se determina para un horizonte de tiempo seleccionado, la tasa mínima de retorno aceptada y los flujos netos de efectivo, con o sin financiamiento según sea el caso.

*Flujo de Caja.* El flujo de caja de un proyecto “es el resultado de contabilizar el dinero que entra y sale, producto de la ejecución del proyecto y es la base del manejo de la tesorería, de forma de no caer en incumplimiento por falta de liquidez” (Palacios, 2004, p. 215).

*Valor presente neto.* El Valor Presente Neto es el valor monetario que resulta de diferencia entre la sumatoria de los flujos de caja descontados y la inversión inicial. (J. Zacarías, comunicación personal, 1 de Octubre de 2020).

**Relación Costo/Beneficio.** El análisis coste-beneficio (ACB) es una metodología para evaluar de forma exhaustiva los costes y beneficios de un proyecto (programa, intervención o medida de política), con el objetivo de determinar si el proyecto es deseable desde el punto de vista del bienestar social y, si lo es, en qué medida. Para ello, los costes y beneficios deben ser cuantificados, y expresados en unidades monetarias, con el fin de poder calcular los beneficios netos del proyecto para la sociedad en su conjunto. (Ortega, 2012, p. 1).

**Relación Costo/Eficiencia.** En proyectos sociales/ambientales se debe analizar la relación existente entre los costos del proyecto; expresados en unidades monetarias; y productos, que carecen de traducción monetaria. Es así expresado en el documento desarrollado por Cohen y Franco (1999), bajo el Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica Y Social (ILPES), donde se comenta que "Al relacionar ambos términos se analiza la eficiencia

operacional. Ahora bien, el proyecto social no sólo persigue maximizar la eficiencia operacional sino, primordialmente, el impacto.” (p. 7).

Para determinar el grado en el que se ha alcanzado el objetivo del proyecto, dicho objetivo debe ser dimensionado en metas medidas a través de indicadores.

### **Bases Legales**

A continuación, se procederá a hacer referencia del marco legal por el cual se fundamenta la presente investigación:

#### ***Constitución de la República Bolivariana de Venezuela***

De los derechos económicos. Art. 112. “El Estado garantizará la creación y justa distribución de la riqueza, así como la producción de bienes y servicios que satisfagan las necesidades de la población, impulsando el desarrollo integral del país.” La instalación de sistemas eléctricos representa una inversión directa a los servicios proporcionados a todos los ciudadanos venezolanos.

De los derechos ambientales. Art. 127. “es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado.” Por lo que es apropiado el desarrollo de proyectos de energías alternativas, que contrarreste los desequilibrios causados por la utilización de recursos altamente contaminantes.

#### ***Ley Orgánica del Ambiente***

Artículo 12. “El Estado, conjuntamente con la sociedad, deberá orientar sus acciones para lograr una adecuada calidad ambiental que permita alcanzar condiciones que aseguren el desarrollo y el máximo bienestar de los seres humanos, así como el mejoramiento de los ecosistemas, promoviendo la conservación de los recursos naturales, los procesos ecológicos y demás elementos del ambiente, en los términos establecidos en esta Ley.”

#### ***Ley Orgánica del Sistema y Servicio Eléctrico***

Aspectos Básicos. Art. 2. “El Estado velará porque todas las actividades que constituyen el servicio eléctrico se realicen bajo los principios de equilibrio económico, confiabilidad, eficiencia, calidad, equidad, solidaridad, no-discriminación y transparencia, a los fines de garantizar un suministro de electricidad al menor costo posible y con la calidad requerida por los

usuarios.” Este proyecto tiene como finalidad aumentar la calidad del servicio recibido por los usuarios, garantizando un nivel de estabilidad en el suministro.

### ***Ley de Uso Racional y Eficiente de la Energía***

Disposiciones generales. Art. “Esta Ley tiene por objeto promover y orientar el uso racional y eficiente de la energía en los procesos de producción, generación, transformación, transporte, distribución, comercialización, así como el uso final de la energía, a fin de preservar los recursos naturales, minimizar el impacto ambiental y social, contribuir con la equidad y bienestar social, así como, con la eficiencia económica del país, mediante el establecimiento de políticas enfocadas en el uso racional y eficiente de la energía, la educación energética, la certificación de eficiencia energética y la promoción e incentivos para el uso racional y eficiente de la energía.”

### **Definición de términos básicos**

En el presente proyecto se mencionarán ciertos términos asociados a la temática a desarrollar, dichos conceptos son definidos por la Secretaría de Energía y Sistemas de información energéticas del Gobierno de México (2015), en un glosario citado a continuación:

Acimut: ángulo de la orientación sobre la superficie de una esfera real o virtual.

Alimentador eléctrico: Circuito normalmente conectado a una estación receptora, que suministra energía eléctrica a uno o varios servicios directamente a varias subestaciones distribuidoras.

Alta tensión: Tensión nominal superior a 1 kV (1000 Volts)

Caída de tensión: Es la diferencia entre la tensión de transmisión y de recepción.

Capacidad de generación: Máxima carga que un sistema de generación puede alimentar, bajo condiciones establecidas, por un período de tiempo dado.

Capacidad instalada: Potencia nominal o de placa de una unidad generadora, o bien se puede referir a una central, un sistema local o un sistema interconectado.

Carga: Cantidad de potencia que debe ser entregada en un punto dado de un sistema eléctrico.

Conductor: Cualquier material que ofrezca mínima resistencia al paso de una corriente eléctrica. Los conductores más comunes son de cobre o de aluminio y pueden estar aislados o desnudos.

**Confiabilidad:** Es a habilidad del Sistema Eléctrico para mantenerse integrado y suministrar los requerimientos de energía eléctrica en cantidad y estándares de calidad, tomando en cuenta la probabilidad de ocurrencia de la contingencia sencilla más severa.

**Consumo (gasto):** Cantidad de un fluido en movimiento, medido en función del tiempo; el fluido puede ser electricidad.

**Consumo de energía:** Potencia eléctrica utilizada por toda o por una parte de una instalación de utilización durante un período determinado de tiempo.

**Consumo energético:** Gasto total de energía en un proceso determinado.

**Continuidad:** Es el suministro ininterrumpido del servicio de energía a los usuarios, de acuerdo a las normas y reglamentos aplicables.

**Demanda eléctrica:** Requerimiento instantáneo a un sistema eléctrico de potencia, normalmente expresado en megawatts (MW) o kilowatts (kW).

**Demanda promedio:** Demanda de un sistema eléctrico o cualquiera de sus partes calculada dividiendo el consumo de energía en kWh entre el número de unidades de tiempo de intervalo en que se midió dicho consumo.

**Mantenimiento:** Es el conjunto de actividades para conservar las obras e instalaciones en adecuado estado de funcionamiento.

**Mantenimiento programado:** Conjunto de actividades que se requiere anualmente para inspeccionar y restablecer los equipos que conforman a una unidad generadora.

**Potencia:** Es el trabajo o transferencia de energía realizada en la unidad de tiempo. Se mide en Watt (W).

**Potencia eléctrica:** Tasa de producción, transmisión o utilización de energía eléctrica, generalmente expresada en Watts.

**Potencia instalada:** Suma de potencias nominales de máquinas de la misma clase (generadores, transformadores, convertidores, motores) en una instalación eléctrica.

**Sistema de distribución:** Es el conjunto de subestaciones y alimentadores de distribución, ligados eléctricamente, que se encuentran interconectados en forma radial para suministrar la energía eléctrica.

Sistema eléctrico: Instalaciones de generación, transmisión y distribución, físicamente conectadas entre sí, operando como una unidad integral, bajo control, administración y supervisión.

Sistema Eléctrico Nacional (SEN): Es el conjunto de instalaciones destinadas a la Generación Transmisión, Distribución y venta de energía eléctrica de servicio público en toda la República, estén o no interconectadas.

Sistema Interconectado Nacional (SIN): Es la porción del Sistema Eléctrico Nacional que permanece unida eléctricamente.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En el siguiente capítulo, Arias (2012) sugiere incluir el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los instrumentos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación. Por lo tanto, se describirá la metodología implementada para solventar el problema motivo de estudio, el tipo de investigación desarrollado, las técnicas utilizadas para dar respuesta a las interrogantes y los instrumentos de recolección de datos.

#### **Tipo de Investigación**

“Se define la investigación como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.” (Cervo y Bervian, 1989, p. 41).

Dependiendo del criterio de clasificación, una investigación puede precisar más de un tipo. Los tipos de caracterización se identifican según el nivel, según el diseño y según el propósito. Tomando en cuenta el objetivo general de esta investigación, es posible considerarla integrativa de tipo evaluativo, siendo el mismo evaluar la posibilidad de instalar el sistema energético más adecuado.

#### **Nivel de Investigación**

El nivel de la investigación hace referencia al alcance del estudio o al nivel de profundidad que se abarca.

La presente investigación se cataloga de tipo descriptiva, “Su preocupación primordial radica en describir algunas características fundamentales de conjuntos homogéneos de fenómenos.” (Sabino, 1992, p. 32) De este modo, considerando que se tomará en cuenta la situación actual tal y como se presenta, el estudio tiene una profundidad intermedia que lo posiciona en el nivel de investigación señalado.

#### **Diseño de la Investigación**

El diseño de investigación es la estrategia general que adopta el investigador para responder al problema planteado. Esta estrategia se ve definida por el origen de los datos y el nivel de interferencia con las condiciones en las que se presenta el fenómeno estudiado.

Este trabajo de investigación se considera documental y de campo. Documental; existiendo la necesidad de obtener información de datos secundarios con el fin de crear nuevos conocimientos. Además, parte de la información debe provenir de la realidad donde ocurren los hechos, en este caso el conjunto residencial privado para el cual se destina el proyecto en cuestión. De este modo, la investigación cumple también con las características de un diseño de campo.

### **Población**

“La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio”. (Arias, 2012, p.81).

En el caso de estudio planteado, la población está comprendida en esencia por las familias que habitan las 98 casas ocupadas de las 120 que conforman el complejo. Este grupo de personas son quienes generan el consumo energético y; por lo tanto; la información necesaria para determinar los requerimientos del conjunto con el fin de evaluar la propuesta de instalación de un sistema eléctrico complementario.

### **Muestra**

La muestra es un conjunto de unidades que presentan características representativas de la población total. Esta muestra se selecciona metódicamente para no incurrir en procesos engorrosos o gastos innecesarios al considerar al universo de la población en su totalidad. El cálculo de la muestra dentro de una población finita se muestra a continuación:

$$n = \frac{\frac{Z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{Z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)} = \frac{\frac{1,65^2 \times 0,50(1-0,50)}{0,05^2}}{1 + \left(\frac{1,65^2 \times 0,50(1-0,50)}{0,05^2 \times 98}\right)} = 73$$

Donde:

N = tamaño de la población

e = margen de error (expresado en decimales)

Z = puntuación z (cantidad de desviaciones estándar que una proporción determinada se aleja de la media). Para un nivel de confianza del muestreo de 90%:

Si se encuesta a 73 personas, el 90% de las veces el dato medido estará en el intervalo  $\pm 5\%$  respecto al dato observado en la encuesta.

### **Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

“La siguiente etapa consiste en recolectar los datos pertinentes sobre los atributos, conceptos o variables de las unidades de muestreo/análisis o casos (participantes, grupos, fenómenos, procesos, organizaciones, etcétera).” (Sampieri, 2014, p. 154), Así mismo, menciona algunos ejemplos de técnicas de recolección: registros del contenido (análisis de contenido) y observación cuantitativa, pruebas estandarizadas, recolección de información factual e indicadores (análisis de datos secundarios de registros públicos y documentación) y metaanálisis, así como otras clases de mediciones.

#### ***Observación Directa***

Particularmente en el desarrollo de esta investigación se utilizó en un primer momento la observación directa, “Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías.” (Sampieri, 2014, p. 252). La técnica señalada permitió determinar la situación real del conjunto en términos de características ambientales, estructurales y climatológicas, además de las peculiaridades y funcionamiento de los sistemas eléctricos instalados actualmente.

#### ***Entrevistas***

Las entrevistas permitieron iniciar una interacción entre el investigador y algunos residentes del conjunto, con la intención de poder obtener información acerca de la distribución de las áreas, el consumo de determinados dispositivos eléctricos, la necesidad percibida de un nuevo sistema eléctrico y las consecuencias que atraen las alternativas actuales (plantas eléctricas). “Reunión para conversar e intercambiar información entre una persona (el entrevistador) y otra (el entrevistado) u otras (entrevistados).” (Sampieri, 2014, p. 402) y; considerando la naturaleza de la misma; se podrían considerar como entrevistas abiertas, ya que no posee una estructura rígida admitiendo cierto grado de libertad para formular preguntas y recibir respuestas.

#### ***Encuesta***

Las encuestas son herramientas de recolección de datos que se aplican a determinado grupo de personas de interés, es un procedimiento en el que el encuestador recopila información mediante

una serie de preguntas preelaboradas y detectar una opinión pública. En este caso en particular, se requiere el uso de un cuestionario electrónico para conocer la opinión de los habitantes con respecto al sistema eléctrico instalado, y las preguntas serán de tipo cerrada para disminuir la subjetividad de los resultados.

### ***Análisis Documental***

Este tipo de técnica hace uso de diferentes tipos de fuentes documentales para construir una base de información contundente, sobre la cual se puedan elaborar conclusiones acerca de la implementación de tecnologías necesarias en instalaciones eléctricas y aspectos legales relacionados. Entre las fuentes documentales se toman en cuenta antecedentes de trabajos de grado, manuales de instalación de los distintos sistemas eléctricos alternativos, u otros artículos obtenidos de instrumentos como computadores y otros dispositivos de almacenamiento.

### **Operacionalización de las variables**

Primeramente, hemos de definir qué es una variable. “Variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación.” (Arias, 2012, p. 96). Para desarrollar el cuadro de operacionalización de las variables, es necesario desglosar los elementos integrantes de cada una. A esto se le conoce como dimensión.

Para estudiar la complejidad de cada variable, se establecen unidades de medida que permiten cuantificarla y visualizar su desempeño, llamadas indicadores. Finalmente procedemos a definir en qué consiste la operacionalización de las variables.

El paso de una variable teórica a indicadores empíricos verificables y medibles e ítems o equivalente se le denomina operacionalización (Solís, 2013).

A continuación, se visualiza la tabla de operacionalización de las variables partiendo de los objetivos específicos de la investigación.

## Operacionalización de las variables

Objetivo específico	Variable	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos
<p><b>Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda.</b></p>	<p>Competencia del servicio eléctrico actual</p>	<p>Estudio preliminar de los tipos de sistemas instalados en la actualidad, la confiabilidad de los mismos y/o la necesidad de contemplar un nuevo sistema.</p>	<p>Evaluación del sistema eléctrico actual y de las instalaciones del conjunto Evaluación de la conformidad de los residentes respecto al sistema</p>	<p>Nivel de competencia del servicio eléctrico disponible actualmente en el conjunto</p>	<p>Encuesta Entrevistas abiertas</p>
<p><b>Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.</b></p>	<p>Factibilidad técnica</p>	<p>Determinar la factibilidad técnica, estudiando los requerimientos teóricos de consumo con el fin de seleccionar el tipo de energía que mejor se adecúe a las características del conjunto y la disposición de óptima de la instalación.</p>	<p>Determinación del consumo por casa Determinación del consumo de equipos comunes Análisis climatológico Ponderación de factores: impacto ambiental, costos, disponibilidad del recurso. Selección del tipo de sistema Selección de equipos y materiales Cálculos de dimensionamiento Diseño de la interconexión</p>	<p>Consumo eléctrico teórico Ponderación del sistema Demanda Número de componentes Vida útil Capacidad de almacenamiento Área</p>	<p>Análisis documental Relaciones matemáticas Matriz de evaluación</p>

<p><b>Evaluar la Factibilidad Económica de la instalación del sistema eléctrico complementario basado en energía(s) verde(s) en el Conjunto Residencial “La Arboleda” en Ciudad Guayana.</b></p>	<p>Factibilidad económica</p>	<p>Evaluación demostrativa para definir si la investigación puede aplicarse, contemplando las restricciones e impedimentos desde el punto de vista económico.</p>	<p>Estructura de costos Relación costo – eficiencia</p>	<p>Costos de inversión Costos de operación y mantenimiento Flujo de caja Costo total Costo/Eficiencia</p>	<p>Relaciones matemáticas Hoja de cálculo de Excel</p>
--	-------------------------------	---	---	---	--

Tabla 1. Operacionalización de las variables.

## **Procedimiento para lograr los objetivos**

### ***Objetivo 1: Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda.***

Se realizó una observación directa de las instalaciones actuales del conjunto, así como de los sistemas eléctricos en funcionamiento actual. El fin de dicha observación es determinar; en conjunto de entrevistas informales; si la disposición actual satisface los requerimientos de consumo, así como las exigencias de los residentes. Además, con el cumplimiento de este objetivo es posible comprobar si efectivamente existe la necesidad de mejorar la situación eléctrica del conjunto residencial, debido a los inconvenientes presentados por las condiciones reales exhibidas.

El procedimiento que se siguió en este objetivo consistió, en primer lugar, en la realización de una entrevista no estructurada con la persona encargada de la administración del condominio. Estas reuniones se dieron a lugar más de una vez, en un periodo comprendido entre el 26/02/2020 y el 27/05/2020.

**Encuesta.** En el mismo orden de ideas, se elaboró una encuesta utilizando la herramienta “Google Forms”. La encuesta cuenta con un total de veinte preguntas y pretende, a modo general, recopilar información acerca de la opinión y la realidad vivida por los residentes, con el fin de determinar el nivel de satisfacción promedio de los habitantes del conjunto residencial objeto de estudio.

Las preguntas son de respuesta cerrada, donde los encuestados deben seleccionar una o más opciones por pregunta. La encuesta fue redactada con un lenguaje sencillo y fácil de comprender, dirigiéndose a residentes de distintas edades y sexos.

**Indicadores.** Continuando con el propósito de la encuesta, se procede a establecer indicadores de medición para cada una de las preguntas. Es válido recalcar que algunos indicadores están destinados a confirmar si; debido a la situación del servicio energético actual; resulta de interés la instalación de un sistema complementario, relacionándolo con la insatisfacción presentada por los habitantes. Sin embargo, otros de los indicadores pretenden realizar un sondeo primario del consumo promedio del conjunto, si el consumo es significativo, también se considera necesaria la realización del presente estudio de factibilidad.

<b>Pregunta</b>	<b>Indicador</b>		
<b>3</b>	<b>Aceptable</b>		<b>No Aceptable</b>
	Valores entre cero (0) y tres (03) fallas al mes > 50%		Valores de cuatro (04) o más fallas mensuales > 50%
	*Indicadores de calidad de servicios eléctricos – Gobierno Colombiano.		
<b>4</b>	<b>Importante</b>		Sin importancia
	“Sí” > 50%		“No” > 50%
<b>5</b>	<b>Relevante</b>		Irrelevante
	“Sí” > 50%		“No” > 50%
<b>6</b>	*Restando del total las respuestas de N/A para el cálculo del porcentaje		
	<b>Aceptable</b>		<b>No Aceptable</b>
	“No” > 50%		“Sí” > 50%
<b>7</b>	<b>Aceptable</b>		<b>No Aceptable</b>
	“No” > 50%		“Sí” > 50%
<b>8</b>	<b>Aceptable</b>		<b>No Aceptable</b>
	≥ 3		< 3
<b>9</b>	<b>Alto</b>		<b>Bajo</b>
	Media > Mediana		Mediana > Media
<b>10</b>	<b>Ahorro</b>		No ahorro
	“Sí” > 50%		“No” > 50%
<b>11</b>	<b>De interés</b>		Sin interés
	Mayoría de los encuestados + 1 (38)		Mayoría de los encuestados
	“Sí” = 1; “Tal vez” = 0,5; “No” = 0.		
<b>12*</b>	Cantidad (Sí)		Cantidad (No)
<b>13*</b>	Cantidad (Diesel)		Cantidad (Otro)
<b>14</b>	Porcentaje de personas que comparten la presencia del inconveniente (%)		
<b>15*</b>	Promedio Aires tipo Split	Promedio de unidades de aire central	Promedio de ventiladores
<b>16*</b>	Promedio de aires acondicionados funcionando en simultáneo		
<b>17*</b>	Promedio (horas/día) de utilización de los aires acondicionados		
<b>18*</b>	Promedio de equipos por tipo/grupo que poseen la mayoría de las viviendas (cantidad)		
<b>19*</b>	Promedio de viviendas con cocina eléctrica		
	Cantidad		

	*Los valores de cantidad se utilizan como referencia para el cálculo de consumo, no pretenden medir la satisfacción.
20*	Prioridad (orden)

Tabla 2. Indicadores de evaluación de la encuesta.

**Descripción de las instalaciones.** Finalmente se concretó una descripción del área y del diseño general del conjunto. No se dispuso de los planos originales por desconocimiento de su paradero. Para solventar el inconveniente, se realizó la medición de las áreas pertinentes utilizando Google Maps. Se describe además la distribución de los espacios del conjunto, la disposición del arreglo eléctrico y las especificaciones de los componentes que lo conforman.

**Objetivo 2: Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario más adecuado al contexto.**

**Cálculos de consumo.** Para el desarrollo de este objetivo, se realizó un estudio de cargas en el cual, según un inventario de equipos electrodomésticos utilizados normalmente en los hogares, se estima la demanda eléctrica diaria actual y el consumo, expresado en kW/hora/día. De esta manera, se realizan cálculos matemáticos del consumo de energía eléctrica promedio mediante la metodología del análisis del consumo teórico para deducir el consumo teórico máximo, suponiendo que todos los equipos están encendidos al mismo tiempo.

El mismo procedimiento se realizará considerando únicamente los equipos eléctricos de las áreas comunes, que cumplen con la función de alumbrado y seguridad del conjunto, ya que se consideran vitales y, por lo tanto, de mayor prioridad.

Se tomó como referencia de la cantidad de equipos por categoría, los datos suministrados por los habitantes en la encuesta realizada. Una vez listados todos los equipos, se fijan las horas al día de consumo de cada equipo, la cantidad y la potencia eléctrica diaria y mensual. Tomando en cuenta que no todas las viviendas cuentan exactamente con dispositivos de marcas idénticas, la información eléctrica fue obtenida de los promedios estimados por el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica de Venezuela y complementado por los informes técnicos del Ministerio de Energía y Minas de Colombia.

Seguidamente, se elaboraron tablas en Excel para completar la información de consumo que solo puede ser conferida mediante operaciones matemáticas. La potencia eléctrica total se entiende como el resultado de multiplicar la cantidad promedio de cada equipo por su potencia, y el consumo diario se obtiene de multiplicar las horas de uso por el consumo total. Finalmente, los

resultados totales de potencia y consumo son producto de la adición de la secuencia de datos obtenidos.

**Análisis Climatológico.** Gracias a la herramienta en línea Google Maps, se establecieron las siguientes coordenadas, utilizadas para el análisis climatológico: Latitud (8.2880); Longitud (-62.7104). Fijando dichas coordenadas en la herramienta libre proporcionada por la Agencia de Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA, por sus siglas en inglés), se extrae información histórica y certera de los parámetros climatológicos de la zona que interfieren directamente en la generación de distintos tipos de energías provenientes de fuentes naturales.

Para determinar el ángulo óptimo de inclinación, se partió en primera instancia del ángulo recomendado para cada país por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos. A partir del valor mínimo y a través de la herramienta en línea Global Solar Atlas – Energy Data Info., se obtiene la orientación e inclinación óptima para las coordenadas establecidas.

Con esta información es posible calcular el número de horas solares pico, periodo de tiempo en el que se conseguirá mayor eficiencia de funcionamiento, del mes con menor incidencia y, por lo tanto, menor generación prevista, para más adelante dimensionar la instalación con los datos indicados.

**Matriz de evaluación.** Una vez preseleccionadas las opciones dentro de un número finito de opciones que se dispone a considerar, se realiza una matriz de evaluación con las alternativas. Dentro de esta matriz se evalúan otros factores determinantes en la selección, incluyendo aspectos como costos de instalación, mantenimiento, facilidad de adaptación, rendimiento, etc.

Para determinar las preferencias, se cruzan de manera matricial los criterios, aplicando la metodología de selección de alternativas multicriterio “ELECTRE II”, si el criterio en la fila es preferido al criterio en la columna, se le asigna una puntuación igual a 1. En caso contrario, se le asigna una puntuación igual a 0. La opción valorada con el mayor puntaje es la alternativa recomendada para los habitantes del conjunto y, consecuentemente, será la alternativa desarrollada en los objetivos siguientes.

Seguidamente, se describirá el procedimiento para la determinación de los aspectos técnicos del proyecto:

*Identificación de elementos de acuerdo a la naturaleza del sistema - Sistemas fotovoltaicos, Sistemas eólicos, Sistemas híbridos.* Dependiendo del tipo de sistema seleccionado, se deben

identificar los elementos necesarios para su instalación y adaptación al sistema actual. La mayoría de los elementos y de los cálculos asociados al dimensionamiento del sistema acoplándose a los requerimientos energéticos, está sujeto a la naturaleza de la energía seleccionada.

Se emplea un factor de ajuste para la demanda teórica el cual pretende determinar la demanda real al asociar los factores de pérdida de distintos componentes y fijar el porcentaje de rendimiento de la instalación. Esta metodología es implementada por Jorge Alvarado en su investigación denominada “Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada”, siendo una de las varias maneras de incluir las pérdidas en el dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas.

*Determinación de equipos.* Con el fin de construir el inventario necesario para la conformación del sistema, se realizó una investigación vía el portal web “Alibaba”, donde se hizo un primer contacto con proveedores de todo el mundo, con el fin de determinar el más adecuado a las necesidades del proyecto. De esta manera, es posible establecer una comunicación con compañías calificadas para recibir asistencia técnica durante el proceso de selección de equipos.

*Cálculos de diseño.* Partiendo de la necesidad energética, se establece como norma general que se generará la misma cantidad de consumo diario para el caso (a) de satisfacer los requerimientos totales de una vivienda, (b) de una vivienda sin incluir el consumo de aires acondicionados, y (c) del sistema de alumbrado común y sistema de seguridad.

Se utilizó como referencia el procedimiento seguido por Hernández (2017), en el cual se determinó la cantidad de módulos necesarios a partir del mes más desfavorable y la potencia máxima de producción del panel seleccionado.

La selección del inversor debe cumplir con la condición de que la máxima potencia de entrada admitida por el equipo sea mayor a la potencia de salida del arreglo de paneles al cual será conectado. La tensión de entrada máxima admitida por el inversor permitió configurar el arreglo del sistema.

Luego, con la finalidad de dimensionar el banco de baterías, se procedió a desarrollar el procedimiento recomendado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Concepción en Chile, en conjunto con la Fundación de Energía Comunitaria Chilena, en el proyecto gubernamental titulado “Guía de Diseño de Sistemas Fotovoltaicos Off – Grid”.

*Cálculo del área total de la instalación.* En un inicio se calculó el área disponible de las superficies previstas para la instalación, la cual está determinada en espacios rectangulares por el producto del área por la altura. Este cálculo permite diseñar en un software de dibujo una disposición preliminar de equipos limitado por el área disponible.

Seguidamente, se calculó el área requerida si se piensa instalar el total de equipos según sus especificaciones mecánicas obtenidas de la ficha técnica suministrada por el proveedor. Habiendo calculado la superficie requerida, es posible tomar una decisión respecto al escenario que presente mayor factibilidad técnica asociada a la disponibilidad del área para la instalación.

*Accesorios.* Como paso final, se identificaron el resto de los materiales necesarios para el funcionamiento del sistema y la conclusión de la solución energética propuesta.

El rumbo a seguir depende del tipo de solución. Para un sistema prediseñado, el cual se adquiere con los componentes del sistema fotovoltaico ofertados en el kit, se procede a seleccionar los equipos faltantes para perfeccionar la solución ofrecida, componentes que trabajan de forma individual.

Para soluciones diseñadas en conjunto con el proveedor, se estima la cantidad necesaria de accesorios sujetos a consideraciones del espacio dispuesto para la instalación.

La selección del cableado y tuberías sigue normas técnicas tales como las estipuladas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía de España en su sección dedicada a instalaciones fotovoltaicas y las normas obligatorias COVENIN reguladas por el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos (SENCAMER).

***Objetivo 3: Evaluar la Factibilidad Económica del Proyecto.***

**Metodología del Marco Lógico.** Para la formulación del análisis evaluativo desde la perspectiva económica, se implementó la metodología del marco lógico. Esta metodología permite desarrollar indicadores de medición de eficiencia en proyectos partiendo en un primer lugar desde la identificación de los interesados en dicho proyecto y los objetivos del mismo.

**Estructuración de costos.** Una vez comprendidos los tres factores anteriores, se procedió a realizar la estructuración de los costos relacionados al proyecto bajo una proyección de 5 años. Al finalizar, se obtuvo como resultado el flujo de caja para los años proyectados por el estudio, lo que permitirá la medición de los indicadores en términos monetarios.

**Evaluación Costo – Eficiencia.** Con el propósito de evaluar la eficiencia de la inversión realizada, se efectuó la medición de indicadores de eficiencia propuestos. La evaluación costo – eficiencia trata de reconocer la existencia de efectos positivos sobre la situación base antes de aplicado el proyecto, por lo que; en caso de identificarse una mejora a través de la medición de indicadores con respecto a la situación base; el proyecto puede considerarse factible bajo dichas condiciones y beneficios expuestos.

## CAPÍTULO IV

### PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollarán uno a uno los objetivos específicos planteados, presentando los resultados obtenidos en cada fase del proyecto.

#### **Evaluar la situación actual del servicio eléctrico en el Conjunto Residencial La Arboleda.**

##### *Entrevista*

Como primer acercamiento para la completación del primer objetivo, se sostuvo una conversación con la persona encargada de la administración del condominio. La entrevista no estructurada se llevó a cabo con la ciudadana Rosa María Miranda el 24 de febrero de 2020 y se fue complementando mediante conversaciones informales posteriores a dicho encuentro.

En resumen, se obtuvo la siguiente información de los distintos encuentros:

- Está permitida la construcción de nuevos proyectos en las zonas comunes de la urbanización, siempre y cuando todos los habitantes lleguen a un consenso.
- Hasta el momento, ningún propietario posee una alternativa energética diferente a las plantas eléctricas de Diesel. En este sentido, se conoce la existencia de más de una planta de Diesel en el conjunto, mas no el estado de operatividad de las mismas.
- Aproximadamente tres casas por calle se encuentran deshabitadas en el momento, exceptuando la primera calle en la que un total de cinco casas se encuentran en esta condición. La última vez que se realizó un sondeo, 98 casas cuentan con habitantes fijos, mientras las otras son alquiladas temporalmente, están en proceso de venta o los propietarios se ausentarán por un periodo de tiempo indeterminado.
- De esta entrevista también se obtuvieron las especificaciones de los componentes del sistema de seguridad y apoyo, los cuales serán especificados más adelante cuando se determinen los requerimientos de consumo. Se hizo una solicitud por parte del entrevistado para investigar un nuevo modelo de cámara de seguridad para realizar el estudio con dichas especificaciones, esto con la intención de sustituir el equipo actual en un futuro cercano.
- También se discutió el recibimiento de quejas por parte de los vecinos, mayormente aquellos más próximos a los paredones que encierran el conjunto residencial. Las quejas vienen infundidas por el hecho de que, en distintos momentos, el portón eléctrico principal y el peatonal se encuentra inoperativo y supone un gran riesgo para aquellos residentes que se encuentren fuera

de las instalaciones y deseen entrar. Este fenómeno se ha observado, por ejemplo, cuando existen fallas en la alimentación eléctrica y el vigilante a cargo debe cumplir no solo con sus funciones de vigilancia, sino también abrir y cerrar el portón manualmente, proceso mucho más tedioso y tardado. Lo mismo sucede con el cercado eléctrico, cuya inoperatividad ha permitido en ocasiones la entrada de extraños que atentan en contra de los inmuebles. El período de duración percibido de las interrupciones en la mayoría de las ocasiones es de dos horas, sin embargo, en distintas épocas; principalmente en estaciones lluviosas; la duración aumenta. Estos mecanismos tardan un lapso de tiempo en volver a funcionar luego de ser encendidos, por lo que durante un período de tiempo luego de recibir electricidad, no cumplen con sus funciones.

### ***Encuesta: análisis de resultados***

Habiendo utilizado la herramienta “Google Forms” (ver anexo 1), se tabularon los resultados en una hoja de cálculo de Excel. Dicho archivo contiene los resultados de la encuesta, desplegando en cada columna las respuestas a cada interrogante. Con estos resultados es posible construir relaciones matemáticas que deriven en la medición de los indicadores establecidos. Se obtuvo un total de 74 respuestas antes de cerrar la encuesta, en el que se repitió un numeral de casa, por lo que se eliminó el resultado repetido, obteniéndose definitivamente la muestra requerida de 73 encuestados.

### **Pregunta 3: ¿Con qué frecuencia presenta fallas en la alimentación eléctrica?**



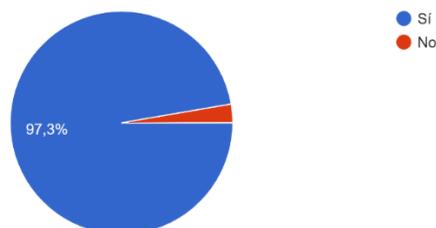
Gráfica 1. Resultado de la encuesta: pregunta 3.

Como referencia respecto a la calidad de la prestación de servicios eléctricos, se utiliza con el fin de realizar una comparación, los indicadores establecidos por el Gobierno Colombiano que muestra la relación entre la duración de las interrupciones y el nivel de calidad del servicio.

En la publicación denominada Diagnóstico de Calidad (2017), se considera un servicio de calidad 1 en una escala del 1 – 3 (siendo 1 el mejor valorado), aquel servicio que presente un máximo de 9,5h acumuladas de interrupciones al año. Un servicio de calidad 2 presenta alrededor de 15,7 h de interrupción acumuladas al año, y un servicio de calidad 3 hasta un máximo de 40h anuales.

Según los resultados obtenidos en la encuesta, el 79,7% coincide en que presenta fallas 4 o más veces al mes, clasificándose como “inaceptable”. Tomando un promedio habitual de duración por falla de 2 horas (el cual resulta superior en épocas de lluvia), la duración de las fallas varía entre un rango de 8 a 60 horas mensuales, equivalentes a 96 horas anuales como mínimo y 720 horas como máximo. Contrastándolo con los criterios de calidad establecidos por el gobierno colombiano, se concluye que la calidad del servicio actual venezolano exhibe el mismo comportamiento de los servicios eléctricos rurales de otros países latinoamericanos, ya que la cantidad de interrupciones que presenta el servicio lo posiciona inclusive por debajo de la menor calidad concebida para un servicio público urbano.

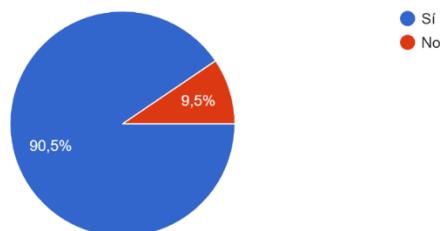
**Pregunta 4: ¿Le preocupa la seguridad del conjunto cuando, debido a las fallas eléctricas, no funcionan los equipos de seguridad y apoyo?**



Gráfica 2. Resultado de la encuesta: pregunta 4.

Se concluye; por mayoría notoria; que es de suma importancia el factor “seguridad” para los habitantes del conjunto, dando paso a la posibilidad de estudiar un escenario en el cual se alimenten los equipos que otorgan un beneficio común para todos los residentes.

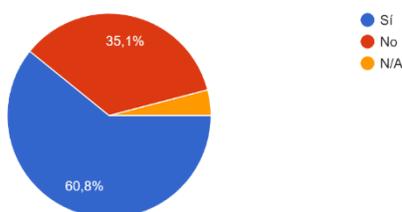
**Pregunta 5: ¿Se ha visto afectada su rutina diaria debido a los cortes o fallas del servicio eléctrico?**



Gráfica 3. Resultado de la encuesta: pregunta 5.

El 90,5% de los habitantes del conjunto residencial se han visto afectados por la ineficiencia del servicio eléctrico actual, limitando la continuidad de sus actividades diarias. Considerando que 90,5% supera ampliamente al 50% requerido para considerarse “relevante” según el indicador fijado, es importante restaurar relativamente la calidad de vida que ha decaído a raíz de la problemática exhibida.

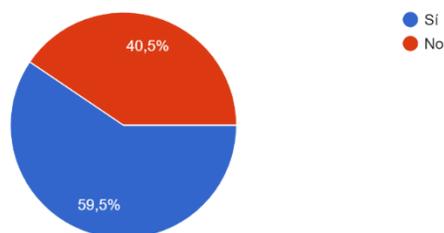
**Pregunta 6: ¿Ha incurrido en gastos adicionales para solventar las fallas del servicio eléctrico?**



Gráfica 4. Resultado de la encuesta: pregunta 6.

El 60,8 % de los habitantes del conjunto ha incurrido a gastos adicionales para solventar inconvenientes resultantes de las interrupciones en la alimentación eléctrica. Este porcentaje representa a 73 de las 120 casas que conforman el condominio, por lo que, por mayoría notoria, se califica “No aceptable” la revelación de graves inconveniencias.

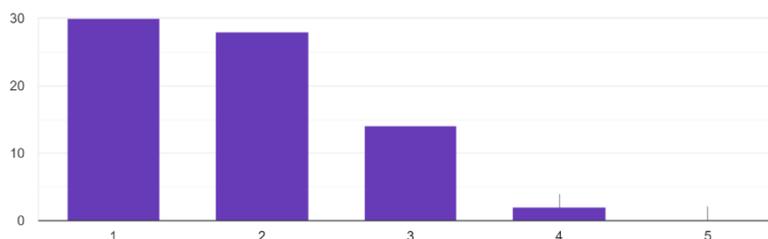
**Pregunta 7: ¿Ha sufrido la pérdida de algún equipo electrodoméstico a causa de irregularidades en la alimentación eléctrica?**



Gráfica 5. Resultado de la encuesta: pregunta 7.

Al igual que en el anterior asunto, se califica este punto como “No aceptable”

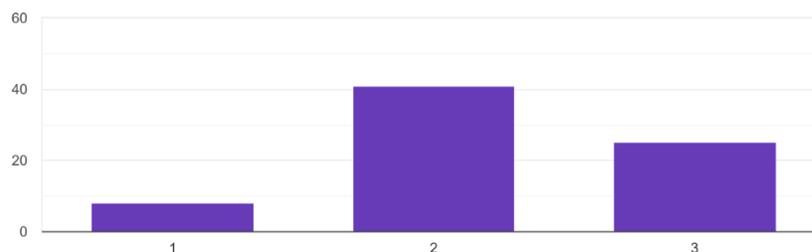
**Pregunta 8: ¿Qué tan satisfecho está usted con el servicio eléctrico actual?**



Gráfica 6. Resultado de la encuesta: pregunta 8.

La media aritmética de los datos obtenidos a través de la hoja de cálculos de Excel, delata que en promedio los habitantes del conjunto se sienten insatisfechos con el servicio recibido. La media recoge una valoración total de 2 (1,83) en la escala de 1 (Totalmente insatisfecho) a 5 (Muy satisfecho) posicionándose según el indicador de medición como “No Aceptable”.

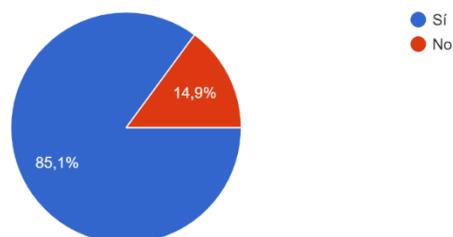
**Pregunta 9: Según su criterio, su consumo eléctrico diario es:**



Gráfica 7. Resultado de la encuesta: pregunta 9.

Como resultado se obtuvo una media aritmética de 2,23, ubicando el consumo general percibido por los residentes en el lado derecho del gráfico, por encima de la mediana de consumo. Por lo tanto, el consumo eléctrico de los residentes tiende a ser alto.

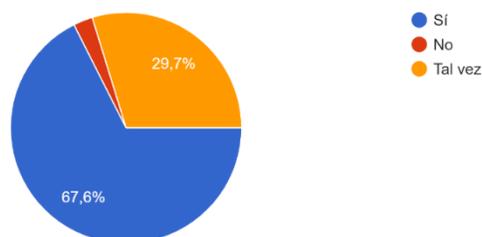
**Pregunta 10: ¿Toma algún tipo de medida para reducir su consumo eléctrico? Apaga las luces de habitaciones vacías, apaga el aire acondicionado al salir de una habitación, etc.**



Gráfica 8. Resultado de la encuesta: pregunta 10.

La mayoría de los residentes poseen conciencia de ahorro energético. De la totalidad de casas del conjunto urbanístico, 102 considera importante el factor “Ahorro” según las estadísticas obtenidas en la encuesta.

**Pregunta 11: ¿Estaría interesado en la instalación de un nuevo sistema eléctrico como solución/complemento al sistema actual?**



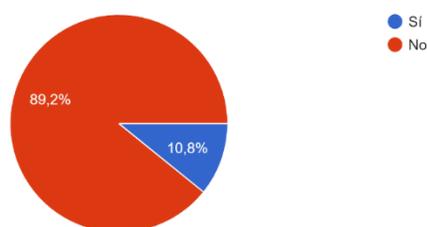
Gráfica 9. Resultado de la encuesta: pregunta 11.

El 67,6% representa una fracción de 81 viviendas abiertas a la posibilidad de optar por una propuesta de mejora para el sistema instalado actualmente, con el fin de garantizar la continuidad del servicio total o parcialmente. Esto implica que la mayoría encuentra la idea de una instalación eléctrica complementaria ser un elemento “De interés”.

Utilizando la hoja de cálculo de Excel, se les ha asignado los siguientes valores a las respuestas correspondientes a la pregunta 11: “Sí” = 1; “Tal vez” = 0,5; y “No” = 0.

Seguidamente se realiza una sumatoria de las respuestas, donde se obtiene como resultado que 60 de los 73 encuestados se encuentran interesados, aproximadamente un 82% de los residentes tomando en cuenta dentro del cálculo el porcentaje de personas que se encuentra indeciso ante la perspectiva del proyecto.

**Pregunta 12: ¿Posee planta eléctrica?**



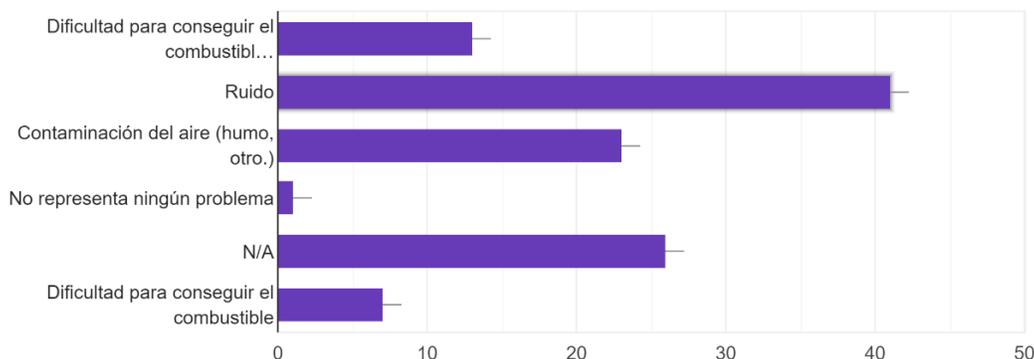
Gráfica 10. Resultado de la encuesta: pregunta 12.

Aproximadamente un 11% de las viviendas cuentan con plantas eléctricas como solución a la problemática, representando 13 casas de todo el conjunto. Sin embargo, haciendo uso de la información suministrada por el condominio, se conoce que la cantidad real de plantas eléctricas en el conjunto es de 8 unidades. Este resultado se interpreta asumiendo que la totalidad de propietarios de plantas eléctricas han respondido esta encuesta.

**Pregunta 13: ¿Qué tipo de planta posee?**

El 100% de los generadores son plantas eléctricas de Diesel. Es decir, las 8 plantas eléctricas existentes en el conjunto, utilizan Diesel como combustible.

**Pregunta 14: Si usted o algún vecino cercano posee una planta eléctrica, seleccione los inconvenientes que pueden causar: Si este caso no lo representa, por favor seleccione N/A**



Gráfica 11. Resultado de la encuesta: pregunta 14.

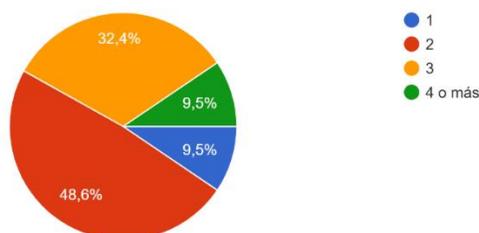
La mayoría de los encuestados encuentran el ruido ser un problema común en este tipo de alternativas. Un 55% aproximadamente de los residentes, incluyendo propietarios de plantas y vecinos cercanos, consideran la presencia de ruido la principal desventaja para estos casos.

El 35% engloba a un total de 42 habitantes del conjunto que, en teoría, no se ve afectado por la presencia de plantas eléctricas. Una sola persona de los encuestados opina que la presencia de las mismas – o la posesión de una – no representa un problema real. Finalmente, un 31% de los encuestados, quienes representan 37 habitantes del total de casas, contemplan como problema la contaminación del aire que implica la puesta en funcionamiento del sistema de respaldo mencionado.

**Pregunta 15: ¿Cuántos aires acondicionados posee? O algún otro sistema de ventilación**

El promedio de aires acondicionados individuales por casa es de 3 aires. Adicionalmente, la mayoría posee un aire central y un ventilador en sus hogares.

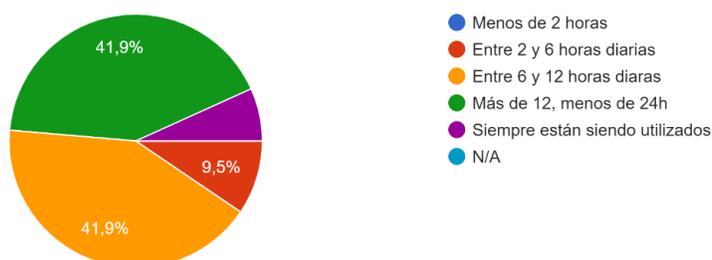
**Pregunta 16: ¿Cuántos de estos equipos funcionan en simultáneo?**



Gráfica 12. Resultado de la encuesta: pregunta 16.

La mayor parte de los residentes mantienen en funcionamiento entre 2 o 3 equipos de acondicionamiento de aire a la vez, tomando en cuenta que, en momentos específicos del día, pueden funcionar hasta 5 unidades en simultáneo, incluyendo aires acondicionados y ventiladores.

**Pregunta 17: En promedio, ¿cuántas horas al día mantiene encendidos sus aires acondicionados?**



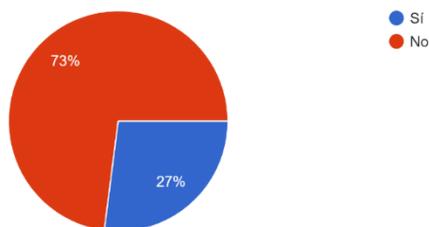
Gráfica 13. Resultado de la encuesta: pregunta 17.

Como es posible observar en la gráfica, el 84% de los residentes mantienen en uso los sistemas de acondicionamiento más de 6 horas y menos de 24. El promedio de utilización se acerca a las 16 horas diarias.

### **Pregunta 18: Otros equipos (cantidad)**

Para el conjunto de casas que componen el complejo urbanístico, el promedio de equipos es: 2 neveras por casa, 3 televisores, 3 electrodomésticos de cocina y 3 equipos de uso personal como computadoras u otras consolas.

### **Pregunta 19: ¿Posee cocina eléctrica como principal opción?**



Gráfica 14. Resultado de la encuesta: pregunta 19.

Originalmente, las viviendas fueron planeadas para contar con cocinas de gas. En la actualidad, 33 casas (27%) utilizan cocinas que requieren de alimentación eléctrica.

### **Pregunta 20: ¿Qué equipos tienen prioridad de funcionamiento según su criterio?**

#### **Asigne a cada opción un número indicando el orden de importancia**

En orden de relevancia, los equipos de mayor importancia para los residentes son: Bombillos e iluminación del hogar, portón eléctrico, luminarias para el alumbrado de áreas comunes, cercado eléctrico, cocina y/o nevera, otros equipos no listados y por último los aires acondicionados.

Estos resultados indican la prioridad que tiene cada equipo – o conjunto de equipos – al momento de decidir cuáles de ellos serán alimentados. Es posible observar que, inmediatamente luego de la iluminación de cada casa, siguen los equipos que conforman los sistemas de seguridad y apoyo, reflejando el interés de los habitantes en cuanto a su funcionamiento permanente.

Analizando los resultados de cada una de las respuestas, se concluye que es pertinente el estudio de la instalación de un sistema de energía alternativa, basando esta deducción en tres premisas generales:

1. El servicio que abastece de electricidad al conjunto, no solo no satisface las necesidades de los residentes, sino que también causa daños e inconvenientes relevantes; tanto en la vida diaria de los habitantes; como en sus inmuebles. Las fuentes para esta declaración son las respuestas a las preguntas 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 11.

2. El consumo eléctrico juega un papel importante en el desarrollo de las actividades diarias de los residentes, ya que hacen uso del servicio durante la mayoría de las horas del día y en un número importante de equipos. (Análisis de las respuestas obtenidas en las preguntas 9, 15, 16, 17, 18, 19 y 20)

3. Las propuestas y soluciones planteadas deben acomodarse al contexto que se vive dentro del complejo urbanístico y a la situación que se presenta a nivel nacional, es decir, debe ser un proyecto sostenible. No pueden depender de recursos de difícil acceso ni ocasionar efectos nocivos en el ambiente o en la calidad de vida de los propietarios.

### ***Instalaciones***

Para determinar la factibilidad de instalar equipos de dimensiones considerables, se debe realizar una descripción de las áreas disponibles para la disposición de los mismos.

El conjunto residencial La Arboleda es un sistema urbanístico cerrado conformado por ciento (120) veinte casas tipo Town House. Las viviendas se distribuyen en seis (06) calles paralelas divididas equitativamente en veinte (20) casas por calle. Dichas calles se conectan a través de una vía principal destinada al tránsito de vehículos de los habitantes. La superficie total es de 38.807,12 m<sup>2</sup> (417.716,41 pies<sup>2</sup>). Debido a la inaccesibilidad a los planos de la obra, se realizó el cálculo de la superficie utilizando la herramienta en línea Google Maps.



Fig. 4. Vista satelital Conjunto Residencial “La Arboleda”  
Fuente: Google Maps (2020).

Contiguo a la vía principal, se encuentra un terreno de uso común, dotado de áreas verdes, una caminería para los peatones, tres sillas de jardín, tres contenedores de basura, dos bombonas de gas y cinco postes de luz. Los extremos de este espacio comprenden dos estacionamientos para visitantes y; en el extremo más próximo a la entrada; una unidad modelo destinada a ser utilizada como oficina de la administración del condominio.

El estacionamiento principal, estacionamiento secundario y área de oficina, son los espacios en los que más fácilmente se podrían adaptar instalaciones eléctricas sin interferir con las actividades normales de los residentes.

### ***Instalaciones eléctricas internas***

Para comprender la estructura del sistema, se ha realizado un esquema representando la disposición de los componentes del sistema eléctrico.

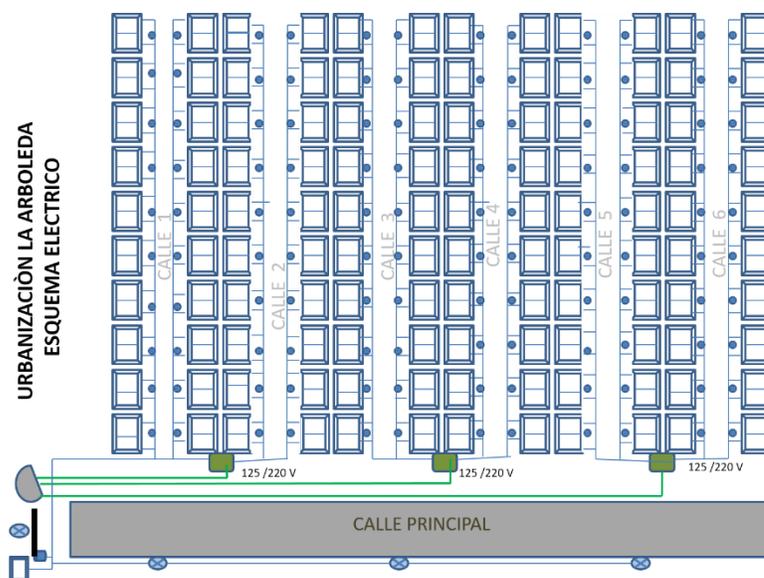


Fig. 5. Vista satelital Conjunto Residencial “La Arboleda”

Las líneas de alta tensión provienen de una conexión externa enlazada a través de un poste a la red eléctrica regional. Las tres líneas forman una trayectoria al interior del conjunto hasta realizar la conexión con los tres transformadores dispuestos cada dos calles. Los transformadores trifásicos son de tipo pedestal (Pad Mounted 300 kva – 120/208 vol). El mismo está integrado con triple salida de baja tensión, hay tres líneas de baja tensión en cada calle para balancear las cargas y no sobrecargar ninguna de ellas.

Cada una de las casas está conectada a dos líneas de baja tensión (110 v), que juntas hacen 220v para alimentar equipos que requieran este nivel de tensión; como aires acondicionados y calentadores de agua. Una sola línea de tensión 110v alimenta una serie de equipos que listan entre neveras, televisores y lavadoras. El equilibrio de cargas depende de los equipos conectados en cada casa a esa línea, razón por la cual existe un desgaste considerable en el transformador que reparte energía a las últimas dos calles.

Los Town House consisten en la coexistencia de dos viviendas separadas que comparten una fachada uniforme. En el punto medio de ambas casas, se encuentra instalado un poste de luz, por lo que se dispone de diez postes en cada calle.

En el terreno exterior se sitúan tres postes de mayor altura (8 metros aproximadamente) con dos luminarias de vapor de sodio, dos de altura media (4 metros de altura) con luminarias de luz blanca de haluro metálico y dos postes de altura media con bombillos LED.

El sistema de seguridad está comprendido por los componentes que fundan el sistema de portones para entrada y salida de residentes; vehicular y peatonal; la cámara de seguridad ubicada en la entrada del conjunto para registrar el tráfico y el cercado eléctrico que cubre todo el perímetro.

### ***Descripción de componentes***

A continuación, se especificarán los detalles de distintos componentes del sistema. La mayoría de la información precisa la información exacta de los elementos, mientras que otros serán expuestos a modo de referencia por falta de información del proveedor.

- Luminarias

	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Características</b>
<b>LED</b>	Bombillo de luz blanca y fría de policarbonato	10 (bombillos) x 6 (calles) = 60 bombillos 2 postes medianos x 1 bombillo = 2 bombillos Total = 62 luminarias	Consumo (watts) = 30w Vida útil (horas) = 20000 h Voltaje = 120-240V Lúmenes: 4500
<b>Haluro metálico</b>	Luz blanca tipo reflector	2 flectores x 1 bombillo = 2 luminarias	Potencia = 400 watts Voltaje = 100V Corriente = 4.0 A
<b>Vapor de sodio</b>	Foco de Vapor Sodio Alta Presión Luz amarilla	3 postes de luz x 2 bombillos c/u = 6 luminarias	Potencia: 400 watts, más las pérdidas del balastro Utiliza un balastro electromagnético auto regulado, normalmente en voltaje 127/220 volts Lúmenes: 45.000

Tabla 3. Especificaciones técnicas – luminarias actuales.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el condominio del Conjunto Residencial “La Arboleda”.

- Motor portón eléctrico

No se conoce la marca exacta del motor que acciona el portón corredizo. Se utilizarán los valores referenciales de portones eléctricos corredizos expuestos en la Guía del Consumidor de Energía Eléctrica en Viviendas y Oficinas elaborado por el Instituto de Desarrollo Experimental de la Universidad Central de Venezuela.

- Cámara de seguridad

Como resultado de la búsqueda de las cámaras para exteriores ofertadas en el mercado venezolano, se seleccionó una cámara tipo bala. Las características generales del modelo, independientemente de la marca, son las siguientes:

<b>Modelo</b>	Cámara tipo Bullet de 24 LEDs infrarrojos
<b>Características</b>	Resistente al Agua: Prueba IP66 A Prueba de Vandalismo Alcance de Infrarrojo: 23 m (75 ft) Ángulo de visión: 90° Resolución = 720p
<b>Requerimientos</b>	Fuente de poder DC 12V Potencia = 14W

Tabla 4. Especificaciones técnicas – cámara de seguridad.  
Fuente: Tcomm – Mercado Libre Venezuela. (2020).

### **Determinar la factibilidad técnica de la instalación del sistema eléctrico complementario más adecuado al contexto.**

#### ***Cálculo de requerimientos***

A partir de la información suministrada por los habitantes, se conformó una tabla ## en Excel para el cálculo de los consumos correspondientes a los equipos, utilizando una potencia media definida por el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica de Venezuela (ver apéndice 1) y por el Ministerio de Energía y Minas de Colombia.

Como resultado de los cálculos obtenidos, se ha podido identificar que la mayor demanda proviene del consumo eléctrico de los aires acondicionados de las viviendas, alcanzando un 86% del consumo total residencial.

Adicionalmente, se fijaron los requerimientos de potencia para el dimensionamiento de la instalación. Para satisfacer la demanda total del conjunto residencial, es necesario una instalación que considere un mínimo de potencia de 4041 kW.

Por otro lado, si se analiza de manera individual el consumo de cada vivienda, encontramos dos posibilidades: proponer la instalación de sistemas individuales con una potencia mínima de 35 kW por casa, o considerar la instalación individual de un sistema que alimente la mayoría de los equipos, excluyendo los aires acondicionados. Para el segundo caso, la potencia requerida sería de tan solo 5 kW.

Una última propuesta consistiría en adquirir los equipos necesarios para satisfacer los requerimientos de consumo de los equipos de seguridad y apoyo de las áreas comunes. Para ello se necesitaría una instalación de 6kW de potencia.

La evaluación de los dos últimos escenarios no obedece una relación mutuamente excluyente. Es decir, es posible la instalación de sistemas individuales casa por casa, incluyendo o no aires acondicionados, además de un sistema de alimentación para los equipos comunes, teniendo en cuenta la factibilidad en términos de dimensionamiento, disponibilidad y capital necesario.

A continuación, se mostrarán los cálculos realizados a los cuales se ha hecho referencia:

Equipo	Horas (al día)	Cantidad	Potencia eléctrica(W)	Potencia eléctrica total(W)	Consumo diario (KWh)	Consumo mensual (KWh)
Aire acondicionado (Split 2ton)	16	3	2650	7950	127,20	3816
A/C (central 5ton)	16	1	7900	7900	126,40	3792
Ventilador	16	1	125	125	2,00	60
Nevera	8	2	480	960	7,68	232
Horno	2	1	1800	1800	3,60	108
Cocina	1,5	1	1800	1800	2,70	82
Televisor	8	3	150	450	3,60	108
Decodificadores	8	3	10	30	0,24	8
Bombillos (ahorradores)	8	25	25	625	5,00	150
Bombillos (LED)	8	25	7	175	1,40	42
Promedio bombillos				400	3,50	105
Electrodomésticos (Microondas)	0,5	1	1000	1000	0,50	16
Electrodomésticos (Licuadora)	0,2	1	350	350	0,06	2
Electrodomésticos (Cafetera)	0,5	1	800	800	0,40	12
Electrodomésticos (Secador)	0,1	1	480	480	0,04	2
Electrodomésticos (Plancha)	2	1	1000	1000	2,00	8
Lavadora	3	1	385	385	1,16	12
Secadora	4	1	5600	5600	22,40	224
Calentador	1	1	2000	2000	2,00	60
Electrónicos (computador mesa)	4	1	190	190	0,76	24
Electrónicos (laptop)	4	2	30	60	0,24	8
Videojuegos	2	1	90	90	0,18	6
Cargador con celular conectado	5	4	12	48	0,24	8
Cargador sin celular conectado	5	2	5	10	0,05	2
Equipo de sonido	1	1	200	200	0,20	6
Consumo promedio de energía de espera						100
<b>Total por casa</b>				<b>33628</b>	<b>308</b>	<b>8801</b>
<b>Total 120 casas</b>				<b>4035360</b>	<b>36960</b>	<b>1056120</b>

Tabla 5. Consumo eléctrico de equipos de uso residencial

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.

### Consumo de equipos de uso común

Equipo	Horas (al día)	Cantidad	Potencia eléctrica(W)	Potencia eléctrica total(W)	Consumo diario (KWh)	Consumo mensual (KWh)
Luminarias haluro metálico	12	2	400	800	9,6	288
Luminarias vapor de sodio	12	6	400	2400	28,8	864
Luminarias LED	12	63	30	1890	22,68	682
Portón eléctrico	4	1	380	380	1,52	46
Portón peatonal	1	1	70	70	0,07	4
Cámara de seguridad	24	1	14	14	0,34	12
Electrificador	24	2	4,5	9	0,22	8
<b>Consumo total</b>					<b>64</b>	<b>1904</b>

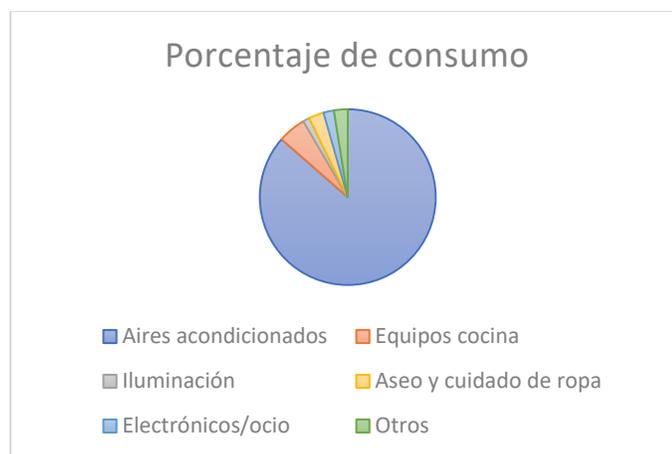
Tabla 6. Consumo eléctrico de equipos de uso común.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica.

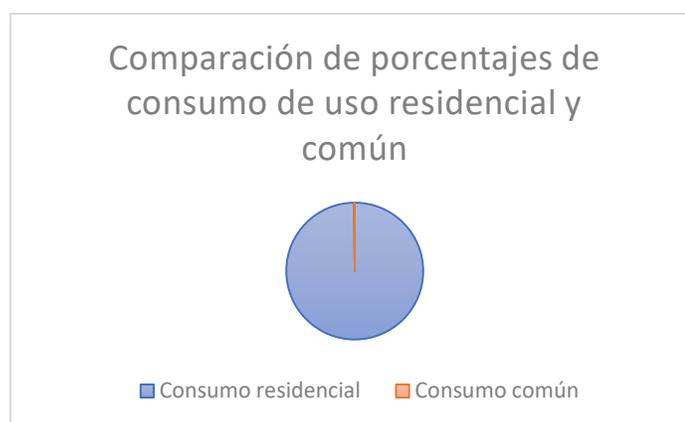
### Porcentaje de consumo de equipos de uso residencial

Equipos	Consumo total					
	Aires acondicionados	Equipos cocina	Iluminación	Aseo y cuidado de ropa	Electrónicos/ocio	Otros
Consumo diario (KW)	30432,00	14,94	420,00	3066,60	661,20	2365,26
Consumo mensual (KW)	912960	54240	12600	29280	20400	26640
Porcentaje de consumo	86%	5%	1%	3%	2%	3%

Tabla 7. Porcentaje de consumo de equipos de uso residencial.



Gráfica 15. Porcentajes de consumo.



Gráfica 16. Comparación de porcentajes de consumo de uso residencial y común.

### Potencia requerida

<b>Conjunto residencial</b>	4041	kW
<b>Por casa (excluye ares acondicionados)</b>	4,71	kW ≈ 5 kW
<b>Por casa (incluye aires acondicionados)</b>	35	kW
<b>Potencia requerida (Equipos comunes)</b>	6	kW

Tabla 8. Potencia requerida.

### *Análisis climatológico*

En esta sección se realizará un estudio de la situación climatológica de la zona, considerando factores de interés para la instalación de sistemas basados en energía verde. La disponibilidad del recurso condiciona la posibilidad de ejecutar el proyecto, razón por la cual se

extrajerón valores de la base de datos oficial de la NASA referentes a los recursos naturales que permiten la generación de energía verde y otros factores relacionados.

La base de datos de la NASA, compone gráficas promedio en las coordenadas prescritas a partir de mediciones realizadas durante dos periodos de tiempo señalados:

- Promedio climatológico solar desde julio 1983 – junio 2005 (22 años)
- Promedio Meteorológico desde enero 1984 – diciembre 2013 (30 años)

Utilizando Google Maps, se fijaron las siguientes coordenadas, utilizadas para el análisis climatológico: Latitud (8.2880); Longitud (-62.7104).

**Duración del día.** La duración del día tiene pequeñas variaciones dentro del rango de una hora, siendo el máximo de horas diarias en junio (12,6h) y el mes con menor cantidad de horas de luz natural promedio en diciembre (11,67h).

**Nubosidad.** Según la base de datos de la NASA, el porcentaje de nubosidad durante el día en las coordenadas establecidas muestra un pico entre los meses de abril y julio, donde empieza a descender. El mes con mayor presencia de nubes es mayo, alcanzando un 72,6%, y el mes con menor cantidad de nubes en promedio es el mes de enero, con un 59,7%.

**Radiación solar.** Los datos para la radiación solar promedio durante cada uno de los meses del año han sido los siguientes:

Enero	5.69
Febrero	5.89
Marzo	5.85
Abril	5.49
Mayo	5.8
Junio	4.88
Julio	5.09
Agosto	5.33
Septiembre	5.63
Octubre	5.73
Noviembre	5.77
Diciembre	5.55

Tabla 9. Radiación solar.

Fuente: Prediction of Worldwide Energy Resources – NASA (2020).

El rango de radiación varía entre 5,89 kW-hora/m<sup>2</sup>/día y 4,88 kW-hora/m<sup>2</sup>/día, totalizando un promedio de 5,55 kW-hora/m<sup>2</sup>/día. En el trabajo realizado por Suarez (2008), se tiene que para valores de radiación solar de 5,2 a 5,5 kWh/m<sup>2</sup> día, se considera excelente para el aprovechamiento

fotovoltaico, así como se describe en la tabla 10, prefiriendo tomar el rango inferior más próximo al valor obtenido.

<b>Radiación solar (kWh/m<sup>2</sup> día)</b>	<b>Clasificación</b>
<4,7	Marginal
4,7 – 4,9	Regular
4,9 – 5,2	Bueno
5,2 – 5,5	Excelente
5,5 – 6,1	Premium
>6,1	Supremo

Tabla 10. Clasificación de la radiación solar según su potencial.

Fuente: Suarez, 2008.

**Irradiación solar.** La potencia incidente por unidad de superficie influye directamente en el rendimiento de los paneles solares. Dependiendo del ángulo de inclinación, las celdas captarán más o menos energía. La radiación solar en una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar es siempre mayor que si la misma superficie la colocamos en cualquier otra posición. Por lo que el porcentaje de irradiación que aprovecharán las placas las placas solares dependerá de su orientación respecto al azimut del panel y su ángulo de inclinación.

Los sistemas se instalan dependiendo del lugar de ubicación, si se encuentran en el hemisferio sur se orientarán hacia el norte, y si se ubican en el hemisferio norte se orientarán hacia el sur; la inclinación de los paneles dependerá de la latitud.

Haciendo uso de la herramienta en línea Global Solar Atlas (ver apéndice 3), se fijaron las coordenadas previstas para la instalación y se obtuvieron distintos promedios de incidencia anuales para los distintos ángulos de inclinación, además de la energía total que se prevé generar con una instalación de 10 kW.

El Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL) de Estados Unidos, emitió en el 2017 un informe resultante de un proyecto de investigación anual, en el cual se listan los ángulos de inclinación óptimos para paneles solares fotovoltaicos de inclinación fija para todos los países del mundo.

En el caso de Venezuela, debido a su cercanía con la latitud del Ecuador, la inclinación recomendada para paneles solares es de 10°, valor mínimo para su eficiencia mecánica. Este valor coincide con el resultado obtenido en el software seleccionado, como se puede observar en la quinta fila de la imagen a continuación:

Map data		Per year
Direct normal irradiation	DNI	<b>1623</b> kWh/m <sup>2</sup>
Global horizontal irradiation	GHI	<b>2043</b> kWh/m <sup>2</sup>
Diffuse horizontal irradiation	DIF	<b>886</b> kWh/m <sup>2</sup>
Global tilted irradiation at optimum angle	GTI <sub>opta</sub>	<b>2070</b> kWh/m <sup>2</sup>
Optimum tilt of PV modules	OPTA	<b>10 / 180</b> °
Air temperature	TEMP	<b>28.1</b> °C
Terrain elevation	ELE	<b>48</b> m

Fig. 5. Información del sitio.

Fuente: Global Solar Atlas – Energy Data Info (2020).

La energía que se espera producir anualmente para una instalación de 10kW bajo las condiciones anteriores es de: 15.580 MWh si la inclinación es de 10°, 15.520 MWh para 15°, 15.372 MWh para 20°, y continúa en decadencia a medida en que se aumenta el ángulo de inclinación.

Una vez obtenido el ángulo de inclinación óptimo de los paneles solares, es posible calcular el número de horas solares pico conociendo la irradiancia del peor meso el mes con menor incidencia directa; de la siguiente manera:

$$HSP = \frac{Irradiancia}{1000 \text{ W/m}^2} = \frac{3840 \text{ W/m}^2}{1000 \text{ W/m}^2} = 3,84 \text{ horas}$$

**Viento.** La información sobre la velocidad promedio del viento por hora en Ciudad Guayana suministrada por Weather Spark confirma que la parte más ventosa del año dura 5,1 meses, del 20 de diciembre al 24 de mayo, con velocidades promedio del viento de más de 11,2 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 27 de marzo, con una velocidad promedio del viento de 14,2 kilómetros por hora. Por otro lado, los datos de la NASA comprenden un promedio de velocidades menores a los anteriores y, por lo tanto, con menor potencial de aprovechamiento.

La escala de Beaufort (Fig. 6) es una medida empírica para la velocidad del viento, donde la fuerza es graduada bajo los rangos de velocidades. Inclusive tomando como referencia el valor máximo de la velocidad del viento, que no representa el valor real, sería clasificado como un “viento flojo” o brisa débil con poco potencial eólico.

ESCALA BEAUFORT				
Número de Beaufort	Velocidad de viento(km/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	Flojito (brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítrea, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles
3	12 a 19	Flojo (brisa débil)	Pequeñas olas, crestas rompientes	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	Bonancible (brisa moderada)	Borreguillos numerosos, copas de los árboles	Se levanta polvo y papeles, se agitan las olas cada vez más largas
5	29 a 38	Fresco (brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles
6	39 a 49	Fresquito (brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	Frescachón (viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	Temporal (viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	Temporal fuerte (muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	Temporal duro (temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	Temporal muy duro (borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	118 y más	Temporal huracanado (huracán)	El aire está lleno de espuma y rocciones. Enorme oleaje. Visibilidad casi nula	Destrucción total

Fig. 6. Escala de Beaufort.

Fuente: Chile, Carta Escala de Beaufort. (2001).

En condiciones normales y relieves poco accidentados, los aerogeneradores empiezan a funcionar cuando el viento alcanza una velocidad de 3 a 4 metros por segundo, y llega a la máxima producción de electricidad con un viento de unos 13 a 14 metros por segundo.

La velocidad promedio del viento en las coordenadas previstas para la instalación es de 3,24 m/s con dirección este, sobrepasando escasamente el mínimo requerido para la generación de energía eólica. Este resultado significa que existirían días en donde se corra el riesgo de no producir energía, como consecuencia de vientos reducidos durante los meses donde se estiman las menores velocidades.

**Fuentes hídricas.** Las fuentes hídricas pueden ser naturales o no naturales. Naturales son todas aquellas que su recorrido aparece de forma conveniente y sin modificaciones causadas por infraestructuras inventadas por el hombre, mientras las no naturales o artificiales están constituidas por masas de agua superficiales que son creadas por la actividad humana.

En las circunstancias actuales, no existen masas de agua aprovechables para la generación de energía dentro del conjunto. No se considera pertinente la dependencia al servicio de suministro de agua. La utilización de aguas negras requeriría un proceso más complejo, además de instalaciones adicionales para el tratamiento de aguas.

**Calor geotérmico.** Para el caso particular de este complejo habitacional, no se tienen fuentes suficientes de energía térmica en los alrededores, por lo que conducir calor mediante tuberías no es viable. Adicionalmente, para determinar el potencial del recurso es necesario hacer diversas perforaciones en la tierra a 15 o 20 metros de profundidad, perturbando la normalidad de la rutina residencial.

## Base de datos Climatológicos – RETScreen

	Unidad	Ubicación de datos meteorológicos	Ubicación de la instalación	Fuente
Latitud		8,4	8,4	
Longitud		-62,6	-62,6	
Zona climática		0A - Extremadamente caliente - Húmedo		NASA
Elevación	m	160	83	NASA – Mapa
Temperatura de diseño de la calefacción	°C	19,9		NASA
Temperatura de diseño del aire acondicionado	°C	31,2		NASA
Amplitud de la temperatura del suelo	°C	9,6		NASA

Mes	Temperatura del aire °C	Humedad relativa %	Precipitación mm	Radiación solar diaria - horizontal kWh/m <sup>2</sup> /d	Presión atmosférica kPa	Velocidad del Viento m/s	Temperatura del suelo °C	Grados-días de calefacción 18 °C °C-d	Grados-días de refrigeración 10 °C °C-d
Enero	26,1	67,8%	45,57	4,83	99,3	3,7	27,0	0	499
Febrero	27,1	61,2%	30,24	5,24	99,3	4,1	28,2	0	479
Marzo	28,4	55,5%	23,25	5,67	99,3	4,3	29,8	0	570
Abril	29,4	55,1%	36,60	5,67	99,2	4,1	30,7	0	582
Mayo	28,5	64,5%	112,53	5,27	99,3	3,5	29,5	0	574
Junio	26,6	76,7%	183,60	5,01	99,4	3,1	27,2	0	498
Julio	26,1	80,4%	192,51	5,15	99,4	2,7	26,6	0	499
Agosto	26,3	80,9%	172,98	5,44	99,4	2,4	26,8	0	505
Setiembre	26,9	76,8%	104,70	5,58	99,3	2,4	27,5	0	507
Octubre	26,9	76,3%	98,58	5,35	99,2	2,5	27,5	0	524
Noviembre	26,6	77,4%	107,70	4,87	99,1	2,8	27,2	0	498
Diciembre	25,9	75,6%	76,88	4,65	99,2	3,3	26,5	0	493
<b>Anual</b>	<b>27,1</b>	<b>70,8%</b>	<b>1.185,14</b>	<b>5,23</b>	<b>99,3</b>	<b>3,2</b>	<b>27,9</b>	<b>0</b>	<b>6.228</b>
<b>Fuente</b>	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Medido a					m	10	0		

Fig. 7. Base de datos climatológicos RETScreen.

Fuente: Software RETScreen (2020).

### *Matriz de Ponderación*

A continuación, se seguirá el procedimiento descrito en el marco metodológico para evaluar de forma cualitativa la mejor opción de energía sustentable, partiendo de datos fijados por la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), organización internacional para la promoción de la energía renovable, para un sistema de generación referencial de 10 kW.

#### **Criterios de selección**

<b>Objetivos</b>	<b>Criterios</b>
Ambientales	C1 Minimizar el impacto ambiental asociado al uso del recurso
Económicos	C2 Minimizar los costos de sostenibilidad (operación y mantenimiento) C3 Minimizar inversión inicial
Técnicos	C4 Maximizar la adaptabilidad a las condiciones del territorio C5 Maximizar la continuidad del servicio
Tecnológicos	C6 Maximizar la vida útil del sistema C7 Minimizar la complejidad de la operación y mantenimiento C8 Minimizar tiempo de instalación C9 Maximizar el potencial del recurso

Tabla 11. Criterios de selección por objetivo.

Criterios	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Total	%
C1	<b>X</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>18.52</b>
C2	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>11.11</b>
C3	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>14.81</b>
C4	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>7.41</b>
C5	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>X</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>14.81</b>

C6	0	0	0	0	1	X	1	0	2	7.41
C7	0	1	0	0	0	1	X	0	2	7.41
C8	0	1	1	1	1	1	0	X	5	18.52
									27	100%

Tabla 12. Contraposición de criterios.

### Evaluación de alternativas por criterio

Energía Solar	Energía eólica	Energía hidráulica (micro hidro)	Energía geotérmica
<b>Impacto ambiental</b>			
Impacto visual Uso de grandes extensiones de terreno (recuperable)	Ruido giro rotor Impacto visual Interferencias (transmisión tv/radio)	Cambio del ecosistema natural Pérdida de suelos Variación del caudal Alteración de microclimas Alteración de la flora y la fauna	Invasión de terreno Erosión del suelo Ruido/gases/agua Impacto al recurso aire (CO <sub>2</sub> /SO <sub>2</sub> )
<b>Costos de Sostenibilidad (Mantenimiento y Operación)</b>			
26 \$/kW – año	56 \$/kW – año	52 \$/kW – año	110 \$/kW – año
<b>Inversión inicial (Equipos e Instalación)</b>			
3.897\$/kW >	< 7.645\$/kW	De 3.400 a 10.000 \$/kW	7,765 \$/kW (media)
<b>Adaptabilidad</b>			
Adaptable a superficies Depende del espacio disponible *Adaptabilidad: Alta	Requiere de una distancia considerable entre la instalación y las viviendas Requiere retirar obstáculos cercanos *Adaptabilidad: Media	Adaptabilidad depende de la disponibilidad/accesibilidad del recurso *Adaptabilidad: Media - baja	Adaptabilidad depende de la disponibilidad/accesibilidad del recurso *Adaptabilidad: Media - baja
<b>Vida Útil</b>			
25 – 40 años	20 años	< 40 años	20 años (componentes)

<b>Complejidad de operación y mantenimiento</b>			
Mínima	Medio – alto	Alto	Alto
<b>Tiempo requerido para la instalación</b>			
Depende de las dimensiones y cimientos *Pequeño (uso residencial): 3 días a un mes	Depende de las dimensiones y cimientos *Pequeño (uso residencial): 3 a 6 meses	4 meses a un año	Depende del número de perforaciones y estudios técnicos previos *Más de un año
<b>Potencial del recurso</b>			
Excelente	Débil	Marginal	Marginal

Tabla 13. Evaluación de alternativas por criterio.

Fuente: Elaboración propia a partir de la información suministrada por el IRENA.

**Matriz de evaluación de alternativas**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	TOTAL								
<b>ENERGÍA SOLAR FV</b>	10	1,852	8	0,8888	7	1,0367	9	0,6669	9	1,3329	10	0,741	10	0,741	6	1,1112	<b>8,3705</b>
<b>ENERGÍA EÓLICA</b>	9	1,6668	5	0,5555	6	0,8886	6	0,4446	6	0,8886	4	0,2964	4	0,2964	2	0,3704	5,4073
<b>ENERGÍA HIDRÁULICA</b>	8	1,4816	5	0,5555	8	1,1848	5	0,3705	9	1,3329	3	0,2223	3	0,2223	1	0,1852	5,5551
<b>ENERGÍA GEOTÉRMICA</b>	6	1,1112	3	0,3333	5	0,7405	4	0,2964	6	0,8886	3	0,2223	2	0,1482	1	0,1852	3,9257

Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio.

Nota: Puntuación otorgada en un rango del 1 al 10

### ***Selección de la alternativa***

Mediante la elaboración de la matriz de evaluación, se ha seleccionado la instalación de energía solar fotovoltaica como la mejor alternativa. En las condiciones actuales del sitio destinado a la instalación del proyecto, este tipo de sistema representa la mejor de las opciones.

Conociendo la potencialidad de los demás recursos, no se sugiere la instalación de sistemas híbridos conformados por más de una energía verde. La alternativa más común y viable en la mayoría de los casos residenciales, suele ser una combinación entre energía solar y eólica, sin embargo, la velocidad del viento en el lugar de estudio no es suficiente para considerar la inversión en un proyecto de esta naturaleza.

Adicionalmente, el resultado del análisis climatológico expone las excelentes condiciones que favorecen a la instalación de un sistema solar fotovoltaico, suficiente para el cumplimiento de los requisitos y exigencias de los residentes. Mientras que, para el resto de las opciones, la disponibilidad del recurso no garantiza una fuente continua de generación energética, descartando así la posibilidad de instalar cualquier otra tecnología.

### ***Beneficios***

**Costos.** Los costos asociados a un sistema solar fotovoltaico dependen altamente de la inversión inicial. Una vez que se realice dicha inversión, los costos de operación y mantenimiento son casi nulos, lo que resulta conveniente en proyectos con una vida útil extensa. No obstante, los costos de inversión para estas instalaciones entre el año 2010 y el año 2019 descendieron un 82% en promedio, y se espera que sean 59% más accesibles mundialmente para el año 2025.

Además, si se elige un sistema solar fotovoltaico híbrido, el dimensionamiento del sistema dependerá de las preferencias de generación y autonomía del propietario, por lo que el costo inicial se ve reducido al diseñar un sistema que suministre energía en conjunto con el sistema eléctrico nacional. Ciertos países cuentan con marcos legales que le permite al propietario obtener un ingreso económico asociado a la venta de la energía sobrante de su sistema, la cual es inyectada directamente a la red, creando una ganancia que ayuda a recuperar rápidamente la inversión realizada.

**Ambientales.** De acuerdo con el estudio de la huella de carbono realizado por el NREL, los sistemas solares fotovoltaicos emiten 40g de CO<sub>2</sub> por cada kWh generado.

Las emisiones antes mencionadas se distribuyen a lo largo del ciclo de vida del sistema. Entre un 60 y 70% de las emisiones se producen durante la etapa de fabricación de los elementos constituyentes, desde la extracción de la materia prima, manufactura de los materiales, construcción e instalación de la planta. El 21 – 26% de las emisiones provienen de la fase operacional del sistema, incluyendo la generación y mantenimiento, y el 5 – 20% restante se le otorga a la disposición final de los materiales de desecho una vez culminado su tiempo de vida útil luego de un mínimo de 30 años de funcionamiento.

Esto equivaldría a una emisión diaria de 9600 gr de CO<sub>2</sub> bajo la premisa inicial de un sistema de generación de 10 kW durante las 24 horas del día. En contraposición, las plantas hidroeléctricas tienden a emitir más de 150 gr CO<sub>2</sub> eq/kWh, produciendo una huella 150% superior a la de la alternativa seleccionada.

**Operabilidad y mantenibilidad.** A diferencia de otras plantas de generación eléctrica, no es necesaria la presencia de un operador para garantizar el funcionamiento de los sistemas solares fotovoltaicos de uso residencial. Esto facilita la implementación de este tipo de tecnologías, ya que una persona no especialista solo requerirá asistencia para el diseño e instalación del sistema.

El mantenimiento consiste en la limpieza de los módulos utilizando agua con poca cantidad de jabón y retirar la suciedad acumulada manipulando suavemente una esponja lisa contra la superficie. Dependiendo de la inclinación de las placas, se acumulará más o menos cantidad de desecho y la frecuencia del mantenimiento puede variar entre 4 meses y un año.

El componente que requiere de la mayor atención es el banco de baterías, sin embargo, si se selecciona una batería de bajo mantenimiento como las selladas de Gel o AGM, el mantenimiento estará limitado a la limpieza con un trapo seco de los bornes de las baterías y de revisar periódicamente las conexiones.

### **Cálculos de dimensionamiento**

A continuación, se desglosarán tres propuestas de diseño dirigidas a la conformidad de los requerimientos identificados en los escenarios (a) de satisfacer la demanda total de una vivienda, (b) de una vivienda sin incluir el consumo de aires acondicionados, y (c) del sistema de alumbrado común y sistema de seguridad. Las dos primeras propuestas son desarrolladas en paralelo con el

fin de seleccionar la que resulte oportuna, sin condicionar la posible implementación del tercer diseño planteado.

### *Diseño para viviendas unifamiliares*

#### **Cálculo de módulos fotovoltaicos**

*Energía real necesaria.* Se calcula la energía real demandada siguiendo el procedimiento de Alvarado, J (2017). El significado de cada factor y la razón de selección se encuentran detallados en el apéndice 4.

<b>Factor</b>	<b>Valor</b>
Kb	0,050
Kc	0,050
Kr	0,100
Ka	0,005
Kv	0,05
Pd	0,600
N	2 días

Tabla 15. Factores de pérdidas asociados al rendimiento de instalaciones fotovoltaicas.  
Fuente: Alvarado (2017).

$$R = 1 - \left[ (1 - 0,050 - 0,050 - 0,1 - 0,05) \times \frac{0,005 \times 2}{0,600} \right] - 0,05 - 0,05 - 0,05 - 0,1$$

$$= 0,7375 = 73,75 \%$$

$$E_a = \frac{308.000 \text{ Wh}}{0,7375} = 417.628 \text{ Wh}$$

$$E_b = \frac{308.000 \text{ Wh} \times 0,14}{0,7375} = 58.468 \text{ Wh}$$

*Número total de módulos y selección del inversor.* Para el cálculo de la cantidad de módulos fotovoltaicos necesarios para suplir la demanda, se corrige la potencia según el porcentaje de rendimiento. De esta manera, las potencias diarias requeridas se fijan en los siguientes valores:

	<b>POTENCIA (W)</b>	<b>POTENCIA CORREGIDA (W)</b>	<b>POTENCIA CORREGIDA (KW)</b>
<b>(A)</b>	33628	45597,29	45,60
<b>(B)</b>	4707,92	6383,62	6,38

Tabla 16. Potencia corregida.

Se seleccionó como proveedor a la compañía GreenSun Solar Energy Tech parte de la cadena Golden Concord Group por pertenecer al Top 10 de los mayores fabricantes de módulos solares en el 2017 según IHS Markit, siendo uno de los pocos que ofrece asesoría de inicio a fin, así como también sistemas de aplicación residencial prediseñados. Los módulos elegidos son módulos policristalinos de 400W de potencia, las características del mismo se pueden observar en el apéndice 5.



Fig. 8. Panel Solar fotovoltaico – Greensun Solar.  
Fuente: Greensun Solar Ltd. (2020).

La cantidad de módulos a instalar viene dada por:

$$\text{Energía de un panel} = 400 \text{ W} \times 3,84\text{h} = 1536 \text{ Wh}$$

$$N_a = \frac{417.628 \text{ Wh}}{1536 \text{ Wh}} = 271,9 \cong 272$$

$$N_b = \frac{58.468 \text{ Wh}}{1536 \text{ Wh}} = 38,0 \cong 38$$

Por motivo de regulaciones propias de dimensionamiento, el número de paneles se redondea a la cifra par superior más próxima.

En consonancia con las recomendaciones del proveedor, se seleccionaron dos tipos de inversores capaces de soportar la carga máxima a la que estará sometida el sistema (ver apéndices 6 y 7). Las especificaciones se demuestran a continuación:

(a) Inversor híbrido trifásico 100 kW – GreensunSolar

Máxima potencia permitida = 110000 kW/unidad

Rango de tensiones de entrada permisibles = 520 – 900V



Fig. 9. Inversor híbrido 50/100 kW.

Fuente: Greensun Solar Ltd. (2020)

(b) Inversor monofásico para sistemas híbridos o fuera de red, 8kW – GreensunSolar

Máxima potencia permitida = 10400 kW/unidad

Rango de tensiones de entrada permisibles = 370V (100V – 500V)

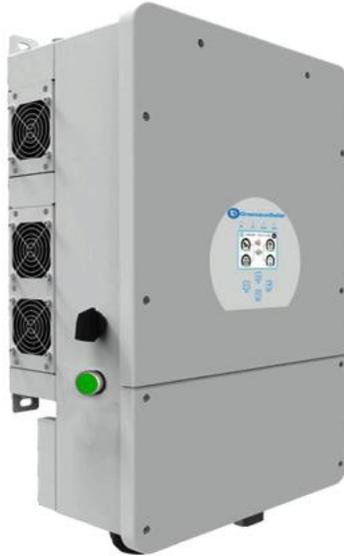


Fig. 10. Inversor monofásico 8kW.  
Fuente: Greensun Solar Ltd. (2020)

### Arreglo de los módulos

*Número de módulos en serie.* El número máximo de módulos que se conectan en serie es:

$$(a) \quad N_s = \frac{900V}{40,53V} = 22,21 \approx 22$$

$$(b) \quad N_s = \frac{500V}{40,53V} = 12,34 \approx 12$$

*Número de módulos en paralelo*

$$(a) \quad N_p = \frac{272}{22} = 12,36 \approx 13$$

$$N_p = \frac{300 A}{8,46 A} \approx 35$$

$13 < 35$   $\therefore$  Cumple con el criterio

$$(b) \quad N_p = \frac{38}{12} = 3,16 \approx 4$$

$$N_p = \frac{190 A}{8,46 A} \approx 22$$

$4 < 22 \therefore$  Cumple con el criterio

Para el escenario (a), se compone un arreglo integrado por 21 columnas (módulos en serie) y 13 filas (módulos en paralelo), totalizando 273 módulos, cantidad que supera a los 272 módulos requeridos por una unidad.

Potencia máxima del arreglo = potencia máxima del módulo x número de módulos

$$(a) \quad P_A = 400 \text{ W} \times 273 = 109200 \text{ W} = 109,2 \text{ kW}$$

La potencia máxima aceptada por el primer inversor es de 110kW, asumiendo que el arreglo alcance su pico de potencia, no superará la capacidad del inversor. Bajo esta premisa, la cantidad necesaria es de un (01) inversor en el primer escenario.

		Módulos en serie																				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Módulos en paralelo	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	
	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	
	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	
	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	
	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	
	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	
	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	
	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	
	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	
	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	
	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	

Tabla 17. Configuración del arreglo: escenario (a).

$$(b) \quad P_B = 400 \text{ W} \times 40 = 16000 \text{ W} = 16 \text{ kW}$$

Se requiere un mínimo de 2 inversores de 8 kW, los cuales tendrían un rango de permisibilidad de potencia entre 16 kW y 20,8 kW. La carga de los inversores se distribuirá en un sistema compuesto por dos arreglos, descrito a continuación:

Módulos en paralelo	Módulos en serie				
	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20

Tabla 18. Configuración del arreglo: escenario (b).

Con el fin de confirmar el funcionamiento del sistema, se procede a calcular que la tensión de los módulos en serie del arreglo se encuentra dentro del rango de tensión señalado por las especificaciones del inversor. Para ello se suman las tensiones nominales de la cantidad de módulos dispuestos en serie.

Tensión del arreglo = tensión nominal del módulo x número de módulos en serie

$$(a) \text{ Tensión del arreglo} = 40,53\text{V} \times 21 = 851,13 \text{ V} < 900\text{V}$$

$$(b) \text{ Tensión del arreglo} = 40,53\text{V} \times 5 = 202,65 < 500\text{V}$$

**Banco de baterías.** Se seleccionan baterías selladas de Gel de 2V y 2000Ah (ver apéndice 8). Este tipo de batería contiene un electrolito en forma de gel y no requieren de mantenimiento. El tiempo de vida útil está determinado por los ciclos de descarga total de las baterías, permitiendo hasta 3000 descargas para una duración estimada entre 15 y 25 años. Las condiciones de almacenamiento requeridas por el banco son estructuras cerradas para prevenir precipitaciones, espaciamiento de 3 cm entre cada batería y ventilación natural.

*Para un día de autonomía*

$$CBB_a * = 417.628 \frac{Wh}{día} \times 1 \text{ día} = 417.628 \text{ Wh}$$

$$CBB_b * = 58.468 \frac{Wh}{día} \times 1 \text{ día} = 58.468 \text{ Wh}$$

El tamaño del sistema de acumulación CB, expresado en Ah:

$$CB_A = \frac{417.628 \text{ Wh}}{2\text{V}} = 208.814 \text{ Ah}$$

$$CB_B = \frac{58.468 \text{ Wh}}{2\text{V}} = 29.234 \text{ Ah}$$

El número de baterías en serie necesario para construir el banco es:

$$(a) \quad N_{bat} = \frac{208.814 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 104,4 \approx 105 \text{ baterías}$$

$$(b) \quad N_{bat} = \frac{29.234 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 14,6 \approx 15 \text{ baterías}$$

*Para dos días de autonomía.* Al duplicar los días de autonomía, se duplica la energía requerida:

$$CBB_a^* = 417.628 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 2 \text{ días} = 835.256 \text{ Wh}$$

$$CBB_b^* = 58.468 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times 2 \text{ días} = 116.936 \text{ Wh}$$

Del mismo modo, la capacidad de acumulación del banco de baterías se dobla:

$$CB_A = \frac{835.256 \text{ Wh}}{2V} = 417.628 \text{ Ah}$$

$$CB_B = \frac{116.936 \text{ Wh}}{2V} = 58.468 \text{ Ah}$$

El número de baterías necesario para construir el banco es:

$$(a) N_{bat} = \frac{417.628 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 208,8 \approx 209 \text{ baterías}$$

$$(b) \quad N_{bat} = \frac{58.468 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 29,2 \approx 30 \text{ baterías}$$

*Para un proyecto base fundado en 8 horas de autonomía*

$$CBB_a^* = 417.628 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times \frac{1}{3} \text{ día} = 139.209,33 \text{ Wh}$$

$$CBB_b^* = 58.468 \frac{\text{Wh}}{\text{día}} \times \frac{1}{3} \text{ día} = 19.489,33 \text{ Wh}$$

Donde la capacidad del banco viene dada por:

$$CB_A = \frac{139.209,33 \text{ Wh}}{2V} = 69.604,67 \text{ Ah}$$

$$CB_B = \frac{19.489,33 \text{ Wh}}{2V} = 9.744,67 \text{ Ah}$$

Para una cantidad base de baterías de:

$$(a) \quad N_{bat} = \frac{69.604,67 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 34,8 \approx 35 \text{ baterías}$$

$$(b) \quad N_{bat} = \frac{9.744,67 \text{ Ah}}{2000 \text{ Ah}} = 4,9 \approx 5 \text{ baterías}$$

La información obtenida se discutió con la empresa proveedora, concluyendo así lo siguiente:

(a) Para un día de autonomía: 100 baterías en serie para una tensión de 200V

Para dos días de autonomía: 200 baterías en serie para una tensión de 400V

Para el proyecto base: 35 baterías en serie para una tensión de 70V

Como criterio general de diseño, la tensión del banco de baterías no debe superar la tensión máxima aceptada por el inversor. La tensión máxima del primer inversor es de 400V.

(b) Para un día de autonomía: 8 baterías en serie por arreglo, para una tensión de 16V cada uno.

Para dos días de autonomía: 16 baterías en serie por arreglo, para una tensión de 32V.

Para el proyecto base: 3 baterías en serie por arreglo, para una tensión de 6V.

La tensión máxima del segundo inversor cuenta con una tensión máxima permisible de 48V.

### **Cálculo del área requerida**

*Área disponible.* A continuación, se realiza una descripción de las áreas disponibles para los escenarios (a) y (b).

La superficie prevista para el kit fotovoltaico individual comprende el área de techo de cada vivienda en particular. La mayoría de las casas en su diseño original consta de tres techos: el techo superior delantero de la casa con un área de 16 m<sup>2</sup>, el techo superior trasero de 27 m<sup>2</sup> aproximadamente, y el techo del garaje del tipo dos aguas, con un área de 15 m<sup>2</sup> cada uno. Adicionalmente, construcciones posteriores aseguraron la presencia de un cuarto techo en el fondo de las casas, de 50,4 m<sup>2</sup>. El último techado mencionado no se encuentra instalado en la totalidad de las viviendas al momento, sin embargo, se realizarán los cálculos recomendando la utilización de dicho espacio.

Finalmente, el excedente superficial corresponde a una fracción de techo liso en el cual, de forma aleatoria, cada uno de los propietarios instaló equipos de ventilación y; al ser menos elevada; reúne mayor cantidad de obstrucciones. No se recomienda la disposición de paneles fotovoltaicos en esta zona.

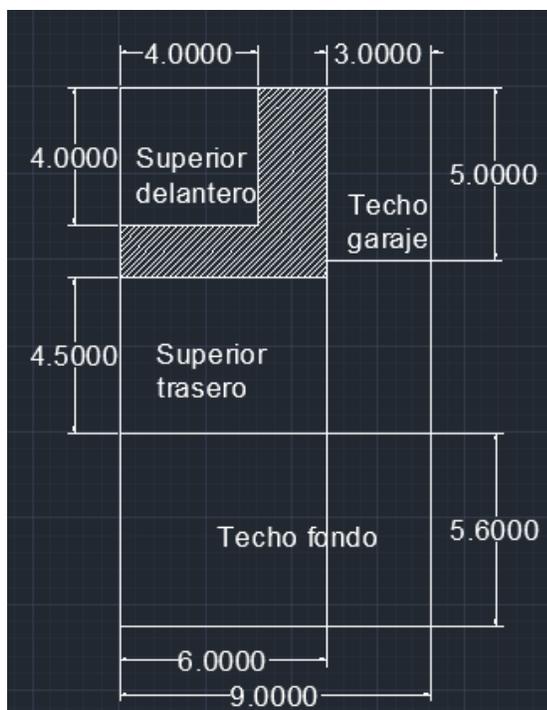


Fig. 11. Gráfico de distribución – área techada.

*Área requerida.* En primer lugar, se determina el área que ocupa un panel solar según sus especificaciones mecánicas:

- Largo = 1980 mm = 1,98 m
- Ancho = 1000 mm = 1 m
- Área =  $L \times A = 1 \text{ m} \times 1,98 \text{ m} = 1,98 \text{ m}^2$

Las instalaciones fotovoltaicas residenciales deben seguir exigencias estéticas que mantengan la armonía del diseño de cada vivienda, por lo que la instalación real deberá realizarse al ras del techo. Aunado a esto, las distintas inclinaciones crean fuerzas adicionales sobre el tejado y no se posee certidumbre acerca de la seguridad y resistencia del soporte sobre dicha cubierta en condiciones fuera de las recomendadas por el proveedor.

Equipos	Área requerida	
Paneles	(a) 273	(b) 40
	538,56 m <sup>2</sup>	79,2 m <sup>2</sup>
Baterías (±0,05)	(a)	(b)

	200: 34,800 m <sup>2</sup>	16: 2,784 m <sup>2</sup>
	100: 17,400 m <sup>2</sup>	30: 5,220 m <sup>2</sup>
	35: 6,090 m <sup>2</sup>	5: 0,87 m <sup>2</sup>
<b>Inversores</b>	(a) 1	(b) 2
	1,728 m <sup>2</sup>	0,1957 m <sup>2</sup>
<b>Caja de conexión</b>	NA	(b) 2
		0,2146 m <sup>2</sup>

Tabla 19. Cálculos de área requerida

La superficie disponible permite la instalación de un máximo de 52 paneles. El diseño se realizó teniendo como premisa principal la utilización más eficiente del espacio señalado.

Técnicamente no es viable la instalación del sistema para el primer escenario, puesto que las dimensiones del mismo son superiores a las disponibles, limitando la factibilidad al siguiente contexto.

Para el segundo escenario, se ha decidido instalar los equipos sobre el techo superior frontal, superior posterior y sobre el techo de fondo, siendo estos los más elevados y menos obstruidos por sombras creadas por la propia estructura, permitiendo la instalación de 40 módulos y demás equipos necesarios. El proyecto solar fotovoltaico (b) requiere un área mínima de 80,73 m<sup>2</sup> para el proyecto base, y 83,20 m<sup>2</sup> para un día de autonomía.

**Cableado.** Los cálculos referentes a cableado y protección descritos a continuación, se formularon siguiendo las regulaciones establecidas en las normas COVENIN y la IDAE (ver apéndice 9) para los tipos de conductores permitidos y la máxima caída de tensión permisible por sección respectivamente, específicamente para Sistemas Solares Fotovoltaicos.

*Cableado de String.* Los resultados para el cableado String se exhiben a continuación:

	<b>Segmento - viviendas individuales</b>					
	<b>Cableado string - arreglo 1</b>					
	L_string(m)	I_string(A)	V_string (V)	v (%)	σTmáx	S_string(mm2)
<b>S1</b>	23,64	9,87	202,65	1	44	2,958086383
<b>S2</b>	18,66	9,87	202,65	1	44	2,334936206
<b>S3</b>	16,08	9,87	202,65	1	44	2,012099367

<b>S4</b>	17,3	9,87	202,65	1	44	2,164758648
	<b>Cableado string - arreglo 2</b>					
	L_string(m)	I_string(A)	V_sring (V)	v (%)	$\sigma T_{\text{máx}}$	S_string(mm2)
<b>S1</b>	17,88	9,87	202,65	1	44	2,237334371
<b>S2</b>	15,98	9,87	202,65	1	44	1,999586311
<b>S3</b>	20,3318	9,87	202,65	1	44	2,544129472
<b>S4</b>	25,0874	9,87	202,65	1	44	3,139200352

Tabla 20. Cálculos de cableado de string.

mm2	I(A) admisible según la UNE	Imáx (A) segmento	Imáx*1,25
4	52	39,48	49,35

Tabla 21. Cálculo de segmento de string.

Se elegirán cables unipolares de sección 4 mm<sup>2</sup> de hilo conductor de cobre. Este es un cable flexible con protección de doble aislamiento para superficies expuestas. El mismo cable fue recomendado por el proveedor para realizar la conexión entre módulos que incluye conectores MC4 de 4 mm<sup>2</sup> de sección en cada terminal. La longitud requerida para este segmento es de 160 m.

*Cableado entre el cuadro de conexiones y el inversor*

	<b>Segmento - viviendas individuales</b>					
	<b>Cableado CC - Inversor</b>					
	L_string(m)	I_string(A)	V_sring (V)	v (%)	$\sigma T_{\text{máx}}$	S_string(mm2)
<b>S1</b>	15,392	9,87	202,65	0,3	44	9,086814257
<b>S2</b>	4,9299	9,87	202,65	0,3	44	2,910413566

Tabla 22. Cálculo de cableado CC – Inversor.

mm2	I(A) admisible según la UNE	Imáx (A) segmento	Imáx*1,25
10	93	39,48	49,35

Tabla 23. Cálculo de segmento CC – Inversor.

Se utilizarán 22 metros de cable de cobre unipolar con 10 mm<sup>2</sup> de sección transversal y doble cubierta.

*Cableado entre el inversor y el banco de baterías.* La disposición recomendada del banco de baterías es dentro de un cuarto diseñado para dicha función. Por motivos de permisología y peso, no se situará la instalación en el techo – diseño óptimo en cuanto a pérdidas por cableado – sino dentro de la vivienda, en el cuarto de depósito ubicado en el fondo de la planta baja, alargando la trayectoria del cableado.

	Segmento - viviendas individuales					
	Cableado Baterías - Inversor					
	L_string(m)	I_string(A)	V_string (V)	v (%)	$\sigma T_{\text{máx}}$	S_string(mm <sup>2</sup> )
<b>S1</b>	23,6491	83,33	202,65	0,3	44	29,46832504
<b>S2</b>	22,6491	83,33	202,65	0,3	44	28,22225965

Tabla 24. Cálculo de cableado Banco de Baterías – Inversor.

En la unión batería-inversor se debe colocar una sección mínima de 35 mm<sup>2</sup> debido a las altas corrientes que se generan hacia el inversor. Se dispondrá de una longitud mínima de 50m de cable unipolar de cobre con doble cubierta para exteriores.

*Cableado de corriente alterna.* La corriente máxima en CA que proporciona el inversor será la intensidad de salida de la parte alterna, consultando en la ficha técnica de este, el valor de dicha corriente es de 190 A. Por lo tanto, la corriente máxima admisible en el conductor seleccionado será:

$$I_o \geq 1,25 \times 50 A = 62,5 A$$

Por consiguiente, se instalará en el tramo de CA una línea de sección 10 mm<sup>2</sup> con neutro de sección 10 mm<sup>2</sup>, de una longitud aproximada de 20m.

**Tuberías.** El segmento de cable Inversor – Banco de baterías será cubierta por tubería de protección. El diámetro exterior mínimo de los tubos en función del número y la sección de cable establecido por la norma COVENIN 3826 (ver apéndice 10) es de 40 mm<sup>2</sup>. Se asumirá una longitud similar al segmento de cable mencionado, descontando el segmento que conecta a las baterías entre sí.

Por reglamento, se establece que para dos conductores de 10 mm<sup>2</sup> bajo tubo, el diámetro de tubo mínimo exterior es de 20 mm<sup>2</sup> para el segmento de CA Inversor – Tablero, asumiendo una longitud equivalente al cableado. Las tuberías serán adquiridas dentro del país, evitando la barrera de transporte e importación. En el mismo orden de ideas, se seleccionó tubería de tipo Conduit de

PVC rígido de alto impacto tipo A, suministradas por la empresa venezolana Tuberías C.A., de 1 y 1 ½ pulgadas respectivamente.

**Protecciones.** Por exigencias de la Norma COVENIN 0200:1999 “Código eléctrico nacional” y la Norma COVENIN 3445:1999 “Dispositivos protectores electrónicos contra perturbaciones de la tensión en línea”, todos los proyectos eléctricos deben contar con protecciones contra sobrecorriente y sobretensiones.

**Protección CC.** Dentro de las protecciones de corriente continua del segmento módulos – inversor, se encuentra ubicada una caja de conexiones por arreglo, la cual hospeda la posibilidad de apagar el sistema y obstaculizar el paso de energía. La protección de sobrecarga de los cables CC puede omitirse si la capacidad de “transporte” de corriente continua es  $I_o \geq 1,25 \times I_{sc}$ , criterio concretado en el cálculo de cableado.

Protección CA. Se instalará un tablero de conexiones monofásico de 16 circuitos independiente del existente en las viviendas, integrado por breques de hasta 100 A. Las protecciones serán suministradas e instaladas, al igual que el resto de los equipos del sistema, por la compañía privada Proveedores Industriales e Ingeniería del Sur C.A.

## Diseño preliminar

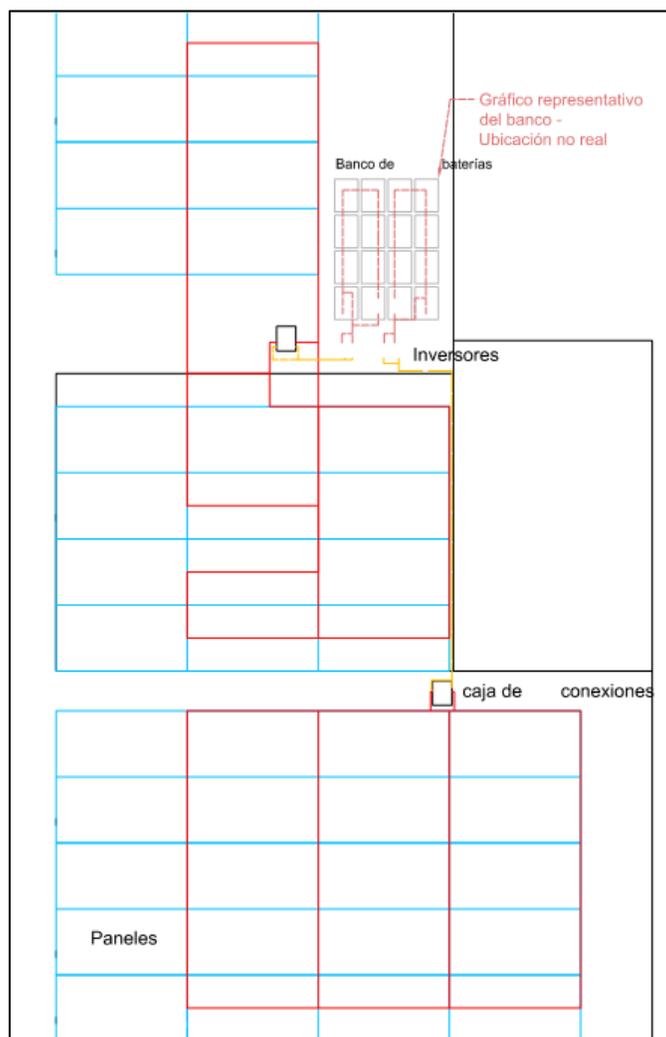


Fig. 12. Diseño Preliminar para viviendas unifamiliares

### *Diseño para equipos comunes*

**Cámaras de seguridad.** Cámara solar Sanan por Sanan Technology Co.,Ltd, disponible en Amazon (ver apéndice 11). Cámara de seguridad solar libre de cables con batería incorporada de 10400 Ah. Conexión inalámbrica de Wifi y almacenamiento interno de 64G. Puede recibir señales de hasta 49.2 ft de distancia con calidad de video de 1080p. Sensor de movimiento incluido con señales direccionadas al teléfono celular registrado. Soporta condiciones climáticas extremas, soporte adaptable y ángulo de visión movable.

Especificaciones técnicas	
Tiempo de carga	4 horas de luz solar

Tiempo de descarga	12 – 36 horas
Vida útil	3 – 5 años (determinada por la batería)
Almacenamiento	Tarjeta SD, conexión a la nube vía Wifi, conexión a MVDR

Tabla 25. Especificaciones técnicas cámara solar Sanan.

Fuente: Sanan Technology Co.,Ltd. (2020).



Fig. 13. Cámara solar Sanan.

Fuente: Sanan Technology Co.,Ltd. (2020)

**Luminarias.** Se seleccionan dos tipos de luminarias ajustables, ambas con batería incluida, de diferente intensidad luminosa. El proveedor para estos equipos es Zhongshan Nexus Lightning co., LTD., ubicado en la provincia china de Guangdong.

<b>Modelo NS – STL – S007 50W</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Potencia	50W
Intensidad luminosa	130lm/W
Vida útil del sistema	+10 años
Vida útil de la luminaria	+10 años
Vida útil de la batería (litio)	3 – 5 años
Tiempo de carga	3 – 5 horas
Velocidad de descarga	12 – 36 horas
<b>Modelo NS – STL – S007 100W</b>	
<b>Especificaciones técnicas</b>	
Potencia	100 W
Intensidad luminosa	130 lm/W
Vida útil del sistema	+10 años
Vida útil de la luminaria	+10 años
Vida útil de la batería (litio)	3 – 5 años

Tiempo de carga	3 – 5 horas
Velocidad de descarga	12 – 36 horas

Tabla 26. Especificaciones técnicas luminarias solares.

Fuente: Zhongshan Nexus Lightning co., LTD.



Fig. 14. Luminarias Solares

Fuente: Zhongshan Nexus Lightning co., LTD.

**Sistema centralizado.** Los electrificadores, el motor del portón vehicular y peatonal, y el sistema principal de video vigilancia se conectarán a un sistema de suministro eléctrico solar fotovoltaico centralizado.

Equipo	Potencia corregida (kW)	Consumo diario corregido (kWh)
Portón eléctrico	0,28025	2,06
Portón peatonal	0,051625	0,09
Electrificador	0,010325	0,46
VDR	0,0177	0,42
<b>Total</b>	<b>0,3599</b>	<b>3,04</b>

Tabla 27. Potencia requerida y corregida – equipos comunes.

Para abastecer a los equipos con la energía requerida y asegurar el potencial eléctrico demandado, se seleccionará un Kit portátil de 1 kW prediseñado por la compañía (ver apéndice 12). El kit funciona tanto como sistema Off – Grid, como híbrido conectado a la red, incluyendo los siguientes componentes:

<b>ÍTEM</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Vida útil</b>
<b>Panel solar</b>	Panel policristalino 335 W	3	+30 años
<b>Inversor</b>	Inversor con regulador integrado 30A 1000W 220Vac	1	+30 años
<b>Baterías</b>	Batería de plomo y ácido sellada 150Ah 12Vdc	2	5 – 10 años
<b>Conector</b>	Conector MC4 1-1	1 par	+30 años
<b>Cables</b>	Panel – Inversor 6mm <sup>2</sup>	100 m	+30 años
	Baterías – Inversor 25 mm <sup>2</sup>	100 m	+30 años
<b>Base</b>	Montaje metálico personalizado	1 set	+30 años

Tabla 28. Kit solar – equipos comunes.

Fuente: Prostar New Energy Technology Co., Ltd. (2020).

La capacidad de la instalación es superior a los requerimientos energéticos del sistema, permitiendo la integración de otros equipos en un futuro. El banco de baterías, equipado con dos unidades, funciona para un día de autonomía, pudiéndose instalar una sola batería en inicio para garantizar 12h de alimentación eléctrica para el proyecto base y reservar la segunda unidad para actuar como repuesto.

La instalación se adecuará a la casa modelo en la entrada de la urbanización, las baterías serán posicionadas dentro del cuarto de servicio en su interior y las conexiones se adaptarán directamente a las entradas de alimentación de cada equipo mediante un nuevo tablero de control. El tablero de control servirá como protección de CA y será adquirido en la zona de Ciudad Guayana en la empresa Proindsurca C.A., encargados también de la instalación de los equipos y circuitos.

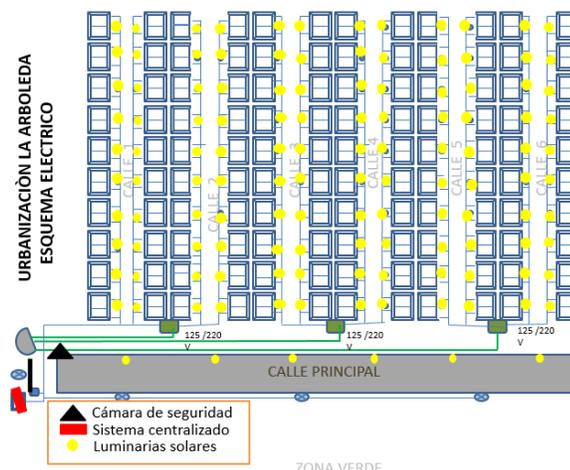


Fig. 15. Diseño preliminar – zonas comunes.

### Evaluar la factibilidad económica del proyecto

**Análisis de interesados.** En esta etapa se identifican todos los involucrados en el proyecto, directa o indirectamente, que guarden relación actual o futura. Los interesados deben clasificarse de acuerdo a ciertas características comunes e intereses similares.

Cada uno de los personajes comprenderá un nivel de intensidad el cual indica el grado de relación con el proyecto, entendiéndose como la importancia que le da el involucrado al proyecto. Además, se define bajo un nivel de fuerza relacionado con el poder para afectar el proyecto. Por último, se determinan las razones por las cuales los principales protagonistas se encuentran enlazados al desarrollo y ejecución del proyecto, partiendo de un análisis de los diferentes puntos de vista de los involucrados.

Proyecto: Viviendas unifamiliares			
Interesados	Nivel de interés	Fuerza	Razón
Propietario de la vivienda	Alto	Alta	Propietario del proyecto. Aumento del valor comercial del inmueble. Inversión en tecnología. Aumento de la fiabilidad del sistema eléctrico del hogar. Sostenibilidad del servicio a largo plazo. Incremento en la calidad de vida del usuario.

Comunidad cercana (vecinos y residentes en zonas adyacentes)	Medio – bajo	Baja	Mejora en el funcionamiento del servicio eléctrico local al reducirse la carga dependiente de una sola fuente. Aumento del valor del sector residencial. Incremento en la exclusividad de la zona residencial.
Instituciones públicas (Ministerio de Energía eléctrica, Alcaldía, otros.)	Medio – bajo	Media	Reducción de la carga a soportar por la red eléctrica nacional. Inversiones en proyectos eléctricos privados y sostenibles.
Pequeñas y medianas empresas locales	Medio	Baja	Oportunidades laborales. Contratos a largo plazo que garantizan una fuente de ingresos.

Tabla 29. Análisis de interesados – viviendas unifamiliares.

<b>Proyecto: Equipos comunes</b>			
<b>Interesados</b>	<b>Nivel de interés</b>	<b>Fuerza</b>	<b>Razón</b>
Residentes	Alto	Alta	Propietario del proyecto. Aumento del valor comercial del inmueble. Inversión en tecnología. Aumento de la fiabilidad del sistema eléctrico para los equipos comunes. Sostenibilidad del servicio a largo plazo. Incremento en la calidad de vida del usuario. Mayor seguridad.
Comunidad cercana	Medio – bajo	Bajo	Mejora en el funcionamiento del servicio eléctrico local al reducirse la carga dependiente de una sola fuente. Aumento del valor del sector residencial. Incremento en la exclusividad de la zona residencial.
Instituciones públicas (Ministerio de Energía eléctrica, Alcaldía, otros)	Medio – bajo	Medio	Reducción de la carga a soportar por la red eléctrica nacional. Inversiones en proyectos eléctricos privados y sostenibles.

Pequeñas y medianas empresas locales	Medio	Bajo	Oportunidades laborales. Contratos a largo plazo que garantizan una fuente de ingresos.
--------------------------------------	-------	------	--

Tabla 30. Análisis de interesados – equipos comunes.

### Análisis de objetivos

Con el análisis de objetivos se identifica la situación futura a la que se quiere llegar una vez se solucione el problema planteado. Más allá de establecer objetivos específicos, se trata de identificar pequeñas metas clave que se alcanzarán con la ejecución del proyecto.

Dimensión	Objetivos
1. Ambiental	1.1. Disminuir el impacto ambiental 1.2. Reducir la huella de carbono 1.3. Protección y mejora del patrimonio natural y la biodiversidad
2. Social	2.1. Creación de empleos 2.2. Formación de relaciones comerciales 2.3. Mejora en el nivel de vida 2.4. Desarrollo comunitario y social 2.5. Incremento en la seguridad ciudadana
3. Económico	3.1. Creación de infraestructura 3.2. Aumento del monto de inversión en la comunidad 3.3. Generación de ingresos a partir de la creación de empleos 3.4. Aumento de la capacidad de generación de energía 3.5. Aumento de la fiabilidad de servicios de energía limpia 3.6. Aumento en el acceso y disponibilidad de la energía 3.7. Incremento en el valor comercial de los inmuebles
4. Tecnológico	4.1. Incremento del monto invertido en tecnología útil 4.2. Ampliación del uso o diseño de tecnologías sostenibles 4.3. Generación de proyectos que contribuyan a la Investigación y Desarrollo ambiental 4.4. Creación y difusión de conocimiento tecnológico

Tabla 31. Análisis de objetivos del proyecto.

## Indicadores

Dimensión	Objetivo	Indicador	Descripción	Variables	Relación
Ambiental	1.2. Reducción de la huella de carbono	1.2.1 Toneladas de CO <sub>2</sub> evitado por unidad monetaria	Toneladas de CO <sub>2</sub> que se evitó emitir al utilizar el sistema energético propuesto durante 8 horas diarias en relación a la inversión realizada	Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas (gr) durante los años de estudio proyectados Costo total de la inversión (USD)	$\frac{365 \text{ días/año} \times 5 \text{ años} \times \text{capacidad instalada (kWh/día)} \times (\text{ahorro CO}_2)}{3 \times \text{Inversión total (USD)}}$
Social	2.1. Creación de empleos	2.1.1 Empleos creados por unidad monetaria	Empleos a largo o corto plazo creados a raíz del proyecto, en relación con el costo total de la inversión	Cantidad de empleos directos Cantidad de empleos indirectos Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\text{Empleos directos} + \text{Empleos indirectos}}{\text{Costo total inversión (USD)}}$
	2.3. Mejora en el nivel de vida	2.3.1 Personas servidas por unidad monetaria	Personas favorecidas por el proyecto energético en función al costo total de la inversión	Personas servidas Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\text{Personas servidas}}{\text{Costo total inversión (USD)}}$
Económico	3.2. Aumento del monto de inversión en la comunidad	3.2.1 Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad	Porcentaje del monto total invertido directamente en activos pertenecientes a uno o más habitantes de la comunidad	Monto invertido en la comunidad (USD) Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\text{Monto invertido en la comunidad (USD)}}{\text{Costo total inversión (USD)}} \times 100$

	3.4. Aumento de la capacidad de generación de energía	3.4.1 Productividad del servicio	Rendimiento: Wh generado por unidad monetaria invertida	Capacidad instalada (Wh) Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\text{Capacidad instalada (kWh)} \times 1000}{\text{Costo inversión (USD)}}$
		3.4.2 Costo de generación	Costo nivelado de generación energética. Costo por kWh generado.	Costo total de la inversión (USD) Capacidad instalada (kWh) Años de proyección del estudio	$\frac{\text{Costo total inversión (USD)}}{\text{Capacidad instalada (kWh/día)} \times \text{años de proyección} \times 365 \text{ días/año}}$
	3.6. Aumento en el acceso y disponibilidad de la energía	3.6.1 Disponibilidad del servicio de energía	Porcentaje de aumento – o disminución – de la disponibilidad del servicio energético por unidad monetaria	Disponibilidad actual Disponibilidad previa Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\frac{\text{Disponibilidad actual (\%)} - \text{Disponibilidad previa (\%)}}{\text{Disponibilidad previa (\%)}} \times 100}{\text{Costo total inversión (USD)}}$
Tecnológico	4.1 Incremento del monto invertido en tecnología útil	4.1.1 Porcentaje de inversión tecnológica	Porcentaje del monto total invertido directamente en equipos, proyectos o información tecnológica	Monto invertido en tecnología (USD) Costo total de la inversión (USD)	$\frac{\text{Monto invertido en tecnología (USD)}}{\text{Costo total inversión (USD)}} \times 100$

Tabla 32. Desarrollo de indicadores por objetivo

## Evaluación Costo – Eficiencia: Viviendas unifamiliares

### Costos de inversión

Los costos de inversión están comprendidos por los costos asociados a la adquisición, nacionalización, transporte e instalación de los activos que conforman el proyecto energético propuesto. La compañía GreenSun Energy preparó el presupuesto referente a equipos principales (ver apéndice 13) que sería luego utilizado en la estructuración de los costos totales a continuación. Los precios exhibidos para las tuberías y demás accesorios fueron proporcionados por Tuberías C.A. y Proindsurca C.A. respectivamente, siendo este último el encargado de la partida de instalación.

Por ser materiales eléctricos, todos los activos están exentos de impuestos de importación según la Gaceta Oficial Extraordinaria N°6.497, con fecha de 2020, de la República Bolivariana de Venezuela. La empresa China es responsable de transportar seguramente la mercancía hasta el puerto de La Guaira, donde debe ser recibida y nuevamente transportada por una compañía nacional de carga.

Costos asociados a la inversión			
Descripción	Unidades	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
Equipos			
400W Mono solar panel	40	\$ 74,00	\$ 2.960,00
8KW Inversor híbrido	2	\$ 1.794,00	\$ 3.588,00
2V 2000AH Baterías selladas de gel	6	\$ 367,00	\$ 2.202,00
Cable de cobre doble cubierta 4mm2	160	\$ 0,75	\$ 120,00
Cable de cobre doble cubierta 10mm2	85	\$ 0,85	\$ 72,25
Cable de cobre doble cubierta 35mm2	50	\$ 1,00	\$ 50,00
Conectores MC4	25	\$ 0,75	\$ 18,75
Montaje metálico personalizado	1	\$ 1.368,00	\$ 1.368,00
Accesorios			
Tubería Conduit 1" 1/2	20	\$ 2,33	\$ 46,67
Tubería Conduit 3"	15	\$ 7,00	\$ 105,00
Tablero	1	\$ 119,99	\$ 119,99
Breaker 2x20A Siemens	3	\$ 17,59	\$ 52,76
Breaker 2x40A Siemens	1	\$ 19,70	\$ 19,70
Breaker 1x15A Siemens	6	\$ 5,01	\$ 30,09
Breaker 2x50A Siemens	1	\$ 19,70	\$ 19,70
Breaker principal 2x100A Siemens	1	\$ 29,55	\$ 29,55
		<b>Total:</b>	<b>\$ 10.802,44</b>
Costos asociados a nacionalización e instalación			

Transporte					
Importación	1	\$	827,00	\$	827,00
Transporte interno	1	\$	600,00	\$	600,00
Instalación					
Instalación (Sistema 16kW)	1	\$	134,31	\$	134,31
Instalación (Tablero 16C y conexiones)	1	\$	134,31	\$	134,31
			<b>Total:</b>	\$	<b>1.695,63</b>
			<b>Inversión inicial:</b>	\$	<b>12.498,07</b>

Tabla 33. Costos de inversión – viviendas unifamiliares.

### *Costos de Operación y Mano de obra*

Se estableció el costo de operación para el primer año de funcionamiento y se aplicó la metodología de valor presente neto (Zacarías, 2020, diapositiva 10). El proyecto se proyectó sobre un horizonte de cinco años debido a que, en escenarios donde participan variables de diferente índole, no es factible el cumplimiento de una proyección superior a una década. (Blanco, 2000, p. 70). Para los años consecutivos, se utilizó una tasa de crecimiento compuesta por la tasa de inflación de Estados Unidos para el 2020 y el riesgo país de Venezuela. La inflación en Estados Unidos para el 2020 es de 1,15% (DatosMacro, 2020) y la tasa de riesgo del país es de 21,91% (Moody's Analytics, 2020). La tasa compuesta se debe a la ausencia de una tasa que reconozca la inflación real existente en el país al utilizar el dólar americano en transacciones comerciales regulares, por lo que se justifica la obligación de crear una tasa acorde que incluya las dos cifras oficiales antes mencionadas.

Costos de Operación y Mano de Obra						
Partida	AÑO					TOTAL
	1	2	3	4	5	
Limpieza	\$ 60,00	\$ 73,84	\$ 90,86	\$ 111,82	\$ 137,60	\$ 474,11
Revisión Banco de baterías y Conexiones	\$ 20,00	\$ 24,61	\$ 30,29	\$ 37,27	\$ 45,87	\$ 158,04
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 80,00</b>	<b>\$ 98,45</b>	<b>\$ 121,15</b>	<b>\$ 149,09</b>	<b>\$ 183,47</b>	<b>\$ 632,15</b>

Tabla 34. Costos de operación y mano de obra – viviendas unifamiliares.

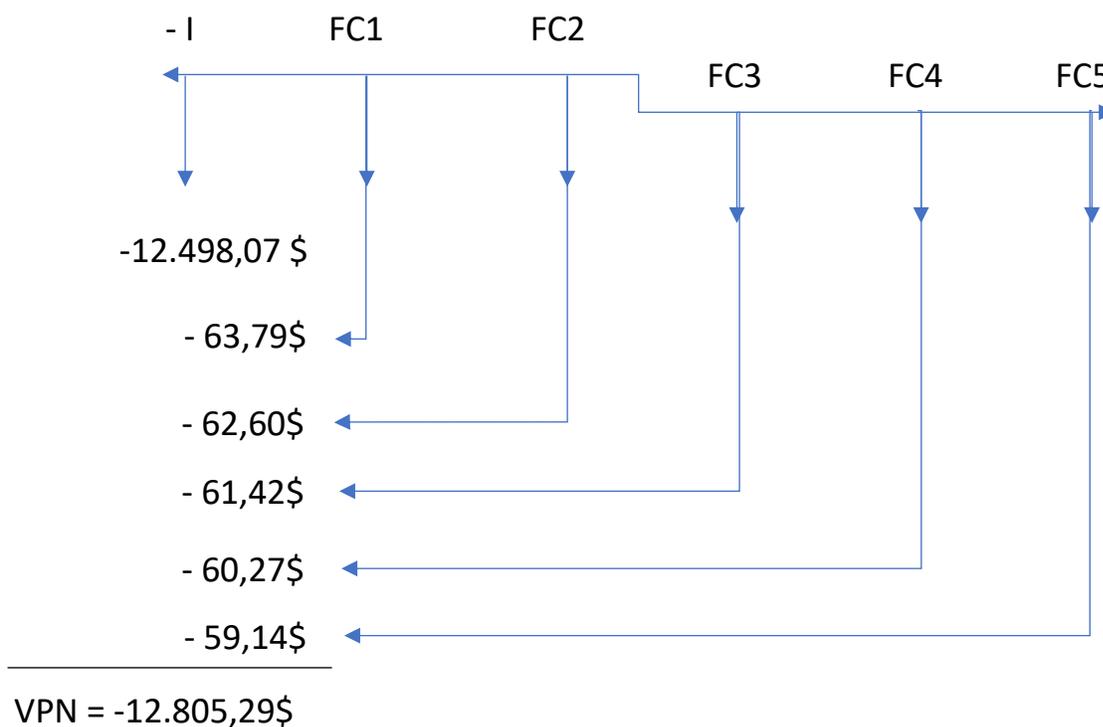
### *Flujo de Caja*

A continuación, se presenta el flujo de caja en cada periodo, correspondiente al valor actualizado de los egresos trasladados al instante en que se realiza la inversión. (Zacarías, 2020, diapositiva 14). Para ello se aplicó una tasa de descuento del 25,41%, obtenida al adicionar la tasa

activa de Estados Unidos para el 2020 fijada en 3,5% (Banco Mundial, 2020) y el riesgo país.

FLUJO DE CAJA						
AÑO						
0	1	2	3	4	5	TOTAL
\$ -12.498,07	\$ -63,79	\$ -62,60	\$ -61,42	\$ -60,27	\$ -59,14	\$ -12.805,29

Tabla 35. Flujo de caja – viviendas unifamiliares.



Gráfica 17. Valor presente neto – viviendas unifamiliares.

### *Análisis de Indicadores Costo – Eficiencia*

#### *Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria*

Tomando en consideración la huella de carbono asociada a la producción de energía hidráulica y energía fotovoltaica, se establece un ahorro de 110 gr por kWh generado. Al relacionar este valor con el costo total de la inversión, se infiere que; por cada unidad monetaria invertida en el proyecto, se ahorran 321,07 gr de CO2 cuando el sistema solar fotovoltaico genera la máxima

capacidad diaria durante los años de proyección del proyecto.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
1.2.1 Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria	Capacidad instalada (kWh/día)	61,44	321,07	gr CO2/USD
	Ahorro CO2 (gr/kWh)	110,00		
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 36. Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.

#### Empleos creados por unidad monetaria

La ejecución de nuevos planes energéticos contribuye directamente al desarrollo socioeconómico del país, creando fuentes de empleo a corto, mediano y largo plazo. Para este caso en particular, se incluirán solo los trabajos que se conocen al momento de planificar el proyecto, sin embargo, es posible que se omitan en primera instancia muchos otros asociados al transporte, construcción, administración, ventas y otros pertenecientes a terceros. Dicho esto, se deduce que, por cada unidad monetaria invertida, se crea 0,00047 empleos conocidos al momento de presentar la propuesta.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
2.1.1 Empleos creados por unidad monetaria	Empleos directos	3	0,00047	Empleos/USD
	Empleos indirectos	3		
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 37. Empleos creados por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.

#### Personas servidas por unidad monetaria.

Suponiendo que cada hogar es habitado en promedio por cuatro personas, la cantidad de personas servidas por unidad monetaria es de 0,00031 personas por USD invertido. Esto indica que, sin importar el monto de la inversión, se asegura el incremento en la calidad de vida de las personas que reciben el servicio.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
2.3.1 Personas servidas por unidad monetaria	Personas servidas	4,00	0,00031	Personas/USD
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 38. Personas servidas por unidad monetaria – viviendas unifamiliares.

#### Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad

De la totalidad de la inversión, el 97,60% de dicho monto tiene como propósito favorecer a la comunidad con relación directa al proyecto. El indicador tiene como función demostrar que el proyecto tiene como objetivo superar la condición social base mediante la ejecución e instalación de un proyecto socio – ambiental que promueva el desarrollo de la comunidad.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.2.1 Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad	Monto invertido en la comunidad (USD)	12498,07	97,60	%
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 39. Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad – viviendas unifamiliares.

#### Productividad del servicio

El indicador llamado “Productividad del servicio” hace referencia a la capacidad de cada unidad monetaria de generar cierta cantidad de energía. Para este proyecto en particular, la productividad del servicio se fija en 4,80 Wh por USD invertido.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.4.1 Productividad del servicio	Capacidad instalada (kWh/día)	61,44	4,80	Wh/USD
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 40. Productividad del servicio – viviendas unifamiliares.

#### Costo de generación

El costo de generación es de 0,11420 USD por cada kWh de generación. Las tarifas eléctricas de los países Latinoamericanos, exceptuando Venezuela y Paraguay, superan el valor obtenido, lo que posiciona a esta alternativa como altamente competitiva a nivel internacional.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.4.2 Costo de generación	Total Inversión (USD)	12805,29	0,11420	USD/kWh
	Años proyectados	5,00		
	Capacidad instalada (kWh/día)	61,44		

Tabla 41. Costo de generación – viviendas unifamiliares.

#### Disponibilidad del servicio de energía

Asumiendo un mínimo de 60 horas de interrupción del servicio eléctrico nacional mensualmente, se establece una disponibilidad energética del 91,67% antes de instalada la

propuesta. Al aumentar la disponibilidad al 100%, se le atribuye a cada USD invertido el incremento de 0,00071% hasta alcanzar un servicio prestado óptimo.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.6.1 Disponibilidad del servicio de energía	Disponibilidad actual	100,00	0,00071	% / USD
	Disponibilidad previa	91,67		
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 42. Disponibilidad del servicio de energía – viviendas unifamiliares.

#### Porcentaje de inversión tecnológica

El 100% del monto invertido promueve el desarrollo de proyectos tecnológicos, tanto de creación de conocimientos, inversión en tecnología e instalación de proyectos de naturaleza tecnológica. Este indicador se traduce en enriquecimiento cultural al traspasar información de carácter tecnológico y crecimiento científico con impacto económico.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
4.1.1 Porcentaje de inversión tecnológica	Monto invertido tecnología (USD)	12805,29	100,00	%
	Total Inversión (USD)	12805,29		

Tabla 43. Porcentaje de inversión tecnológica – viviendas unifamiliares.

#### Evaluación Costo – Eficiencia: Equipos comunes

##### *Costos de inversión*

Los costos presentados a continuación fueron construidos a partir de presupuestos obtenidos individualmente y agrupados para la elaboración del presente estudio económico.

Costos asociados a la inversión			
Descripción	Unidades	Precio Unitario (USD)	Precio total (USD)
Equipos			
Panel policristalino 335 W	3	\$ 71,50	\$ 214,50
Inversor con regulador integrado 30A 1000W 220Vac	1	\$ 162,00	\$ 162,00
Batería de plomo y ácido sellada 150Ah 12Vdc	2	\$ 145,00	\$ 290,00
Conector MC4 1-1	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Panel – Inversor 6mm <sup>2</sup>	100	\$ 1,50	\$ 150,00
Baterías – Inversor 25 mm <sup>2</sup>	100	\$ 2,80	\$ 280,00
Montaje metálico personalizado	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Luminarias 50W	62	\$ 35,50	\$ 2.201,00
Luminarias 100W	8	\$ 48,50	\$ 388,00
Cámara de seguridad	1	\$ 85,99	\$ 85,99
Accesorios			
Tablero	1	\$ 31,34	\$ 31,34
Breaker 1x15A Siemens	2	\$ 5,01	\$ 10,03
Breaker 2x20A Siemens	1	\$ 17,59	\$ 17,59
Repuestos			
Batería luminaria 50W	124	\$ 6,20	\$ 768,80
Batería luminaria 100W	16	\$ 8,20	\$ 131,20
Batería cámara	4	\$ 6,20	\$ 24,80
<b>Total</b>			<b>\$ 4.856,24</b>
<b>Costos asociados a nacionalización e instalación</b>			
Transporte			
Importación Cámara	1	\$ 19,10	\$ 19,10
Importación luminarias	1	\$ 675,00	\$ 675,00
Importación sistema 1kw	1	\$ 675,00	\$ 675,00
Transporte interno	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00
Instalación			
Tablero 4 Circ. Monofásico	1	\$ 53,73	\$ 53,73
Instalación (Sistema 1kW)	1	\$ 26,86	\$ 26,86
<b>Total</b>			<b>\$ 2.649,69</b>
<b>Inversión inicial:</b>			<b>\$ 7.505,93</b>

Tabla 44. Costos de inversión – equipos comunes.

#### *Costos de Operación y Mano de obra*

El procedimiento a seguir para la proyección de los costos de operación y mano de obra, así como para el flujo de caja, es el desarrollado en el plan anterior, recomendado por el Ingeniero J. Zacarías (2020).

Costos de Operación y Mano de Obra						
Partida	AÑO					TOTAL
	1	2	3	4	5	
Limpieza	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -

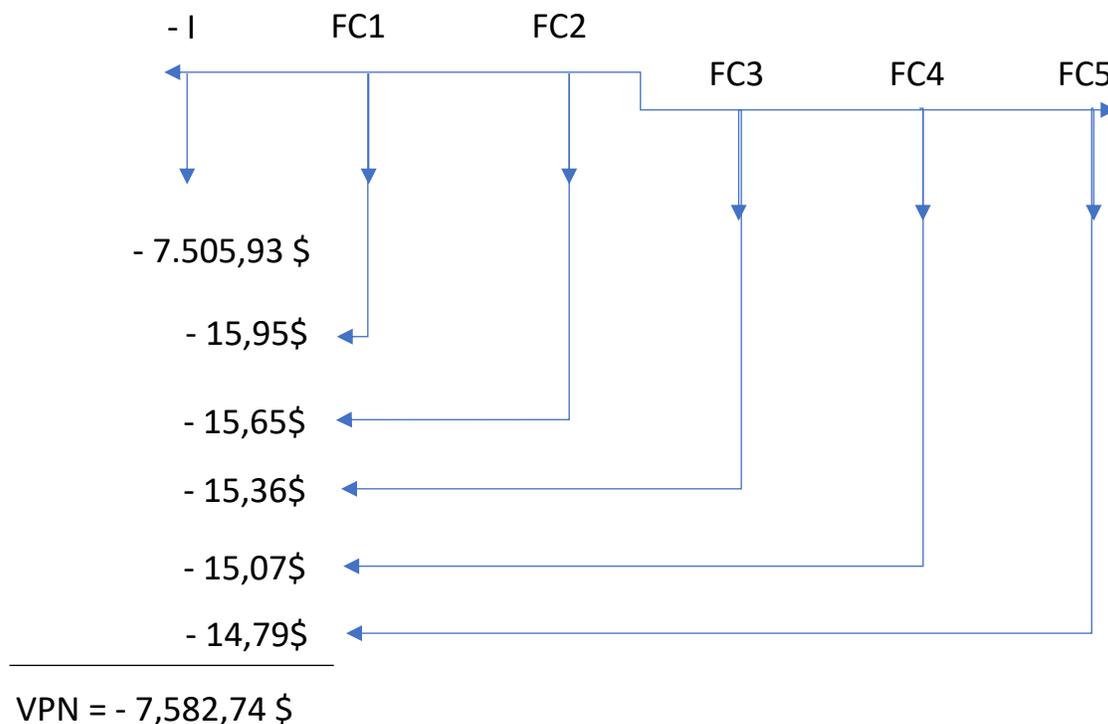
Revisión Banco de baterías y Conexiones	\$ 20,00	\$ 24,61	\$ 30,29	\$ 37,27	\$ 45,87	\$ 158,04
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 20,00</b>	<b>\$ 24,61</b>	<b>\$ 30,29</b>	<b>\$ 37,27</b>	<b>\$ 45,87</b>	<b>\$ 158,04</b>

Tabla 45. Costos Operación y Mano de Obra – equipos comunes.

*Flujo de Caja*

FLUJO DE CAJA						
AÑO						
0	1	2	3	4	5	TOTAL
\$ -7.505,93	\$ -15,95	\$ -15,65	\$ -15,36	\$ -15,07	\$ -14,79	\$ -7.582,74

Tabla 46. Flujo de caja – equipos comunes.



Gráfica 18. Valor presente neto – equipos comunes.

*Análisis de Indicadores Costo – Eficiencia**Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria*

La capacidad instalada del kit de 1kW, luminarias independientes y cámara de seguridad se aproxima toscamente a los 5kW de generación por día. Al sustituir la producción hidroeléctrica del sistema nacional por la del sistema solar fotovoltaico, se presenta un ahorro de 44,12 gr de CO<sub>2</sub>

por cada unidad monetaria (USD) invertido durante el tiempo proyectado en este estudio. La reducción de emisiones de carbono le permite al país participar en el Mercado Voluntario de Carbono a raíz del derecho otorgado en el Protocolo de Kyoto de recibir comisiones al ceder un porcentaje de los derechos de emisión. El precio actual de los derechos de emisión roza los 27 Euros por tonelada (Investing, 02 de octubre de 2020).

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
1.2.1 Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria	Capacidad instalada (kWh/día)	5,00	44,12434	gr CO2/USD
	Ahorro CO2 (gr/kWh)	110,00		
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 47. Toneladas de CO2 evitado por unidad monetaria – equipos comunes.

#### Empleos creados por unidad monetaria

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
2.1.1 Empleos creados por unidad monetaria	Empleos directos	3	0,00079	Empleos/USD
	Empleos indirectos	3		
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 48. Empleos creados por unidad monetaria – equipos comunes.

#### Personas servidas por unidad monetaria.

Suponiendo que cada hogar es habitado en promedio por cuatro personas y el conjunto es conformado por 120 casas, la cantidad de personas servidas por unidad monetaria es de 0,06330 personas por USD invertido.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
2.3.1 Personas servidas por unidad monetaria	Personas servidas	480,00	0,06330	Personas/USD
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 49. Personas servidas por unidad monetaria – equipos comunes.

#### Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad

De la totalidad de la inversión, el 98,99% de dicho monto tiene como propósito favorecer a la comunidad con relación directa al proyecto. La cifra exhibida del monto invertido, deriva del costo total de la inversión, excluyendo las partidas asociadas al transporte, el cual representa un gasto necesario, pero no reflejado directamente en la adquisición de activos tangibles.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
-----------	----------	-------	----------	----------

3.2.1 Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad	Monto invertido en la comunidad (USD)	7505,93	98,99	%
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 50. Porcentaje de la inversión destinado a la comunidad – equipos comunes.

#### Productividad del servicio

Para el plan destinado a equipos comunes, la productividad del servicio se fija en 8,44 Wh por USD invertido, duplicando la productividad del plan individual anterior.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.4.1 Productividad del servicio	Capacidad instalada (kWh/día)	64,00	8,44	Wh/USD
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 51. Productividad del servicio – equipos comunes.

#### Costo de generación

El costo de generación es de 0,10700 USD por cada kWh de generación. Nuevamente, dicha tarifa se posiciona en una de las más bajas al ser comparado con el valor de la prestación del servicio eléctrico de los países Latinoamericanos.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.4.2 Costo de generación	Total Inversión (USD)	7582,74	0,10700	USD/kWh
	Años proyectados	5,00		
	Capacidad instalada (kWh/día)	64,00		

Tabla 52. Costo de generación – equipos comunes.

#### Disponibilidad del servicio de energía

Asumiendo un mínimo de 60 horas de interrupción del servicio eléctrico nacional mensualmente y 15 horas extra para el reinicio de equipos, se establece una disponibilidad energética del 89,58% antes de instalada la propuesta. Al aumentar la disponibilidad al 100%, se le atribuye a cada USD invertido el incremento de 0,00153% hasta alcanzar la optimización del servicio.

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
3.6.1 Disponibilidad del servicio de energía	Disponibilidad actual	100,00	0,00153	%/USD
	Disponibilidad previa	89,58		
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 53. Disponibilidad del servicio de energía – equipos comunes.

Porcentaje de inversión tecnológica

Indicador	Variable	Valor	Medición	Unidades
4.1.1 Porcentaje de inversión tecnológica	Monto invertido tecnología (USD)	7582,74	100,00	%
	Total Inversión (USD)	7582,74		

Tabla 54. Porcentaje de inversión tecnológica – equipos comunes.

## Conclusiones

### **Evaluar la situación actual:**

1. La situación actual del servicio eléctrico de la red nacional, no cumple con los factores primordiales para los habitantes del Conjunto Residencial “La Arboleda”, basando dicha conclusión en los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los residentes y en la observación directa, por lo que es propio considerar el establecimiento del proyecto solar fotovoltaico como una solución complementaria, más no alternativa única.

### **Estudio técnico:**

2. El recurso solar presentó el mayor potencial energético entre los recursos considerados. Con un promedio de 5,55 kW-hora/m<sup>2</sup>/día, supera el potencial de recurso mínimo requerido y el promedio nacional fijado en 5,1 kW-hora/m<sup>2</sup>/día (Posso, González, Guerra y Gómez, 2014, p. 27), pudiendo catalogarse dichas condiciones como excelentes a supremas, como fuente de energía solar aprovechable según estándares internacionales en esta materia.

3. La demanda estimada para una casa con un promedio de 4 habitantes (8801 kW/hora) supera el valor promedio registrado en la Organización del Banco Mundial para Venezuela en el año 2014 (2719 kW/hora), por lo que el consumo se catalogó como excesivo y se diseñó una propuesta de menor dimensión (61,44 kWh/día)

4. Se proyectó un sistema solar fotovoltaico híbrido de 16 kW de potencia, integrado por 40 paneles monocristalinos de 400W de potencia, dos inversores híbridos monofásicos de 8 kW de potencia y seis baterías de gel de 2V 2000Ah.

5. Para el segundo escenario, se decidió sustituir la iluminación común por un sistema de alumbrado independiente compuesto por luminarias de 50W y 100W de hasta 12 horas de funcionamiento continuo, una cámara solar con baterías integradas capaces de almacenar hasta 10400 Ah y un sistema centralizado de 1 kW que incluye tres paneles de 335 W, un inversor con regulador integrado de 1kW, y dos baterías de plomo y ácido selladas de bajo mantenimiento de 150 Ah 12V.

6. El proyecto resulta técnicamente factible en cuanto a capacidad de generación, instalaciones y espacio disponible, y accesibilidad a equipos que cumplan con la particularidad de funcionar de forma complementaria y/o independiente.

### **Estudio económico:**

7. La tarifa actual del servicio eléctrico prestado por la Red Nacional no puede

utilizarse como referencia para determinar la factibilidad económica del proyecto ya que condicionaría negativamente su desarrollo, por lo que es preciso considerar otros factores que reflejan con mayor sinceridad el impacto del proyecto.

8. El desarrollo de indicadores costo – eficiencia suministró información relevante en cuanto a las verdaderas ventajas procedentes de esta propuesta, manifestadas en el aumento de la calidad de vida, la seguridad social y el valor del inmueble por cada unidad monetaria invertida en cada caso.

9. Los costos de generación obtenidos fueron de 0,1142 USD/kWh y 0,1070 USD/kWh, mientras que el promedio mundial del costo de generación es de 0,14 USD/kWh. Es decir, se obtuvieron tarifas menores que las ofrecidas en los mercados de distintos países del mundo, indicando la viabilidad y competitividad del modelo propuesto.

10. Al evitar emitir 110 gr por kWh generado con las propuestas diseñadas, se estaría protegiendo al ecosistema de haberse emanado hasta 7040 gr de CO<sub>2</sub> al día, para un total de 2,5 toneladas anuales, beneficiando directamente a las áreas aledañas a la central generadora.

11. Finalmente, es necesario acotar que, aunque los indicadores para la segunda propuesta hayan resultado ser más eficientes que en la primera, esto no determina la ejecución de un proyecto u otro. Ambos proyectos pueden ser realizados en paralelo, en definitiva, la decisión dependerá de la estimación que le sea otorgada por los inversores.

## **Recomendaciones**

### ***Equipo de trabajo***

Se recomienda la participación de un ingeniero eléctrico que realice un estudio de cargas eléctricas a fondo y lidere la instalación óptima del sistema eléctrico. También se exhorta a realizar un estudio de cargas sobre los techos dispuestos para la colocación de las instalaciones, el cual debe ser realizado por un ingeniero civil.

### ***Desarrollo del marco legal***

Para fomentar el uso a futuro de este tipo de tecnologías y evitar la anarquía en su ejecución, se recomienda el desarrollo de un marco legal que regule los procedimientos, requerimientos y sanciones, y garantice la sustentabilidad de dichos proyectos a largo plazo.

### ***Análisis Costo – Beneficio***

Adaptándose a la realidad venezolana, se recomienda en un futuro continuar la presente investigación llevando a cabo un estudio del costo – beneficio con la tarifa real reestructurada del servicio de la red eléctrica nacional en caso de haberlo.

### ***Organización Condomial***

Se exhorta a la creación de un grupo de trabajo especial dentro de la Junta de Condominio encargado de supervisar, dirigir y regular las actividades y propiedades de materia eléctrica con el fin de mantener y proteger la continuidad del servicio.

### Referencias bibliográficas

Alvarado, J (2015). *Diseño y Cálculo de una Instalación Fotovoltaica Aislada*. (Tesis de maestría). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica*. Editorial Episteme, Caracas, Venezuela.

Avila-Prats, D., Alesanco-García, R., & Veliz-Alonso, J.. (2011). Sistemas híbridos con base en las energías renovables para el suministro de energía a plantas desaladoras. *Ingeniería Mecánica*, 14(1), 22-30. Recuperado el 20 de septiembre de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S181559442011000100003&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S181559442011000100003&lng=es&tlng=es)

Baca, G (2001). *Evaluación de proyectos* 4ta edición. Editorial McGraw Hill, México D.F., México.

Banco Mundial. (1 de octubre de 2020). *Tasa de interés activa*. <https://datos.bancomundial.org/indicador/FR.INR.LEND>

Blanco, A. (2007). *Formulación y Evaluación de Proyectos – 6ta edición*. Editorial Texto C.A., Caracas, Venezuela.

Cervo, A y Bervian, P (1989). *Metodología Científica*. McGraw Hill. México D.F., México.

Cohen, E. y Franco, R. (1999). *Evaluación de Proyectos Sociales*. Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES/ONU). Grupo Editor Latinoamericano, Buenos Aires, Argentina.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*.

Recuperado de: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/5607-metodologia-marco-logico-la-planificacion-seguimiento-la-evaluacion-proyectos>.

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (1999, 30 de diciembre). Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, No 36.860. [Extraordinaria], marzo 24, 2000.

Datos Macro. (1 de octubre de 2020). *IPC de USA*. <https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/usa#:~:text=La%20tasa%20de%20variacion%20anual,es%20del%200%2C8%25>

De Juana, J. (2003) (Cooperación Internacional). *Energías Renovables para el Desarrollo*. Ed. Thomson – Paraninfo. Valencia, España.

Fundación Energía Comunitaria – Gobierno de Chile. (2017). *Guía de Diseño de Sistemas Fotovoltaicos Off-Grid*. Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Chile.

Galarza, S. (2011). Herramienta de Análisis Multi-Criterio como Soporte para el Diseño del Programa Social de la Facultad de Ingeniería. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Hernández, R (2017). Análisis De Factibilidad para la Instalación de un Sistema de Energía Limpia Mediante Celdas Fotovoltaicas para la Alimentación Eléctrica del Edificio 4 en el ITSLV. (Tesis de maestría). CIATEQ, Tabasco, México.

IRENA (International Renewable Energy Agency) (2020). *Renewable Power Generation Costs in 2019*. Recuperado en [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Power\\_Generation\\_Costs\\_2019.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Power_Generation_Costs_2019.pdf).

Ley Orgánica del Ambiente. (2006). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° 5.833, diciembre 22, 2006

Ley Penal del Ambiente. (1992). Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 4.358, enero 03, 1992.

Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica. Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica (2011)

Moody's Analytics. (1 de octubre de 2020). *Country Risk*. <https://www.moodyanalytics.com/public-courses/analyzing-sovereign-and-country-risk>

NASA (National Aeronautics and Space Administration), (2018). NASA *Langley Research Center Atmospheric Science Data Center surface meteorology and solar energy (SSE)*, Recuperado en <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>.

NREL (National Renewable Energy Laboratory) (2017). *PV Watts Calculator*. Recuperado en [www.pvwatts.nrel.gov](http://www.pvwatts.nrel.gov).

Orellana, A., Sarango, J. (2015). Estudio de factibilidad para el uso de energía solar y eólica en sistemas de alumbrado público para la vía de Integración Barrial, sector El Plateado servido por Empresa Eléctrica Regional del Sur. (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Ecuador.

Ortega, B. (2012). Metodología económica aplicada: Análisis Coste-Beneficio. *Extoikos*, (5), p. 147. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5583839>.

Padilla, N (2017). Implementación de un Sistema de Energía Renovable Alternativo Para la Electrificación Del Comando De La Guardia Nacional “Escuadrón Montado Guatopo”, Ubicado En El Parque Nacional Guatopo Del Estado Miranda. Universidad de Carabobo, Carabobo, Venezuela.

Palacios, J. (22 de junio de 2012). Administración y Flujo de Caja. [Mensaje de un Blog]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/lucciana1602/administracion-y-flujo-de-caja>.

Posso, Fausto, & González, Julio, & Guerra, Francisco, & Gómez, Heriberto (2014). Estimación del potencial de energía solar en Venezuela utilizando sistemas de información

geográfica. *Revista Geográfica Venezolana*, 55(1),27-43.[fecha de Consulta 29 de Octubre de 2020]. ISSN: 1012-1617. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3477/347732465007>

Project Management Institute Inc (2017). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, (Guía del PMBOK®)* (6ta edición). Project Management Institute Inc.

RETScreen. (Septiembre 2005) *Clean Energy Project Analysis: RETScreen® Engineering & Cases Textbook*, 3era edición, Ministerio Canadiense de Recursos Naturales. (Clean Energy Project Analysis: RETScreen Engineering & Cases Textbook.

Rojas Soriano, Raúl. (2013). *Notas sobre investigación y redacción*. Plaza y Valdés editores, México.

Sabino, C. (1992). *El Proceso de Investigación – 3era edición*. Editorial Panapo, Caracas, Venezuela.

Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación – 6ta edición*. McGraw Hill, México D.F., México.

Sistema de información Energético. (s.f). *Glosario de Términos de Electricidad*. México D.F., México. Recuperado de [http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario\\_elec\\_es.pdf](http://sie.energia.gob.mx/docs/glosario_elec_es.pdf).

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2018). *Plan Energético Nacional 2020-2050*. Recuperado de: [https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN\\_documento\\_para\\_consulta.pdf](https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/PEN_documento_para_consulta.pdf).

World Energy Council (2017). *Recursos energéticos globales*. Recuperado de: <https://www.worldenergy.org/assets/images/imported/2014/04/Traduccion-Estudio-Recursos-Energeticos1.pdf>.

Zacarías, J. (2020). *Formulación y Evaluación de Proyectos* [Diapositivas de Power Point].

Universidad Católica Andrés Bello.

## Anexos

Anexo 1: Encuesta “Mejora del sistema eléctrico para el Conjunto Residencial La Arboleda”

### Mejora del sistema eléctrico para el Conjunto Residencial La Arboleda

Con el fin de completar mi trabajo de grado para la Universidad Católica Andrés Bello, el cual resultaría en una propuesta para el mejoramiento y complementación del servicio eléctrico actual de nuestra residencia, necesito obtener respuesta de la siguiente encuesta por parte de cada uno de los residentes.

Agradezco su apoyo y comprensión.

- Francis Ramírez

\*Obligatorio

1. Calle \*

Marca solo un óvalo.

1

2

3

4

5

6

## 2. Casa \*

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14
- 15
- 16
- 17
- 18
- 19
- 20

## 3. ¿Con qué frecuencia presenta fallas en la alimentación eléctrica? \*

Marca solo un óvalo.

- 1 o más veces al día
- 1 vez a la semana
- Más de (01) vez a la semana, menos de una vez por día.
- Menos de (04) veces al mes
- No presento fallas eléctricas

## 4. ¿Le preocupa la seguridad del conjunto cuando, debido a las fallas eléctricas, no funcionan los equipos de seguridad y apoyo? \*

\* Portón eléctrico, cámara de seguridad, cercado eléctrico, iluminación de áreas comunes.

Marca solo un óvalo.

- Sí
- No

5. ¿Se ha visto afectada su rutina diaria debido a los cortes o fallas del servicio eléctrico? \*

Trabajo en casa, tiempo de ocio, actividades educativas, etc.

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

6. ¿Ha incurrido en gastos adicionales para solventar las fallas del servicio eléctrico? \*

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

N/A

7. ¿Ha sufrido la pérdida de algún equipo electrodoméstico a causa de irregularidades en la alimentación eléctrica? \*

*Marca solo un óvalo.*

Sí

No

8. ¿Qué tan satisfecho está usted con el servicio eléctrico actual? \*

*Marca solo un óvalo.*

1      2      3      4      5

---

Totalmente insatisfecho      Muy satisfecho

---

9. Según su criterio, su consumo eléctrico diario es: \*

Marca solo un óvalo.

	1	2	3	
Bajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Alto

10. ¿Toma algún tipo de medida para reducir su consumo eléctrico? \*

Apaga las luces de habitaciones vacías, apaga el aire acondicionado al salir de una habitación, etc.

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

11. ¿Estaría interesado en la instalación de un nuevo sistema eléctrico como solución/complemento al sistema actual? \*

Instalación de un tipo de energía alternativa que funcione a largo plazo

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No  
 Tal vez

12. ¿Posee planta eléctrica? \*

Marca solo un óvalo.

- Sí  
 No

13. ¿Qué tipo de planta posee? \*

Marca solo un óvalo.

- Diesel  
 Otra  
 N/A

14. Si usted o algún vecino cercano posee una planta eléctrica, seleccione los inconvenientes que pueden causar: \*

Si este caso no lo representa, por favor seleccione N/A

Selecciona todos los que correspondan.

- Dificultad para conseguir el combustible (en caso de ser el propietario de la planta)
- Ruido
- Contaminación del aire (humo, otro.)
- No representa ningún problema
- N/A

15. ¿Cuántos aires acondicionados posee? \*

O algún otro sistema de ventilación

Marca solo un óvalo por fila.

	0	1	2	3	4	5	6	+7
Split	<input type="radio"/>							
Central	<input type="radio"/>							
Ventiladores	<input type="radio"/>							

16. ¿Cuántos de estos equipos funcionan en simultáneo? \*

Marca solo un óvalo.

- 1
- 2
- 3
- 4 o más

17. En promedio, ¿cuántas horas al día mantiene encendidos sus aires acondicionados? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Menos de 2 horas
- Entre 2 y 6 horas diarias
- Entre 6 y 12 horas diarias
- Más de 12, menos de 24h
- Siempre están siendo utilizados
- N/A

18. Otros equipos \*

*Marca solo un óvalo por fila.*

	0	1	2	3	4	+5
Nevera	<input type="radio"/>					
Televisores	<input type="radio"/>					
Microondas/Licuadoras/otros	<input type="radio"/>					
Computador/Consolas/otros	<input type="radio"/>					
Lavadora/Secadora	<input type="radio"/>					

19. ¿Posee cocina eléctrica como principal opción? \*

*Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

## 20. ¿Qué equipos tienen prioridad de funcionamiento según su criterio? \*

Asigne a cada opción un número indicando el orden de importancia

Marca solo un óvalo por fila.

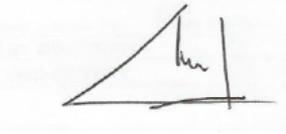
	1	2	3	4	5	6	7
Aires	<input type="radio"/>						
Cocina/Nevera	<input type="radio"/>						
Bombillos del hogar	<input type="radio"/>						
Portón eléctrico	<input type="radio"/>						
Cercado eléctrico	<input type="radio"/>						
Alumbrado común	<input type="radio"/>						
Otros	<input type="radio"/>						

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

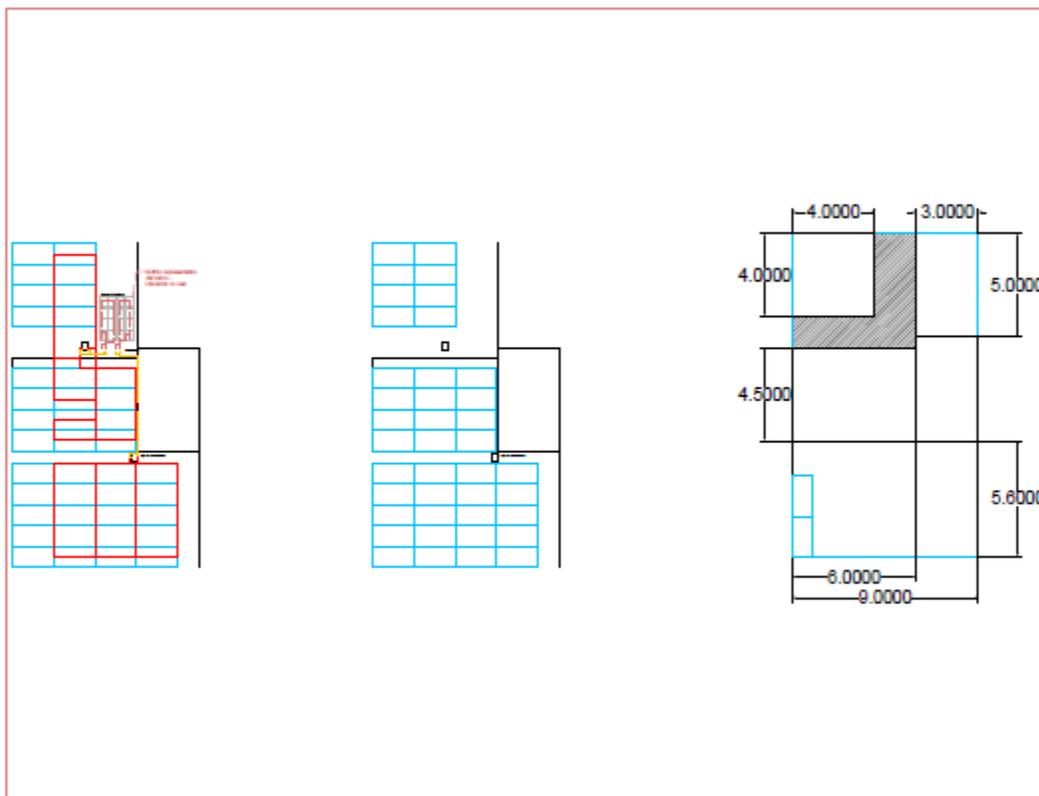
Google Formularios

## Anexo 2: Validación de encuesta

Nombre:	Julio J. Hernández F.
Firma:	
Fecha:	22 de Febrero de 2020
Observaciones:	Ninguna

Nombre:	Héctor Chamorro
Firma:	
Fecha:	22/09/2020
Observaciones:	La encuesta me parece excelente para realizar el estudio de demanda eléctrica, que debe ser satisfecha por la instalación de generación verde.

Anexo 3: Diseño preliminar de la instalación fotovoltaica para viviendas unifamiliares



Anexo 4: Tabla de cambio monetario correspondiente a la tasa establecida por el Banco Central de Venezuela para la fecha 03/08/2020.

Elemento	Costo/un (BsS)	IVA (16%)	Tasa 03/08/20	Costo (USD)
Tablero 16 Circ. Monofásico	Bs.S 26.800.000,00	Bs.S 4.288.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>119,99</b>
Breaker 2x20A Siemens	Bs.S 3.928.000,00	Bs.S 628.480,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>17,59</b>
Breaker 2x40A Siemens	Bs.S 4.400.000,00	Bs.S 704.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>19,70</b>
Breaker 1x15A Siemens	Bs.S 1.120.000,00	Bs.S 179.200,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>5,01</b>
Breaker 2x50A Siemens	Bs.S 4.400.000,00	Bs.S 704.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>19,70</b>
Breaker principal 2x100A Siemens	Bs.S 6.600.000,00	Bs.S 1.056.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>29,55</b>
Instalación (Tablero 16C y conexiones)	Bs.S 30.000.000,00	Bs.S 4.800.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>134,31</b>

Instalación (Sistema 16kW)	Bs.S 30.000.000,00	Bs.S 4.800.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>134,31</b>
Tablero 4 Circ. Monofásico	Bs.S 7.000.000,00	Bs.S 1.120.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>31,34</b>
Instalación (Tablero 4C y conexiones)	Bs.S 12.000.000,00	Bs.S 1.920.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>53,73</b>
Instalación (Sistema 1kW)	Bs.S 6.000.000,00	Bs.S 960.000,00	Bs.S 259.096,09	\$ <b>26,86</b>

#### Anexo 5. Recuperación de la inversión.

Recuperación de la Inversión							
Año	0	1	2	3	4	5	
Capacidad instalada (kWh/año)	0	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	
Costos (USD)	12498,1	-63,7908	-62,5954	-61,4225	-60,2715	59f,1421	
Ahorro vinculado a la generación (USD)	0	0,150106	0,150106	0,150106	0,150106	0,150106	
Relación ingresos/egresos	12498,1	-63,6407	-62,4453	-61,2724	-60,1214	-58,992	<b>12804,5</b>

## Apéndices

### Apéndice 1: Consumo promedio de electrodomésticos

 <p>Potencia: <b>1000 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>1 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>700 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,700 kWh.</b></p>	 <p><b>AHORRAR ENERGÍA es TAREA de TODOS</b></p> <p><b>Consumo de energía en electrodomésticos</b></p> <p>Gobierno Bolivariano de Venezuela Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica</p> <p>200 BICENTENARIO</p> <p>Gobierno Bolivariano de Venezuela   Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica</p>
 <p>Potencia: <b>80 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,080 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>125 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,125 kWh.</b></p>	
 <p>Potencia: <b>80 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,080 kWh.</b></p>		
 <p>Potencia: <b>80 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,080 kWh.</b></p>		

**Gobierno Bolivariano de Venezuela**  
Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica

200 BICENTENARIO

**ahorremos energía**

### Sabes cuánto consumen tus electrodomésticos?

Un principio esencial para el uso eficiente de la energía eléctrica es conocer cómo funcionan los diferentes electrodomésticos, cuanto consumen de electricidad y el aprovechamiento que podemos obtener de ellos.

Esta guía ofrece una referencia sobre el consumo energético de los electrodomésticos, expresado en kilovatios por hora, para tener una idea de la magnitud de consumo de electricidad de cada uno de ellos.

 <p>Potencia: <b>4500 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>4,5 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>2000 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>2 kWh.</b></p>
 <p>Potencia: <b>2000 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>2 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>800 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,800 kWh.</b></p>
 <p>Automática Potencia: <b>2000 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>2 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>160 a 300 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>1,6 kWh a 0,30 kWh.</b></p>
 <p>No Automática Potencia: <b>368 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,368 kWh.</b></p>	 <p>Potencia: <b>250 watt a 1000 watt</b> Energía consumida en 1 hora: <b>0,25 kWh a 1 kWh.</b></p>

Fuente: Ministerio del Poder Popular para la Energía Eléctrica (2017).

Apéndice 2: Consumo promedio de electrodomésticos en viviendas colombianas.

	Electrodoméstico	Vatios de potencia	Equivalencia en kW	Tiempo de uso en horas al mes	Consumo en kWh mes
Iluminación	Bombillo 100 vatios	100	0,1	120	<b>12</b>
	Bombillo 60 vatios	60	0,06	120	<b>7,2</b>
	Bombillo ahorrador 25 vatios	25	0,025	120	<b>3</b>
	Bombillo ahorrador 15 vatios	15	0,015	120	<b>1,8</b>
	Bombillo LED	7	0,007	120	<b>0,84</b>
	Instalación navideña de 100 luces LED	9	0,009	180	<b>1,62</b>
Electrodomésticos que producen calor	Parrilla grande en alto	1.800	1,8	30	<b>54</b>
	Parrilla pequeña en alto	1.500	1,5	30	<b>45</b>
	Tina 20 galones	1.500	1,5	15	<b>22,5</b>
	Ducha eléctrica	1.500	1,5	7	<b>10,5</b>
	Parrilla grande en bajo	450	0,45	30	<b>13,5</b>
	Plancha de ropa	1.000	1	12	<b>12</b>
	Horno estufa	3.300	3,3	1	<b>3,3</b>
	Olla arrocera	600	0,6	15	<b>9</b>
	Cafetera	900	0,9	10	<b>9</b>
	Secador de pelo	1.500	1,5	4	<b>6</b>
	Plancha para el pelo	1.000	1	4	<b>4</b>
	Tostadora	500	0,5	0,5	<b>0,25</b>
Electrónicos	Televisor LCD de 20 pulgadas	150	0,15	180	<b>27</b>
	Televisor de 20 pulgadas	75	0,075	180	<b>13,5</b>
	Horno microondas	1.000	1	10	<b>10</b>
	Equipo de sonido	150	0,15	60	<b>9</b>
	Computador de mesa	140	0,14	60	<b>8,4</b>
	Computador portátil	120	0,12	60	<b>7,2</b>

Fuente: Ministerio de Minas y Energía de Colombia (2012).

Apéndice 4: Descripción de factores de pérdidas en instalaciones eléctricas.

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left(1 - \frac{Ka \cdot N}{Pd}\right)$$

Los factores de la ecuación son los siguientes:

$K_b$  = Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador.

0,05 en sistemas que no demanden descargas intensas

0,1 en sistemas con descargas profundas

$K_c$  = Coeficiente de pérdidas en el convertidores.

0,05 para convertidores senoidales puros, trabajando en régimen óptimo.

0,1 en otras condiciones de trabajo, lejos del óptimo

$K_v$  = Coeficiente de pérdidas varias.

Agrupar otras pérdidas como (rendimiento de red, efecto joule, etc.).

0,05 – 0,15 como valores de referencia.

$K_a$  = Coeficiente de descarga diario.

0,002 para baterías con baja autodescarga Ni-Cd

0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido (las más habituales)

0,012 para baterías de alta autodescarga (arranque de automóviles)

N: Número de días de autonomía de las instalación

Fuente: Alvarado (2017).

Apéndice 5: Módulo 400kW GreenSun Solar



**Electrical Specification (STC\*)**

Maximum Power	Pmax(W)	385	390	395	400	405	410
Maximum Power Voltage	Vmp(V)	39.98	40.17	40.53	40.53	40.71	40.89
Maximum Power Current	Imp(A)	9.63	9.71	9.79	9.87	9.95	10.03
Open Circuit Voltage	Voc(V)	48.40	48.60	48.80	49.00	49.20	49.40
Short Circuit Current	Isc(A)	10.21	10.29	10.37	10.45	10.53	10.61
Module Efficiency	(%)	19.4	19.7	19.9	20.2	20.5	20.8
Power Output Tolerance	(W)	0~+5					

\* Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

**Electrical Specification (NOCT\*)**

Maximum Power	Pmax (W)	285.98	288.97	292.76	296.58	300.42	304.21
Maximum Power Voltage	Vmp (V)	36.90	37.00	37.20	37.40	37.60	37.80
Maximum Power Current	Imp (A)	7.75	7.81	7.87	7.93	7.99	8.05
Open Circuit Voltage	Voc(V)	44.90	45.10	45.30	45.50	45.70	45.90
Short Circuit Current	Isc (A)	8.25	8.32	8.39	8.46	8.53	8.6

\* Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s

**Mechanical Data**

Number of Cells	72Cell×(6×12)
Dimensions of Module L*W*H (mm)	1980×1000×35mm
Weight (kg)	22.7 kg
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminium alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), 300mm (11.8 inches)
Number of diodes	3
Wind/ Snow Load	2400Pa/ 5400Pa*
Connector	MC Compatible

\* For more details please check the installation manual

**Temperature Ratings**

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ±2°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.05%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C

**Maximum Ratings**

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC -(H)
Max Series Fuse Rating	20A

**Packaging Configuration**

Module per box	30pieces
Module per 40' container	840pieces

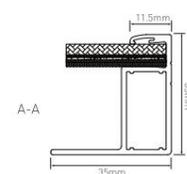
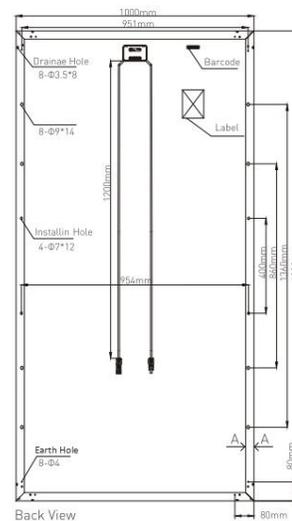
**Optional**

Connector	<input checked="" type="checkbox"/> MC Original
-----------	---

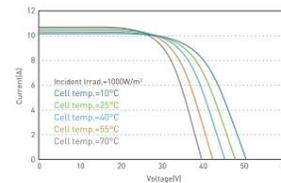
**Product certification**



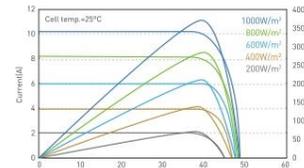
**Module Dimension**



不同温度下电流电压曲线 (390W)



不同辐照度下电流电压曲线 / 功率电压曲线 (390W)



Fuente: GreenSun Solar Ltd.

## Apéndice 6: Inversor 8kW

## Technical Specifications

Model	SUN-5K-SG01LP1 -US	SUN-7.6K-SG01LP1 -US/EU	SUN-8K-SG01LP1 -US/EU
<b>Battery Input Data</b>			
Battery Type	Lead-acid or Li-Ion		
Battery Voltage Range (V)	40~60V		
Max.Charging Current (A)	120A	190A	190A
Max.Discharging Current (A)	120A	190A	190A
Charging Curve	3 Stages/Equalization		
External Temperature Sensor	Optional		
Charging Strategy for Li-Ion Battery	Self-adaption to BMS		
<b>PV String Input Data</b>			
Max.DC Input Power (W)	6500W	9880W	10400W
PV Input Voltage (V)	370V(100V~500V)		
MPPT Range (V)	125V~425V		
Start-up Voltage (V)	125V		
PV Input Current (A)	11A+11A	18A+18A	18A+18A
No.of MPPT Trackers	2		
No.of Strings Per MPPT Tracker	1+1	2+2	2+2
<b>AC Output Data</b>			
Rated AC Output and UPS Power (W)	5000W	7600W	8000W
Max AC Output Power (W)	5500W	8360W	8800W
Peak Power(off grid)	2 times of rated power, 10 S		
AC Output Rated Current(A)	20.8A	31.7A/33A	33.4A/35A
Max.AC Current(A)	24A	36.4A/38A	38.3A/40A
Max Continuous AC Passthrough(A)	35A	50A	50A
Output Frequency and Voltage	50/60Hz; 120Vac&240Vac(split phase), 208Vac(2/3 phase), 230Vac(single phase)		
Grid Type	Split phase 、 2/3 phase 、 Single Phase		
Current Harmonic Distortion	THD<3%(Linear load<1.5%)		
<b>Efficiency</b>			
Max.Efficiency	97.60%		
Euro Efficiency	97.00%		
MPPT Efficiency	99.90%		
<b>Protection</b>			
PV Arc Fault Detection	Integrated (Except European Type)		
PV Input Lightning Protection	Integrated		
Anti-islanding Protection	Integrated		
PV String Input Reverse Polarity Protection	Integrated		
Insulation Resistor Detection	Integrated		
Residual Current Monitoring Unit	Integrated		
Output Over Current Protection	Integrated		
Output Shorted Protection	Integrated		
Output Over Voltage Protection	Integrated		
<b>Certifications and Standards</b>			
Grid Regulation	UL1741,IEEE1547,RULE21,VDE 0126,AS4777,NRS2017,G98,G99		
Safety Regulation	IEC62109-1, IEC62109-2		
EMC	EN61000-6-1, EN61000-6-3, FCC 15 class B		
<b>General Data</b>			
Operating Temperature Range ( C )	-25~60 C , >45 C Derating		
Cooling	Fan		

Fuente: GreenSun Solar Ltd.

## Apéndice 7: Inversor 100 kW

## Specification

Model	PWG-50K-NA	PWG-100K-NA	PWG-50K-EX	PWG-100K-EX
<b>Utility-interactive Mode</b>				
Battery voltage range	400V(250~520V)		400V(250~520V)	
Batter DC Max Current	150A	300A	150A	300A
PV Voltage Range	520~900V (MPPT 520V~800V)		520~900V (MPPT 520V~800V)	
PV DC. Max Current (in case of completely consumption)	192A	384A	192A	384A
AC voltage	480V(423V~528V)		400V(340V~460V)	
AC current	60A	120A	72A	144A
Nominal power	50kW	100kW	50kW	100kW
AC frequency	60Hz(59.5Hz~60.5Hz)		50/60Hz(±2.5Hz)	
Output THDI	≤3%	≤3%	≤3%	≤3%
AC PF	Listed: 0.8~1 leading or lagging (Controllable)		Listed: 0.8~1 leading or lagging (Controllable)	
	Actual: 0.1~1 leading or lagging (Controllable)		Actual: 0.1~1 leading or lagging (Controllable)	

Fuente: GreenSun Solar Ltd.

## Apéndice 8: Baterias Gel 2V 2000Ah

VRLA BATTERIES

### VRZ Series Tubular Gel VRLA Batteries

200~3,000 Ah (2 Volt Cells)



The VRZ-Series batteries have tubular positive plates and a gelled electrolyte making them the highest quality valve-regulated battery design available. The VRZ batteries are ideal for applications which call for maximum life and maintenance-free operation.

Insulated flexible intercell connectors standard. Other accessories on page 6.



#### Construction

Positive Plate	Tubular plate with calcium-tin alloy
Negative Plate	Flat plate grid
Separation	Microporous combined with corrugated separator
Case and Cover	ABS
Electrolyte	Fixed as gel
Post Design	Leak-proof with brass insert
Intercells	Fully insulated, flexible copper cables
Temp. Range	30° to 130° F (68° to 77° F recommended)
Float Voltage	2.25 V/cell
Equalize Voltage	2.35 V/cell

#### Technical Data

Part No.	OPzV DIN Std.	8 hr. Ah Rate	Voltage (V)	Cell Dimensions L x W x H (in.)	Total Weight (lb.)	I.R. (mOhms)
VRZ-200	4 OPzV 200	200	2	4.06 x 8.11 x 15.3	39.7	1.20
VRZ-250	5 OPzV 250	250	2	4.89 x 8.11 x 15.3	48.5	1.10
VRZ-300	6 OPzV 300	300	2	5.71 x 8.11 x 15.3	57.3	1.00
VRZ-350	5 OPzV 350	350	2	4.89 x 8.11 x 19.9	63.9	0.90
VRZ-420	6 OPzV 420	420	2	5.71 x 8.11 x 19.9	75.0	0.80
VRZ-490	7 OPzV 490	500	2	6.54 x 8.11 x 19.9	86.0	0.73
VRZ-600	6 OPzV 600	600	2	5.71 x 8.11 x 26.8	101	0.62
VRZ-800	8 OPzV 800	800	2	8.27 x 7.52 x 26.8	142	0.50
VRZ-1000	10 OPzV 1000	1000	2	8.27 x 9.17 x 26.8	173	0.45
VRZ-1200	12 OPzV 1200	1200	2	8.27 x 10.8 x 26.8	205	0.40
VRZ-1500	12 OPzV 1500	1500	2	8.27 x 10.8 x 32.7	254	0.30
VRZ-2000	16 OPzV 2000	2000	2	8.42 x 15.7 x 31.8	342	0.25
VRZ-2500	20 OPzV 2500	2500	2	8.35 x 19.2 x 31.8	432	0.20
VRZ-3000	24 OPzV 3000	3000	2	8.35 x 20.7 x 31.8	512	0.18

#### Features

- 15 – 20 year design life at 77°F
- Maintenance-free operation
- Gel tubular plate technology
- Leak-proof post seal
- High cycle life:
  - 1500+ cycles @ 80% DOD
- Flame retardant ABS cover standard
- Safe – fully-insulated connections
- Built per OPzV DIN standards
- UL Listed - UL file no. MH19767

#### Applications

- Telecom
- Industrial
- Reserve Power
- Utility
- Solar

Fuente: GreenSun Solar Ltd.

## Apéndice 9: Corriente máxima permisible.

Método de instalación	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento												
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2								
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2				
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2			
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
S (mm <sup>2</sup> )													
<b>Cobre</b>													
1.5	11	11.5	13	13.5	15	16	16.5	19	20	21	24	-	
2.5	15	16	17.5	18.5	21	22	23	26	26.5	29	33	-	
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	-	
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	-	
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	-	
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	-	
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140	
35	-	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174	
50	-	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210	
70	-	-	-	149	160	171	185	199	214	224	244	269	
95	-	-	-	180	194	207	224	241	259	271	296	327	
120	-	-	-	208	225	240	260	280	301	314	348	380	
150	-	-	-	236	260	278	299	322	343	363	404	438	
185	-	-	-	268	297	317	341	368	391	415	464	500	
240	-	-	-	315	350	374	401	435	468	490	552	590	
<b>Aluminio</b>													
2.5	11.5	12	13.5	14	16	17	18	20	20	22	25		
4	15	16	18.5	19	22	24	24	26.5	27.5	29	35		
6	20	21	24	25	28	30	31	33	36	38	45	-	
10	27	28	32	34	38	42	42	46	50	53	61	-	
16	36	38	42	46	51	56	57	63	66	70	83	-	
25	46	50	54	61	64	71	72	78	84	88	94	105	
35	-	61	67	75	78	88	89	97	104	109	117	130	
50	-	73	80	90	96	106	108	118	127	133	145	160	
70	-	-	-	116	122	136	139	151	162	170	187	206	
95	-	-	-	140	148	167	169	183	197	207	230	251	
120	-	-	-	162	171	193	196.5	213	228	239	269	293	
150	-	-	-	187	197	223	227	246	264	277	312	338	
185	-	-	-	212	225	236	259	281	301	316	359	388	
240	-	-	-	248	265	300	306	332	355	372	429	461	
<b>Cu:</b> $\rho_{20^\circ} = 1/56$	<b>Al:</b> $\rho_{20^\circ} = 1/35$			$\rho_{70^\circ} = 1,2 \cdot \rho_{20^\circ}$					$\rho_{90^\circ} = 1,28 \cdot \rho_{20^\circ}$				
<b>B:</b> 5 I <sub>n</sub>	<b>C:</b> 10 I <sub>n</sub>	<b>D:</b> 20 I <sub>n</sub>	<b>K = I · √S</b>	<b>Cu:</b> 115 / 103			<b>Al:</b> 76 / 68			<b>Cu:</b> 143		<b>Al:</b> 94	

Fuente: IDAE (2011)

Apéndice 10: Máximo de cables por tubería

### Tipo TTU

Calibre AWG/MCM	2"	3"	4"	5"	6"
14	63		-	-	-
12	50	111	-	-	-
10	39	87	-	-	-
8	24	52	91	-	-
6	15	33	56	89	129
4	11	25	43	68	99
2	8	19	32	51	74
1	6	13	22	36	52
1 / 0	5	11	19	30	44
2 / 0	4	9	16	26	38
3 / 0	3	8	14	22	32
4 / 0	3	7	12	19	27
250	1	5	9	14	20
300	1	4	8	12	18
350	1	4	7	11	16
400	1	3	6	10	14
500	1	3	5	8	12
600	1	2	4	7	10
700	1	1	4	6	9
750	1	1	3	6	8
800	1	1	3	5	8
900	1	1	3	5	7
1000	1	1	3	4	7

### Máximo número de cables en las Tuberías Conduit

Tipo de cable	Calibre AWG/MCM	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"
<b>TF</b>	18	11	20	32	79	129	-
	16	10	18	30	72	118	-
<b>TW</b>	14	6	11	19	45	74	-
	12	5	9	15	35	58	128
	10	4	7	11	27	44	99
	8	2	4	6	15	24	54
	6	1	2	4	10	16	36
	4	1	1	3	7	12	27
	2	1	1	2	5	9	20
	1	-	1	1	4	6	14
	1 / 0	-	1	1	3	5	12
	2 / 0	-	1	1	3	5	10
	3 / 0	-	1	1	2	4	9
	4 / 0	-	-	1	1	3	7
	250	-	-	1	1	2	6
	300	-	-	1	1	2	5
	350	-	-	-	1	1	4
	400	-	-	-	1	1	4

Fuente: Norma COVENIN 3826 (2019)

Apéndice 11: Cámara solar Sanan



Fuente: Amazon (7 de abril de 2019).

Apéndice 12: Kit 1 kW

Brand Name	Refer Pictures	Model No.	Description	Product Size (mm)	Quantity (PCS)	Unit Price	Amount
						EXW Foshan(USD)	
1		PPS335P-72	Poly Solar Panel Power: 335Wp	1956*990*40	3 PCS	\$71.50	<b>\$214.50</b>
2		PSW1K-Pro	Off grid solar inverter Built in MPPT charge controller 30A Capacity: 1000W Output Voltage: 220Vac @50Hz D.C. Voltage: 24Vdc Wave Form: Pure Sine Wave	450*280*135	1 PCS	\$162.00	<b>\$162.00</b>
3		GP150-12	Lead Acid Battery Capacity: 150AH D.C Voltage: 12Vdc Type: Sealed Maintenance Free	484*170*240	2 PCS	\$145.00	<b>\$290.00</b>
4		Connector	1-1 MC4 connector		1 PAIR	\$1.00	<b>\$1.00</b>
5		PV Cable-1	Panel to Inverter 6mm <sup>2</sup>		100 M	\$1.50	<b>\$150.00</b>
6		RV Cable	Inverter to Battery, among batteries 25mm <sup>2</sup>		100 M	\$2.80	<b>\$280.00</b>
7		Brackets	Metal Roof Mounting type 1-foot Rail mount		1 SET	\$100.00	<b>\$100.00</b>

Fuente: GreenSun Solar Ltd.

Apéndice 13: Presupuesto GreenSun Solar Ltd.

QUOTATION of 16KW Hybrid Grid Solar System (GS16000-HY)						
Item	Model	Picture	Description	Qty(PCS)	Unit Price	Amount
1	GSM400-72/PR 400W Mono solar panel		Voltage:40.53V Size: 1980*1000*35mm	42	US\$74.00	US\$3,108.00
2	8KW Hybrid Inverter		AC 220V/ 240V 50HZ/ 60HZ	2	US\$1,794.00	US\$3,588.00
3	Gel Battery		12V 250AH	12	US\$156.00	US\$1,872.00
4	PV Cable		PV 4mm2	200m	US\$0.75	US\$150.00
5	MC4 Connector		Rated current: 30A Rated voltage: 1000VDC	12	US\$0.75	US\$9.00
6	Mounting Brackets		Customized	1set	US\$957.60	US\$957.60
<b>TOTAL AMOUNT 15KW EXW</b>						<b>US\$9,684.60</b>

Fuente: GreenSun Solar Ltd.

