

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
(UCI)

PLANIFICACIÓN Y COSTEO DE UN MODELO DE VIVIENDA AUTOSUSTENTABLE  
ENERGÉTICAMENTE COMO EMPRENDIMIENTO EN EL ÁREA DE CONSTRUCCIÓN

JOSE RODOLFO ROJAS OCAMPO

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE  
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS

San José, Costa Rica

Diciembre 2022

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL  
(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como  
requisito parcial para optar al grado de Maestría en Administración de Proyectos

---

CARLOS BRENES VEGA

---

RÓGER VALVERDE JIMÉNEZ

---

EDUARDO LIMA CALVO

---

JOSE RODOLFO ROJAS OCAMPO

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación está dedicado:

A mis padres Elena Ocampo y Rodolfo Rojas quienes en la época de pandemia me vuelven a acoger, en etapas anteriores me han ofrecido su paciencia, amor y esfuerzo para lograr mis diferentes metas. Gracias por enseñarme valores que pueden ponerse en práctica en la profesión y en primordial la perseverancia para lograr objetivos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis agradecimientos a todo el equipo de la Universidad para la Cooperación Internacional. Los conocimientos brindados fueron precisos, de parte de los profesores y a estos les debo los nuevos conocimientos. Pero además los equipos de soporte, tanto de guía, financieros y técnicos, que sin estos la operación no fluiría de la forma tan amena que lo realiza. La semilla que se implanta del nuevo conocimiento me ayudará a afrontar los retos venideros.

Muchas gracias por la colaboración brindada, por compartir los diferentes conocimientos y la dedicación con tolerancia para enseñar todos los factores necesarios para culminar esta etapa.

**ABSTRACT**

El presente trabajo busca fortalecer un área de servicio de la empresa ROCA de mano con las nuevas tecnologías. Se mezclan los servicios que actualmente se dan con una red independiente que genere electricidad para autoconsumo. Esto para buscar un incentivo de las nuevas tecnologías y la utilización de energías alternativas en un panorama de crecimiento y camino mundial hacia estas. Además, pensando que en un futuro se adecúe a un modelo de este tipo cada vivienda en el país. Se realiza un recorrido sobre la teoría de administración de proyectos, ya que esta investigación se lleva a cabo como tal. Además de la situación actual del país y algunas de las normativas dónde está sujeta. Se presentó un informe de las diferentes estipulaciones en el código eléctrico que están ligados a este tema, además de un análisis de potencia eléctrica de las viviendas de Costa Rica. Con estos datos y un presupuesto generado se realizó un diseño para un hogar promedio en el país incluyendo esta tecnología. Costa Rica tiene un gran potencial de uso para este tipo de energía, además de que los gobiernos dan pasos para incentivar este.

Paneles solares, redes independientes, Administración de proyectos, energía solar, construcción, planificación, NEC

**ABSTRACT**

The present work seeks to strengthen a service area of the company ROCA hand in hand with new technologies. The services that are currently provided will be mixed with an independent network that generates electricity for self-consumption. This to seek an incentive for new technologies and the use of alternative energies in a growth scenario and the world walked towards them. Also thinking that a future fits a model of this type in every home in the country. A tour of the project management theory is made, since this research is carried out as such. In addition to the current situation in the country and some of the regulations where it is subject. A report was presented on the different stipulations in the electrical code that are linked to this issue, as well as a power analysis of homes in Costa Rica. With these and a generated budget, a design was made for an average home in the country including this technology. Costa Rica has great potential for the use of this type of energy, in addition to the fact that governments take steps to encourage it.

Solar Panels, Independent Grids, Project Management, Solar Power, Construction, Planning, NEC

**CONTENIDO**

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	xi
<b>LISTA DE TABLAS</b>	xi
<b>ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES</b>	xiii
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	xv
<b>1 Introducción</b>	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Problemática	18
1.3 Justificación del proyecto	19
1.4 Objetivo general	20
1.5 Objetivos específicos	20
<b>2 Marco Teórico</b>	21
2.1 Marco institucional	21
2.1.1 Antecedentes de la institución	21
2.1.2 Misión y visión	22
2.1.3 Estructura organizativa	22
2.1.4 Productos y servicios que ofrece	22
2.2 Teoría de Administración de Proyectos	24
2.2.1 Principios de la dirección de proyectos	24
2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto	27
2.2.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos	29
2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos	31
2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos	31
2.2.6 Ciclos de Vida de los proyectos	35
2.2.7 Estrategía empresarial, portafolios, programas y proyectos	39
2.3 Otras teorías y experiencias propias del tema de interés	41
2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio	41
2.3.1.1 Plan de descarbonización Nacional	41
2.3.1.2 Plan piloto de Generación Distribuida	43
2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema de estudio	44
2.3.2.1 Metodologías que se han usado	44
2.3.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas	45
2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio	45
2.3.3.1 La energía solar	45
2.3.3.2 El sistema Fotovoltaico	46

	8
2.3.3.3 Normativa POASEN	49
<b>3 Marco metodológico</b>	52
3.1 Fuentes de información	52
3.1.1 Fuentes primarias	52
3.1.2 Fuentes secundarias	52
3.2 Métodos de Investigación	54
3.2.1 Método analítico-sintético	54
3.2.2 Método inductivo	55
3.2.3 Método deductivo	55
3.3 Herramientas	56
3.4 Supuestos y restricciones	58
3.5 Entregables	60
<b>4 Desarrollo</b>	62
4.1 Generación distribuida en Costa Rica	62
4.1.1 NEC 2014: Artículo 690. Sistemas solares fotovoltaicos	62
4.1.2 Futuros cambios a la normativa	72
4.2 Estudio de prefactibilidad para generación independiente.	75
4.2.1 Consumo promedio de una vivienda en Costa Rica	75
4.2.2 Valor de la energía eléctrica en Costa Rica	77
4.2.3 Dimensionamiento del equipo	83
4.2.4 Análisis Financiero	90
4.2.5 Evaluación del Impacto Ambiental	94
4.3 Análisis de áreas de conocimiento	95
4.3.1 Gestión de integración	96
4.3.2 Gestión del alcance	99
4.3.3 Gestión del cronograma	104
4.3.4 Gestión de los costos	107
4.3.5 Gestión de la calidad	109
4.3.6 Gestión de los recursos	117
4.3.7 Gestión de las comunicaciones	123
4.3.8 Gestión de riesgos	126
4.3.9 Gestión de las adquisiciones	131
4.3.10 Gestión de los interesados	135
4.4 Programa de capacitación	137
4.4.1 Antecedentes	138
4.4.2 Objetivo del programa	138
4.4.3 Estructuración de contenidos	138



	9
4.4.4 Diseño de actividades	139
4.4.5 Selección de recursos	141
<b>5 Conclusiones</b>	142
<b>6 Recomendaciones</b>	143
<b>7 Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible</b>	145
<b>8 Bibliografía</b>	147

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura Organizativa.Creación Propia	22
Figura 2. Dominios de desempeño. Basado en PMBOK 7ma	27
Figura 3. Representación Genérica del Ciclo de Vida de un Proyecto. Adaptado de PMBOK	39
Figura 4. Modelo Lineal.Adaptado de Bravo A. (2019).	37
Figura 5. Modelo Incremental. Adaptado de Bravo A. (2019).	38
Figura 6. Modelo Interativo. Adaptado de Bravo A. (2019).	38
Figura 7. Modelo Adaptativo. Adaptado de Bravo A. (2019).	39
Figura 8. Modelo Extremo. Adaptado de Bravo A. (2019).	39
Figura 9. Jerarquía en conceptos. Adaptado de Lledó (2013).	40
Figura 10. Mapa radiación horizontal global. Extraído de Global Solar Atlas	46
Figura 11. Modelo de red desconectado de la distribución. Creación propia.	47
Figura 12. Identificación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico	63
Figura 13. Mapa de Subregiones Climáticas de Costa Rica. creación propia.	85
Figura 14. EDT del proyecto. creación propia.	85
Figura 15. Estructura de desglose de riesgos para el proyecto. Creación propia.	126

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Áreas de conocimiento y sus procesos. Adaptado de PMBOK (2021)	33
Tabla 2. Fuentes primarias y secundarias utilizadas en el proyecto. Creación propia.	145
Tabla 3. Métodos de investigación utilizados en el proyecto. Creación propia.	145
Tabla 4. Herramientas utilizadas en el proyecto. Creación propia.	57
Tabla 5. Supuestos y restricciones del proyecto. Creación propia.	145
Tabla 6. Entregables del proyecto. Creación propia.	145
Tabla 7. Factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalinos y multicristalinos	65
Tabla 8. Cálculo de cargas de un hogar. Creación propia.	76
Tabla 9. Tarifas de distribución de energía eléctrica. Extraído de ARESEP	78
Tabla 10. Tarifas de alumbrado público. Extraído de ARESEP	80
Tabla 11. Cálculo de tarifas según cada distribuidor. Creación propia.	82
Tabla 12. Información de los paneles fotovoltaicos comercializados en Costa Rica. Creación propia.	83
Tabla 13. Características de los paneles fotovoltaicos comercializados en Costa Rica. Creación propia.	84
Tabla 14. Resumen clima promedio en el Valle Central. Adaptado de (Diebel, 2022).	86
Tabla 15. Resumen clima promedio en el Pacífico Norte. Adaptado de (Diebel, 2022).	86
Tabla 16. Resumen clima promedio en el Pacífico Central. Adaptado de (Diebel, 2022).	87
Tabla 17. Resumen clima promedio en el Pacífico Sur. Adaptado de (Diebel, 2022).	87
Tabla 18. Resumen clima promedio en la Zona Norte . Adaptado de (Diebel, 2022).	87
Tabla 19. Resumen clima promedio en el Caribe. Adaptado de (Diebel, 2022).	88
Tabla 20. Tabla Resumen de las subregiones. Creación propia.	89
Tabla 21. Crecimiento del último año en las tarifas eléctricas. Creación propia.	90
Tabla 22. Proyección a diez años según distribuidor. Creación propia.	91
Tabla 23. Estimación de tiempo y precio para costos fijos. Creación propia.	92
Tabla 24. Cantidad de equipos y costos necesarios para el proyecto. Creación propia.	92
Tabla 25. Total de costos para el proyecto. Creación propia.	92
Tabla 26. Datos del financiamiento de paneles solares. Creación propia.	93
Tabla 27. Tabla de cuotas, préstamo a diez años. Creación propia.	94
Tabla 28. Factor de emisiones. Extraído de BUNCA	95
Tabla 29: Carta del proyecto. Elaboración Propia	96
Tabla 30. Acta de constitución del proyecto. Elaboración propia.	97
Tabla 31. Síntesis de la EDT propuesta para proyectos de instalación de sistemas de generación con paneles solares. Creación propia.	99
Tabla 32. Cronograma de ejemplo. Elaborado en MS Project.	105
Tabla 33. Cuadro base de un presupuesto. Elaboración propia.	107
Tabla 34. Desarrollo del plan de calidad. Creación propia.	110
Tabla 35. Control de calidad del proyecto. Creación propia.	111
Tabla 36. Matriz de actividades de calidad. Creación propia.	112
Tabla 37. Matriz de roles y funciones. Creación propia.	118

Tabla 38. Tipos de reuniones. Creación propia.	123
Tabla 39. Matriz de las comunicaciones. Creación propia.	124
Tabla 40. Canales de información. Creación propia.	125
Tabla 41. Riesgos del proyecto. Elaboración propia.	126
Tabla 42. Condiciones de impacto de los riesgos del proyecto. Creación propia	128
Tabla 43. Matriz de impacto versus probabilidad. Creación propia.	128
Tabla 44. Categorización de los riesgos según su impacto. Elaboración Propia.	129
Tabla 45. Respuesta a los diferentes riesgos. Elaboración propia.	130
Tabla 46. Materiales a adquirir con diferentes proveedores. Elaboración propia.	131
Tabla 47. Identificación de los proveedores. Elaboración propia.	132
Tabla 48. Agrupación de proveedores por materiales. Elaboración propia.	133
Tabla 49. Matriz de información de los proveedores. Elaboración Propia	133
Tabla 50. Criterios de importancia de los proveedores. Elaboración propia.	134
Tabla 51. Acta de aceptación. Elaboración propia.	135
Tabla 52. Matriz de gestión de los interesados. Creación propia.	137
Tabla 53. Resumen análisis P5. Creación propia.	145

## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

AC	Alternating Current – Corriente alterna en inglés
ARESEP	Autoridad Regulatoria de los Servicios Públicos
AWG	Calibre de Alambre Norteamericano o Estadounidense (American Wire Gauge)
CA	Corriente Alterna
CAR	Coopealfaroruiz
CC	Corriente Continua
CFIA	Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos
CG	Coopeguanacaste
CL	Coopelesca
CNFL	Compañía Nacional de Fuerza y Luz
CS	Coopesantos
DC	Direct Current – Corriente directa en inglés
EDT	Estructura de Descomposición del Trabajo (WBS)
ESPH	Empresa de Servicios Públicos de Heredia
GAM	Gran Área Metropolitana
GEI	Gases de Efecto Invernadero
ICE	Instituto Costarricense de Electricidad
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers – Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Asociación Mundial (Norteamérica, EEUU)
INVU	Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo
INS	Instituto Nacional de Seguros
IVA	Impuesto al Valor Agregado
JASEC	Junta Administrativa de Servicio Eléctrico de Cartago
MC	Metal Covered – Cubierta metálica en inglés

MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
MS	Microsoft Software – Programas de cómputo en ambiente de programación de la empresa
Microsoft	
NASA	National Aeronautics and Space Administration – Administración Nacional de Aeronáutica y Espacio estadounidense, en inglés
NEC	National Electrical Code – Código Eléctrico Nacional estadounidense en inglés
NFPA	National Fire Protection Association – Asociación Nacional de Protección contra Fuego estadounidense en inglés
PMI	Project Management Institute – Instituto de Administración de Proyectos en inglés
POASEN	Planeamiento, Operación y Acceso al Sistema Eléctrico Nacional
PV	Photovoltaic – Fotovoltaico en inglés
PYME	Pequeña y Mediana Empresa
RACI	Responsible, Accountable, Consulted, Informed – Responsable, Rendición de cuentas, Consultado e Informado en inglés
RBS	Risk Breakdown Structure – Estructura de Descomposición del Riesgo en inglés
TC-ER	Tray Cable Exposed Run – Ruta de cable expuesto en bandeja en inglés
TIR	Tasa Interna de Retorno
T-RE	Tarifa Residencial
UL	Underwriters Laboratories – Laboratorios de aseguradores en inglés
USE	Underground Service Entrance – Entrada de servicio subterránea
VAN	Valor Actual Neto
WBS	Work Breakdown Structure – Estructura de Descomposición del Trabajo

## **RESUMEN EJECUTIVO**

Este proyecto de investigación describe los pasos para comprender el marco general de la generación eléctrica de manera distribuida en Costa Rica, revisión de teoría en la administración de proyectos y estándares utilizados en el país para paneles fotovoltaicos y la utilización de estos. Se dan tres fases para generar un diseño final de un hogar que sea independiente a la red eléctrica de distribución.

Para una mejor comprensión se realizó una revisión de las normas que acontecen en el código eléctrico nacional con respecto a este tema. A partir de la investigación de las normativas, opiniones y experiencias se propone un diseño a través de una vivienda promedio bajo los estándares de Costa Rica, con el cual se realiza un estudio de prefactibilidad del proyecto.

Se da una primera mirada a la empresa donde se pretende realizar el proyecto como un emprendimiento familiar. Luego del compendio de tecnologías y los artículos necesarios, se pretende realizar el cálculo de un promedio de potencia eléctrica utilizado por los hogares costarricenses como recopilación de datos para poseer un panorama más amplio de la situación.

Con esto y de mano de los diferentes distribuidores en el país, se busca generar un presupuesto de los componentes utilizados para un proyecto de esta magnitud y concluir si este es rentable.

En el marco teórico se parte por el marco institucional donde se da a conocer la empresa donde se realiza el proyecto, está como emprendimiento familiar y sus bases. Partiendo de los antecedentes, los cuales recalcan la misión y la visión de la empresa, por qué fue creada y su pequeña historia. Cómo se distribuye la organización y los diferentes productos y servicios que esta ofrece como constructora.

En la segunda etapa del marco teórico se basa en la administración de proyectos, donde se enmarcan los diferentes componentes de la teoría de administración de proyectos según el Project Management Institute. Partiendo con los principios de la administración de proyectos, donde se relatan cada uno de los principios. Luego pasando al dominio de desempeño donde se rescatan los ocho diferentes dominios. Además de estos los tipos de enfoque que presentan los proyectos, en este caso este proyecto por sus características se vería encasillado en el enfoque predictivo, de igual forma se describen todas las variantes de los proyectos. La

etapa de las áreas de conocimiento es una de las cuales se debe poseer mayor énfasis en el marco teórico ya que es la base para resolver el tercer objetivo del presente trabajo. Por último, se relatan los ciclos de vida de los proyectos, donde el modelo lineal es el que prevalece para el proyecto.

Para la etapa final del marco teórico se describen las teorías necesarias, técnicamente para desarrollar el trabajo. Partiendo por la energía solar en Costa Rica y el fuerte potencial que posee en la región. En lo siguiente se describen los dispositivos necesarios para realizar un sistema de generación de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Por último, se describe la norma que rige en Costa Rica para el uso de estos equipos, la POASEN.

En el desarrollo de la metodología se utilizaron fuentes primarias y secundarias de información. Tomando en cuenta información recibida por parte de distribuidores, y entrevistas realizadas a expertos, luego de esto se realizaron consultas a las fuentes secundarias. El método analítico-sintético consiste en la recopilación de la información necesaria para el proyecto, con los resultados obtenidos se pasa a las fases de creación de datos, donde a base de estos se crea la información de la energía para satisfacer las necesidades de una vivienda promedio en Costa Rica.

Las principales conclusiones del proyecto son aquellas relacionadas primeramente con el estudio de prefactibilidad, donde se logra demostrar que para Costa Rica no es factible económicamente para una vivienda generar energía con esta tecnología, ya que la entregada por los distribuidores es mucho más barata. Además de que la gestión de proyectos es muy maleable y adaptable, ya que se logra ajustar para este tipo específicos de proyectos, utilizando la generación de energía con paneles solares.



## Introducción

La energía solar como una forma alternativa para generar energía eléctrica es una fuente que, si bien se ha trabajado desde hace muchos años, en la última década ha comenzado a cobrar una mayor relevancia, impulsado principalmente por la concientización sobre el cambio climático, la contaminación ambiental y el uso eficiente de los recursos naturales.

Costa Rica no fue la excepción al movimiento global y desde hace unos años se comenzó a dar una mayor visibilidad al uso de la energía solar, pues comenzó a circular publicidad informativa respecto a la posibilidad de instalar su propio sistema de generación de energía eléctrica utilizando fuentes alternativas de energía como lo son los paneles fotovoltaicos y también se ha vuelto más común observar paneles fotovoltaicos instalados en los techos de casas y empresas.

Costa Rica siendo un país que históricamente ha apostado por energías limpias y teniendo una posición geográfica que le permite utilizar diversas fuentes energéticas para alimentar su red eléctrica, puede sacar un gran provecho de la energía fotovoltaica.

### **1.1 Antecedentes**

A partir del año 2010 Costa Rica, inicia un llamado Plan Piloto de Generación Distribuida para autoconsumo, el cual puso en marcha el ICE desde octubre del 2010, con una capacidad inicial neta de 5 megavatios (MW) de potencia, pero debido a la gran aceptación en el 2012, se amplió el plazo hasta febrero del 2015 y se ensanchó a un rango máximo de 10 MW, registrando cerca de 366 clientes residenciales, comerciales e industriales los cuales alcanzaron la capacidad proyectada de generación.

Durante su implementación el ICE cumple con el cometido de dicho plan, el cual era: estimular, educar y crear las condiciones para la generación distribuida. En esta primera parte los clientes que participaban en el plan piloto suscribieron un contrato de conexión con el ICE en el que la empresa se comprometía a

mantener las condiciones dadas por un lapso de 15 años, alcanzando su meta en febrero del año 2015 con la instalación de la potencia neta establecida de 10 MW.

En su momento gracias al interés de los clientes el plan resultó muy exitoso, donde las empresas que ofrecían equipos de generación alcanzaron una gran capacidad técnica de instalación y donde la banca nacional ofreció líneas especiales de crédito verde.

Desde el 6 de febrero del 2015 el ICE impide la instalación de más paneles. Aunque dicho plan fue ampliado en tiempo y potencia para el 2012, el gerente de Electricidad del Instituto (ICE) insinuó que este plan, para el 2015, no será extendido una vez más y que desde ese momento la generación distribuida quedará en manos del reglamento. Es por todo esto que ahora, aunque si es posible la instalación de paneles solares para autoconsumo, será posible solo fuera de la red y no cumplirá con una de las metas primordiales que es la venta de excedentes energéticos.

## **1.2 Problemática**

El planeta actualmente reacciona con mayor frecuencia a los daños producidos por el ser humano a través de los años. Tanto en tareas de urbanización e industriales. Existe un aumento de los fenómenos naturales, especialmente los cambios climáticos. Esto insta a las personas a hacer conciencia, pero también pone en práctica la situación.

Costa Rica también posee un gran potencial para la generación distribuida y específicamente para el aprovechamiento de la energía solar por medio de paneles solares. Muchas de las zonas del país son aprovechables para esta tecnología y existen normativas que se promueven para el plan de descarbonización de Costa Rica.

Actualmente la empresa ROCA no cuenta con planificación para proyectos que requieran una red desconectada a la red de distribución. Se cuenta con proyectos similares desarrollados y gestionados por esta, pero tampoco con una administración de proyectos definida. Por no ofrecer este servicio, existe un nicho de mercado que no se está aprovechando. Por último, poseer una planificación para proyectos

similares, dirigidos por una guía, otorga una seguridad para la empresa y simplificación de los procesos, que no cuenta con experiencia previa en el manejo de este tipo de tecnología.

### **1.3 Justificación del proyecto**

A partir de los años noventa, Costa Rica comenzó a diversificar su matriz eléctrica para lograr cubrir la creciente demanda energética, esta diversificación se dio incluyendo plantas térmicas, geotérmicas y eólicas dentro de su matriz energética. Sin embargo, luego de que se llevó a cabo la diversificación de la matriz eléctrica, Costa Rica ha sufrido los impactos del cambio climático<sup>1</sup>, lo que ha impulsado al gobierno a buscar una matriz eléctrica más limpia y sostenible, disminuyendo cada vez más la utilización de hidrocarburos para la generación de electricidad.

Según el “Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2016 - 2035” elaborado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Costa Rica tiene un potencial explotable de 577 MW de energía solar. Para el año 2015, la producción de electricidad con energía solar representaba apenas el 0.02 % del total de la energía generada, y a su vez, este porcentaje representaba apenas el 0.0014 % del potencial de energía solar que tiene el país. Estos números sumados a los planes de desarrollo del país y las estrategias implementadas indican que el uso de la energía solar para generar electricidad va a ir en aumento en los próximos años.

Costa Rica se encuentra ubicado en el trópico cerca del ecuador, esto lleva a que posea un gran potencial para el uso de energía solar en gran parte de su territorio. El aumento de la demanda energética además de las políticas que los países empiezan a impartir ha impulsado que la comunidad internacional investigue y desarrolle, alternativas a fuentes de energía.

Además de los puntos anteriores sobre la necesidad mundial y del país de utilizar energías renovables. Las empresas de construcción deben empezar a agregar este tipo de diseño para sus construcciones, ya sea en

---

<sup>1</sup> El cambio climático es un fenómeno natural que se da en el planeta y que permite mantener la temperatura en un rango adecuado para la vida. Sin embargo, el aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) ha causado cambios en los componentes interactivos que definen el clima global, como consecuencia del aumento en las temperaturas anuales. Los principales componentes o fuerzas determinantes del clima son la atmósfera, la hidrosfera, la biosfera y la geosfera, junto con el efecto del Sol sobre la Tierra (Karl y Trenberth 2005).

redes independientes o conectadas bidireccionales. Por esto se pretende generar la planificación del sistema desde la base de administración de proyectos enfocado a viviendas para la población costarricense. Este como agregado a la empresa familiar ROCA que no cuenta con la planificación y manejo de este tipo de proyectos, que puede servir de base para proyectos similares o extrapolar para proyectos de mayor envergadura.

#### **1.4 Objetivo general**

Desarrollar una guía para el diseño e instalación de paneles solares en proyectos de vivienda para la empresa ROCA buscando un modelo de vivienda autosustentable energéticamente.

#### **1.5 Objetivos específicos**

1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica, para una vivienda de potencia eléctrica promedio de 8.5 kW en Costa Rica.
3. Aplicar la planificación utilizando metodología de gestión de proyectos en cascada con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica para una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.
4. Elaborar un plan de capacitación para la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.

## **2 Marco Teórico**

### **2.1 Marco institucional**

El presente proyecto de planificación se pretende implementar para la empresa ROCA Ingeniería Civil, la cual es una empresa familiar de construcción. Actualmente lleva proyectos de construcción residencial y comercial de bajo tamaño, menores a 80 m<sup>2</sup>, con acciones principalmente en el cantón de Pococí. Los siguientes apartados desenvuelven la institución como tal para dar una primera mirada.

#### **2.1.1 Antecedentes de la institución**

La empresa ROCA Ingeniería Civil es una sociedad familiar con ingenieros de las principales áreas para la construcción, arquitectura, ingeniería civil e ingeniería eléctrica. Los profesionales que lo conforman son todos hermanos de la familia Rojas Ocampo, de ahí el nombre ROCA el cual es la unión de ambos apellidos. Es una empresa joven con profesionales jóvenes. Comienza operaciones en el 2018 con la construcción de proyectos de vivienda, actualmente opera de manera esencialmente virtual con todos sus procesos en comunicación directa con el cliente. Actualmente

cuenta con 5 proyectos de obra comercial, 16 proyectos habitacionales y 7 obras menores a 80 m<sup>2</sup> culminadas con éxito.

### 2.1.2 Misión y visión

Actualmente la empresa no cuenta con una misión y visión como tal. En estos proyectos y con experiencia previa se procede a proponer la misión y la visión para la empresa como tal,

#### Misión

Diseñar, construir y fiscalizar edificaciones para la población de Costa Rica para que esta siga progresando y pueda poseer una comodidad digna, todo esto con responsabilidad profesional, pasión y la utilización de nuevas tecnologías siempre asegurando la calidad.

#### Visión

Ser referente nacional con el uso de tecnologías limpias en viviendas y arquitectura como arte para la entrega de viviendas de mejor calidad.

### 2.1.3 Estructura organizativa

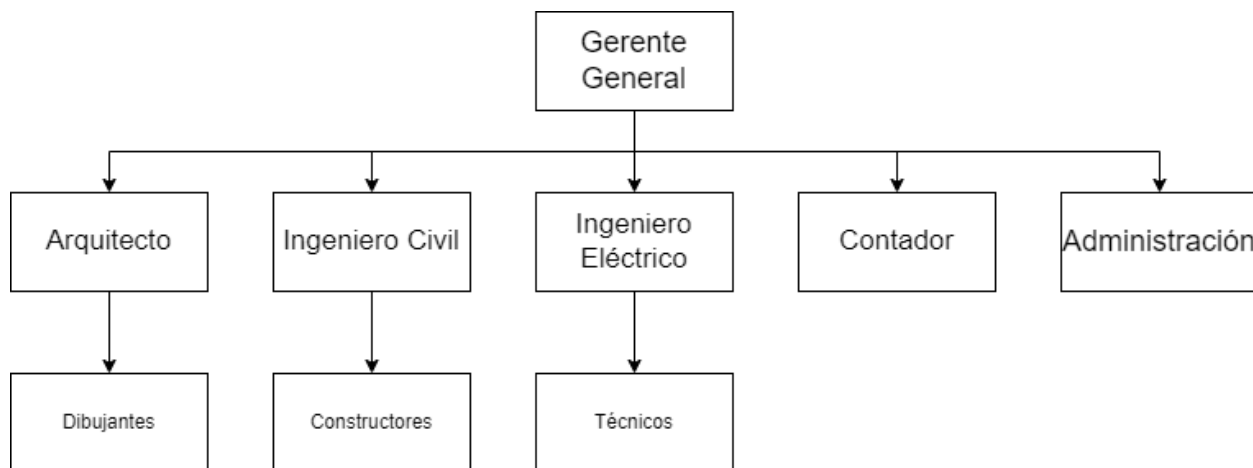


Figura 1. Estructura Organizativa. Creación Propia

### 2.1.4 Productos y servicios que ofrece

La constructora ROCA Ingeniería Civil actualmente ofrece diferentes servicios que van en aumento y a la espera de la finalización del presente proyecto. Abajo se muestran los servicios que esta ofrece a sus clientes:

- **Avalúos de propiedades:** Este es un informe que respalda el valor de una propiedad en cifras monetarias.
- **Presupuestos de construcción:** Consiste en la tabulación de todos los costos estimados implicados para la construcción de una infraestructura.
- **Diseño Estructural:** Diseño en programa de dibujo respetando las leyes físicas y de soporte de estructuras para la creación de estructuras.
- **Diseño Arquitectónico:** Diseño de los espacios habitables de las edificaciones, contemplando la habitabilidad, la estética y el uso de las tecnologías.
- **Diseño Eléctrico:** Diseño de las necesidades de una edificación para el trasiego de la energía eléctrica y la seguridad que involucra su uso.
- **Confección de planos;** Realización de planos, incluyendo el diseño con los estándares necesarios para cumplir con el CFIA.
- **Diseños en 3D:** utilización de software para dar un vistazo del proyecto en tercera dimensión y no solo en forma plana.
- **Trámites de permisos de construcción:** Realización de trámites necesarios para la construcción tanto con el CFIA como las municipalidades y ministerios involucrados, por ejemplo, el MINAE.
- **Proyectos llave en mano:** Administración de todo el proyecto completo donde el cliente sólo se preocupa por la entrega.
- **Inspección de la obra:** Inspección de los procesos, estos son necesarios para cumplir con el CFIA y la calidad requerida.

- Asesoría para obtener bonos de vivienda: Asesoría para la obtención de un bono de vivienda en las diferentes instituciones como por ejemplo en INVU.
- Evaluación estructural: Evaluación de cómo se encuentra una obra ya erguida y propuesta de solución a diferentes problemas que presente.

## 2.2 Teoría de Administración de Proyectos

Para la realización de este proyecto es necesario considerar la teoría de administración de proyectos, por ende, en primera instancia la guía del PMBOK (2021) define la administración de proyectos como “*Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único*”, por ende en este caso se puede encasillar como producto, adelante se describen aspectos importantes en la administración de proyectos.

### 2.2.1 Principios de la dirección de proyectos

Según la guía del PMBOK existen doce principios para la administración de proyectos. Estos son importantes ya que guían el comportamiento y pensamiento de un administrador de proyectos, por ende, modelan el comportamiento de este tipo de profesional. Los doce principios se describen a continuación.

- **Dirección:** Viene del término en inglés *stewardship* el cual puede interpretar como la administración del algo. Pero puede verse como la administración responsable, en la administración de proyectos hay diferentes enfoques que este documento relata y el PMBOK (2021) tiene, ya que hay diferentes formas de ver la administración de proyectos según el tipo de proyectos, hay diferentes metodologías para dar solución al proyecto. En este caso el proyecto del cual se basa este documento siempre será algo administrable, y siempre se debe llevar de la forma más profesional y responsable posible sin importar la dimensión.
- **Equipo:** Este está enfocado a modelar el equipo con culturas responsables y de respeto entre todos los miembros y participantes del proyecto. Esto involucra tanto la no discriminación sin importar, religión, etnia o género. Además de alentar al equipo a cumplir con las metas propuestas. En el proyecto actual el equipo es de una sola persona, así que la realización de este principio en este



ámbito queda satisfecha, pero la planificación también implica indicar cómo se ejercita en la empresa, por ende, quienes son los equipos que pueden trabajar en la ejecución.

- **Interesados:** Este principio está ligado a comprometer y hacer parte a los patrocinadores del proyecto. Que la necesidad de estos se cumpla y que con claridad estos puedan entender el alcance y los intereses que estos deben tener el proyecto en cuestión. Por la naturaleza del presente proyecto los patrocinadores son la empresa en cuestión ROCA, y el investigador como tal.
- **Valor:** Esta se puede ver como la importancia de algo, se debe siempre buscar entregar valor en los proyectos, y la búsqueda de mejorar este valor. Este principio lleva a cabo la toma de decisiones y el generar valor para la comunidad de investigación.
- **Pensamiento holístico:** Este principio está ligado a la percepción y el análisis del mundo en generar y englobar como un todo. De este modo se logran realizar conexión a, tener visiones en conjunto y obtener planes de trabajo, que involucren todos los puntos posibles. Este principio se aplica adaptándose a la realidad actual, de la necesidad futura por alternativas de fuentes de energía diversas.
- **Liderazgo:** Este está enfocado con habilidades que debe poseer la administración de proyectos para poder dirigir y motivar personas, en este caso los participantes del proyecto. Incluye la capacidad de influenciar positivamente para que los objetivos del proyecto se den, además de innovar en las soluciones a los problemas. Por la naturaleza del presente proyecto y un equipo de una sola persona, es tomar el proyecto con seriedad y responsabilidad.
- **Adaptación:** Se liga con asegurar un método o entorno que se ajuste a las necesidades, no utilizar siempre una receta sino utilizar las herramientas a favor y plantear soluciones a nuevos problemas de manera innovadora.
- **Calidad:** Todos los procesos y productos deben estar sujetos a la calidad como herramienta que mejora los resultados y debe estar siempre integrada en la gestión del proyecto y la revisión de la

calidad. Además de la fiscalización y evitar problemas futuros involucrados con mala calidad. El presente proyecto se compromete con la calidad y la mejora continua.

- **Complejidad:** Este principio se basa en utilizar las herramientas conocimientos y experiencias anteriores para la resolución de cualquier situación compleja. Ya que en la dirección de proyectos hay diferentes alcances y diferentes ámbitos y ambientes que pueden implicar restos complejos, pero con las buenas prácticas se busca siempre reducir esta complejidad. Por el tipo de trabajo se trata de simplificar al máximo, evitando la complejidad y buscando entregables entendibles.
- **Oportunidades y Amenazas:** Este principio está enfocado a situaciones que afectan o favorecen la gestión del proyecto, y cómo las diferentes decisiones desembocan en resultados que pueden tener un aspecto negativo o positivos y como a estas situaciones se puede sacar el mayor provecho. En el presente proyecto se debe realizar un análisis para determinar las futuras oportunidades para que estas tecnologías prosperen.
- **Adaptabilidad y Resiliencia:** Tiene que ver con la flexibilidad que se debe emplear en la administración de proyectos. Esta flexibilidad está implicada en dos dimensiones la cual es la adaptación, o sea como el cambio exterior implica el un cambio en la gestión y decisiones, y la otra dimensión es la resiliencia que está enfocada a perturbaciones y la capacidad de recuperarse a estos daños. Se busca adaptarse a las nuevas tendencias, y anticiparse al cambio con respecto a las energías.
- **Gestión de cambio:** Este principio está enfocado a como se anticipa, y como el cambio debe integrarse y no tener un miedo a este. Siempre procura incluir los últimos avances y perspectivas

sobre el medio, desde la tecnología al aspecto social. El cambio durante el proyecto es recibido y es un proceso vivo durante su realización.

### 2.2.2 Dominios de desempeño del proyecto

En la figura 2 se muestra un esquema de los dominios del proyecto, donde engloba sus actividades. Según el PMBOK(2021) estos son una serie de acciones relacionadas para poseer una entrega del proyecto, donde estas están interrelacionadas entre sí.



Figura 2. Dominios de desempeño. Basado en PMBOK 7ma

Abajo se describen más a detalle cada una de estas:

- **Interesados:** Este dominio implica las actividades que se realizan con los interesados, como por ejemplo la relación, la comunicación de avances, cumplimiento de objetivos. Los interesados

también pueden ser afectados por el proyecto e interponerse, por ende, se debe realizar un manejo precavido. En este caso los interesados son la empresa ROCA principalmente, pero ésta actúa como agente pasivo, ya que no realiza ninguna inversión.

- **Equipo:** Se enfoca en el desempeño del equipo como las tareas asociadas a los diferentes responsables del proyecto están asociadas a los entregables y estos a cumplir los objetivos del proyecto. Siempre se busca el mejor rendimiento de los equipos y que todos los miembros actúen de forma fluida para completar sus actividades. Este Dominio se abarca de forma diferente ya que, al ser un equipo de una persona, se basa en la responsabilidad y seriedad.
- **Enfoque de Desarrollo y Ciclo de Vida:** Está asociado con la cadencia y las diferentes fases del proyecto, se busca que los entregables posean el tiempo necesario para su ejecución que converge en la correcta selección del ciclo de vida del proyecto y la sección de sus diferentes fases. Esta sección se detalla de mejor manera en la siguiente sección, y cómo este interactúa.
- **Planificación:** Este dominio abarca las actividades de organización y coordinación inicial, para que las tareas futuras, los objetivos y entregables tengan una ejecución esperada, se espera que la información sea lo más detallada posible, que la planificación abarque todos los temas necesarios para la ejecución del proyecto. Con un buen desempeño en la planificación los stakeholders pueden tener una primera mirada y la impresión del proyecto. Es el pilar de este proyecto, en este se basa el proyecto, en realizar una planificación o parte de esta para posibles ejecuciones futuras.
- **Trabajo del Proyecto:** Se liga a los procesos, tareas, la gestión de los recursos físicos y la mejora de los participantes por medio del continuo aprendizaje. Siempre se busca que los entornos sean los apropiados para trabajar, que los recursos sean los necesarios para completar las tareas, que las adquisiciones sean contundentes para la continuación del proyecto. El trabajo en proyecto está enfocado solamente en la planificación.
- **Entrega:** El dominio de este desempeño son el alcance y la calidad de los entregables del proyecto, Se busca que el alcance esté bien delimitado y se priorice la conclusión de los objetivos, obtener el

mayor beneficio de esta conclusión y que los interesados estén satisfechos con el entregable alcanzado. Los diferentes entregables están enfocados en la planificación y cómo estos pueden utilizarse para plantear soluciones futuras.

- **Métricas:** Este tiene que ver con la evaluación del proyecto y las posibles estrategias futuras y aprendizaje que deja la conclusión del proyecto. Se busca que se tomen datos importantes, precisos y confiables, que los participantes estén comprometidos a la participación de la toma de datos. También se busca medir el progreso del proyecto y compararlo conforme a lo planeado. Las métricas actuales están enfocadas en el cronograma, y cómo este puede afectar a los entregables del proyecto.
- **Incertidumbre:** Se asocia con el riesgo y el no saber cómo es una ejecución efectiva, Como un entorno cambiante, y un punto sin planificar cambia las reglas de la ejecución, se espera poseer herramientas necesarias para concluir las pruebas, la búsqueda del mejor método de solución a los problemas, que los entregables no poseen ningún impacto negativo en tiempo ni calidad, que los imprevistos se solucionen sin afectar el cronograma. El manejo de la incertidumbre ya que hay procesos que se desconocen, pero con la planificación adecuada se pueden llevar a cabo.

### **2.2.3 Proyectos predictivos, proyectos adaptativos y proyectos híbridos**

Un proyecto puede llevarse con un enfoque diferente dependiendo de sus características. Por ende, puede verse como la mejor metodología a seguir según las propiedades del proyecto y tener el mejor resultado de estos.

#### **Enfoque predictivo**

Es el modelo predictivo, por lo cual sus etapas están definidas. Al inicio del proyecto se trata de entender todo detalle del tipo del proyecto. Esto conlleva a que el proyecto sea dividido en secciones en las que se puede predecir su comportamiento por el historial de proyectos que se han llevado a lo largo de la historia humana. [PMI (2017)] El presente proyecto pertenece a un enfoque predictivo, partiendo por el hecho que es una planificación. La mayoría de los proyectos de construcción se empalman muy bien con el enfoque

predictivo. El presente proyecto se adapta muy bien ya que su principal enfoque es la planificación y es pilar para la realización del presente proyecto. El enfoque predictivo posee las siguientes características [Lledó (2013)]

- Su ciclo de vida es predictivo.
- Su principal exponente es el PMBOK.
- Se trata de cerrar objetivos en tiempos establecidos.
- Lleva una preparación meticulosa, antes de ser iniciado el proyecto.
- Se basa en patrones comunes, que se pueden aplicar a varios tipos de proyectos.

### **Enfoque Adaptativo**

Este se basa en pequeños equipos, que trabajan colectivamente con la misión de hacer entregas frecuentes. Además, iterar sobre la retroalimentación que da el cliente. Se sustenta bajo cuatro valores, los individuos y sus interacciones están por arriba de procesos y herramientas, el software con buen funcionamiento es más importante que la documentación, es necesaria la colaboración con el cliente, y se busca una buena respuesta al cambio. Sus características son las siguientes: [PMI (2017)]

- Sus principales exponentes son SCRUM y KANBAN.
- Surge por el desarrollo de Software.
- La claridad de los objetivos es crucial.
- El enfoque es solucionar el problema.
- Hay alto impacto de parte del cliente final.
- Se busca el incremento de la efectividad.

### **Enfoque Híbrido**

El ciclo híbrido combina los dos descritos anteriormente, se utiliza cuando existe una alta complejidad o el desarrollo es riesgoso. Esto conlleva a una incertidumbre en cuál de los dos enfoques anteriores usar, por ende, se toman características de ambos para dar un mejor resultado. El enfoque híbrido trata de ser flexible para soportar las necesidades del cliente. [PMI (2017)]

- Proporciona una fácil adaptación a las necesidades.
- Reduce la incertidumbre en la organización de recursos y la coordinación de actividades.
- Minimiza los riesgos, ya que se adapta muy bien y los riesgos de ejecución disminuyen.

#### **2.2.4 Administración, dirección o gerencia de proyectos**

El PMBOK en su sexta edición pagina 10 lo define como:

“La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo.”

Ya en secciones anteriores se definió que es un proyecto, como el esfuerzo temporal, por ende, es el conjunto de técnicas implementadas para conseguir los objetivos del proyecto en un tiempo definido.

#### **2.2.5 Áreas de conocimiento y procesos de la administración de proyectos**

Las buenas prácticas que relata el PMBOK están basadas en 10 áreas del conocimiento. Estos pueden verse como grupos de procesos que facilitan al administrador avanzar en el proyecto. El PMBOK (2021) lo define de la siguiente manera: “Un área identificada de la dirección de proyectos definida por sus requisitos de conocimientos y que se describe en términos de sus procesos, prácticas, datos iniciales, resultados,

herramientas y técnicas que los componen”. Estas áreas se describen a continuación además en la tabla 1 se acoplan al proyecto;

- Gestión de la integración: Este tiene que ver con la asignación de recursos y las necesidades de las otras áreas de conocimiento.
- Gestión del alcance: Esta área busca garantizar que se defina que incluye y que no incluye el proyecto, para que las actividades sean finalizadas satisfactoriamente.
- Gestión del tiempo: la gestión del tiempo está ligada a la finalización de las actividades en un tiempo estimado, cómo se deben desarrollar estas para cumplir con el cronograma y la duración que debería poseer.
- Gestión de los costos: La relación de esta área es con la estimación y el control efectivo de los costos y toda el área monetaria del proyecto, todo lo que sea necesario para completar las actividades y lograr los objetivos.
- Gestión de la calidad: Este engloba los procesos para determinar responsabilidades sobre el mantenimiento de la calidad y la mejora continua, para satisfacer las expectativas de los interesados y entregar siempre un mejor producto o servicio, además de evadir los posibles reprocesos.
- Gestión de los recursos humanos: Este está enfocado a la gestión del equipo del proyecto, las personas que participan activamente, los roles y responsabilidades que poseen dentro del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones: Esta área de conocimiento tiene que ver con el manejo de la información, como esta se pasa a los participantes que deben poseerla y como realizarlo de forma acertada, para que los mensajes queden claros.
- Gestión de los riesgos: Esta área tiene que ver con el análisis de los riesgos probables en el proyecto, y las acciones necesarias para mitigarlos y que estos no afecten los objetivos del proyecto.
- Gestión de las adquisiciones: Tiene que ver con las necesidades físicas del proyectos y el manejo de contratos y las adquisiciones necesarias en el proyecto para que este pueda concluir sus actividades.



- Gestión de los interesados: Esta área busca e identifica las personas, instituciones o agrupaciones que puedan verse afectadas, beneficiarias o que son parte del proyecto, ya sea de forma activa o pasiva.

**Tabla 1.** Áreas de conocimiento y sus procesos. Adaptado de PMBOK (2021)

Áreas de Conocimiento	Procesos de Inicio	Procesos de Planificación	Procesos de Ejecución	Procesos de Monitoreo y Control	Procesos de Cierre
<b>Gestión de la integración</b>	Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto  Gestionar el Conocimiento del Proyecto	Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto  Realizar el Control Integrado de Cambios	Cerrar el Proyecto o Fase
<b>Gestión del alcance</b>		Planificar la Gestión del Alcance  Recopilar Requisitos  Definir el Alcance  Crear la EDT/WBS		Validar el Alcance  Controlar el Alcance	
<b>Gestión del Cronograma</b>		Planificar la Gestión del Cronograma  Definir las Actividades  Secuenciar las Actividades  Estimar la Duración de las Actividades  Desarrollar el Cronograma		Controlar el Cronograma	
<b>Gestión de los Costos</b>		Planificar la Gestión de los Costos		Controlar los Costos	

Áreas de Conocimiento	Procesos de Inicio	Procesos de Planificación	Procesos de Ejecución	Procesos de Monitoreo y Control	Procesos de Cierre
		Estimar los Costos Determinar el Presupuesto			
<b>Gestión de la Calidad</b>		Planificar la Gestión de la Calidad	Gestionar la Calidad	Controlar la Calidad	
<b>Gestión de los Recursos</b>		Planificar la Gestión de Recursos Estimar los Recursos de las Actividades	Adquirir Recursos Desarrollar el Equipo Dirigir al Equipo	Controlar los Recursos	
<b>Gestión de las Comunicaciones</b>		Planificar la Gestión de las Comunicaciones	Gestionar las Comunicaciones	Monitorear las Comunicaciones	
<b>Gestión de los Riesgos</b>		Planificar la Gestión de los Riesgos Identificar los Riesgos Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos Planificar la Respuesta a los Riesgos	Implementar la Respuesta a los Riesgos	Monitorear los Riesgos	
<b>Gestión de las Adquisiciones</b>		Planificar la Gestión de las Adquisiciones	Efectuar las Adquisiciones	Controlar las Adquisiciones	
<b>Gestión de los Interesados</b>	Identificar a los	Planificar el Involucramiento de	Gestionar la Participación	Monitorear el Involucramient	

Áreas de Conocimiento	Procesos de Inicio	Procesos de Planificación	Procesos de Ejecución	Procesos de Monitoreo y Control	Procesos de Cierre
	interesados	los Interesados	de los Interesados	o de los Interesados	

### 2.2.6 Ciclos de Vida de los proyectos

Los proyectos como ya se mencionó en su concepto tienen un final temporal, pero su desarrollo temporal cambia según su ejecución para esto se pueden denotar diferentes esquemas. Navarro A. (2009) indica que “Todo proyecto se divide en distintas fases, habitualmente secuenciales, que permiten un control sobre la evolución del proyecto. El conjunto de estas bases se denomina “ciclo de vida” de un proyecto” en su propuesta para proyectos desarrollo empresarial busca adaptar un ciclo de vida a proyectos que busquen el crecimiento y la innovación de las empresas. Por su parte Lledó P (2013) indica que “El ciclo de vida del proyecto se refiere a las distintas fases del proyecto desde su inicio hasta su fin” en ambos casos podemos ver que hay una división de fases, este último está inspirado en PMBOK (2021), el cual indica que “El ciclo de vida de un proyecto es las series de fases que atraviesa un proyecto desde su inicio hasta su conclusión.

El ciclo de vida viene dado por las diferentes fases que atraviesa un proyecto, desde su inicio hasta su cierre.

El PMBOK describe cuatro fases, las cuales se detallan en la figura 3.

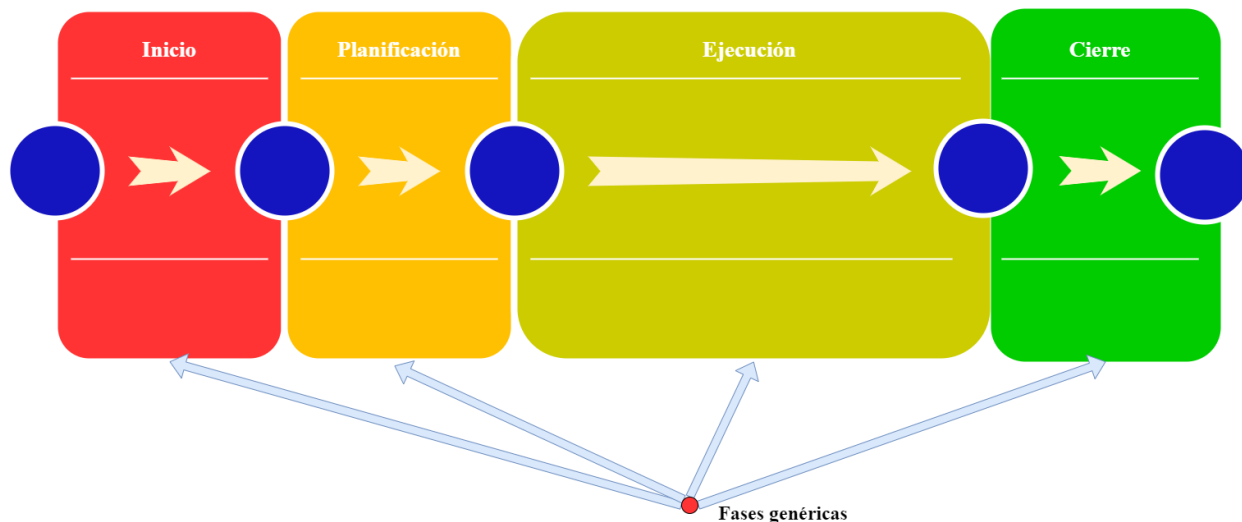


Figura 3. Representación Genérica del Ciclo de Vida de un Proyecto. Adaptado de PMBOK

- **Inicio:** La primera fase saca a relucir la necesidad del negocio, un problema o una oportunidad para la mejora. Bajo este se empieza a proponer pensamientos que concluyen en ideas para solucionar esos problemas, solventar estas necesidades o tomar las oportunidades. En esta fase se debe determinar si un proyecto es factible o no.
- **Planificación:** Con la primera fase concluida se procede a una fase de planificación. Esta pone en tela de juicio todas las necesidades pensadas. Desglosa el proyecto en secciones para su fácil

ejecución. Se definen las necesidades y se crea un plan para lograr el proyecto en el tiempo establecido, esta fase es primordial para garantizar el éxito de un proyecto.

- **Ejecución:** Con la planificación y el visto bueno de los patrocinadores, por ende, el presupuesto aprobado. Por lo cual se empieza el trabajo para concluir el proyecto, por ende, es la fase de acción. Se debe tener el proyecto en marcha, fluyendo y seguir la planificación de la mejor manera.
- **Cierre:** Cuando la ejecución termina, comienza la fase de cierre, en esta fase se dan los entregables finales, y se determina el éxito del proyecto. Hay tareas de análisis, intentar el cierre e interiorizar las fases anteriores para dar por concluido el proyecto en esta fase.

Existen diferentes modelos predefinidos de ciclos de vida. Se pueden observar cinco de estos con características que los diferencian entre sí. Los cuales se describen a continuación cada uno de estos.

### Modelo Lineal

Es un modelo sencillo, ordena las fases del proyecto de forma secuencial. La información para poder llevar a cabo la fase de ejecución se asume que es posible y fácil de encontrar, esto debido a que hay un pasado con proyecto similares, ya existe un “know how”, y se poseen bases para generarlo. En este se basa el presente proyecto, llegando hasta la etapa de planificación, se ejemplifica en la figura 4,

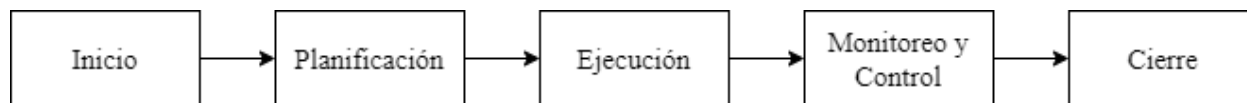


Figura 4. Modelo Lineal. Adaptado de Bravo A. (2019).

### Modelo incremental

Surge de la necesidad de que los entregables se cumplan de forma rápida, sin importar si estos están completos. Además, integra al cliente como sujeto de pruebas del entregable, donde este se integra de forma activa al proceso. Cada nueva mejora al entregable es un incremento al proceso de ahí su nombre, hasta que

el cliente se encuentre satisfecho con este. El modelo incremental en forma gráfica se observa en la figura 5.

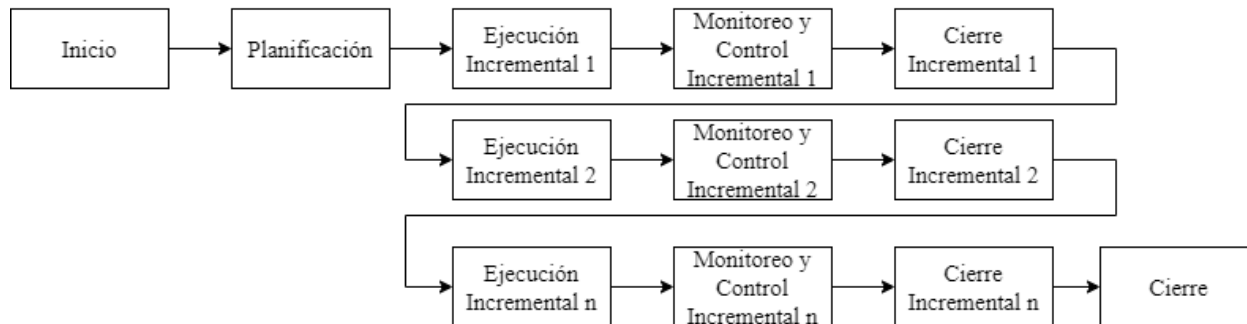


Figura 5. Modelo Incremental. Adaptado de Bravo A. (2019).

**Modelo Iterativo**

Contempla cambios y trata de bajar el retraso ocurrido por este. Se inicia con un plan inicial, pero se sigue planificando mientras se está ejecutando, llevando el producto a nuevas fases. El modelo iterativo se ejemplifica en la figura 6.

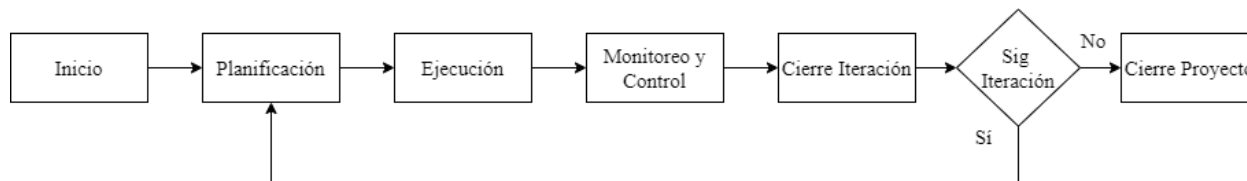


Figura 6. Modelo Iterativo. Adaptado de Bravo A. (2019).

**Modelo Adaptativo**

El modelo adaptativo vigila constantemente el entorno y se adapta a él mismo. El cambio del entorno afecta al proyecto, y por ende se prioriza el impacto y las decisiones para que este sea el mínimo. Esto encaja muy bien en las actualizaciones. En la figura 7 se muestra de forma gráfica el modelo adaptativo.

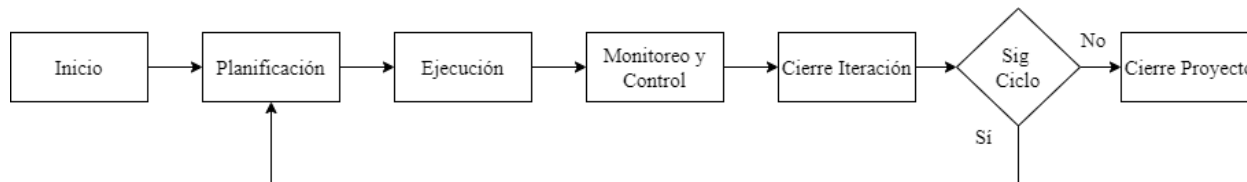


Figura 7. Modelo Adaptativo. Adaptado de Bravo A. (2019).

### Modelo Extremo

En este caso no se sabe si los entregables son alcanzables. Si hay solución a los problemas planteados, y se sigue iterando con diferentes esquemas para determinar un nuevo enfoque, por ende, cambia desde la fase de introducción. El modelo extremo se observa en la figura 8.

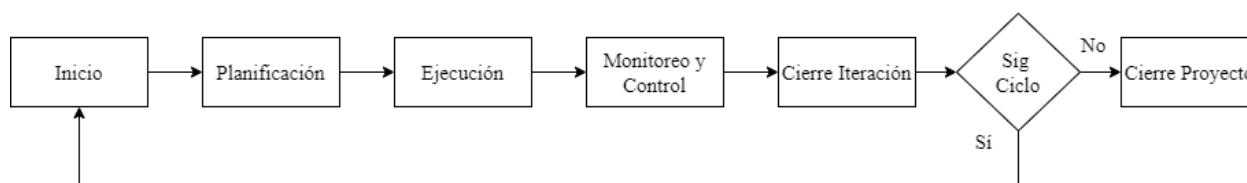


Figura 8. Modelo Extremo. Adaptado de Bravo A. (2019).

#### 2.2.7 Estrategia empresarial, portafolios, programas y proyectos

Existen conceptos fundamentales en la administración de proyectos. Estos habitan en una jerarquía que se puede observar en la figura 9. Además, estos conceptos se detallan abajo. Tomar en consideración que el subproyecto, está englobado en proyectos.

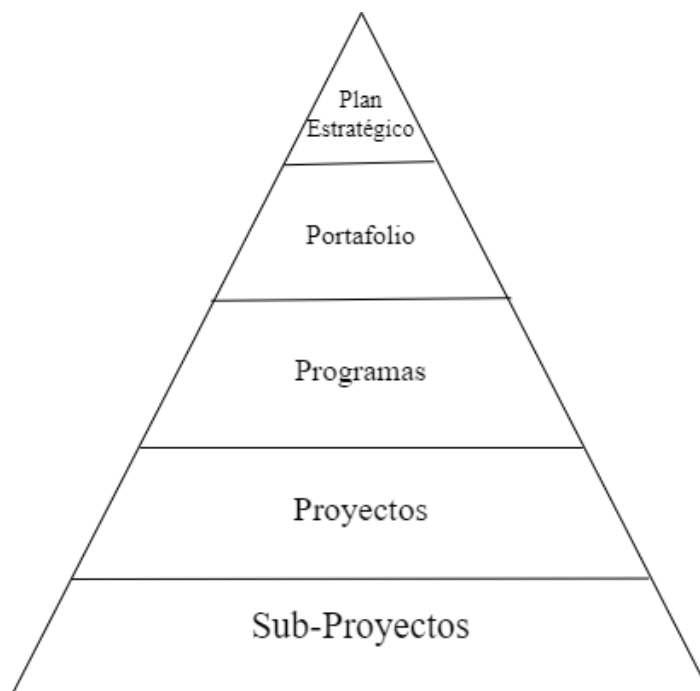


Figura 9. Jerarquía en conceptos. Adaptado de Lledó (2013).

### **Estrategia empresarial**

Miranda (2017) comparte que la estrategia empresarial es un elemento necesario en todo negocio que busque lograr un desarrollo sostenible y un crecimiento que se pueda repetir a través de los años. La estrategia empresarial puede requerir mayor o menor atención, recursos y tiempo invertido. Esto desemboca en los siguientes tres conceptos que son lo que según Lledó son los que abarca la administración de proyectos y deben estar claros antes de iniciar cualquier actividad.

### **Portafolios**

Miranda A (2017) indica que un portafolio “es un conjunto de proyectos y programas que se desarrollan para cumplir con los objetivos de una organización o empresa” hay que hacer énfasis que no solo se trata de un conjunto de programas, sino que también incluye proyectos, por ende hay proyectos que no pertenecen a un programa pero terminan perteneciendo a un portafolio, Lledó (2013) a este concepto solo añade algo, lo cual es alcanzar objetivos estratégicos o sea el fin de los programas no es solo completar pequeños logros sino más bien llevar a la empresa al siguiente paso.

### **Programas**

El programa es el conjunto de proyectos. Lledó P. (2013) da el siguiente concepto para los programas “Un programa es un conjunto de proyectos relacionados que se gestionan en conjunto”, por otro lado, Miranda A (2017) detalla que “Un programa es un conjunto de varios proyectos coordinados y relacionados hacia una meta común” Si bien ambos son muy parecidos, el segundo amplía un poco más y fija una meta en común. En conclusión, los programas están conformados por series de proyectos que comparten similitudes.

### **Proyectos**

Según Lledó P. (2013) el proyecto es “esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. De este extracto se subrayan dos términos: temporal o sea tiene un final en un orden cronológico, y único o sea el resultado es una solución final. Además, sumando el concepto que otorga Terrazas R. (2009) el cual indica que “un proyecto está asociado a una idea, a una oportunidad, a una



inversión que debe ser desarrollada en un contexto de emprendimiento y riesgo. El autor da una visión más amplia sobre qué es un proyecto además que indica características fundamentales.

- Hay un objetivo y fin determinado, el cual es único.
- El plazo es determinado, tiene un finiquito y puede medirse en una escala temporal.
- Hay presupuesto que acompaña al proyecto para que este pueda ser ejecutado, planificando las necesidades del proyecto.

## **2.3 Otras teorías y experiencias propias del tema de interés**

### **2.3.1 Situación actual del problema u oportunidad en estudio**

En esta sección se agregan puntos de interés para el proyecto en cuestión

#### **2.3.1.1 Plan de descarbonización Nacional**

En los años 70 Costa Rica inicia un plan de protección del ambiente con la creación de una red de parques nacionales, la cual fortalece en 1996 con la Ley forestal 7575, teniendo una visión futurista de las necesidades del contexto mundial del siglo XXI, promoviendo una cultura centrada hacia el exterior del compromiso que ha adquirido años atrás.

Un compromiso que fortalece en el año 2018 con la creación del PLAN DE DESCARBONIZACIÓN, con el cual espera sentar bases sólidas de una economía cambiante y necesaria en esta nueva era, con una visión positiva e innovadora. Se sabe, desde que se inició el plan para lograr la descarbonización que será una transformación profunda y una transición difícil, pero pese a ello se han logrado avances importantes en años anteriores, esto en materia de generación, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la cual está construida en más de un 95% libre de emisiones y una muy baja tasa de deforestación. No obstante, los retos son grandes y necesitan un esfuerzo para la transformación del país, el plan también es inclusivo y respeta los derechos humanos y de equidad de género "SIN DEJAR A NADIE ATRÁS".

Se requirió un balance de visión a largo plazo y acciones inmediatas, identificando la forma de realizar las transformaciones tecnológicas en cada sector y estableciendo las rutas entre las metas actuales y el año

2050, cumpliendo igualmente con la agenda del año 2030; los cuales se presentan en 10 ejes para la descarbonización y en donde el país parte para el cumplimiento de sus metas.

- Eje 1: Desarrollo de un sistema de movilidad.
- Eje 2: Transformación de la flota de vehículos ligeros a cero emisiones.
- Eje 3: Fomento de un transporte de carga que adopte modalidades cero emisiones.
- Eje 4: Consolidación del sistema eléctrico nacional.
- Eje 5: Desarrollo de edificaciones de diversos usos bajo estándares de alta eficiencia.
- Eje 6: Modernización del sector industrial.
- Eje 7: Desarrollo de un sistema de gestión integrada de residuos.
- Eje 8: Desarrollo de un sistema de gestión integrada de residuos.
- Eje 9: Consolidación de modelo ganadero eco-competitivo.
- Eje 10: Consolidación de un modelo de gestión de territorios que facilite la protección de la biodiversidad.

Las acciones a implementar para lograr lo mencionado anteriormente en los ejes del 4 al 6, los cuales plantean acciones a tomar para el cumplimiento de lo pactado entre los años 2030 al 2050 incluyen: que la energía eléctrica será fuente de energía primaria para el sector transporte, residencial, comercial e industrial. En la actualidad según el Plan de descarbonización, del MINAE (2019) se maneja menos de un 30%; se espera que para el 2030 la matriz eléctrica nacional opere con un 100% de capacidad con fuentes de energías renovables, garantizando una gestión de calidad y un precio competitivo para los usuarios. También se espera que todas las nuevas edificaciones, sean diseñadas y construidas con tecnologías y sistemas que lleven procesos de bajas emisiones, esto incluye las instituciones gubernamentales, se espera además que la industria invierta y gestione recursos para el cambio hacia las energías renovables, para desacoplar el crecimiento de sus actividades del de las emisiones, las cuales deberán contar con los planes y las estrategias que van adoptar para el 2030, los llamados modelos de negocios integral “cuna a tumba”. En el contexto de este marco podemos incluir entonces el plan piloto de generación distribuida, la cual permite a industria,

comercio y residencia, optar por generar su propia energía con tecnologías limpias y de cero o bajas emisiones.

### **2.3.1.2 Plan piloto de Generación Distribuida**

A partir del año 2010 Costa Rica, inicia un llamado Plan Piloto de Generación Distribuida para autoconsumo, el cual puso en marcha el ICE desde octubre del 2010, con una capacidad inicial neta de 5 megavatios (MW) de potencia, pero debido a la gran aceptación en el 2012, se amplió el plazo hasta febrero del 2015 y se ensanchó a un rango máximo de 10 MW, registrando cerca de 366 clientes residenciales, comerciales e industriales los cuales alcanzaron la capacidad proyectada de generación.

Durante su implementación el ICE cumple con el cometido de dicho plan, el cual era: estimular, educar y crear las condiciones para la generación distribuida. En esta primera parte los clientes que participaban en el plan piloto suscribieron un contrato de conexión con el ICE en el que la empresa se comprometía a mantener las condiciones dadas por un lapso de 15 años, alcanzado su meta en febrero del año 2015 con la instalación de la potencia neta establecida de 10 MW.

En su momento gracias al interés de los clientes el plan resultó muy exitoso, donde las empresas que ofrecían equipos de generación alcanzaron una gran capacidad técnica de instalación y donde la banca nacional ofreció líneas especiales de crédito verde.

Desde el 6 de febrero del 2015 el ICE impide la instalación de más paneles. Aunque dicho plan fue ampliado en tiempo y potencia para el 2012, el gerente de Electricidad del Instituto (ICE) insinuó que este plan, para el 2015, no será extendido una vez más y que desde ese momento la generación distribuida quedará en manos del reglamento. Es por todo esto que ahora, aunque si es posible la instalación de paneles solares para autoconsumo, será posible solo fuera de la red y no cumplirá con una de las metas primordiales que es la venta de excedentes energéticos. Si no hasta abril que el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) publicará el Reglamento que permitiría la conexión a la red solo para autoconsumo, el cual no sería una

concesión compleja, sino un permiso expedito, indicó Ronny Rodríguez, del despacho de Energía de esa cartera.

### **2.3.2 Investigaciones que se han hecho sobre el tema de estudio**

El artículo publicado en la revista del Tecnológico de Costa Rica, Bonilla M. (2017) realiza un estudio similar pero implementado una cantidad mayor de viviendas, como proyecto de residencial, esta publicación puede utilizarse como punto de partida en la investigación, además de subsanar varios puntos que esta deja por fuera, dar un enfoque a una vivienda unifamiliar.

La tesis de Licenciatura de Guardado, J. (2021) realiza un estudio en un edificio comercial de mayor escala, se buscaba bajar la factura eléctrica del edificio implementando este tipo de tecnología en el edificio del INS en Cartago, Costa Rica.

#### **2.3.2.1 Metodologías que se han usado**

Por su parte Guardado, J. (2021) indica una metodología explícita. Primeramente, realiza una investigación de las tecnologías utilizadas actualmente, seguidamente de este paso realiza una comparación de las ventajas y desventajas que tiene su utilización. Luego de esto realizan una caracterización de las baterías seleccionadas para el proyecto, discretizando las que posean el mejor rendimiento. Se procede con la toma de datos de datos eléctricos para proceder con su análisis de potencia, consumo y tarifa. Por último, se realiza un análisis financiero de cuanto es el consumo y la mejora que se obtuvo.

Bonilla M (2017) no posee una metodología explícita como tal. Pero revisando el trabajo se puede interpretar una. Primeramente, realizaron un análisis de la comunidad de Santa Elena de Pérez Zeledón. La cantidad de clientes y el tipo de consumo que estos poseen. Luego de esto un análisis de donde se iba a

realizar el proyecto, los datos geográficos y de radiación. Con estos datos se procede a realizar una red para 10 casas y cargador de vehículos eléctricos.

### **2.3.2.2 Conclusiones y recomendaciones obtenidas**

- Se debe procurar siempre utilizar el ángulo óptimo para la instalación de los paneles solares.
- Es indispensable el análisis solar del sitio donde se instalará para determinar su factibilidad.
- Para un diseño más detallado se deben utilizar consumos reales de las viviendas.
- Se recomienda utilizar estudios del funcionamiento de la red para ejercer un mejor control de esta.
- Los edificios que consumen en periodo punta amortizan más rápido la inversión inicial.
- El costo de la factura se reduce al menos un 20%
- El proyecto del edificio comercial es rentable.
- Se debe procurar tener el sistema óptimo para no poseer instalación en desuso.

### **2.3.3 Otra teoría relacionada con el tema en estudio**

#### **2.3.3.1 La energía solar**

Debido a situaciones climáticas, políticas y económicas, es cada vez más necesario encontrar fuentes de energía renovables y ambientalmente viables. La energía solar, entre los muchos tipos de energía que se explotan actualmente, tiene la ventaja que los dispositivos solares se pueden fabricar en cualquier tamaño y pueden ser modulares, lo que les da la flexibilidad del espacio y la escalabilidad (Nandwani, 2005).

Al Costa Rica estar ubicado geográficamente cerca del ecuador posee un clima tropical y además un gran potencial para el aprovechamiento de la energía solar. Los planes de irradiación solar son de gran

importancia en la planeación de actividades económicas como la agricultura, el turismo, planificación urbana y la generación de electricidad a partir de la energía solar (Wright, 2009).

En la figura 10 se muestra la irradiación global horizontal en Costa Rica, esta medición de la cantidad de irradiación solar que recibe una determinada área está directamente relacionado con el potencial de generación de energía eléctrica utilizando paneles fotovoltaicos (Solargis, 2020).



Figura 10. Mapa radiación horizontal global. Extraído de Global Solar Atlas

### 2.3.3.2 El sistema Fotovoltaico

A continuación, se presenta la siguiente introducción sobre los sistemas fotovoltaicos y las partes que lo componen. En la figura 11 se muestra un esquema de las partes que componen el sistema.

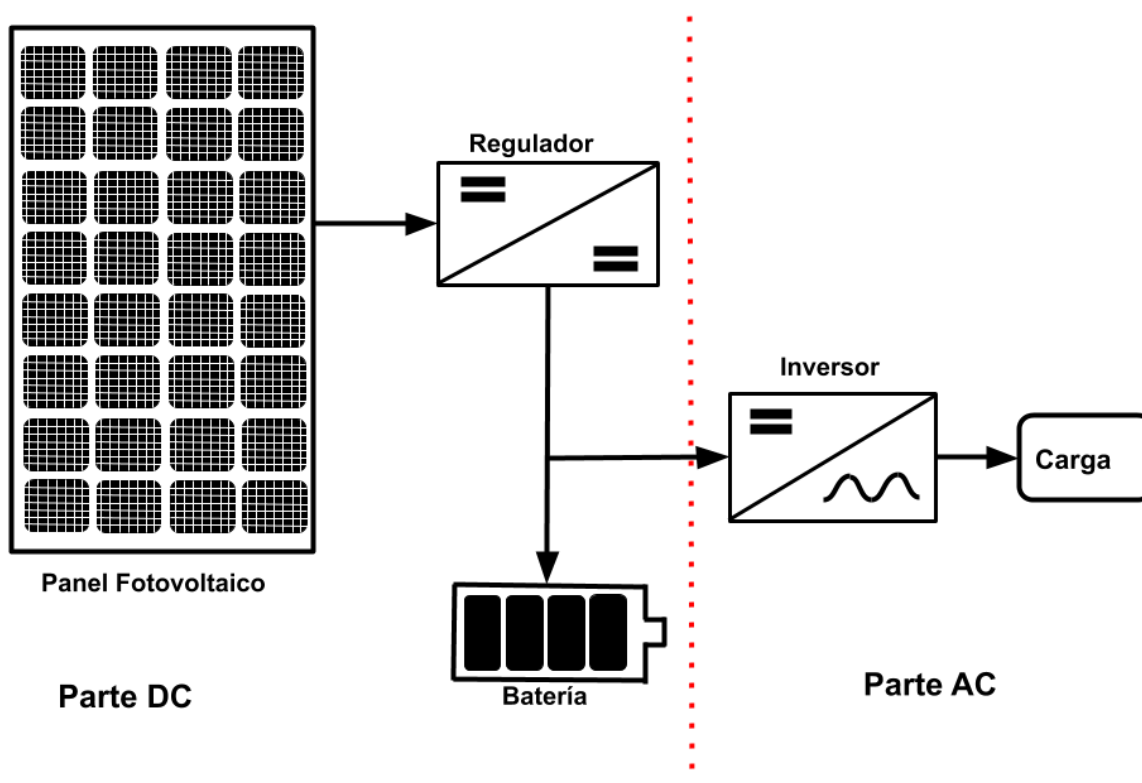


Figura 11. Modelo de red desconectado de la distribución. Creación propia.

- Panel solar:** El punto de partida de los paneles solares es la celda solar, también llamada celda solar. Funciona gracias al efecto fotoeléctrico. Este último consiste en la emisión de electrones de un material como efecto de la radiación solar. Una celda solar se comporta como un diodo alimentado por una fuente dependiente de la radiación solar. La región N está expuesta a la radiación mientras que la parte P se encuentra cubierta, la radiación es la que provoca el flujo. El conjunto de celdas conectadas eléctricamente se denomina panel solar. La conexión en serie y paralelo de estas genera string diseñados a la tensión específica que debe entregar el panel. Las características de cada panel solar dependen del fabricante y la tecnología que este utiliza. Existen las siguientes tecnologías según (Askari et al., 2015), las de uso común son las de silicio cristalino y silicio amorfo. Según (Domínguez M, 2016) las celdas de silicio cristalino poseen la mayor

eficiencia con una media de 18%. Para más información de sus usos y tipo de tecnología visitar la investigación (Askari et al., 2015).

- **Regulador:** El regulador forma un papel importante, este evita carga y descarga innecesaria de la batería. Este regula la corriente y tensión necesaria. En la parte de carga evita situaciones de sobrecarga y en descarga suministra la potencia necesaria, sin un regulador la batería se dañaría. Los paneles solares entregan distintos niveles de tensión y corriente, dependiendo de radiación y temperatura, en la figura 7 se muestra un ejemplo. La vida útil de la batería puede reducirse drásticamente si esta no lleva un cuidado necesario. La función principal es mantener la batería y darle un uso óptimo, mediante pulsos controlar la entrega de potencia desde los paneles hacia la batería. Sin el regulador la potencia llegaría directo según la radiación que recibe al momento el panel. El problema es que durante el día la radiación no es uniforme en la figura 8 se muestra una curva de ejemplo. Nótese que la curva es una campana teniendo un pico entre las 11 am a 2 pm. Esta curva también varía del sector donde está instalado el panel, además de la fecha. La batería debe mantener la misma tensión de entrada durante el mayor tiempo posible.
- **Batería:** La batería es la unidad de almacenamiento de energía del sistema. La batería es necesaria cuando la radiación recibida no es capaz de hacer funcionar los paneles. La batería es un dispositivo capaz de convertir la energía eléctrica en energía química y viceversa.
- **Inversor:** El inversor transforma la señal de corriente directa a corriente alterna. Esta transformación es necesaria ya que actualmente las casas, edificios comerciales e industrias son diseñadas como una carga AC. Si es sistema está conectado a la red el inversor también debe sincronizar la señal



AC de la generación, con la proveniente de la distribución eléctrica. Por lo general los inversores tienen sistemas que garantizan calidad de energía y seguridad a la hora de la conexión.

### **2.3.3.3 Normativa POASEN**

Mediante el acuerdo 01-19-2014, el 31 de marzo de 2014, la Junta Directiva de la Autoridad Regulatoria de los Servicios Públicos, estableció aprobar la normativa técnica POASEN “Planeamiento, operación y acceso al Sistema Eléctrico Nacional”.

En el capítulo 12 de dicha normativa se indica la regulación de la generación a pequeña escala para autoconsumo en sus dos modalidades contractuales, las cuales son: medición neta sencilla y medición neta completa, tomando en cuenta que el mismo se consideraba un servicio público regulado por la ARESEP.

La normativa POASEN en su capítulo 12 sobre Generación a Pequeña Escala para autoconsumo indica en sus artículos del 123 al 159 lo siguiente:

- Es libre el acceso a la red de distribución para la interconexión y operación de micro o mini generadores para autoconsumo a partir de fuentes de energía renovables por parte del usuario, siempre y cuando se cumpla con la firma de un contrato y tanto el sistema como la red cumplan con condiciones técnicas, así como contar con la concesión respectiva de conformidad con la legislación vigente. Las interconexiones y operaciones en paralelo con la red, tanto de micro como mini generadores, serán a través de un transformador exclusivo el cual podrá ser de una capacidad no mayor a un 10% por encima de la capacidad del mini generador.
- Es responsabilidad, cumpliendo con las normas técnicas emitidas por la ARESEP, de la empresa eléctrica calcular la capacidad en sus redes efectuando estudios técnicos, para la conexión en paralelo, tomando en cuenta la no interferencia con la seguridad, continuidad y calidad del suministro.
- Para la conexión de un micro o mini generador a la red será obligación de la empresa distribuidora realizar el estudio de viabilidad técnica, en lo que respecta a un plazo de 15 días hábiles, y tomando en consideración el crecimiento de la demanda, cargabilidad del circuito, naturaleza del recurso

energético (fotovoltaico, eólico, etc) y criterios emitidos por la ARESEP sobre continuidad y calidad del suministro. Para el estudio de viabilidad se deben tomar en consideración: que la capacidad del micro o mini generador que se conectará a la red no podrá ser superior a un 50% de la capacidad operativa de los conductores existentes en la red de distribución; no podrá la suma de las potencias de todos los micro o mini generadores conectados a un mismo circuito exceder un 15 % de la máxima demanda de potencia anual de dicho alimentador; y un micro generador con capacidad mayor a 50 kVA se podrá conectar a la red siempre y cuando sea a través de un transformador de uso exclusivo.

- Las adecuaciones necesarias a la red de baja tensión para la conexión de mini o micro generadores con capacidad menor a 50 kVA correrán por cuenta de la empresa distribuidora, y en el caso que no se requiera la intervención en la red de media tensión. Los costos correrán por cuenta del interesado para adecuaciones con capacidad mayor a 50 kVA.
- La construcción de línea y los equipos necesarios para la conexión desde el generador (micro o mini generador) hasta la red, correrán por cuenta del interesado, tomando siempre en cuenta lo aplicable en las normas emitidas por la ARESEP.
- El punto de interconexión se le reconocerá, para efectos comerciales, técnicos y de responsabilidad, como punto de entrega.
- Las condiciones técnicas, comerciales, jurídicas y las obligaciones bajo las cuales se regirá la puesta en servicio y operación de la conexión serán especificadas mediante la suscripción de un “Contrato de Conexión” y será la ARESEP quién aprobará los formatos y prototipos de contratos, y en el momento que se haga alguna observación será de acatamiento obligatorio.

Existen dos modalidades de régimen contractual para la conexión y operación de un micro o mini generador en paralelo con la red de distribución, entre las cuales están:

- Medición neta sencilla, con compensación física de excedentes (intercambio). El excedente producido que “acumula” el generador no será reconocido por la empresa distribuidora, siempre y

cuando este sea usado por el cliente en un período de doce meses consecutivos a convenir entre las partes.

- Medición neta completa, con liquidación anual (venta de excedentes). El cliente venderá a la empresa distribuidora el saldo final de excedentes, mediante una liquidación al final de cada período de doce meses consecutivos, el excedente producido que “acumula” el generador, mediante un convenio entre las partes.

Las especificaciones técnicas de generadores, según sea el caso, deberán cumplir, para la interconexión y operación en paralelo con la red, con las normas siguientes:

- IEEE-1547 “Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems” (Estándar para la interconexión de recursos distribuidos en sistemas eléctricos de potencia).
- IEEE-519 “Recommended Practices and Requirements of Harmonic Control in Electrical Power Systems”.
- IEEE-929 “Recommended Practice for Utility Interface of Photovoltaic (PV) Systems”.
- UL-1741 “Inverters, Converts and Controllers and Interconnection System Equipment for use Independent Power System”.

### **3 Marco metodológico**

En este capítulo se desarrollan los métodos de investigación, las herramientas para llevar a cabo. Se describen las diferentes fuentes de información necesarias para llevar a cabo el diseño eléctrico de una vivienda en la realidad actual de Costa Rica. Se desarrolla una explicación en primera instancia del concepto de fuente de información, tanto primarias como secundarias, además de las utilizadas para el proyecto. De igual manera se incluyen las metodologías usadas para lograr el éxito del proyecto. Por último, se integran las herramientas utilizadas para la realización del proyecto.

#### **3.1 Fuentes de información**

Durante el proyecto se utilizaron diversas fuentes de información, pero para introducir esta sección se comienza con la explicación de este concepto. En el libro de Hernández R. (2008) se puede interpretar que es cualquier medio del cual procede la información, estas deben compensar los conocimientos del problema de la investigación, debe utilizarse en el proyecto en cuestión para lograr los objetivos de este. Estas se pueden dividir en varias secciones, en este caso se describen las fuentes primarias y secundarias.

##### **3.1.1 Fuentes primarias**

El libro de Hernández R. (2008) cita textualmente, “Constituyen el objetivo de la investigación bibliográfica o revisión de la literatura y proporcionan datos de primera mano.” En este caso es toda fuente bibliográfica que sustenta la teoría necesaria para desarrollar los objetivos y entregables del proyecto. Estas no son evaluadas ni interpretadas.

##### **3.1.2 Fuentes secundarias**

De igual forma el libre de Hernandez (2008) indica sobre las fuentes secundarias “Consisten en compilaciones y listados de referencias publicadas en un área de conocimiento en particular. Es decir, procesan información de primera mano.” Esto se interpreta como un repetidor de información, hay una

reorganización de la información y un análisis. Estas facilitan el acceso a las fuentes y sus contenidos. Las fuentes pueden obtenerse varios medios a continuación se mencionan algunos de ellos:

- Libros
- Antologías
- Artículos
- Monografías
- Tesis
- Disertaciones
- documentos oficiales
- Reportes
- Conferencias
- Seminarios
- Testimonio de expertos
- Videos
- Páginas web,
- Bases de datos

El resumen de fuentes utilizadas se muestra en el siguiente cuadro 2.

Tabla 2. Fuentes primarias y secundarias utilizadas en el proyecto. Creación propia.

Objetivos	Fuentes de información	
	Primaria	Secundaria
1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.	Código Eléctrico de Costa Rica NEC 2014 NFPA-70	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.

Objetivos	Fuentes de información	
	Primaria	Secundaria
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica para una vivienda de potencia promedio en Costa Rica.	Bases de datos de consumo de las diferentes distribuidoras.  Diálogo con diferentes distribuidores.  Investigación en proyectos similares	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.  Investigaciones que sustenten los datos
3. Aplicar la metodología de gestión de proyectos con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica de una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.	Investigación en proyectos similares	Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos.
4. Elaborar un plan de capacitación hacia la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.	Investigación de los requerimientos de la empresa.	Investigación bibliográfica

### 3.2 Métodos de Investigación

En esta sección se describe la metodología, y los métodos. La serie de pasos para poder cumplir los objetivos se puede ver la metodología, así lo describe Maya E. (2014). Son los mecanismos que se utilizan para lograr los datos, para qué y cómo se analizan. Por su parte Dávila G. (2006) describe que “Su finalidad es comprender el proceso de investigación y no los resultados de la misma. Por ende, se puede resumir, ¿cómo va a generar ese nuevo conocimiento?”.

#### 3.2.1 Método analítico-sintético

El método analítico se puede ver cómo donde las diferentes partes de algo más grande, y se revisa de forma ordenada cada una de estas partes. Este método es una gran herramienta en investigaciones documentales así se puede ver en Maya E. (2014). Por ende, se puede ver como descomponer y diferenciar los elementos que lo componen. Maya E. (2014) indica que el método sintético “Es el que analiza y sintetiza la

información recopilada, lo que permite ir estructurando las ideas”. Se puede ver como un proceso a partir de elementos se construye una comprensión completa para determinar todas las partes necesarias.

### 3.2.2 Método inductivo

Maya E. (2014) indica que “Es el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a leyes. Es decir, se parte del análisis de ejemplos concretos que se descomponen en partes para posteriormente llegar a una conclusión.”. Esto se ve reflejado cuando se establece un principio general, luego de realizar los estudios y análisis. Por su parte Dávila G. (2006) formula seis pasos para utilizar el método inductivo, observación, formulación de hipótesis, verificación, tesis, Ley y Teoría.

### 3.2.3 Método deductivo

El método deductivo se puede interpretar donde por medio de datos obtenidos, se deduce con el razonamiento lógico y suposiciones, para así pasar a una etapa de comprobación. Maya E. (2014) lo describe como “una forma de razonamiento que parte de una verdad universal para obtener conclusiones particulares”. También se puede interpretar donde a las afirmaciones se delimitan con lógica, para poder extraer conclusiones, de ahí que Dávila G. (2006) indique que los silogismos pertenecen a este método. Abajo una tabla sintetizando los utilizados.

Tabla 3. Métodos de investigación utilizados en el proyecto. Creación propia.

Objetivos	Métodos de investigación		
	Analítico-sintético	Inductivo	Deductivo
1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.	Se analizó el NEC y el código eléctrico nacional para realizar un informe solamente de los artículos relacionados con la tecnología como tal.	Se concluyó que los artículos eran los necesarios para realizar el diseño, los análisis y las precauciones necesarias.	Se corroboró que los artículos de NEC sólo fueran asociados a la generación distribuida.

Objetivos	Métodos de investigación		
	Analítico-sintético	Inductivo	Deductivo
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica para una vivienda de potencia promedio en Costa Rica.	Se analizaron diferentes bases de datos e investigaciones con el objetivo de realizar una base sólida para los datos de planificación.	Se concluyó que los datos obtenidos eran los necesarios para generar un análisis de prefactibilidad	Se dedujo que los datos pueden generar un promedio de consumo en Costa Rica para partir un diseño.
3. Aplicar la metodología de gestión de proyectos con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica de una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.	Se analizó las áreas del conocimiento que se detallan en el PMBOK.	Se tomaron como suficiente la información base para generar un análisis de proyectos similares.	Se comprobó que las metodologías a utilizar en todas las áreas y que estas son las suficientes para elaborar un proyecto como tal.
4. Elaborar un plan de capacitación hacia la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.	Se analizaron libros de texto para gestionar el orden de que debe contener una capacitación.	Se concluyó que es posible generar un plan de capacitación.	Se deduce cuáles tipos de materiales deben complementar la capacitación.

### 3.3 Herramientas

Bajo el concepto universal de herramientas se puede ver como un artefacto hecho para poder realizar una tarea de manera más sencilla y poder completarla. A esto se le debe agregar el concepto del PMI “es algo tangible, como una plantilla o un programa de software, utilizado al realizar una actividad para producir un producto o resultado”. Se puede rescatar que es cualquier cosa que nos facilite una tarea, por ende, desarrollar las actividades que permitan cumplir los objetivos de la investigación. Las herramientas que



narra el PMBOK son, el juicio de expertos, la recopilación de datos, el análisis de datos, la representación de datos y las reuniones. Una breve descripción de cada una se agrega a continuación:

- Juicio de expertos: Esta herramienta es utilizada para analizar información desde otra perspectiva. La experiencia proporcionada por un especialista en el área, este debe poseer capacitación.
- Recopilación de datos: Esta herramienta es la recolección de datos y medición de la información de diferentes fuentes para obtener un panorama más completo y con mayor precisión del área donde se está trabajando
- Análisis de datos: El análisis de datos examina una cantidad de datos con el objetivo de concluir y sacar información para poder plantear una estrategia, o ampliar los conocimientos para la realización del proyecto.
- Representación de datos: Son técnicas para mostrar representaciones gráficas u otros métodos para transmitir datos e información.
- Reuniones: Como su nombre indica, esta reunión representa el inicio formal del proyecto, y es la primera oportunidad de confirmar que todos los integrantes del proyecto tienen una misma idea sobre los requisitos y restricciones de este, o de detectar que no es así.

En la tabla 4 se describen las herramientas utilizadas.

Tabla 4. Herramientas utilizadas en el proyecto. Creación propia.

<b>Objetivos</b>	<b>Herramientas</b>
1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.	Juicio de Expertos Análisis de datos
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica para una vivienda de potencia promedio en Costa Rica.	Juicio de expertos Análisis de datos Recopilación de datos Representación de datos

Objetivos	Herramientas
3. Aplicar la metodología de gestión de proyectos con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica de una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.	Juicio de Expertos Recopilación de datos Análisis de datos
4. Elaborar un plan de capacitación hacia la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.	Juicio de expertos Análisis de datos

### 3.4 Supuestos y restricciones

Los conceptos de suposición y restricción son muy importantes en la administración de proyectos. La suposición es una particularidad, una situación o un acontecimiento, suceso que está fuera del control del administrador del proyecto y además de esto sucede fuera del proyecto, y puede afectar a completar los objetivos de este. Además, se tiene la particularidad que esta situación como tal puede pasar o puede no pasar. Identificar estos es necesario y que se puede realizar una planificación con base a esto y reducir el impacto o fabricar un plan de respuesta. Las restricciones pueden ser vistas como un limitante dentro del

cual está inmerso el proyecto. También pueden verse como los desafíos o escenarios desventajosos para el proyecto y sus objetivos. El PMI considera 7 restricciones

- Alcance
- Tiempo
- Costo
- Riesgo
- Satisfacción
- Recursos
- Calidad

Abajo una tabla 5 con los supuestos y restricciones del presente proyecto.

Tabla 5. Supuestos y restricciones del proyecto. Creación propia.

Objetivos	Supuestos	Restricciones
1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.	<p>Se cuenta con acceso a la información necesaria.</p> <p>El código utilizado se actualizará dentro de 4-5 años.</p>	<p>Tiempo para completar el objetivo reducido.</p>
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica para una vivienda de potencia promedio en Costa Rica.	<p>Se cuenta con acceso a la información necesaria.</p> <p>Se cuenta con datos fidedignos que apoyan al diseño en cuestión.</p> <p>Los distribuidores están dispuestos a compartir la información.</p> <p>Se cuenta con el precio de todos los componentes necesarios.</p> <p>Hay distribuidores nacionales para todos los componentes.</p>	<p>No hay información de proyectos pasados que hayan utilizado esta información.</p> <p>Tiempo para completar el objetivo reducido.</p> <p>No hay comunicación con ninguno de los distribuidores en Costa Rica.</p>

Objetivos	Supuestos	Restricciones
3. Aplicar la metodología de gestión de proyectos con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica de una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.	Se cuenta con acceso a la información necesaria.	No se toma un proyecto como tal sino un área de trabajo, con proyectos similares-
4. Elaborar un plan de capacitación hacia la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.	Se cuenta con los materiales necesarios para generar la base de capacitación.  La divulgación y aplicación del plan de capacitación puede ser generado por los profesionales de la empresa.	Falta de interés en aplicar la capacitación.  Disponibilidad del tiempo de todos los implicados.

### 3.5 Entregables

El proyecto como se vio en la sección 2.2.6 tiene varias etapas y además que hay objetivos inmersos en estas. Las producciones, servicios, trabajos, que se realizan para cumplir estos objetivos en las diferentes fases se denotan como entregables, en el PMBOK se define como “cualquier producto, resultado o capacidad único y verificable para ejecutar un servicio que se produce para completar un proceso, una fase o un proyecto”.

Tabla 6. Entregables del proyecto. Creación propia.

Objetivos	Entregables
1. Identificar los estándares y normativas que rigen la generación distribuida en Costa Rica, específicamente para paneles solares.	Revisión del NEC y código eléctrico  Informe de los artículos relacionados con el proyecto en cuestión.
2. Realizar un análisis de prefactibilidad del uso de tecnologías para redes independientes de la red de distribución eléctrica para una vivienda de potencia promedio en Costa Rica.	Informe de prefactibilidad
3. Aplicar la metodología de gestión de proyectos con el fin de definir procesos para una guía de diseño e instalación eléctrica de una vivienda en Costa Rica utilizando paneles solares.	Plan de gestión de proyectos

<b>Objetivos</b>	<b>Entregables</b>
4. Elaborar un plan de capacitación hacia la empresa ROCA para el uso adecuado de la guía planteada para los proyectos con paneles solares.	Plan de capacitación.

## 4 Desarrollo

### 4.1 Generación distribuida en Costa Rica

#### 4.1.1 NEC 2014: Artículo 690. Sistemas solares fotovoltaicos

Dentro del alcance del artículo 690 sobre sistemas solares fotovoltaicos de energía eléctrica se encuentran los sistemas interactivos con otras fuentes de generación de energía eléctrica o sistemas autónomos, los cuales poseen o no acumuladores de energía eléctrica como las baterías, donde su salida de utilización puede ser a través de corriente continua o corriente alterna (Nacional, 2013). Entre los diferentes componentes que forman parte de un sistema solar fotovoltaico están:

- Circuitos de fuente fotovoltaica.
- Circuito fotovoltaico de salida.
- Fusibles.
- Celdas solares.
- Módulo.
- Panel.
- Arreglo o fuente de alimentación fotovoltaica.

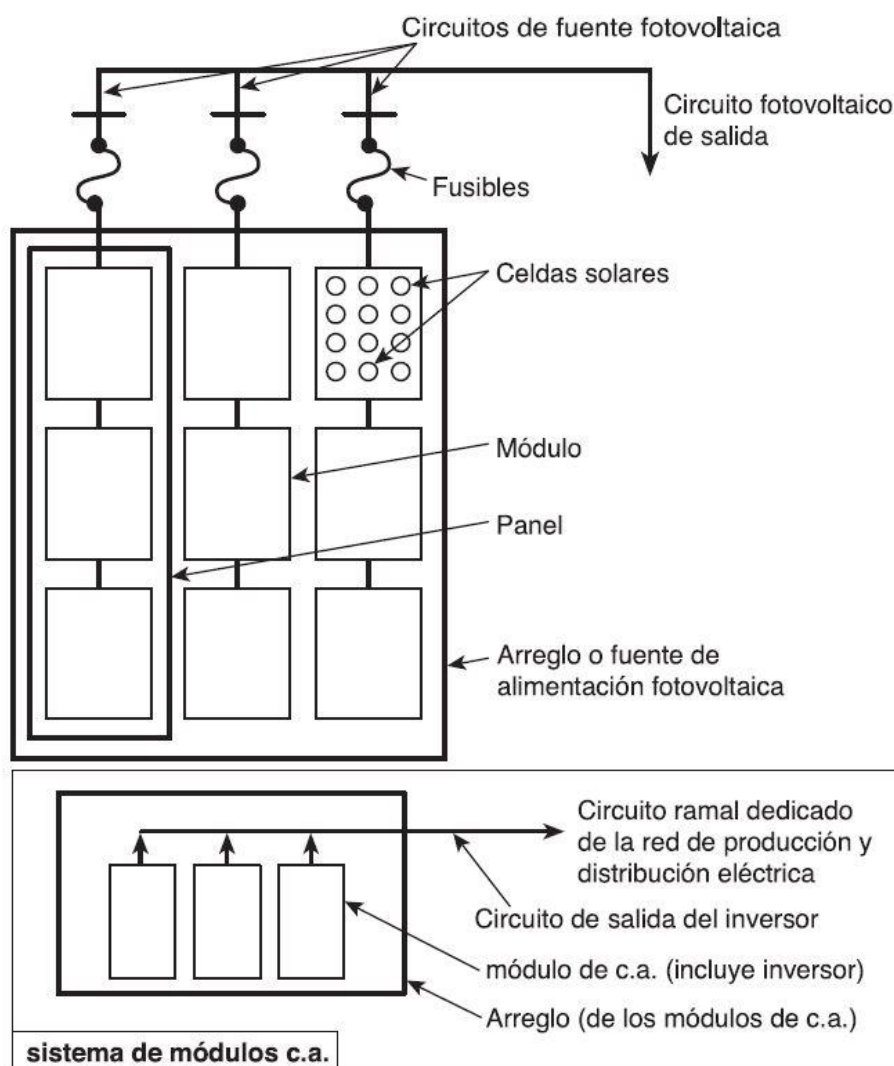


Figura 12. Identificación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico

Como requisitos generales para la instalación de un sistema solar fotovoltaico está el permitir que dicho sistema alimente un edificio u otra estructura, así como cualquier otro sistema de suministro de electricidad; los equipos como inversores, módulos fotovoltaicos de corriente alterna (c.a), dispositivos de combinación de corriente continua (c.c) y controladores de carga deben estar listados para aplicaciones fotovoltaicas. Es importante que, para la instalación de los equipos, del cableado y de las interconexiones se cuente con un personal calificado. Además, el sistema debe contar con múltiples inversores que sean interactivos con la empresa de servicios públicos sobre el edificio o estructura (Nacional, 2013).

Para proteger los equipos y reducir posibles incendios, el dispositivo o sistema de protección debe tener la capacidad de detectar una falla a tierra en los componentes y conductores portadores de corriente del arreglo fotovoltaico, así como interrumpir el flujo de la corriente de falla, suministrar una indicación de la falla y estar “listado” para brindar protección contra las fallas a tierra. Para fines de medición o para la interrupción de la trayectoria de la corriente de falla a tierra debe existir la apertura automática del conductor puesto a tierra. En el caso en que se opere de manera manual el desconectador principal del circuito fotovoltaico de c.c, esta acción no debe activar el dispositivo de protección contra fallas a tierra ni hacer que los conductores puestos a tierra se conviertan en no puestos a tierra (Nacional, 2013).

Es importante que los conductores no puestos a tierra de los circuitos en falla se desconecten de manera automática, de igual manera el inversor o el controlador de carga alimentado por el circuito de falla debe detener de manera automática la alimentación a los circuitos de salida. El instalador debe cumplir con el etiquetado de advertencia en el inversor de la empresa de servicios públicos o cerca del indicador de falla a tierra estableciendo lo siguiente (Nacional, 2013):

#### ADVERTENCIA

RIESGO DE CHOQUE ELÉCTRICO SI SE INDICA UNA FALLA A TIERRA

LOS CONDUCTORES NORMALMENTE PUESTOS A TIERRA

PUEDEN ESTAR ENERGIZADOS Y NO PUESTOS A TIERRA

Cuando se instalan módulos de c.a, los circuitos de la fuente fotovoltaica, los conductores e inversores deben considerarse como cableado interno del módulo de c.a. Además, la salida de un módulo de c.a debe considerarse como circuito de salida del inversor. Para el medio de desconexión se permite el uso de un solo medio para las salidas de c.a y que las mismas salidas de c.a cuenten con protección contra sobrecorriente (Nacional, 2013).

Para los circuitos de sistemas solares fotovoltaicos de c.c o un circuito de salida existe una tensión máxima con la cual se debe cumplir, y esta se calcula como la suma de la tensión nominal de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos conectados en serie, corregida para la más baja temperatura ambiente esperada. En



módulos de silicio cristalino y multicristalino se hace uso de la tabla 7, donde se debe multiplicar la tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección. Es importante tener claro que esta tensión se debe usar con el fin de determinar la tensión nominal de los cables, desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otros equipos (Nacional, 2013).

Tabla 7. Factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalinos y multicristalinos

<b>Factores de corrección para temperaturas ambiente inferiores a 25°C (77°F)</b>		
<b>Temperatura ambiente (°C)</b>	<b>Factor</b>	<b>Temperatura ambiente (°F)</b>
24 a 20	1.02	76 a 68
19 a 15	1.04	67 a 59
14 a 10	1.06	58 a 50
9 a 5	1.08	49 a 41
4 a 0	1.10	40 a 32
-1 a -5	1.12	31 a 23
-6 a -10	1.14	22 a 14
-11 a -15	1.16	13 a 5
-16 a -20	1.18	4 a -4
-21 a -25	1.20	-5 a -13
-26 a -30	1.21	-14 a -22
-31 a -35	1.23	-23 a -31
-36 a -40	1.25	-32 a -40

Para la tensión máxima en circuitos de una fuente y de salida fotovoltaica, en viviendas unifamiliares y bifamiliares que no cuenten con portalámparas, receptáculos o accesorios se permite tensiones hasta los 600 voltios. Mientras que, para las partes vivas que estén energizadas en circuitos de más de 150 volts a tierra en viviendas unifamiliares y bifamiliares, deben acceder únicamente personas calificadas (Nacional, 2013).

El dimensionamiento y cálculo de la corriente máxima de un circuito se clasifica de la siguiente manera según el circuito mencionado (Nacional, 2013):

1. Circuito de la fuente fotovoltaica: Debe ser la suma de la corriente nominal de cortocircuito de los módulos en paralelo multiplicado por el 125%.
2. Circuito fotovoltaico de salida: Debe ser la suma de las corrientes máximas de los circuitos de las fuentes en paralelo, como se calcula en el circuito de la fuente fotovoltaica.
3. Circuito de salida del inversor: Debe ser la corriente nominal permanente de salida del inversor.
4. Circuito de entrada de un inversor autónomo: Debe ser la corriente nominal de entrada permanente del inversor autónomo, cuando el inversor esté produciendo su potencia nominal a la más baja tensión de entrada.

Las corrientes de un sistema fotovoltaico deben ser continuas y la ampacidad de los conductores se debe dimensionar de manera que posea un valor no menor que el máximo valor establecido ya sea según un 125% de las corrientes máximas calculadas según el tipo de circuito antes de aplicar cualquier ajuste o factor de corrección, o según la corriente máxima después de aplicar al ajuste y el factor de corrección (Nacional, 2013).

En sistemas con circuitos de salida de múltiples tensiones de c.c que usan un conductor de retorno, se debe calcular de manera que la ampacidad no sea menor a la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección contra sobrecorrientes de cada circuito individual de salida. Pero en el caso donde se utiliza un solo dispositivo de protección contra sobrecorriente que protege uno o más circuitos conectados en paralelo, la ampacidad de cada conductor no debe ser menor que la suma del valor nominal del único dispositivo de protección más el 125% de la corriente de cortocircuito de los demás módulos en paralelo (Nacional, 2013).

Para el cálculo del valor nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente de circuitos y equipos de un sistema fotovoltaico no debe ser menor que el 125% de las corrientes máximas según el circuito y deben cumplir con los siguientes requisitos (Nacional, 2013):

1. Fuente fotovoltaica y circuitos de salida: Dispositivos contra sobrecorriente fotovoltaicos que estén listados de manera que puedan brindar protección en la fuente y en los circuitos de salida, y sean de fácil acceso.
2. Protección contra sobrecorriente en serie: En los circuitos de una fuente fotovoltaica, ya sea puestos a tierra o no, se debe permitir el uso de un solo dispositivo de protección que proteja los módulos fotovoltaicos y los conductores de interconexión.
3. Transformadores de potencia: Un transformador con una o varias fuentes conectadas a cada lado se debe proteger contra sobrecorriente, tomando en consideración el lado primario y luego el otro lado.

El sistema de cableado de un establecimiento debe adecuarse cumpliendo con los requisitos establecidos en el Código Eléctrico Nacional (NEC) indicados para una instalación similar conectada a una acometida, pero en el caso de la salida del inversor, se debe permitir que la misma suministre alimentación de c.a al medio de desconexión del edificio con niveles de corriente inferiores a la carga conectada a ese desconectador. Para los conductores que se ubican entre la salida del inversor y el medio de desconexión del edificio su dimensionamiento se debe realizar con base en el valor nominal de salida del inversor (Nacional, 2013).

Debe permitirse que la salida del inversor de un sistema solar fotovoltaico autónomo suministre 120 volts a un equipo de acometida monofásico trifilar de 120/240 volts o a paneles de distribución en el caso de que no existan salidas de 240 volts. El valor nominal del dispositivo de protección a la salida del inversor debe ser menor que el valor nominal de la barra colectora del neutro en el equipo de acometida. Este equipo debe estar marcado a través de una leyenda que diga (Nacional, 2013):

#### ADVERTENCIA

#### ALIMENTACIÓN ÚNICA DE 120 VOLTS

¡NO CONECTAR CIRCUITOS RAMALES MULTIFILARES!

Cuando un sistema fotovoltaico con circuitos de alimentación del tipo c.c, circuitos de salida de c.c o ambos opera a una tensión máxima de 80 volts o más, se debe proteger por medio de un interruptor de circuito por falla de arco el cual debe cumplir con detección e interrupción de fallas de formación de arcos que resulten de una falla en la continuidad prevista de un conductor, conexión y módulo; requerirá que el equipo deshabilitado sea arrancado de manera manual; y cumpla con un indicador que proporcione una indicación visual de que el interruptor de circuito ha operado (Nacional, 2013).

En un edificio u otra estructura alimentada por un sistema fotovoltaico se debe instalar un medio que desconecte todos los conductores de c.c no puestos a tierra de los demás conductores. Debe ser ubicado en un lugar de fácil acceso, ya sea fuera o dentro del edificio, siempre que esté lo más cerca del punto de entrada de los conductores del sistema; es importante que el medio de desconexión no se instale en baños. Además, el medio de desconexión se debe marcar permanentemente para ser identificado como desconectador y la cantidad máxima de desconectadores debe ser de 6 interruptores automáticos (Nacional, 2013).

Los equipos fotovoltaicos como inversores, baterías y controladores de carga deben poseer medios que les desconecten de los conductores no puestos a tierra de todas las fuentes a las que estén conectados. Se debe utilizar solo un medio de desconexión para salidas en c.a combinada de uno o más inversores o módulos de c.a de un sistema interactivo (Nacional, 2013).

Existen diferentes tipos de desconectadores operables manualmente, de los cuales se permite que su operación sea por energía eléctrica, con los debidos aditamentos para su funcionamiento manual ante una falla de la alimentación. El medio de desconexión debe ser uno de los siguientes dispositivos listados y marcados para uso en sistemas fotovoltaicos (Nacional, 2013):

1. Un interruptor de control industrial fotovoltaico.
2. Un interruptor automático de caja moldeada fotovoltaica.
3. Un interruptor de caja moldeada fotovoltaico
4. Un interruptor con envoltente fotovoltaico.

5. Un interruptor fotovoltaico de tipo abierto.
6. Un interruptor automático de caja moldeada certificado para corriente continua, adecuado para operaciones de retroalimentación.
7. Un interruptor de caja moldeada certificado para corriente continua, adecuado para operaciones de retroalimentación
8. Un interruptor con envoltorio certificado para corriente continua.
9. Un interruptor de tipo abierto certificado para corriente continua.
10. Un interruptor automático de potencia de baja tensión certificado para corriente continua

El valor nominal del medio de desconexión del edificio o estructura debe ser un valor nominal de interrupción suficiente para la máxima tensión y corriente del circuito disponible en los terminales de línea de los equipos (Nacional, 2013).

Se permite el uso de todos los métodos de cables en canalizaciones y con conexiones de cables incluidos en el NEC, así como otros sistemas de cableado que estén listados para uso en arreglos fotovoltaicos. Los circuitos de salida y de una fuente que funcionen a tensiones mayores de 30 volts deben ser instalados en lugares de fácil acceso y deben estar protegidos e instalados en una canalización (Nacional, 2013).

Los circuitos de las fuentes y salida fotovoltaicas no pueden estar agrupados ni en la misma canalización, ni bandeja porta cables, ni caja de conexión de otros circuitos ramales de sistemas que no sean fotovoltaicos. Además, deben estar identificados por el código de colores, o con cinta de marcado u otro medio aprobado (Nacional, 2013).

Se permite el uso de cables de un solo conductor del tipo USE-2 y cables de un solo conductor listado y etiquetados como cables fotovoltaicos para lugares exteriores donde estén expuestos. Se permite además el uso de circuitos de fuente y salida fotovoltaica que utilicen cables de un solo conductor listado y etiquetado como cables fotovoltaicos en bandejas porta cables para su instalación en exteriores, siempre que los cables estén sostenidos a intervalos que no excedan de 300 mm (Nacional, 2013).

Se permite el uso de cables multiconductores de tipo TC-ER o de tipo USE-2 en lugares exteriores para el uso con inversores interactivos de la compañía de electricidad montados en lugares que no sean de fácil acceso. Los cables y cordones flexibles que se usan para conectar las partes móviles de los módulos de orientación fotovoltaicos deben cumplir con lo está estipulado en el artículo 400 del NEC y deben ser del tipo cordones de uso pesado o como cables portátiles de alimentación, adecuados para uso extrapesado, su uso en exteriores y resistentes al agua y a la luz del sol (Nacional, 2013).

El uso de circuitos de fuente y c.c o circuitos de salida dentro de un edificio se deben instalar en canalizaciones metálicas, cables de tipo MC revestidos de metal, desde el punto de penetración de la superficie del edificio hasta el primer medio de desconexión fácilmente accesible. Todos los métodos de cableado mencionados para sistemas fotovoltaicos deben estar marcados y etiquetados con el término **ADVERTENCIA: FUENTE DE ALIMENTACIÓN FOTOVOLTAICA**. Las etiquetas deben ser reflectantes y todas las letras deben estar en mayúscula, con una altura mínima de 9.5 mm, de color blanco, sobre un fondo rojo. El espaciamiento entre las etiquetas no debe ser mayor de 3 m, además, deben estar adecuadas para el ambiente en el que se instalen (Nacional, 2013).

Se permite el uso de accesorios y conectores proyectados de manera que queden ocultos en el momento de la interconexión de módulos u otros componentes del arreglo. Dichos conectores deben ser polarizados y con una configuración que no les permita ser intercambiables con los receptáculos de otros sistemas eléctricos, además deben ser contruidos de modo que eviten el contacto con partes vivas, siendo estos del tipo enganche o de seguridad. Deben requerir el uso de una herramienta para su apertura y estar marcados con el término: **NO DESCONECTAR BAJO CARGA** (Nacional, 2013).

Es importante tener un fácil acceso al cableado en cajas de conexiones, de paso y de salida, ubicadas detrás de los módulos o paneles. Para que los sistemas de alimentación fotovoltaica funcionan con circuitos de salida no puestos a tierra se debe instalar protección contra sobrecorriente y protección contra fallas a tierra que sea capaz de detectar una o más fallas a tierra en los componentes y/o conductores portadores de corriente y de desconectar automáticamente todos los conductores (Nacional, 2013).

Para la puesta a tierra en sistemas fotovoltaicos de circuitos de c.c debe hacerse en cualquier punto del circuito de salida. Además, todas las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente del sistema fotovoltaico, equipos eléctricos y conductores se deben poner a tierra y deben ser identificados como conductores de puesta a tierra (Nacional, 2013).

El calibre de los conductores para la puesta a tierra se debe dimensionar de acuerdo con la sección 250.122 del NEC No se requiere el aumento del calibre de los conductores de puesta a tierra de equipos cuando se requiera responder a la caída de tensión, dado que el calibre del conductor de puesta a tierra no debe ser menor que 14 AWG (Nacional, 2013).

Las diferentes fuentes de energía se identifican mediante (Nacional, 2013):

1. Instalaciones con sistemas autónomos: corresponde a toda estructura o edificio con un sistema de alimentación fotovoltaica que no esté conectado a una fuente de acometida de una compañía de electricidad, el cual debe tener una placa o un directorio permanente instalado en el exterior del edificio o de la estructura, en un lugar fácilmente visible, aceptable para la autoridad competente. Dicha placa debe indicar la ubicación del medio de desconexión del sistema y que la estructura contiene un sistema de energía eléctrica autónomo.
2. Instalaciones con sistemas fotovoltaicos y acometidas de la compañía de electricidad: dichos sistemas deben tener una placa o un directorio permanente que indique la ubicación del medio de desconexión de la acometida y del medio de desconexión del sistema fotovoltaico si no están ubicados en el mismo lugar.
3. Instalaciones con parada sistemática rápida: todos los edificios con sistemas tanto fotovoltaicos como de acometida de la compañía de electricidad deben tener una placa permanente que incluya el siguiente texto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EQUIPADO CON PARADA SISTEMÁTICA RÁPIDA. Dichas placas deben ser reflectantes, con todas sus letras en mayúsculas y de una altura mínima de 9.5 mm en color blanco, sobre un fondo rojo

Para la instalación de baterías de acumuladores de los sistemas fotovoltaicos en viviendas, deben tener sus celdas conectadas de modo que funcionen a una tensión de 50 volts nominales o menos. Es importante que las partes energizadas del sistema de baterías estén resguardadas para evitar el contacto accidental, ya sea con personas u objetos, independientemente de la tensión o del tipo de batería (Nacional, 2013).

Para la protección de los sistemas de baterías cuando la corriente de cortocircuito sea mayor que el valor nominal de interrupción o de resistencia de los demás equipos, se debe instalar en cada circuito adyacente a las baterías, un dispositivo listado, limitador de corriente, y de protección contra sobrecorriente (Nacional, 2013).

Para realizar el mantenimiento en campo, por personas calificadas, de sistemas de baterías, cuando estén conectadas en serie más de 24 celdas de 2 volts, se deben colocar medios de desconexión que desconecten el conductor o conductores del circuito puesto a tierra en el sistema eléctrico de la batería (Nacional, 2013).

Deben instalarse equipos que controlen el proceso de carga de las baterías. No debe requerirse control de carga cuando el diseño del circuito de la fuente fotovoltaica corresponda con los requisitos de corriente de carga y tensión nominal de las celdas de batería interconectada y la corriente máxima de carga multiplicada por 1 hora sea inferior al 3% del valor nominal de la capacidad de la batería expresada en Amperes-hora o como lo recomiende el fabricante de la batería (Nacional, 2013).

#### **4.1.2 Futuros cambios a la normativa**

##### **4.1.3 Entrevista empresa MAKBI**

Makbi es una empresa con más de 15 años de experiencia y a la vanguardia en tecnología, se entrevistó a Irving Beefeler. Brindan productos innovadores para el aprovechamiento máximo de inversiones en energía solar, con la mejor calidad y excelente servicio al cliente. Por medio de los sistemas sus clientes producen energía, usando la radiación solar para tener un menor impacto en el medio ambiente, reduciendo la huella de carbono. Ellos presentan que la normativa debe adicionar:

- Considerar el cambio de requisito a un único contador (medidor) bidireccional.



- Disminución en el costo del estudio de disponibilidad, dado que este no garantiza desde un inicio la aceptación del proyecto. O bien la implementación de la devolución de un porcentaje de la inversión para dicho estudio.
- Ampliar el plazo de tiempo que la empresa distribuidora reserva la capacidad aprobada en el circuito de la red eléctrica con el fin de no verse afectado el proyecto por factores externos.
- Solicitar un plazo máximo de 8 días hábiles para la instalación del medidor definitivo del proyecto.
- Unificación en el sistema de documentación para la solicitud de trámites entre compañías y principalmente entre sucursales de una misma compañía.
- Aumento en el porcentaje de la capacidad máxima de todos los sistemas de generación conectados en un mismo circuito, ya que el 15% permitido es poco.
- Cobro adicional en la tarifa de generación distribuida ante un aumento en el porcentaje de la capacidad máxima de todos los sistemas de generación conectados en un mismo circuito para mantenimiento de la red eléctrica.
- Se permitirá el intercambio, en acuerdo con el productor-consumidor, de cualquier exceso de energía inyectado a la red de distribución.

#### 4.1.4 Entrevista, Área de planificación de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz

La CNFL es una empresa pública que distribuye y comercializa la energía eléctrica en el “Gran Área Metropolitana” de Costa Rica, fundada mediante el Contrato Ley N°2 denominado “Contrato Eléctrico”.

La CNFL nació en 1941, y es hoy en día una de las compañías públicas que genera electricidad utilizando energías limpias y renovables por medio de plantas hidroeléctricas y a través del viento, teniendo alrededor del país un total de 9 plantas hidroeléctricas. El área de planificación de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz tiene a cargo la parte técnica de interconexiones de generación distribuida. Se pretende agregar a la normativa vigente:

- Cada compañía distribuidora deberá hacer públicos y de fácil acceso los requisitos para la conexión de generación distribuida.

- El tiempo para construcción del sistema de generación distribuida dependerá de la magnitud del proyecto.
- Reducir el tiempo de respuesta por parte de las compañías distribuidoras ante la solicitud para inicio del proceso de conexión de generación distribuida.
- Asociar un monto diferenciado a lo correspondiente del estudio y su tramitología dentro de la empresa distribuidora para una disminución en el tiempo de respuesta por parte de la electrificadora.
- Realizar un estudio de los posibles problemas que puedan causar daños tanto a la red como a los trabajadores de esta, esto con el fin de que si se da un crecimiento descontrolado de sistemas interconectados a la red y esta no se vea afectada.

#### 4.1.5 Entrevista, Área Administración de la Energía de Altos Consumidores y Asesoría de proyectos de energía solar.

Tabaré Rodríguez Laureani es un Ingeniero Electromecánico estudiado en México, en Costa Rica labora como Ingeniero en Mantenimiento Industrial en el Área Administración de la Energía de Altos Consumidores de la CNFL y además labora como capacitador, realizando asesorías a personal privado sobre el desarrollo de proyectos de energía solar, el cual es su tema de especialización, y del cual obtuvo un técnico como instalador y proyectista de energía solar en la Universidad Earth. Se pretende adicionar a la normativa:

- Cambiar el modelo de negocio de las empresas eléctricas, mediante la implementación de la tarifa de transporte y el sistema de inyección cero.
- Que las compañías distribuidoras no solo reconozcan el 49% de la energía, si no el 100% de la energía producida por parte del usuario.
- Permitir más que un 15% por circuito, ya que el mismo limita el crecimiento a futuro de empresas PYMES, por ejemplo: Lecherías.

- Mediante la implementación de la tarifa de transporte, los costos aumentan, pero las empresas distribuidoras deben considerar un modelo de negocio más equitativo de manera que no existan conflictos entre quienes tienen y quienes no tienen un sistema de paneles solares, porque de esa manera no conoceríamos como un país en energías limpias, dado que nadie querría implementar el sistema de generación mediante paneles solares.
- La responsabilidad de las empresas que instalan un sistema de generación distribuida se debe regular de manera que los mismos le ofrezcan al cliente las mejores garantías de los equipos a instalar, a través de la regulación en las marcas vendidas en el país.
- La responsabilidad de los profesionales en el tema se debe regular de manera que los mismos cumplan con cada uno de los puntos estipulados en el NEC, ya que muchas veces quienes instalan el sistema solamente lo hacen con el fin de “Ganar dinero” o “Abaratar costos al cliente” y le hacen al cliente una mala instalación (Mala Praxis).
- Fincar la responsabilidad de quienes proyectan o diseñan los sistemas de generación distribuida, de manera que, por una incorrecta proyección e instalación, las compañías deban “Perder el tiempo” realizando una inspección a un proyecto ya construido porque no realizaron un buen trabajo.
- La implementación de un solo medidor de facturación, dado que la instalación de un medidor de generación es un gasto adicional que lo que hace es encarecer los proyectos.

## **4.2 Estudio de prefactibilidad para generación independiente.**

### **4.2.1 Consumo promedio de una vivienda en Costa Rica**

La energía fotovoltaica en Costa Rica cada vez toma más fuerza. En los últimos años ha tomado más relevancia, en el 2021 el porcentaje de la matriz energética fue de 0.56%, con una capacidad instalada de 3 674 MW se traduce a 20.5 MW.

Sin embargo, la generación para el autoconsumo tiene un avance lento en comparación con otras tecnologías, por ende, se busca fomentar el uso de energía fotovoltaica.

Según la noticia del periódico La Nación, el 65% de los hogares se encuentran en los dos primeros bloques de tarifas residenciales del ICE, estas se muestran más adelante. Por ende, se realiza un análisis de la potencia necesaria para una vivienda, para utilizarse de referencia para 4 personas con 3 cuartos, en la región de Pococí, utilizando al ICE como proveedor ya que la mayoría de los proyectos se ejecutan en esta zona. Este se describe a continuación

Tabla 8. Cálculo de cargas de un hogar. Creación propia.

Equipo	Cant	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Horas	Energía (kWh)
Refrigerador	1	0.4	0.4	2	0.8
Plancha	1	1.1	1.1	1	1.1
Televisor	2	0.15	0.3	2	0.6
Computador	3	0.19	0.57	3	1.71
Ventilador	2	0.13	0.26	5	1.3
Lavadora	1	1.2	1.2	1	1.2
Cocina	1	2	2	1	2
Microondas	1	1	1	0.5	0.5
Bombillos	15	0.05	0.75	2	1.5
Electrónica	1	1	1	1	1
Total			8.58	Total	11.71

Esta es la energía diaria 11.71 kWh, este dato es el que se va a utilizar para futuras secciones, además para el cálculo mensual se multiplica por 30, dando un resultado de 351.3 kWh. Hay que tomar en cuenta que en la tabla anterior las potencias son las máximas y los equipos no siempre trabajan a esta potencia, por ende se puede utilizar un factor de demanda común del 0.8 pero este no se utiliza para el dimensionamiento de los paneles.

#### 4.2.2 Valor de la energía eléctrica en Costa Rica

En Costa Rica la energía eléctrica y su costo sigue una tendencia en ascenso, además de una mayor demanda. Las tarifas eléctricas en Costa Rica son planteadas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, ARESEP - por sus siglas- y existen tarifas para generación, transmisión y distribución. En esta investigación la tarifa de interés es la de distribución. En Costa Rica existen diferentes empresas que realizan el servicio de distribución, entre ellas están.

- Consejo nacional de fuerza y Luz - CNFL
- Coopealfaroruiz R.L - CAR
- Coopeguanacaste R.L - CG
- Coopesca - CL
- Junta Administrativa de Servicio Eléctrico de Cartago - JASEC
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia - ESPH
- Coopesantos - CS
- Instituto Costarricense de Electricidad - ICE

Para la presente investigación se centra en la tarifa residencial. En distribución se presentan cuatro diferentes tipos de tarifas, residencial (T-RE), comercios y servicios (T-CO), industrial (T-IN) y preferencia social (T-CS). Estas no se detallan excepto la tarifa residencial. Donde se entiende por consumo residencial el servicio para casas de habitación o apartamentos que sirven exclusivamente de alojamiento. No incluye cabinas y áreas de recreo, moteles, hoteles, hospitales, hospicios, ni edificios de apartamentos servidos por un solo medidor. El tarifario completo se muestra en la tabla 9. El tipo de cambio del dólar para la extracción es de ₡582.00 la compra y ₡596.00 la venta.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> BCCR (16 de diciembre 2022) Tipos de cambio anunciados en ventanilla por los intermediarios cambiarios. <https://gee.bccr.fi.cr/IndicadoresEconomicos/Cuadros/frmConsultaTCVentanilla.aspx>

Tabla 9. Tarifas de distribución de energía eléctrica. Extraído de ARESEP<sup>3</sup>

Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
ICE	T-RE	Bloque 0-140 kWh	1,263.01
		Bloque 0-140 kWh	61.78
		Bloque 141-195 kWh	2,381.68
		Bloque 141-195 kWh	69.87
		Bloque 196-250 kWh	3,531.26
		Bloque 196-250 kWh	81.22
		Bloque 251-370 kWh	4,340.63
		Bloque 251-370 kWh	94.41
		Bloque mayor a 371 kWh	8,722.48
		Bloque mayor a 371 kWh	109.76
CNFL	T-RE	Bloque 0-30 kWh	2,131.20
		Bloque 31-200 kWh	71.04
		Bloque 201-300 kWh	109.01
		Bloque mayor a 300 kWh	112.70
JASEC	T-RE	Bloque 0-30 kWh	1,963.50
		Bloque 31-200 kWh	65.45
		Bloque mayor a 200 kWh	80.11

<sup>3</sup> ARESEP (16 de diciembre 2022) Tarifas vigentes de electricidad. <https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas>

Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
ESPH	T-RE	Bloque 0-200 kWh	1,383.27
		Bloque 0-200 kWh	64.25
		Bloque 201-275 kWh	2,693.73
		Bloque 201-275 kWh	69.05
		Bloque 276-360 kWh	3,567.37
		Bloque 276-360 kWh	76.52
		Bloque 361-500 kWh	4,722.52
		Bloque 361-500 kWh	84.76
		Bloque mayor a 501 kWh	8,212.23
		Bloque mayor a 501 kWh	93.90
CL	T-RE	Bloque 0-145 kWh	1,697.17
		Bloque 0-145 kWh	54.01
		Bloque 146-200 kWh	4,099.00
		Bloque 146-200 kWh	61.76
		Bloque 201-270 kWh	4,927.73
		Bloque 201-270 kWh	71.65
		Bloque 271-390 kWh	7,220.39
		Bloque 271-390 kWh	83.11
		Bloque mayor a 391 kWh	12,753.54

Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
		Bloque mayor a 391 kWh	96.41
CG	T-RE	Bloque 0-30 kWh	1,985.40
		Bloque 31-200 kWh	66.18
		Bloque mayor 200 kWh	93.31
CS	T-RE	Bloque 0-40 kWh	3,183.20
		Bloque 41-200 kWh	79.58
		Bloque mayor a 200 kWh	128.78
CAR	T-RE	Bloque 0-30 kWh	2,061.90
		Bloque 31-200 kWh	68.73
		Bloque mayor a 200 kWh	89.34

A estas tarifas se les debe sumar la tarifa de alumbrado público. La tabla 10 de las tarifas se resume a continuación. Esta tarifa se debe aplicar a los consumidores directos de la empresa en los lugares, donde por contrato con las municipalidades, se haga cargo del alumbrado público.

Tabla 10. Tarifas de alumbrado público. Extraído de ARESEP<sup>4</sup>

Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
ICE	T-AP	Bloque 0-40 kWh	120.80
		Bloque 41-50000 kWh	3.02
		Bloque Mayor a 50000 kWh	151,000.00

<sup>4</sup> ARESEP (16 de diciembre 2022) Tarifas vigentes de electricidad. <https://aresep.go.cr/electricidad/tarifas>



Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
CNFL	T-AP	Bloque 0-30 kWh	94.50
		Bloque 31-50000 kWh	3.15
		Bloque Mayor a 50000 kWh	157,500.00
JASEC	T-AP	Bloque 0-30 kWh	88.80
		Bloque 31-50000 kWh	2.96
		Bloque Mayor a 50000 kWh	148,000.00
ESPH	T-AP	Bloque 0-30 kWh	104.40
		Bloque 31-50000 kWh	3.48
		Bloque Mayor a 50000 kWh	174,000.00
CL	T-AP	Bloque 0-30 kWh	117.00
		Bloque 31-50000 kWh	3.90
		Bloque Mayor a 50000 kWh	195,000.00
CG	T-AP	Bloque 0-30 kWh	91.80
		Bloque 31-50000 kWh	3.06
		Bloque Mayor a 50000 kWh	153,000.00
CS	T-AP	Bloque 0-40 kWh	136.80
		Bloque 41-50000 kWh	3.42
		Bloque Mayor a 50000 kWh	171,000.00
CAR	T-AP	Bloque 0-30 kWh	93.60

Empresa	Tipo de tarifa	Bloque	Tarifa ¢
		Bloque 31-50000 kWh	3.12
		Bloque Mayor a 50000 kWh	156,000.00

Ahora bien, el cálculo se realiza dependiendo del bloque, se suma el monto base que es el monto más alto y luego el excedente se multiplica por el siguiente monto, abajo una tabla que resume cuánto pagaría la energía calculada en las diferentes distribuidoras. Además, se debe agregar el tributo a los bomberos. Este se crea, como fuente complementaria de ingresos para la operación y el crecimiento sostenibles del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, un tributo equivalente al uno coma setenta y cinco por ciento (1,75%) de la facturación mensual por consumo de electricidad que pague cada abonado o consumidor directo de energía eléctrica y todas las empresas distribuidoras de servicio eléctrico del país, deberán recaudar mensualmente a partir de la publicación el Impuesto de Bomberos, según ley 8992. Además del IVA que para Costa Rica es del 13%. Estos serían los cobros mensuales conectados a una red de distribución.

Tabla 11. Cálculo de tarifas según cada distribuidor. Creación propia, según tabla 8, 9 y 10.

Distribuidor	Energía (kWh)	Cobro Mensual	Alumbrado	Tributo Bomberos	IVA	Total
ICE	351.3	¢31,270	¢1,061	¢547	¢4,065	¢36,943
CNFL	351.3	¢30,891	¢1,107	¢541	¢4,016	¢36,553
JASEC	351.3	¢25,211	¢1,040	¢441	¢3,277	¢29,969
ESPH	351.3	¢27,385	¢1,223	¢479	¢3,560	¢32,646
CL	351.3	¢30,221	¢1,370	¢529	¢3,929	¢36,049
CG	351.3	¢27,354	¢1,075	¢479	¢3,556	¢32,463
CS	351.3	¢35,400	¢1,201	¢620	¢4,602	¢41,823
CAR	351.3	¢27,263	¢1,096	¢477	¢3,544	¢32,381

### 4.2.3 Dimensionamiento del equipo

Los paneles solares tienen la posibilidad de ser instalados tanto en el suelo, o en el techo de la vivienda, ya que dependiendo del proyecto esto puede ser reducido. Este es un punto de inflexión ya que el grado de inclinación y posición de los paneles importa en la generación.

Basado en la información compartida por las empresas de instalación de paneles fotovoltaicos se extrajo la información más relevante de los paneles fotovoltaicos y se agruparon los paneles por potencia, tipo de panel, cantidad de celdas, estándares internacionales bajo los cuáles están certificados, país de origen. En la tabla 12 se presenta la información compartida para los distintos paneles.

Tabla 12. Información de los paneles fotovoltaicos comercializados en Costa Rica. Creación propia.

Potencia (W)	Tipo	Fabricación	Tamaño
305	Policristalino	China	72 módulos
310	Policristalino	China	72 módulos
315	Policristalino	China / Canadá	72 módulos
320	Policristalino	China / Canadá	72 módulos
325	Policristalino	China / Canadá	72 módulos
330	Policristalino	China / Canadá	72 módulos
335	Policristalino	China	72 módulos
340	Policristalino	China / Italia	72 módulos
360	Monocristalino	China	72 módulos
365	Monocristalino	China	72 módulos
370	Monocristalino	China	72 módulos
375	Monocristalino	Italia	72 módulos
400	Monocristalino	Canadá	144 módulos
435	Monocristalino	Canadá	144 módulos
440	Monocristalino	Canadá	144 módulos

Potencia (W)	Tipo	Fabricación	Tamaño
445	Monocristalino	Canadá	144 módulos
450	Monocristalino	Canadá	144 módulos
455	Monocristalino	Canadá	144 módulos
465	Monocristalino	Canadá	144 módulos

Para sintetizar esta información se muestra la siguiente tabla, que resume lo de la tabla anterior, hay que tomar en cuenta que la potencia, se debe leer como potencia por hora bajo condiciones estándar, lo cual debe decir que esa potencia se produce cuando hay una irradiación de 1000 Wh/m<sup>2</sup> a una temperatura de 24 °C, se utilizó el dato más frecuente de 320W para la primera sección de este capítulo.

Tabla 13. Características de los paneles fotovoltaicos comercializados en Costa Rica. Creación propia.

Característica	Valor
Potencia Mínima	305 W
Potencia Máxima	460 W
Potencia Media	360 W
Potencia más frecuente	320 W
Paneles Monocristalinos (cantidad)	36.67 %
Paneles Policristalinos (cantidad)	63.33 %
Origen de fabricación más común	China

#### 4.2.3.1 Radiación solar disponible en Costa Rica

Para este análisis se divide a Costa Rica en sus subregiones climáticas, clasificación generada por el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, está divide las zonas por criterios similares según la subregión. La división se puede ver en la siguiente figura.



Figura 13. Mapa de Subregiones Climáticas de Costa Rica. creación propia.

Los datos de las tablas de las diferentes regiones fueron tomadas de (Diebel, 2022), este es un trabajo que recoge datos del clima de varios lugares del mundo. Las tablas contienen los siguientes datos.

- Precipitación: Cantidad de lluvia caída anualmente.
- Días de lluvia: Días de lluvia anual
- T. Máxima: Promedio anual de las temperaturas más altas alcanzadas.
- T. Mínima: Promedio anual de las temperaturas más bajas alcanzadas.
- Nubosidad: Promedio anual del porcentaje del cielo cubierto con nubes a diario.
- Horas de sol: Promedio anual de las horas de sol.
- Energía solar: Promedio anual del promedio diario de energía solar de onda corta que llega a la tierra por metro cuadrado.

Todas estas variables son las que influyen en el rendimiento de los paneles solares. Las más importantes a tener a consideración son, Energía solar, horas de sol, nubosidad y la temperatura (La nubosidad es importante ya que algunos paneles pueden fallar por nubes).

Tabla 14. Resumen clima promedio en el Valle Central. Adaptado de (Diebel, 2022).

<b>Valle Central</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Días de lluvia (días)</b>	<b>T. Máxima (°C)</b>	<b>T. Mínima (°C)</b>	<b>Nubosidad</b>	<b>Horas de sol (hh:mm)</b>	<b>Energía Solar (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>San José</b>	1915	114	27	17	25%	12:07	4.88
<b>Aeropuerto</b>	2003	105	30	19	26.42%	12:07	4.95
<b>Santo Domingo</b>	3199	145	26	16	26.12%	12:07	4.90
<b>Atenas</b>	1931	93	31	19	27.34%	12:07	4.98
<b>Promedio</b>	2262	114	28.5	17.75	26%	12:07	4.93

Tabla 15. Resumen clima promedio en el Pacífico Norte. Adaptado de (Diebel, 2022).

<b>Pacífico Norte</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Días de lluvia (días)</b>	<b>T. Máxima (°C)</b>	<b>T. Mínima (°C)</b>	<b>Nubosidad</b>	<b>Horas de sol (hh:mm)</b>	<b>Energía Solar (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Tilarán</b>	1900	164	33	19	32%	12:07	5.19
<b>Liberia</b>	1517	89	35	24	32.31%	12:07	5.34
<b>Nicoya</b>	2116	133	35	23	32.43%	12:07	5.14
<b>Santa Cruz</b>	1517	89	36	23	33.57%	12:07	5.29
<b>Promedio</b>	1762.5	119	34.75	22.25	33%	12:07	5.24

Tabla 16. Resumen clima promedio en el Pacifico Central. Adaptado de (Diebel, 2022).

Pacifico Central	Precipitación (mm)	Días de lluvia (días)	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	Nubosidad	Horas de sol (hh:mm)	Energía Solar (kWh/m <sup>2</sup> )
Quepos	3931	163	34	25	25.55%	12:07	4.62
Parrita	3423	170	33	25	26.87%	12:07	4.66
Jacó	3547	236	34	24	27.72%	12:07	4.74
Orotina	2996	192	35	22	28.006%	12:07	4.98
<b>Promedio</b>	3474.25	190.25	34	24	27.05%	12:07	4.75

Tabla 17. Resumen clima promedio en el Pacifico Sur. Adaptado de (Diebel, 2022).

Pacifico Sur	Precipitación (mm)	Días de lluvia (días)	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	Nubosidad	Horas de sol (hh:mm)	Energía Solar (kWh/m <sup>2</sup> )
Golfito	5073	228	32	21	23.68%	12:07	4.49
San Vito	3714	212	28	15	23.08	12:07	4.53
Corredor	4102	212	34	21	23%	12:07	4.61
Palmar	3584	177	33	24	23.67%	12:07	4.50
<b>Promedio</b>	4118	207	31.75	20.25	23.36%	12:07	4.53

Tabla 18. Resumen clima promedio en la Zona Norte. Adaptado de (Diebel, 2022).

Zona Norte	Precipitación (mm)	Días de lluvia (días)	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	Nubosidad	Horas de sol (hh:mm)	Energía Solar (kWh/m <sup>2</sup> )
Upala	2439	212	36	22	33.98%	12:07	5.31
Zarcero	1690	125	25	12	27.98%	12:07	4.95
Ciudad Quesada	4468	225	31	18	28.02%	12:07	5.02
Sarapiquí	4443	236	31	21	27.52%	12:07	4.97
<b>Promedio</b>	3260	199	30.75	18.25	29.38%	12:07	5.06

Tabla 19. Resumen clima promedio en el Caribe. Adaptado de (Diebel, 2022).

Caribe	Precipitación (mm)	Días de lluvia (días)	T. Máxima (°C)	T. Mínima (°C)	Nubosidad	Horas de sol (hh:mm)	Energía Solar (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Limón</b>	3324	185	31.00	24.00	26.77%	12:07	4.69
<b>Sixaola</b>	2740	182	31.00	21.00	23.81%	12:07	4.62
<b>Batán</b>	3488	164	32.00	24.00	25.26%	12:07	4.82
<b>Guácimo</b>	3967	212	32.00	23.00	26.50%	12:07	4.91
<b>Promedio</b>	3380	186	31.50	23.00	25.59%	12:07	4.76

De estas tablas se puede concluir que las precipitaciones son necesarias para limpiar los paneles, las temperaturas oscilan entre los puntos de operación de los paneles, y la nubosidad no afectaría en ninguno de los lugares promediados. Los datos que se obtienen de este análisis son los Energía solar diaria, el cual es necesario para el dimensionamiento.

#### 4.2.3.2 Cantidad de paneles necesarios

En esta sección se calculó la cantidad de paneles necesarios para satisfacer la aplicación, se considera que estos serán de uso diario, y para esto se utilizó la siguiente fórmula.

$$NM = \frac{EN}{HSP \cdot RT \cdot WP}$$

Donde:

- NM: cantidad de módulos necesarios para la carga instalada.
- EN: Energía necesaria, KWh consumidos por día.
- RT: Rendimiento de trabajo, factor para compensar las pérdidas
- HSP: radiación solar (KWh/m<sup>2</sup> diario)
- WP: Potencia pico del panel

La energía consumida por día presentada en secciones anteriores es de 11.71 kWh por día, un factor de rendimiento de 0.8, considerando un 20% de pérdidas las cuales pueden ser dadas por pérdida de temperatura, caída de tensión por cableado, por cambios de ángulo en la irradiancia, suciedad en el panel



sombreado aleatorio y las intrínsecas de los componentes, y la potencia del panel de 320 W. Por ende, realizando el cálculo. Para cada una de los subclimas de Costa Rica.

Tabla 20. Tabla Resumen de las subregiones. Creación propia.

Subregión	Energía Solar (kWh/m <sup>2</sup> )	Potencia Panel (W)	Cantidad de Paneles
Valle Central	4.93	320	10
Pacifico Norte	5.24	320	9
Pacifico Central	4.75	320	10
Pacifico Sur	4.53	320	11
Zona Norte	5.06	320	10
Caribe	4.76	320	10

#### 4.2.3.3 Dimensionamiento de las baterías

Para dimensionar las baterías se escogen baterías de litio que poseen la vida útil más alta y mejores ciclos de descarga. El amperaje de las baterías se dimensiona con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{Q \cdot A}{PD \cdot \eta}$$

Donde:

- C: Es el amperaje de las baterías, dato para determinar la cantidad
- A: Son los días que se quiere mantener el sistema activo sin uso de los paneles solares, este caso se utilizará 1
- Q: Es el amperaje diario en nuestro caso es de 244 Ah asumiendo un sistema de 48 V.
- PD: Es la profundidad de descarga máxima, este depende de la batería escogida, pero para efectos prácticos se utiliza 0.5
- $\eta$ : Es la eficiencia del sistema, para efectos prácticos se utiliza 70%

Realizando el cálculo da un total de 697 Ah, utilizando baterías marca Victrom de Países Bajos, se requieren 4 de 200 Ah.

#### 4.2.4 Análisis Financiero

Una de las etapas más importantes es el análisis económico. Actualmente entidades financieras están impulsando este tipo de proyectos. Con este incentivo se promueve el uso de este tipo de tecnología. Estas entidades ofrecen:

- Tasa preferencial
- Períodos de pagos extendidos y flexibles
- Cuotas diseñadas con base en ahorros
- Asistencia Técnica

##### 4.2.4.1 Análisis de gastos.

En la sección 4.3.2 se realiza un análisis de los gastos de una vivienda en términos de consumo de Energía Eléctrica. Del análisis la tabla de precios es la que tiene mayor importancia.

##### 4.2.4.2 Proyección anual de los gastos

Para el consumo anual se multiplica el gasto mensual por doce, cada mes del año. Dando un total de 4215.6 kWh. De los datos de ARESEP presentan un crecimiento anual, este crecimiento se resume en la siguiente tabla 21.

Tabla 21. Crecimiento del último año en las tarifas eléctricas. Creación propia.

Distribuidor	Crecimiento 2022
ICE	10%
CNFL	14%
JASEC	-3.70%
ESPH	6.95%
CL	8.67%
CG	1.25%
CS	5.30%
CAR	8.13%

Este es un valor promedio de 6% de crecimiento anual, este es un dato muy alto en comparación a años anteriores ya que ajusta los últimos 8 años donde la norma ha sido que los precios bajen, por ende, para la proyección se utilizará un incremento del 1% anual, este es el dato que se utilizará para la proyección a lo largo de 10 años.

Tabla 22. Proyección a diez años según distribuidor con un incremento anual del 1%. Creación propia.

Año	ICE	CNFL	JASEC	ESPH	CL	CG	CS	CAR
1	₡443,314	₡438,641	₡359,629	₡391,756	₡432,584	₡389,562	₡501,881	₡388,566
2	₡447,747	₡443,028	₡363,225	₡395,674	₡436,910	₡393,457	₡506,900	₡392,452
3	₡452,224	₡447,458	₡366,857	₡399,630	₡441,279	₡397,392	₡511,969	₡396,376
4	₡456,747	₡451,933	₡370,526	₡403,627	₡445,691	₡401,366	₡517,089	₡400,340
5	₡461,314	₡456,452	₡374,231	₡407,663	₡450,148	₡405,379	₡522,259	₡404,343
6	₡465,927	₡461,017	₡377,973	₡411,740	₡454,650	₡409,433	₡527,482	₡408,387
7	₡470,586	₡465,627	₡381,753	₡415,857	₡459,196	₡413,527	₡532,757	₡412,471
8	₡475,292	₡470,283	₡385,571	₡420,016	₡463,788	₡417,663	₡538,084	₡416,595
9	₡480,045	₡474,986	₡389,426	₡424,216	₡468,426	₡421,839	₡543,465	₡420,761
10	₡484,846	₡479,736	₡393,321	₡428,458	₡473,111	₡426,058	₡548,900	₡424,969
Total	₡4,638,042	₡4,589,160	₡3,762,512	₡4,098,636	₡4,525,783	₡4,075,676	₡5,250,786	₡4,065,262

#### 4.2.4.3 Costos directos

Para determinar las horas necesarias se utilizó la fórmula que las horas de trabajos totales es igual a 2.1 horas por la cantidad de paneles a instalar. El número mayor es de 11 paneles y tomando el inversor como un panel extra. Los costos directos se resumen en la siguiente tabla 23.

Tabla 23. Estimación de tiempo y precio para costos fijos. Creación propia.

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Instalación Panel	34.1 h	€3,250	€110,825
Instalación Inversor	4 h	€3,250	€13,000
Visitas al proyecto	3 u	€30,000	€90,000
Firma del Ingeniero	1 u	€70,000	€70,000
<b>Total</b>			<b>€283,825</b>

#### 4.2.4.4 Costos de los equipos

De cálculos anteriores se tienen la cantidad de baterías y la cantidad de paneles necesarios, Además de esto es necesario el inversor, y el regulador. Hay que tener en cuenta que inversores modernos ya poseen el regulador. Los materiales se detallan en el anexo. Abajo una tabla para los costos necesarios.

Tabla 24. Cantidad de equipos y costos necesarios para el proyecto. Creación propia.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Paneles	11	€118,000	€1,298,000
Inversor	2	€920,000	€1,840,000
Baterías	4	€1,455,000	€5,820,000
Materiales	1	€193,875	€193,875

#### 4.2.4.5 Sumarización de costos

Los costos totales se muestran en la siguiente tabla. Estos contemplan lo descrito en las subsecciones anteriores.

Tabla 25. Total, de costos para el proyecto. Creación propia.

Equipo	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
--------	----------	-----------------	--------------

Paneles	11	€118,000	€1,298,000
Inversor	2	€920,000	€1,840,000
Baterías	4	€1,455,000	€5,820,000
Materiales	1	€193,875	€193,875
Costos directos	1	€233,825	€283,825
Imprevistos	1	€469,285	€469,285
<b>Total</b>			<b>€9,904,985</b>

#### 4.2.4.6 Financiamiento

La inversión total requerida es de €9,845,985, el financiamiento se analiza con la opción del banco BAC Credomatic, las condiciones del préstamo se muestran en la siguiente tabla 26.

Tabla 26. Datos del financiamiento de paneles solares. Creación propia.

<b>Condiciones</b>	
Préstamo	€9,845,985
Interés anual	12%
Período del préstamo	10
Número de pagos por año	12

Se detallan las cuotas anuales para este tipo de financiación en la siguiente tabla. Para este punto, queda presente que económicamente el proyecto no es factible, ya que el aporte al préstamo es mucho mayor que el consumo que se paga al distribuidor de energía eléctrica. Además, si se calcula el VAN tiene como resultado un valor de -€6,915,143. Inclusive si se extrapola a los 25 años con la deuda pagada, la TIR da un valor de -2%.

Tabla 27. Tabla de cuotas, préstamo a diez años. Creación propia.

Año	Cuota	Intereses	Amortización	Capital Vivo
0				€9,854,985
1	€1,744,176	€1,182,598	€561,578	€9,293,407
2	€1,744,176	€1,115,209	€628,967	€8,664,439
3	€1,744,176	€1,039,733	€704,444	€7,959,996
4	€1,744,176	€955,200	€788,977	€7,171,019
5	€1,744,176	€860,522	€883,654	€6,287,365
6	€1,744,176	€754,484	€989,692	€5,297,673
7	€1,744,176	€635,721	€1,108,456	€4,189,217
8	€1,744,176	€502,706	€1,241,470	€2,947,747
9	€1,744,176	€353,730	€1,390,447	€1,557,300
10	€1,744,176	€186,876	€1,557,300	€0

#### 4.2.5 Evaluación del Impacto Ambiental

Dependiendo de la naturaleza del proyecto estos generan impactos negativos como positivos para el medio ambiente, este presentará un impacto positivo ya que se deja de consumir energía generada por medios fósiles en su totalidad, estos generan gases para el efecto invernadero o GEI. Con este enfoque se realizó un cálculo para determinar un nivel de reducción de la huella de carbono que generará el proyecto.

Si a lo largo del año se suma el consumo mensual con el dato mensual de 351.3 kWh se tiene que es de 4.22 MWh anuales, se calculó la emisión de CO<sub>2</sub> que se deja de generar por el consumo de energía, para esto se utilizó la siguiente ecuación extraída de Cáceres A. (2018).

$$HCO_2 = ACT \cdot FA$$

Donde:

- HCO<sub>2</sub>: es la huella de carbono
- ACT: Es la energía consumida en un año en MWh
- FAC: Es el factor de emisiones

Los diferentes factores para los países se muestran en la tabla 28 a continuación.

Tabla 28. Factor de emisiones. Extraído de BUNCA

País	Toneladas de CO2 por MWh
Belice	0.759
Brasil	0.642
Costa Rica	0.128
El Salvador	0.514
Guatemala	0.820
Honduras	0.662
Nicaragua	0.739
Panamá	0.688

Con la implementación de proyectos como este, las viviendas dejan de aportar CO2 a la atmósfera. Con el cálculo de la ecuación anterior, se deja de aportar **0.54 Toneladas de CO2** anuales, según la noticia datos macro Costa Rica en 2021 produjo **8,091 megatoneladas**,<sup>5</sup> por ende, este dato de ahorro es muy bajo en comparación con lo producido.

### 4.3 Análisis de áreas de conocimiento

Según el tercer objetivo del trabajo se aplica la metodología de gestión de proyectos como análisis, para definir procesos a agregar a la guía de diseño e instalación eléctrica de panel. Este análisis se va a dividir por cada área de conocimiento que describe el PMBOK. Este capítulo abre como partida del resto, y como anclaje para el capítulo final.

<sup>5</sup> Datos Macro (2021) Costa Rica – Emisiones de CO2 . <https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/emisiones-co2/costa-rica#:~:text=Las%20emisiones%20de%20CO2%20en%202021%20han%20sido%20de%208%2C091,de%20menos%20a%20m%C3%A1s%20contaminantes.>

### 4.3.1 Gestión de integración

La gestión para el proyecto para la gestión de paneles solares debe satisfacer la necesidad de servicio de energía eléctrica para el cliente, haciendo cumplimiento de todos sus estudios, diseños y especificaciones técnicas y una interventoría residente que avala cada parte de la obra con los aspectos legales. Este es el responsable de tramitar la información y comunicación ante los interesados, llevar los entregables y controlar el desarrollo del proyecto. Este debe cumplir con dos procesos:

- 4.3.1.1 Desarrollo de la Carta del Proyecto: Autoriza el proyecto, este indica los requerimientos iniciales, necesidades y expectativas de los involucrados (PMBOK). Permite designar al gerente y dar autoridad a este para utilizar los recursos necesarios. Una carta por utilizar se muestra en la tabla 29.

Tabla 29: Carta del proyecto. Elaboración Propia

<b>Carta del Proyecto</b>	
<b>Realizador:</b>	
<b>Fecha:</b>	Fecha de emisión de la carta
<b>Iniciación:</b>	Fecha de posible iniciación del proyecto
<b>Resumen:</b>	Se debe formular un resumen del proyecto, cliente, características geográficas y naturales del lugar, además de describir algunas de las actividades planteadas y lo que se espera lograr.
<b>Necesidad del Negocio:</b>	Se debe explicar el objetivo, por qué el cliente lo solicita.
<b>Descripción del proyecto:</b>	Descripción del proyecto y su alcance, además de agregar el impacto que éste puede tener.
<b>Recursos:</b>	Una lista de los integrantes necesarios para completar el proyecto.
<b>Comunicación:</b>	Herramientas a utilizar para establecer las primeras comunicaciones.



Aceptación	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
Cambios	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>

4.3.1.2 Desarrollar el Acta del Proyecto: Para lograr el proyecto el gerente del proyecto debe realizar una reunión con los interesados para que estos den a conocer sus necesidades en la instalación de paneles solares, con el fin que cuente con acceso a energía eléctrica, además de dar oportunidades de desarrollo para mejorar la calidad de vida, se deben discutir las necesidades y buscar la modalidad que mejor se acople a lo que el cliente desea. Se elabora un documento que hace formal el proyecto.

Tabla 30. Acta de constitución del proyecto. Elaboración propia.

Nombre del proyecto		Fecha de preparación
Descripción del proyecto		
Definición del producto del proyecto		
Objetivos del proyecto.		
Conceptos	Objetivos	Criterios de éxito
Alcance		
Tiempo		
Costo		

Calidad		
Desarrollo Regenerativo		
<b>Finalidad del proyecto</b>		
Descripción del propósito general y objetivo de nivel superior por el cual se ejecuta el proyecto. Enlace con programas, portafolios, o estrategias de la organización.		
<b>Justificación del proyecto</b>		
Motivos, razones o argumentos que justifican la ejecución del proyecto.		
<b>Hitos</b>		
Principales hitos del proyecto		
	Permisos Municipales	xx/xx/xx
	Certificado de disponibilidad presupuestal	xx/xx/xx
	Acta de inicio	xx/xx/xx
	Terminación de obra	xx/xx/xx
	Liquidación de contrato	xx/xx/xx
<b>Amenazas del proyecto</b>		
Riesgos negativos sobre el proyecto.		
<b>Principales Oportunidades del proyecto</b>		
Riesgos positivos sobre el proyecto.		
<b>Presupuesto estimado del proyecto</b>		
Concepto	Monto	
<b>Gerente del proyecto</b>		
Nombre		

### 4.3.2 Gestión del alcance

El plan de gestión del alcance determina el trabajo requerido para la realización del proyecto a su totalidad, con la satisfacción de los involucrados. La gestión del alcance se divide en dos

- 4.3.2.1 Definición del alcance: El alcance se define en reuniones con el cliente, este debe resolver qué clase de sistema se adecua más a sus necesidades, conectado a la red, aislado, o híbrido. Además, si es un sistema aislado, se debe determinar cuántos días o horas de electricidad se precisan sin la utilización del sol, para determinar el tamaño del campo de baterías.
- 4.3.2.2 Creación de la EDT: La EDT servirá como revisión del alcance del proyecto, servirá para monitorear el proyecto, y además controlar el procedimiento ante cualquier cambio. Para la creación de la estructura se identifican los siguientes grupos, este se ideó con lluvia de ideas y juicio de expertos.

Tabla 31. Síntesis de la EDT propuesta para proyectos de instalación de sistemas de generación con paneles solares. Creación propia.

<b>1 Proyecto paneles solares</b>		
<b>Responsable</b>		<b>Gerente del Proyecto</b>
<b>Actividad</b>		<b>Planificación Inicial</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.1.1	Acta de Inicio	El acta de constitución de un proyecto o Project Chárter que prueba la existencia y comienzo de un proyecto.
1.1.2	Socialización	Al intervenir en el campo, se debe realizar una socialización del proyecto con la comunidad (cada vivienda) donde se les informará sobre el proyecto que se va a realizar para su beneficio.
1.1.3	Diseño y estudios de solución	Este ítem es pronosticar que estudios previos son necesarios y precedidos a las investigaciones realizadas en campo, los aforos de carga tomados y demás detalles que serán tomados en la visita de la gestión de los paneles solares

1.1.4	Informe Final	Informe con la memoria descriptiva del proyecto, debe contener el consolidado sucedido durante la planeación, ejecución y entrega del proyecto.
<b>Responsable</b>		<b>Ingeniero Eléctrico</b>
<b>Actividad</b>		<b>Análisis de campo</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.2.1	Reunión con los clientes	Tiene como fin solicitar información del lugar y comentar sobre las diferentes soluciones posibles, pros y contras.
1.2.2	Solicitud de ubicación del proyecto	Se debe ubicar la longitud y latitud del proyecto para futuros análisis
1.2.3	Análisis de irradiancia	Explica los efectos de la latitud y la elevación de una ubicación, la pendiente y la dirección de brújula (orientación), los cambios diarios y estacionales del ángulo solar y los efectos de las sombras producidas por la topografía circundante
1.2.4	Visita al lugar	Visita para tomar datos del lugar, como tamaños de instalación, posibles sombras, obstrucciones y estado de las estructuras.
1.2.5.	Análisis de carga y consumo	Tiene como objetivo tener un perfil del cliente sobre su consumo diario y poder tener una base de datos para el diseño.
1.2.6	Análisis de techos	Verificar el estado de los techos de la edificación para determinar si es seguro instalar paneles solares en esta zona.
<b>Responsable</b>		<b>Ingeniero Eléctrico</b>
<b>Actividad</b>		<b>Análisis y selección de componentes</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.3.1	Dimensionamiento de los paneles	Consiste en calcular la cantidad de paneles necesarios para suplir la potencia requerida.
1.3.2	Revisión de estándares de los paneles	Revisión de la ficha técnica en conjunto con el proveedor para confirmar que cumple con los estándares necesarios.
1.3.3	Análisis cualitativo de alternativas de paneles	Consiste en una matriz de selección de las diferentes alternativas de los paneles, para tomar una decisión.
1.3.4	Selección de los paneles	Seleccionar la marca y potencia final del tipo de panel que se pretende instalar.

1.3.5	Dimensionamiento del Inversor	Consiste en calcular la cantidad de inversores necesarios para suplir la potencia requerida.
1.3.6	Revisión de los estándares del inversor	Revisión de la ficha técnica en conjunto con el proveedor para confirmar que cumple con los estándares necesarios.
1.3.7	Selección del Inversor	Seleccionar la marca y potencia final del tipo de inversor que se pretende instalar.
1.3.8	Análisis del Performance Ratio	Consiste en el cálculo de la eficiencia conjunta de todo el sistema.
1.3.9	Dimensionamiento de las baterías	Cálculo para definir la cantidad de baterías necesarias para suplir el sistema, mientras no haya energía solar presente.
1.3.10	Análisis cualitativo de las alternativas de baterías	Consiste en una matriz de selección de las diferentes alternativas de las baterías, para tomar una decisión.
1.3.11	Selección de las baterías	Seleccionar la marca y potencia final del tipo de inversor que se pretende instalar.
1.3.12	Selección del resto de componentes	Selección de los componentes que comprenden el sistema, cuyo análisis no es tan profundo.
<b>Responsable</b>		<b>Dibujante</b>
<b>Actividad</b>		<b>Diseño del espacio disponible</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.4.1	Solicitud de creación del diseño	Necesario los cálculos y dimensionamiento, se selecciona quien está a cargo del dibujo.
1.4.2	Dibujo arquitectónico del espacio	Dibujo del diseño del proyecto, en conjunto con el ingeniero eléctrico.
1.4.3	Reunión con los clientes	Reunión de estatus para dar a conocer el progreso y cómo se verían las diferentes alternativas.
<b>Responsable</b>		<b>Ingeniero Eléctrico</b>
<b>Actividad</b>		<b>Análisis del Sistema Eléctrico</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.5.1	Análisis de producción de energía eléctrica	Cálculo de la potencia que puede llegar a producir el sistema

1.5.2	Análisis de cable	Análisis del tipo de cable necesario para la instalación
<b>Responsable</b>		<b>Director del proyecto</b>
<b>Actividad</b>		<b>Análisis Económico</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.6.1	Análisis de costos	Análisis de los costos de los componentes, versus el consumo de una vivienda conectada a la red, además una posible venta al distribuidor de energía.
1.6.2	Análisis financiero	Análisis de las alternativas para financiar el proyecto.
1.6.3	Cálculo de VAN y TIR	Cálculo de indicadores de la viabilidad económica del proyecto
1.6.4	Reunión con los clientes	Reunión con el cliente para analizar los resultados del analista económico.
<b>Responsable</b>		<b>Secretariado / Director del proyecto</b>
<b>Actividad</b>		<b>Compra de los equipos</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.7.1	Compra de paneles	Compra de los módulos fotovoltaicos capaces de utilizar la energía proveniente de la radiación solar.
1.7.2	Compra de Baterías	Compra de batería cuya función es almacenar energía eléctrica y asegurar una potencia bajo la pérdida de energía solar.
1.7.3	Compra del Inversor	Compra de dispositivo que convierte la energía en corriente continua a corriente alterna para el consumo de los aparatos eléctricos.
1.7.4	Compra de soporte de los paneles	Compra de soportes, barras metálicas cuya función es soportar los paneles y separarlos de la superficie donde se instalan.
1.7.5	Compra de cables eléctricos	Compra de cables para la conexión de todos los componentes
<b>Responsable</b>		<b>Maestro de obras</b>
<b>Actividad</b>		<b>Localización y replanteo</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>

1.8.1	Adecuación del terreno	Comprende en limpiar las áreas de instalación y recorrido en construcciones anteriores del terreno donde se desarrolla el proyecto.
1.8.2	Excavación para el soporte	Comprende realizar una excavación (en caso de ser necesaria) entre ayudantes.
1.8.3	Construcción de zapatas	Cimentación superficial, consiste en un prisma de hormigón situado bajo los pilares de la estructura. (en caso de ser necesario)
1.8.4	Cimentación	Estación de hormigón plano para apoyo de la instalación (en caso de ser necesario)
<b>Responsable</b>		<b>Soldador</b>
<b>Actividad</b>		<b>Soporte</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.9.1	Instalación de soportes	Comprende anclar el soporte del panel al cimiento. Su función principal es sujetar el panel solar a la estructura para resistir la fuerza del viento.
<b>Responsable</b>		<b>Ingeniero Eléctrico</b>
<b>Actividad</b>		<b>Instalación del panel</b>
<b>Ítem</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>
1.10.1	Instalación de celdas solares	Montaje de los paneles solares al soporte.
1.10.2	Excavación zanjas para cables	Distribución de coberturas eléctricas de la instalación que quedan debajo de la tierra.
1.10.3	Instalación Eléctrica	Instalación de red eléctrica del panel a la vivienda del usuario.

De forma gráfica se puede observar en la figura 14

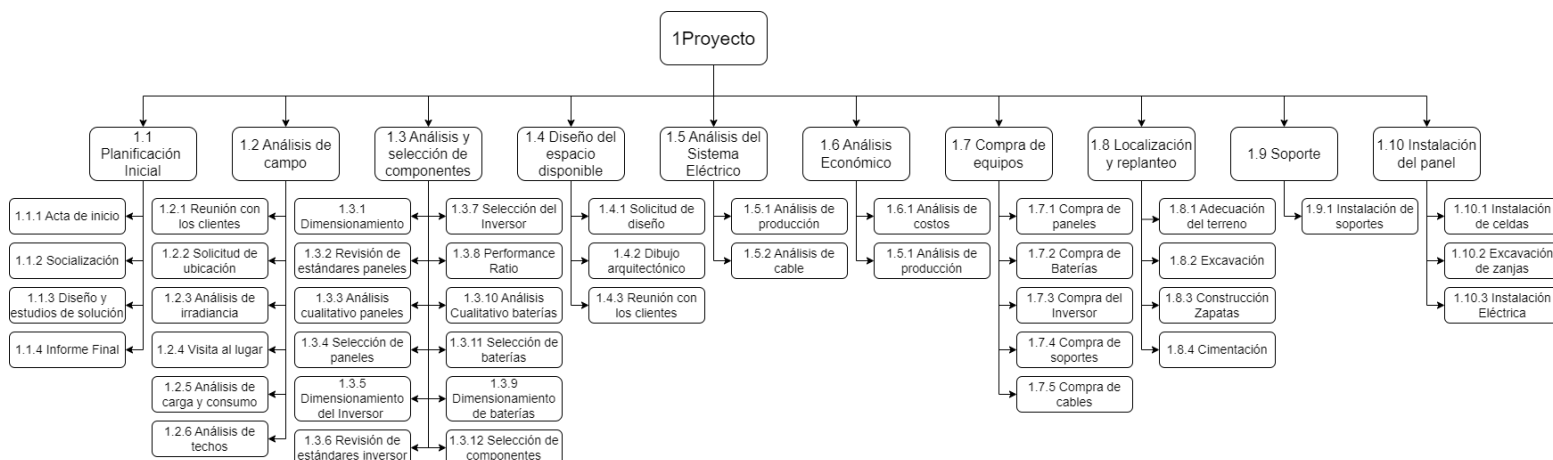


Figura 14. EDT del proyecto. Creación propia.

### 4.3.3 Gestión del cronograma

La gestión del cronograma busca asegurar que la instalación del sistema de generación y almacenamiento solar en una vivienda finalice de acuerdo con lo programado, cuantificar el tiempo que tarda cada actividad en realizarse, y la asignación de recursos a cada una de las actividades del proyecto.

#### 4.3.3.1 Secuenciar las actividades

Se realiza un proceso de secuenciar las actividades, teniendo como base la relación lógica entre cada una de las actividades, se conectan con al menos un predecesor y un sucesor. Se utilizó un diagrama de red en MS Project.

#### 4.3.3.2 Duración de las actividades

Para estimar la duración de las actividades, se debe establecer la cantidad de periodo de trabajo necesario para finalizar y esto es muy propio de cada sistema y lugar de instalación, pero en el cronograma se ve un estimado de la duración de cada una de las actividades, se puede estimar la cantidad de horas por panel como se observa en la sección 4.3.4.3, se procuró dejar un tiempo de holgura.

#### 4.3.3.3 Desarrollo del cronograma

Se tomó la EDT propuesta para el proyecto y se trasladó a la herramienta de MS Project, se realizó un análisis ordenado de las actividades, su ubicación, los recursos necesarios y sus restricciones para elaborar



el cronograma del proyecto. La propuesta se observa abajo en la tabla 32, para el diagrama de Gantt se puede visitar los anexos.

Tabla 32. Cronograma de ejemplo. Elaborado en MS Project.

EDT	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
<b>1</b>	<b>Instalación sistema de generación</b>	<b>94 días</b>	
1.1	Planificación Inicial	9 días	
1.1.1	Acta de Inicio	1 día	
1.1.2	Socialización	1 día	1.1.1
1.1.3	Diseño y estudios de solución	2 días	1.1.2
1.1.4	Informe Final	1 día	1.1.3
1.2	Análisis de campo	11 días	
1.2.1	Reunión con los clientes	1 día	1.1.4
1.2.2	Solicitud de ubicación del proyecto	1 día	1.1.4
1.2.3	Análisis de irradiancia	4 días	1.2.4
1.2.4	Visita al lugar	1 día	1.2.2
1.2.5	Análisis de carga y consumo	5 días	1.2.3
1.2.6	Análisis de techos	3 días	1.2.4
1.3	Análisis y selección de componentes	18 días	
1.3.1	Dimensionamiento de los paneles	4 días	1.2.3, 1.2.5
1.3.2	Revisión de estándares de los paneles	3 días	1.3.1
1.3.3	Análisis cualitativo de alternativas de los paneles	1 día	1.3.2
1.3.4	Selección de los paneles	0 días	1.3.3
1.3.5	Dimensionamiento del inversor	3 días	1.3.1
1.3.6	Revisión de los estándares del inversor	3 días	1.3.5
1.3.7	Selección del Inversor	0 días	1.3.6

<b>EDT</b>	<b>Nombre de tarea</b>	<b>Duración</b>	<b>Predecesoras</b>
1.3.8	Análisis de Razón de Desempeño (Performance Ratio)	1 día	1.3.7
1.3.9	Dimensionamiento de las baterías	4 días	1.3.8
1.3.10	Análisis cualitativo de las alternativas de baterías	3 días	1.3.9
1.3.11	Selección de las baterías	0 días	1.3.10
1.3.12	Selección del resto de componentes	8 días	1.3.11
1.4	Diseño del espacio disponible	17 días	
1.4.1	Solicitud de creación del diseño	0 días	1.3.11, 1.3.12
1.4.2	Dibujo arquitectónico del espacio	15 días	1.4.1
1.4.3	Reunión con los clientes	2 días	1.4.2
1.5	Análisis del Sistema Eléctrico	2 días	
1.5.1	Análisis de producción de energía eléctrica	2 días	1.4.3
1.5.2	Análisis de cable	1 día	1.4.3
1.6	Análisis Económico	9 días	
1.6.1	Análisis de costos	4 días	1.4.3
1.6.2	Análisis Financiero	3 días	1.6.1
1.6.3	Cálculo de VAN y TIR	0 días	1.6.1
1.6.4	Reunión con los clientes	2 días	1.6.3
1.7	Compra de equipos	30 días	
1.7.1	Compra de paneles	30 días	1.6.4
1.7.2	Compra de baterías	15 días	1.6.4
1.7.3	Compra del inversor	15 días	1.6.4
1.7.4	Compra de soportes de los paneles	15 días	1.6.4
1.7.5	Compra de cables eléctricos	10 días	1.6.4
1.8	Localización y replanteo	51 días	

EDT	Nombre de tarea	Duración	Predecesoras
1.8.1	Adecuación del terreno	10 días	1.7.1
1.8.2	Excavación para el soporte	3 días	1.8.1
1.8.3	Construcción de zapatas	33 días	1.8.2
1.8.4	Cimentación	5 días	1.8.3
1.9	Soporte	30 días	
1.9.1	Instalación de soportes	30 días	1.8.4
1.10	Instalación del panel	52 días	
1.10.1	Instalación de celdas solares	25 días	1.9.1
1.10.2	Excavación zanjas para cables	2 días	1.10.1
1.10.3	Instalación Eléctrica	25 días	1.10.2

#### 4.3.4 Gestión de los costos

Busca que el proyecto de la instalación del sistema de generación con paneles solares se lleve a cabo dentro del presupuesto asignado.

##### 4.3.4.1 Determinar el presupuesto

Para este caso al ser un caso abierto no se puede generar una tabulación, pero se puede avanzar a la sección 4.3.4.5 donde se muestra un caso. El desempeño de los costos del proyecto se medirá con respecto al presupuesto autorizado. Un desglose de costos se muestra en la tabla 33.

Tabla 33. Cuadro base de un presupuesto. Elaboración propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Transporte de los equipos	horas			
Técnico eléctrico	horas			
Ingeniero Eléctrico	horas			
Operadores	horas			
Maestro de obras	horas			

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Soldador	horas			
Director del proyecto	horas			
Secretaria	horas			
Paneles solares	Und			
Inversor	Und			
Baterías	Und			
Soportes	Und			
Bornes	Und			
Cables	m			
Imprevisto				
Total				

#### 4.3.4.2 Control de costos

El proceso de controlar los costos se encarga de supervisar el grado de ejecución del presupuesto del proyecto y controlar los cambios en

la línea a base del rendimiento del costo. El control de costos del proyecto incluye:

- Verificar que las solicitudes de cambio de costos sean aprobadas.
- Realizar la gestión de cambio de costos cuando se sucedan.
- Garantizar que los posibles sobre costos del proyecto se mantengan dentro de los límites aceptables.
- Realizar seguimiento a la variación de los costos.
- Prevenir que se aprueben variaciones del costo que no sean acorde al uso de los recursos.
- Mantener informados sobre los cambios a los actores interesados en el proyecto.

El control de costos es un proceso continuo y riguroso, del cual se entregarán informes a 30 de cada mes, que permitan evidenciar el avance en la ejecución del presupuesto y los costos del proyecto. Para ello se

aplicará el método de la revisión periódica, aplicando la técnica del valor ganado, el análisis de la variación del proyecto y el análisis de tendencias.

#### **4.3.5 Gestión de la calidad**

El plan de la calidad debe contener todos los recursos para realizar la supervisión y valoración de la instalación de paneles solares para una vivienda en Costa Rica, debe dar herramientas necesarias para la gestión de los recursos velando porque sean utilizados de manera eficiente y eficaz.

##### 4.3.5.1 Objetivos de la calidad en el proyecto

- Cumplir el presupuesto.
- Cumplir con los tiempos requeridos para el proyecto.
- Cumplir con todos los compromisos contractuales que garanticen una adecuada ejecución del proyecto.
- Garantizar que las especificaciones técnicas específicas de la instalación de los paneles solares se cumplan y se entreguen de acuerdo con el alcance acordado.
- Lograr la satisfacción de las partes interesadas.
- Apoyar el desarrollo del proyecto de acuerdo a las responsabilidades que se han asignado.
- Verificar condiciones y características de materiales para lograr que el proyecto sea terminado exitosamente y satisfaga a los interesados.

##### 4.3.5.2 Plan de calidad

La planificación del plan de calidad tiene como meta mejorar los procesos de la planificación, ejecución y cierre del proyecto, desarrollando métricas que indiquen el alcance, roles y responsabilidades de los participantes de las actividades. Utilizando rutas en común y actualizar todos los documentos pertinentes durante el transcurso del proyecto.

Tabla 34. Desarrollo del plan de calidad. Creación propia.

Nombre del proyecto	Código del proyecto
Instalación de sistema de generación distribuida con paneles solares en la localidad XXXXXX	XXXXXX
Contrato N°	XXXXXX
Objetivos del proyecto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cumplir con el presupuesto</li> <li>2. Cumplir con los tiempos requeridos para la realización del proyecto</li> <li>3. Garantizar que las especificaciones técnicas de los equipos se entreguen de acuerdo con el alcance acordado</li> <li>4. Lograr la satisfacción de los interesados</li> </ol>
Alcance del proyecto	Contempla la instalación de un sistema de generación distribuida con baterías para la vivienda, para que cumpla con el acceso de energía eléctrica que satisfaga las necesidades de consumo.
Gerente del proyecto	XXXXXXXX
Fecha de inicio	xx/xx/xx
Fecha de finalización	xx/xx/xx

#### 4.3.5.2.1 Política de calidad

En esta sección se describe como la estructura organizacional del proyecto, se compromete con sus cargos, responsabilidades y funciones acorde con su nivel de educación, experiencia, formación y habilidades. En siguiente la política de calidad:

*“El equipo del proyecto se compromete a gestionar la planeación, ejecución y control del mismo, en aras de velar por el cumplimiento oportuno del presupuesto, cronograma y calidad solicitada por los interesados para satisfacer sus necesidades y requerimientos. De igualmente se asume el compromiso de mejorar de modo continuo en sus procesos de gestión.”*

#### 4.3.5.2.2 Objetivos de la calidad

- Lograr que cada parte de los participantes del proyecto conozca el plan de la calidad y lo aplique.
- Documentar cómo se demostrará la conformidad con los requisitos de la calidad.

## 4.3.5.2.3 Control de la calidad

Tomando en cuenta los diferentes grupos de interés, las necesidades y expectativas y las acciones estratégicas. Se lleva a cabo los factores de calidad relevantes para el proyecto

Tabla 35. Control de calidad del proyecto. Creación propia.

<b>Característica de calidad métrica de calidad</b>	<b>Métrica</b>	<b>Método de medición</b>	<b>Frecuencia de medición</b>	<b>Frecuencia del reporte</b>	<b>Registro</b>	<b>Objetivo de la calidad</b>
Tiempo de ejecución	3.5 meses	Seguimiento del cronograma	Quincenal	Quincenal	Bitácoras	Ejecutar el proyecto en el tiempo establecido.
Especificaciones y dimensiones del panel solar	xxxW	Seguimiento con cronograma de especificaciones técnicas	Semana	Semanal	Bitácoras	Ejecutar el proyecto con las dimensiones específicas.
Presupuesto del proyecto	\$XXX	Seguimiento y control del flujo de caja del proyecto	Mensual	Mensual	Informe fiduciario	Ejecutar el proyecto con buen manejo de los recursos
Niveles de accidentalidad de la obra del proyecto	0	Seguimiento y control de los niveles de accidentalidad de la obra.	Semanal	Semanal	Bitácoras	Ejecutar el proyecto con el nivel de accidentalidad cero
Satisfacción de las partes interesadas	-	Seguimiento de encuesta de satisfacción, después de entregar el papel.	Semanal	Semanal	Informe de avance	Implementar una encuesta de satisfacción de la comunidad

## 4.3.5.3 Actividades de la calidad

En esta parte del Plan deben identificar a partir de los elementos de entrada y de las necesidades de las partes interesadas los requisitos del proyecto, además definir cómo se van a controlar, evaluar, medir y con qué registros se va a generar evidencia de que todo esto se ha realizado.

Tabla 36. Matriz de actividades de calidad. Creación propia.

Procesos del proyecto	Entregable del proceso	Estándar de calidad aplicable al entregable	Actividad de control o prevención	Responsables
Inicio	Acta de inicio del proyecto	Definición clara del alcance del proyecto y de fecha de inicio del proyecto	Reunión de apertura del proyecto -Revisión y Verificación de acta de inicio	Gerente del proyecto Ingeniero Eléctrico
Planeamiento	Plan de gestión del proyecto con planes subordinados	Formato plan de gestión del proyecto Formato plan de calidad	Revisión, verificación y aprobación	Ingeniero Eléctrico Maestro de obra Patrocinador Gerente del proyecto
Ejecución	Cantidades de obra con cumplimiento de tiempo y especificaciones técnicas	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Maestro de obras Patrocinador Gerente del proyecto
Realizar obras preliminares	De desmonte y limpieza del terreno; y descapote; localización y replanteo.	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de	Maestro de obras Ingeniero eléctrico Gerente del proyecto



<b>Procesos del proyecto</b>	<b>Entregable del proceso</b>	<b>Estándar de calidad aplicable al entregable</b>	<b>Actividad de control o prevención</b>	<b>Responsables</b>
			interventorías	
Realizar las excavaciones	Excavación mecánica y manuales	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Maestro de obras Ingeniero eléctrico Gerente del proyecto
Construcción de zapatas	Zapatas con el dimensionamiento	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Maestro de obra Ingeniero eléctrico Gerente del proyecto
Instalación de soportes	Instalación de soporte Fijadas en las zapatas con especificaciones técnicas	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Soldador Ingeniero eléctrico Gerente del proyecto
Instalación de panel solar	Montaje del panel solar, Instalación eléctrica	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Técnico eléctrico Maestro de obra Gerente del proyecto

<b>Procesos del proyecto</b>	<b>Entregable del proceso</b>	<b>Estándar de calidad aplicable al entregable</b>	<b>Actividad de control o prevención</b>	<b>Responsables</b>
Excavación zanjas para cables	Excavación de zanjas	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Operador Técnico eléctrico Gerente del proyecto
Instalación y conexión de baterías	Instalación y conexión de baterías	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Técnico eléctrico Maestro de obras Gerente del proyecto
Instalación y conexión regulador	Instalación y conexión regulador	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Técnico eléctrico Gerente del proyecto
Instalación de redes internas y conexión de electrodomésticos	Instalación de redes internas y conexión de electrodomésticos	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de avance con resultados de métricas Reuniones de interventorías	Técnico eléctrico Gerente del proyecto

Procesos del proyecto	Entregable del proceso	Estándar de calidad aplicable al entregable	Actividad de control o prevención	Responsables
Cierre	Obra terminada con cumplimiento de tiempo y especificaciones técnicas	Cumplimiento de métricas de calidad	Inspecciones de especificaciones Presentación de informes de cierre con resultados de métricas Reuniones de interventorías de liquidación	Ingeniero Eléctrico Maestro de obras Gerente del proyecto Patrocinador

#### 4.3.5.4 Otros procesos de gestión de calidad.

En esta sección se retratan el resto de los enfoques necesarios para completar el análisis.

- **Enfoque de aseguramiento del proyecto:** La revisión continua del plan de calidad permite reflejar el plan los cambios que se produzcan en los elementos de entrada y la incorporación de mejoras, teniendo en cuenta el protocolo que se defina para estas incorporaciones. Mediante un seguimiento y evaluación continua de evidencia sobre el avance y revisión de hitos de instalación de paneles solares. Dicho lo anterior debe contener las mediciones de las actividades de control de calidad, las cuales retroalimentan al proceso de aseguramiento. Así mismo el acompañamiento por parte de la interventoría proporciona vigilancia de la implementación y eficacia de los planes de la calidad del proyecto, además de visitas continuas del ingeniero residente.
- **Enfoque de control de calidad:** El equipo del proyecto debe actuar en consecuencia cuando se identifica una no conformidad, es decir, tomar medidas para controlar, corregir y hacer frente a todas las consecuencias que puede traer el incumplimiento de los requisitos. Si una no conformidad potencial es encontrada, el auditor o la persona que la reportó debe incluir toda la información sobre ella, como descripción, requerimiento que se incumple, área que debe corregir el problema, etc. Se debe incluir suficiente información para poder encontrar y confirmar la no conformidad potencial. Una acción preventiva es realizada para corregir las causas vitales de una posible no conformidad. Es necesario identificar muy bien las causas realizando un análisis sobre ellas. El gerente o director

del equipo de trabajo del proceso debe proponer un plan de acción para eliminar las causas de la no conformidad. Luego el plan de acción es enviado a todas las personas involucradas. Se deben ejecutar todas las actividades indicadas en el Plan de Acción. El dueño del proceso debe verificar que todas ellas sean realizadas de forma que contribuyan a la eliminación de la no conformidad. Así mismo el gerente debe confirmar la efectividad de la solución de la no conformidad, es importante verificar que los requerimientos se cumplan en su totalidad.

- Estrategias debe seguir para aplicar acciones de mejoramiento son:
  - Establecer objetivos.
  - Definir un período temporal concreto.
  - Documentar todos los procesos.
  - Que toda parte interesada se entere y entienda los objetivos.
  - Implementar resultados a un muestreo.
  - Análisis de resultados durante un periodo de tiempo definido, es decir, medir cuantitativa y cualitativamente resultados y realizar cambios porque en el análisis del proceso también puede haber cambios que no espera
- Gestión de lecciones aprendidas: La experiencia obtenida con la implementación del plan de calidad, debe ser apropiada y usada para futuros planes de calidad y en el sistema de gestión de calidad propio. Para la implementación del plan de calidad se deben tener en cuenta los siguientes ítems:
  - Distribución del plan de calidad: dar a conocer el plan de calidad a todas aquellas personas que se ven involucradas en su implementación.
  - Formación en el uso de los planes de calidad: es necesario que las personas que estén involucradas en la implementación del plan de calidad conozcan la forma de aplicar el plan de calidad y de ser necesario capacitarlos.

- Dar seguimiento a la conformidad con los planes de calidad: esto puede incluir la supervisión operativa de los acuerdos, revisión de hitos.

#### **4.3.6 Gestión de los recursos**

##### 4.3.6.1 Definición de roles y responsabilidades

Se definen los siguientes roles y responsabilidades dentro del equipo del proyecto

Patrocinador: Es el interesado en tener el proyecto instalado. A este se le deben dar informes periódicos del avance del proyecto y la calidad de los entregables, y este es la fuente del dinero, de forma directa o indirecta.

Gerente del proyecto: Es responsable de dirigir el equipo de dirección del proyecto, así mismo de establecer objetivos concretos y posibles de realizar, equilibra los requerimientos de calidad, alcance, tiempo, costo, recurso humano y adquisiciones.

Ingeniero Eléctrico: Ingeniero designado por el gerente del proyecto responsable de dirigir la ejecución de las instalaciones de los paneles solares conforme a lo establecido en las especificaciones técnicas.

Maestro de obras: Ingeniero designado por el ingeniero residente, es la persona encargada de las labores de construcción de zapatas además de estructuras en caso de ser necesarias.

Operador: Este rol tiene como función colaborar en las funciones básicas que involucren especialmente esfuerzo físico durante la ejecución.

Soldador: Es la persona encargada de instalar los soportes de los paneles bajo las condiciones de la ficha técnica.

Técnico eléctrico: Es la persona cuya principal función es la conexión de los paneles solares.

Dibujante: Técnico que se encarga del dibujo arquitectónico del proyecto.

##### 4.3.6.2 Matriz de Roles y responsabilidades

Con la matriz de asignación de responsabilidades RACI se establecen los roles y se siguen las siguientes categorías, R-Responsable, A-Aprueba el trabajo, C-Se debe consultar, I-Se debe informar.

Tabla 37. Matriz de roles y funciones. Creación propia.

		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e d e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o e l é c t r i c o	S o l i d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i d a d
Ítem	Actividad										
<b>1.1</b>	<b>Planificación Inicial</b>	A C	R								
1.1. 1	Acta de Inicio		A		R I						
1.1. 2	Socialización		A		R I						I
1.1. 3	Diseño y estudios de solución	A	A	R							I
1.1. 4	Informe Final	I	I	R	I	I	I	I	I	I	I
<b>1.2</b>	<b>Análisis de campo</b>										
1.2. 1	Reunión con los clientes	I	I	R	I				I		
1.2. 2	Solicitud de ubicación del proyecto		I	R							
1.2. 3	Análisis de irradiancia		A		R I						
1.2.	Visita al lugar	C I	R		R						C I

		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e d e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o e l é c t r i c o	S o l d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i d a d
4											
1.2. 5	Análisis de carga y consumo		A		R	I					
1.2. 6	Análisis de techos		A		I	I		R	I		
<b>1.3</b>	<b>Análisis y selección de componentes</b>										
1.3. 1	Dimensionamiento de los paneles		A		R	I					
1.3. 2	Revisión de estándares de los paneles		R		R	I					
1.3. 3	Análisis cualitativo de alternativas de paneles		R		C	I					
1.3. 4	Selección de los paneles	I	R		C	I		I	I		
1.3. 5	Dimensionamiento del Inversor		A		R	I					
1.3. 6	Revisión de los estándares del inversor		R		C	I					
1.3. 7	Selección del Inversor	I	R		C	I			I		

		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e d e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o e l é c t r i c o	S o l d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i d a d
1.3. 8	Análisis del Performance Ratio		A		R	I					
1.3. 9	Dimensionamiento de las baterías		A		R	C		I	I		
1.3. 10	Análisis cualitativo de las alternativas de baterías		R		C	I					
1.3. 11	Selección de las baterías	I	R		C	I		I	I		
1.3. 12	Selección del resto de componentes	I	A		R	C		I	I		
<b>1.4</b>	<b>Diseño del espacio disponible</b>										
1.4. 1	Solicitud de creación del diseño		R		I	I		I	I		
1.4. 2	Dibujo arquitectónico del espacio		A					I	R		
1.4. 3	Reunión con los clientes	A	I	R	I			I			
<b>1.5</b>	<b>Análisis del Sistema Eléctrico</b>										
1.5. 1	Análisis de producción de energía eléctrica		A		R	C					



		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e d e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o e l é c t r i c o	S o l d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i d a d
1.5. 2	Análisis de cable		A		R	C					
<b>1.6</b>	<b>Análisis Económico</b>										
1.6. 1	Análisis de costos		R		I			I			
1.6. 2	Análisis financiero	I	R		I			I			
1.6. 3	Cálculo de VAN y TIR	I	R		I			I			
1.6. 4	Reunión con los clientes	A	I	R	I			I			
<b>1.7</b>	<b>Compra de los equipos</b>										
1.7. 1	Compra de paneles	A	C	R	C						
1.7. 2	Compra de Baterías	A	C	R	C						
1.7. 3	Compra del Inversor	A	C	R	C						
1.7. 4	Compra de soporte de los paneles	A	C	R	C						

		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e d e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o e l é c t r i c o	S o l d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i d a d
1.7. 5	Compra de cables eléctricos	A	C	R	C						
<b>1.8</b>	<b>Localización y replanteo</b>										
1.8. 1	Adecuación del terreno	I	A					R		I	
1.8. 2	Excavación para el soporte	I	A					R		I	
1.8. 3	Construcción de zapatas	I	A					R		I	
1.8. 4	Cimentación	I	A					R		I	
<b>1.9</b>	<b>Soporte</b>										
1.9. 1	Instalación de soportes	I	A		A		R	A		I	
<b>1.10</b>	<b>Instalación del panel</b>										
1.10 .1	Instalación de celdas solares	I	A		A C	R		A			
1.10 .2	Excavación zanjas para cables	I	A		A C	R		A			
1.10	Instalación Eléctrica	I	A		A C	R		A			

		P a t r o c i n a d o r	G e r e n t e l p r o y e c t o	S e c r e t a r i a d o	I n g e n i e r o E l é c t r i c o	T é c n i c o l é c t r i c o	S o l d a d o r	M a e s t r o d e o b r a s	D i b u j a n t e	O p e r a d o r	C o m u n i c a d o
.3											

#### 4.3.7 Gestión de las comunicaciones

La planificación de las comunicaciones se lleva a cabo para informar al cliente y además que los participantes posean un orden en la ejecución del proyecto. Los tipos de reuniones que se utilizarán en el proyecto serán:

Tabla 38. Tipos de reuniones. Creación propia.

Reuniones	Objetivo
Reunión de interesados	Reporte a los interesados del proyecto
Reuniones extraordinarias	Subsanar eventualidades que surgen repentinamente.
Revisiones técnicas	Revisión de documentos que ameritan una decisión
Reunión de coordinación	Controlar el grado de avance del proyecto
Reuniones formativas	Implementar la productividad de los participantes
Reuniones colaborativas	Tratar los conflictos que surgen en el equipo para afianzar lazos

##### 4.3.7.1 Distribución de información

Las comunicaciones formales entre los grupos de interés del proyecto, se debe detallar las comunicaciones generadas mediante las herramientas que se mencionaron en la tabla anterior, y deben seguir las siguientes pautas:

- Se debe comenzar la reunión en el horario señalado, con una espera de 10 minutos antes de comenzar, a menos que estén todas las personas requeridas.
- Se debe enviar la agenda de forma previa con los temas a tratar, así como la fecha, hora y lugar de la reunión a todos los interesados.
- Se debe considerar y asignar los roles de los moderadores de la reunión e indicar los asistentes necesarios.
- Se debe emitir un acta de la reunión, la cual se debe enviar por correo a los participantes de la reunión. Los comentarios extras o preguntas tienen un día de plazo para ser respondidas luego de enviada el acta, luego de esto se da como aprobada el acta.

Se debe seguir el estatuto de la matriz de las comunicaciones

Tabla 39. Matriz de las comunicaciones. Creación propia.

<b>Información</b>	<b>Interesados</b>	<b>Metodología</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Emisor</b>
Inicio del proyecto	Patrocinador del proyecto	Información Digital	Una sola vez	Gerente del proyecto
Plan del proyecto	Equipo de trabajo	Información Digital	Una sola vez	Gerente del proyecto
Reporte de cronograma	Todos los Participantes	Información Digital	Quincenal	Gerente del proyecto
Acta de reuniones	Equipo de trabajo / Patrocinador del proyecto	Información Digital	Cada vez que amerite	Gerente del proyecto
Informes de avance	Equipo de trabajo	Información Digital	Mensual	Gerente del proyecto
Solicitud de cambio	Equipo de trabajo	Información Digital /	Cada vez que amerite	Ingeniero a cargo

Información	Interesados	Metodología	Frecuencia	Emisor
		Telefónica		
Programa y solicitud de compra de insumos	Equipo de trabajo	Información Digital	Cada inicio de fase	Equipo de trabajo
Contrato de proveedores	Equipo de trabajo	Información Digital	Cada inicio de fase	Equipo de trabajo
Reporte de accidentes	Equipo de trabajo	Información Digital / Telefónica	Cada vez que amerite	Gerente del proyecto
Documento de cierre	Equipo de trabajo	Información Digital	Una sola vez	Gerente del proyecto

#### 4.3.7.2 Tipos de canales

Para lograr las metas y objetivos del proyecto, se proponen los canales de comunicación, que permiten ofrecer una estructura clara de la comunicación para el desarrollo del proyecto, los canales se muestran en la tabla 40.

Tabla 40. Canales de información. Creación propia.

Tipo	Canal
Oral	Comité: Permite realizar reuniones de carácter técnico
	Telefonía Móvil: Permite dar o consultar información necesaria para el proyecto
Escrita	Correspondencia: Permite aprobar y sellar de manera física los documentos requeridos para la ejecución del proyecto.
Digital	Correo electrónico: Funciona para enviar información de manera oportuna a los diferentes interesados del proyecto
	Nube digital: Permite a los diferentes participantes interactuar directamente con documentos de manera simultánea y real, además de poder plantear una jerarquía de permisos.
	Chat móvil: Permite realizar consultas o enviar información de manera instantánea sobre el proyecto. Es un canal alternativo para información o

Tipo	Canal
	consultas.

#### 4.3.8 Gestión de riesgos

Para el análisis de desarrollo de la gestión de riesgos, se debe realizar una estructura de desglose de riesgos RBS, la planteada para este tipo de proyectos se puede observar en la figura 12.

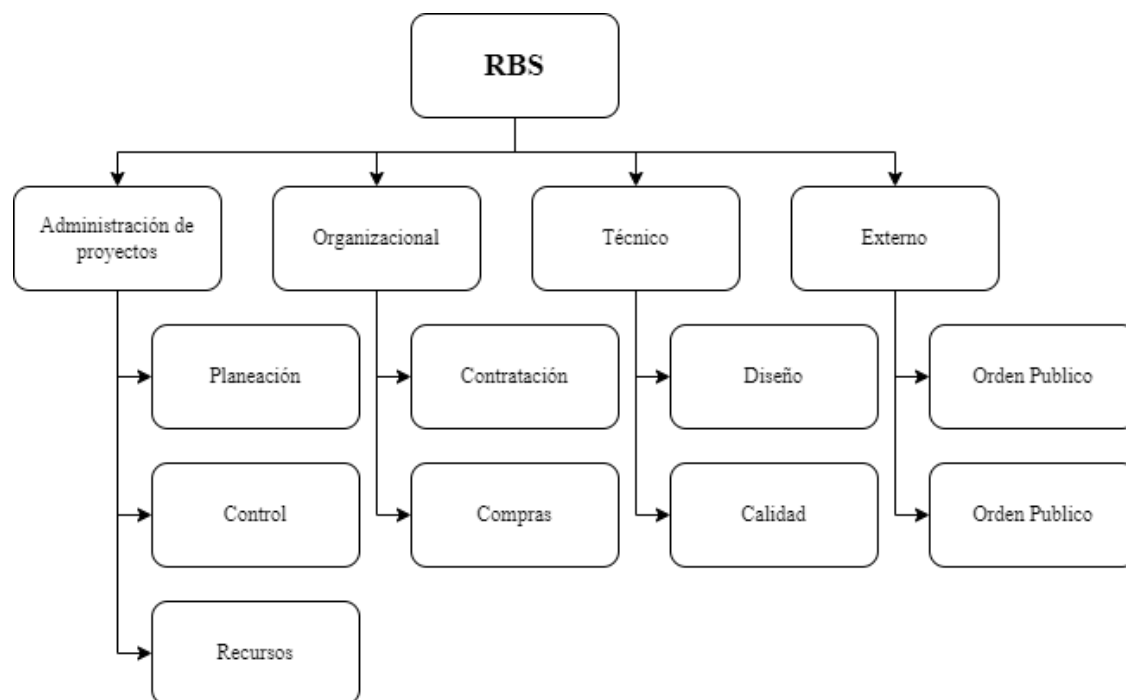


Figura 15. Estructura de desglose de riesgos para el proyecto. Creación propia.

##### 4.3.8.1 Análisis cualitativo de riesgos

Algunos de los riesgos que puede proveer este tipo de proyectos se formulan en la tabla 41. Estos no deben tomarse como los definitivos, pero sí como una base del planteamiento.

Tabla 41. Riesgos del proyecto. Elaboración propia.

ID	Riesgo	Impacto	Probabilidad	Exposición
R01	Personal no capacitado para la utilización de nuevas tecnologías.	20%	80%	16%

ID	Riesgo	Impacto	Probabilidad	Exposición
R02	Problemas entre los integrantes del grupo de desarrollo.	20%	50%	10%
R03	Robo de los equipos adquiridos para la ejecución del proyecto.	20%	10%	2%
R04	Pérdidas del personal clave.	50%	30%	15%
R05	Miembros del equipo motivados para el desarrollo del proyecto.	80%	50%	40%
R06	Demoras en los servicios de soporte de parte de los proveedores	50%	30%	15%
R07	Resistencia al cambio por parte del personal.	30%	80%	24%
R08	Las herramientas para la implementación no se encuentran disponibles.	30%	50%	15%
R09	Recortes de presupuesto al proyecto	50%	50%	25%
R10	Incumplimiento con la entrega de los equipos	80%	30%	24%
R11	Incumplimiento de las características de los equipos	50%	30%	15%
R12	Capacitación no satisfecha al personal encargado.	10%	30%	3%
R13	Equipos defectuosos.	50%	50%	25%
R14	Cambio de tecnología por parte del proveedor.	80%	10%	8%
R15	Retrasos en las obras por permisos.	50%	10%	5%
R16	Aumento del precio de los equipos.	80%	30%	24%
R17	Cambios en los requerimientos.	50%	30%	15%
R18	Modificación del cronograma.	50%	50%	25%
R19	Daño de la propiedad del cliente.	50%	40%	20%

Se debe ejecutar una valoración del impacto contra la probabilidad, este es análisis cualitativo de riesgos.

Se asignó una valoración cualitativa, y su respectivo valor numérico equivalente al impacto y la probabilidad de ocurrencia de cada uno de los riesgos identificados previamente.

Tabla 42. Condiciones de impacto de los riesgos del proyecto. Creación propia

Escala	Definición
Alto	El entregable no es posible su utilización o rescate. Aumento en los costos mayor al 40%, afectación del cronograma mayor al 20%
Medio	Existen áreas afectadas, aumento de los costos de entre un 10% al 20%, afectación del cronograma entre un 5% al 10%
Bajo	El alcance no se ve muy afectado. Aumento de los costos menor al 10%, afectación del cronograma menor al 5%

La matriz de impacto para entender el análisis cualitativo se puede observar en la tabla 43.

Tabla 43. Matriz de impacto versus probabilidad. Creación propia.

Impacto					
Probabilidad	Muy bajo 5%	Bajo 10%	Moderado 20%	Alto 40%	Muy alto 80%
90%	4.50%	9.00%	18.00%	36.00%	72.00%
70%	3.50%	7.00%	14.00%	28.00%	56.00%
50%	2.50%	5.00%	10.00%	20.00%	40.00%
30%	1.50%	3.00%	6.00%	12.00%	24.00%
10%	0.50%	1.00%	2.00%	4.00%	8.00%

#### 4.3.8.2 Respuesta a los riesgos

Para el plan de respuesta se utilizó la estrategia para los riesgos identificados como de alta prioridad, que pueden generar desacuerdos contractuales. Las estrategias ante los riesgos son las siguientes.

- Aceptar: No se debe realizar nada para este riesgo
- Tratar: El riesgo se trata de forma leve, solo se debe dejar por escrito que se va a realizar.
- Evitar: Cambiar el plan estratégico.
- Transferir: Trasladar el riesgo a un subcontrato.
- Mitigar: Reducir la probabilidad o impacto.

Según su impacto los riesgos se deben categorizar según lo propuesto en lo anterior, para esto se puede seguir la tabla 44.



Tabla 44. Categorización de los riesgos según su impacto. Elaboración Propia.

Puntaje	Prioridad	Estrategia
0-3%	Muy baja	Aceptación
3-5%	Baja	Tratar
5-20%	Media	Mitigar
20-40%	Alta	Transferir
40-72%	Muy alta	Evitar

#### 4.3.8.3 Monitoreo y control

Para el seguimiento y control de riesgo se realizan los siguientes procesos:

- Identificar, analizar y planificar riesgos.
- Realizar el seguimiento de los riesgos identificados y los que se encuentran en la lista de supervisión.
- Volver a analizar los riesgos existentes.
- Realizar la ejecución de las respuestas a los riesgos mientras se evalúa su efectividad.

Para identificar nuevos riesgos se realizan comités quincenales, con el fin de determinar que puede afectar al proyecto y documentar sus características. Un registro de riesgo debe contener:

- Lista de posibles riesgos.
- Sus causas.
- Posibles respuestas.
- Actualización de las categorías de riesgos.

#### 4.3.8.4 Análisis cuantitativo del riesgo

El análisis cuantitativo muestra los riesgos, estimando y lo planeado que se han tomado en el proyecto, esta información arroja resultados de análisis global, que puede ser evaluado para la verificación de probabilidades de los riesgos de manera individual a cada ítem o actividad dentro del proyecto y así mismo

tomar estimación de cada uno de ellos. En este caso no es posible generarlo ya que no hay costos para el proyecto, ya que es propio de cada proyecto.

#### 4.3.8.5 Respuesta a los riesgos

Según el análisis se plantea la respuesta en la tabla 45.

Tabla 45. Respuesta a los diferentes riesgos. Elaboración propia.

ID	Riesgo	Acción
R01	Personal no capacitado para la utilización de nuevas tecnologías.	Aceptar el riesgo: Capacitar y/o brindar tutoriales al personal acerca de la utilización de la maquinaria y equipos.
R02	Problemas entre los integrantes del grupo de desarrollo.	Mitigar Impacto: Emplear técnicas de diálogo para resolver conflictos entre los miembros. Además de promover un buen clima organizacional.
R03	Robo de los equipos adquiridos para la ejecución del proyecto.	Mitigar Probabilidad: A través de inventarios diarios, e instalando un sistema de vigilancia
R04	Pérdidas del personal clave.	Mitigar Probabilidad: A través de inventarios semanales, e instalando cámaras de vigilancia: que el personal asignado a un proyecto se ha retirado sin antes haber culminado el proyecto
R05	Miembros del equipo motivados para el desarrollo del proyecto.	Aumentar: Usar métodos de motivaciones para la participación eficiente de los miembros de desarrollo.
R06	Demoras en los servicios de soporte de parte de los proveedores	Mitigar: Hacer un análisis y paralelo de las diferentes opciones en cuanto a ese servicio que brinda un proveedor de las tecnologías utilizadas para el sistema.
R07	Resistencia al cambio por parte del personal.	Mitigar: Ofrecer capacitaciones a los empleados para que no tengan miedo al cambio.
R08	Las herramientas para la implementación no se encuentran disponibles.	Mitigar: verificar con la empresa que las herramientas necesarias ya están habilitadas para comenzar con el proyecto.
R09	Recortes de presupuesto al proyecto	Mitigar: tener un auxilio a la mano para dar solución en caso de que haya problemas de falta de capital para el proyecto.
R10	Incumplimiento con la entrega de los equipos	Mitigar Probabilidad: A través de cláusulas establecidas en la licitación, aplicando penalidades de acuerdo con las bases.

ID	Riesgo	Acción
R11	Incumplimiento de las características de los equipos	Mitigar Probabilidad: A través de una lista bien detallada y con las normas y estándares requeridos
R12	Capacitación no satisfecha al personal encargado.	Mitigar Probabilidad: A través de un personal capacitado y con capacidad profesional para saber llegar al personal.
R13	Equipos defectuosos.	Mitigar Probabilidad: A través de pruebas antes de su instalación
R14	Cambio de tecnología por parte del proveedor.	Mitigar Probabilidad: A través de la lista de requerimientos y describiendo que solo dichos equipos serán usados en el proyecto.
R15	Retrasos en las obras por permisos.	Mitigar Probabilidad: A través de un informe describiendo los beneficios que será implementar dicho proyecto.
R16	Aumento del precio de los equipos.	Mitigar: Renegociar precios y/o exigir respeto a cotizaciones pasadas.
R17	Cambios en los requerimientos.	Mitigar Probabilidad: A través de un listado de todos los requerimientos y coordinación.
R18	Modificación del cronograma.	Mitigar Probabilidad: A través de la buena comunicación con el proveedor e incentivación de todo el personal involucrado
R19	Daño de la propiedad del cliente.	Mitigar: Mapear la zona antes de la instalación de cualquier equipo, además crear contrato sobre los bienes.

#### 4.3.9 Gestión de las adquisiciones

Los procesos necesarios para el plan de gestión de las adquisiciones se muestran abajo. Esta es una guía útil para los procesos de planificación y el control de adquisiciones.

4.3.9.1 Generar un resumen de todos los equipos necesarios a comprar: Resumen de generalidades, y lista de todos los equipos necesarios. Algunos de los materiales fijos que se precisan se pueden observar en la tabla 46.

Tabla 46. Materiales por adquirir con diferentes proveedores. Elaboración propia.

Material	Descripción	Proveedor
----------	-------------	-----------

Paneles solares.	Indicar marca, número de parte, dimensiones en metros, pero en kilogramos, voltaje y potencia suministrada.	Información del proveedor, número de teléfono, nombre de la empresa, correo electrónico, otros (Redes Sociales) etc.
Baterías	Indicar marca, número de parte, dimensiones, peso y potencia máxima.	Información del proveedor, número de teléfono, nombre de la empresa, correo electrónico, otros (Redes Sociales) etc.
Inversor	Indicar marca, número de parte, dimensiones, peso y potencia pico.	Información del proveedor, número de teléfono, nombre de la empresa, correo electrónico, otros (Redes Sociales) etc.
Bornes	Debe indicar, el tipo de conexión, marca, número de parte y tipo de material.	Información del proveedor, número de teléfono, nombre de la empresa, correo electrónico, otros (Redes Sociales) etc.
Cables	Cables para instalar entre la matriz y las baterías. Se debe justificar con cálculos la ampacidad. Con base en Tablas recomienda cable de tipo THWN de calibre según corresponda.	Información del proveedor, número de teléfono, nombre de la empresa, correo electrónico, otros (Redes Sociales) etc.

4.3.9.2 Identificar y clasificar los proveedores asociados al proyecto: Se debe tener un documento que indique que servicio ofrece el proveedor. Se puede utilizar la siguiente tabla 47 de ejemplo.

Tabla 47. Identificación de los proveedores. Elaboración propia.

Proveedor	Centro de Distribución	Insumos Solicitados	Materiales Solicitados	Tiempo de entrega	Servicios que presta	Tiempo de anticipación
Nombre de	Dirección de	Descripción	Cantidad de	Tiempo de	Indicar, si	Días antes

la empresa o persona.	entrega de los diferentes insumos.	n de la solicitud hecha.	materiales, que se solicitan.	entrega del material.	entrega en la obra, si brinda la instalación o puesta en marcha.	donde se debe enviar el recordatorio al proveedor.
-----------------------	------------------------------------	--------------------------	-------------------------------	-----------------------	--	--

Además de esto se recomienda asociar el nombre del proveedor con respecto al material que entrega. Esto con el fin de realizar un proceso de evaluación y selección de proveedores, y ver si es conveniente por la cantidad de materiales que ofrecen. Se debe marcar con una “X” qué tipo de material pueden entregar.

Tabla 48. Agrupación de proveedores por materiales. Elaboración propia.

Proveedor	Paneles	Inversor	Baterías	Bornes	Cables
Proveedor 1	x	x			
Proveedor 2	x	x	x		
Proveedor 3	x			x	x
Total, Proveedores	3	2	1	1	1

4.3.9.3 Evaluación y valoración de los proveedores: Se deben utilizar criterios como el costo de compra, calidad del producto, servicio de entrega, confiabilidad de entrega, administración y tecnología, dando un puntaje entre 0 y 1, según lo amerite la situación, La tabla 49 muestra un ejemplo de cómo formular la matriz de información.

Tabla 49. Matriz de información de los proveedores. Elaboración Propia

Material	Proveedor	costo compra	calidad producto	servicio entrega	confiabilidad entrega	administración	tecnología
Paneles Solares	Proveedor 1	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 2	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje

Inversores	Proveedor 1	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 2	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 3	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
Baterías	Proveedor 1	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 2	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
Bornes	Proveedor 1	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 2	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
Cables	Proveedor 1	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 2	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje
	Proveedor 3	moneda	porcentaje	días	horas	porcentaje	puntaje

Con esta tabla comparativa se deben dar los puntajes, según la mejor oferta se da el puntaje. El desglose de los niveles de importancia se puede observar en la tabla 50.

Tabla 50. Criterios de importancia de los proveedores. Elaboración propia.

<b>Importancia de criterios</b>	
Costo de compra	17%
Calidad del producto	28%
Servicio de entrega	13%
Tecnología	12%
Confiabilidad de entrega	25%
Administración	5%

Con esto se puede escoger los proveedores finales, utilizando los criterios y tablas para pasar a la última etapa del informe final.

4.3.9.4 Informe final de los proveedores: Determinación de todos los proveedores, cuál equipo deben proveer, la cantidad requerida, el tiempo de entrega el costo unitario y total. Una vez entregado el material se debe firmar el Acta de aceptación, esta se puede observar en la tabla 51.

Tabla 51. Acta de aceptación. Elaboración propia.

<b>Acta de recepción y aceptación</b>	
Fecha: ____ Lugar: ____ Horas: ____	Orden de compra: _____
Hoja de Ruta: _____	Orden de Servicio: _____
Nota de adjudicación: _____	
Entrega de _____	Conformidad: _____
Se certifica que se recibieron la totalidad de los elementos según los términos estipulados.	
Aprobación: _____	Firma del Gerente: _____

#### **4.3.10 Gestión de los interesados**

##### 4.3.10.1 Registro de interesados

Se estableció un registro inicial de los interesados. Para la identificación se describen las entradas que pueden poseer cada uno de los interesados.

- **Interés del proyecto:** Se centra en los objetivos que el interesado persigue tras el desarrollo del proyecto.
- **Grado de influencia:** Niveles cualitativos para evaluar el grado de influencia en los interesados que se presenten en el desarrollo del proyecto de construcción.
  - **Influencia baja:** Es un grado de influencia que se le asignará a aquellos interesados cuyo poder e interés en el proyecto son bajos, los cuales basta con solamente monitorearlos o en ocasiones cuando se requiera.
  - **Influencia media:** Este grado de influencia se les asignará a aquellos interesados cuyo poder e interés en el proyecto presentan una combinación de Alto-Bajo o viceversa; a estos

interesados se le debe mantener informados en forma general del avance y estado general del proyecto, así mismo el equipo de dirección del proyecto deberá mantener un grado de importante de satisfacción.

- Influencia Alta: Este grado de influencia se les asignará a aquellos interesados cuyo poder e interés en el proyecto son alto, el tratamiento de este tipo de interesados debe ser liderado personalmente por el gerente del proyecto y se les hace un seguimiento muy cercano informando periódicamente y de manera formal.
- Influencia Neutra: Este tipo de influencia es para los interesados que no demuestran mayor interés por contribuir en el desarrollo de actividades del proyecto.
- Influencia Negativa: Este tipo de influencia para aquellos interesados que buscan entorpecer el correcto desarrollo de las actividades del proyecto.
- Estrategia: Este punto varía dependiendo de la situación de cada uno de los interesados, el equipo de dirección del proyecto en cabeza del gerente del proyecto deberá formular estrategia con el objetivo de ganar soporte y reducir los obstáculos.
- Responsable de gestión: Para cada interesado se deberá seleccionar en el proyecto a un cargo o rol específico encargado de gestionar el trabajo, poder e influencia de un interesado en particular.

#### 4.3.10.2 Compromisos

Con esta información se genera la matriz de gestión de los interesados, la cual se muestra en la tabla 52.



Tabla 52. Matriz de gestión de los interesados. Creación propia.

Interesados	Interés del proyecto	Compromiso					Influencia	Interés	Estrategia	Tipo de Influencia
		D e s c o n o c e	R e t e n e	N e u t r o	A p o y a	L í d e r				
A: Patrocinador	Que el proyecto sea finalizado exitosamente dentro del presupuesto.				X		8	2	Informar	Alta
B: Gerente del proyecto	La planeación, ejecución, control del proyecto está a su cargo, deben cumplir con los requerimientos enunciados por el supervisor cumpliendo con el cronograma, el presupuesto y la calidad					X	7	7	Gestionar	Alta
C: Participantes	Apoyar en el desarrollo del proyecto de acuerdo con las asignaciones.				X		6	5	Gestionar	Media
D: Proveedores	Cumplir con los compromisos contractuales del suministro de materiales, equipos o servicios			X			2.5	3	Monitorear	Baja
E: Comunidad	Que su entorno no sea afectado de forma negativa por la ejecución del proyecto			X			4	6	Mantener satisfecho	Media

#### 4.4 Programa de capacitación

Esta sección se basa en el documento de Lozano J. (2008) el cual es una guía para la elaboración de programas de capacitación. Es importante contar con un plan de capacitación de la guía, el cual permita el

fortalecimiento de las necesidades de formación, actualización y comprensión de esta. Todo lo anterior para brindar un servicio de calidad a los clientes.

#### **4.4.1 Antecedentes**

##### 4.4.1.1 Población

En esta sección se describe la población que se somete a la capacitación, los participantes del proyecto deben llevar esta capacitación.

- Número de trabajadores: Máximo de 20 personas
- Tipo de instrucción: Grupal
- Características de los participantes
  - Edad: 25 - 40 años
  - Escolaridad: Universidad Completa.
  - Experiencia Laboral: No necesaria.

#### **4.4.2 Objetivo del programa**

Proporcionar al personal participante las herramientas necesarias para la formación, actualización profesional y capacitación complementaria para el mejor desempeño de sus funciones y cumplir con la calidad requerida para los entregables del proyecto.

#### **4.4.3 Estructuración de contenidos**

Los contenidos son los conocimientos, habilidades y aptitudes que se desea que el estudiante domine. Los contenidos son los siguientes:

- Conceptos básicos sobre la administración de proyectos.
- Energía solar fotovoltaica y su funcionamiento
- Componentes de un sistema de generación fotovoltaica.
- Tipos de sistemas de generación fotovoltaica.
- Uso de bases de datos NASA

#### 4.4.4 Diseño de actividades

##### 4.4.4.1 Conceptos básicos de la administración de proyectos

Se debe dar charla de introducción para la administración de proyectos, y la importancia en proyectos de este tipo, además se debe pasar por cada una de las áreas de conocimiento.

- Gestión de integración
- Gestión del alcance
- Gestión del cronograma
- Gestión de los costos
- Gestión de la calidad
- Gestión de los recursos
- Gestión de las comunicaciones
- Gestión de riesgos
- Gestión de las adquisiciones
- Gestión de los interesados

Además, repasar los conceptos prioritarios de la gestión de los costos, tomando en prioridad el cálculo de la VAR y la TIR.

##### 4.4.4.2 Energía solar fotovoltaica

En esta sección preliminar, se busca una base teórica de las energías renovables, este apartado es solamente teórico, en el cual se realizan trabajos de investigación, y se dará con soporte en plataformas informáticas.

El trabajo para realizar para esta etapa es:

1. Muestra de nuevos artículos sobre el auge de la energía solar fotovoltaica, y un contraste con la energía generada tradicionalmente.
2. Muestra de datos de la producción de electricidad en Costa Rica, donde se muestran de forma gráfica las distintas fuentes de producción energética a través de los años (térmica, fotovoltaica, hidráulica, etc.) con cifras de al menos los últimos 20 años.

3. Conceptos sobre la energía solar, se deben ver conceptos como:
  - a. Energía
    - i. Energía Eléctrica
    - ii. Energía Solar
    - iii. Energía Solar fotovoltaica
  - b. Inclinación y Orientación de los módulos fotovoltaicos
  - c. Hora solar pico
  - d. Radiación solar
    - i. Radiación reflejada
    - ii. Radiación directa
    - iii. Radiación difusa
  - e. Afectación de las diferentes estaciones
  - f. Unidades de medida
4. Por último, se debe hacer un recuento de la normativa vigente en el país, tanto la POASEN, MINAE y NEC.

#### 4.4.4.3 Bases de datos

Es vital la utilización de las bases de datos para realizar los cálculos aproximados de generación. Las opciones por utilizar son PVGIS, este se puede visitar en el siguiente enlace [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/) y bases de datos de la NASA. Se debe comprender los siguientes aspectos

1. Llegada a la herramienta web, y familiarización con el sistema.
2. Búsqueda en el mapa de la localidad actual, o del proyecto en cuestión, con latitud y longitud.
3. Extracción de datos de irradiancia.
4. Ordenamiento y análisis de datos

#### 4.4.4.4 Componentes de un sistema de generación fotovoltaica

Se debe dar una explicación de los diferentes componentes que forman el sistema de generación. Para esto debe darse un instructivo de su conexión, uso, características y diferentes tecnologías.

- Batería
- Panel fotovoltaico
- Inversor
- Regulador
- Protecciones

#### **4.4.5 Selección de recursos**

Los recursos por utilizar para la ejecución del programa son las diapositivas. Esto principalmente para poder hacer un cambio siempre que se requiera, de un entrenamiento virtual a uno presencial. Algunas de las características son las siguientes:

- Se logran resumir los diferentes temas y compactar la información.
- Se pueden ilustrar ideas y acontecimientos con recurso fotográfico.
- Se debe precisar un proyector para las clases presenciales.

Se debe seguir los siguientes lineamientos que comparte Lozano J. (2008).

- Adaptar los objetivos a cada parte de la presentación.
- Diseñar bien cada una de las diapositivas
- Dar comentarios apropiados y vivencias de proyectos anteriores (siempre que se pueda).
- Definir una secuencia para cada una de las secciones.

Para la capacitación, se precisa de un espacio acondicionado, por ende, es necesario que se tengan lo siguientes puntos:

- Aula con capacidad suficiente, con mesas y sillas individuales.
- Dispositivo de proyección.
- Conexión a internet.
- Computador para cada uno de los participantes.

## 5 Conclusiones

- 5.1** Se logran identificar las normativas pertinentes a la generación distribuida en paneles solares, además de añadir posibles cambios con la justificación de expertos. La normativa que rige la instalación de paneles eléctricos es amplia y se logra sintetizar en el presente trabajo, para la ejecución de este tipo de proyectos es vital tener esta de forma clara para el éxito de este, además se añaden las perspectivas de tres expertos sobre el futuro de estas y como es posible mejorar, para promover la utilización de estas tecnologías. Por último se distingue que el régimen contractual para la conexión y operación de la generación distribuida para autoconsumo es la Medición Neta Sencilla, la cual al analizar tiende a favorecer un poco más a la empresa distribuidora antes que al cliente, con la limitación en el porcentaje de consumo, venta de excedentes y de usuarios conectados a la red ya que entre los requisitos necesarios para solicitar la conexión de un sistema de generación distribuida se debe cancelar un monto por estudio de factibilidad, el cual si fuese negativo no se le devuelve al cliente el dinero y esto implica una mayor inversión la cual no es tan fácil de ser absorbida por un cliente que busca una vivienda y el cual solo es solicitado en pocos países de Latinoamérica.
- 5.2** Se logra realizar un estudio de prefactibilidad con varias etapas y a partir de este, específicamente en el análisis de costo y análisis financiero se determina que no es una inversión atractiva económicamente, mayoritariamente por los altos costos de las baterías. Con información estimada o un historial estadístico es posible establecer una demanda eléctrica de una vivienda de 8.5 kW de potencia, lo cual ayuda que la planificación del proyecto sea un éxito. Además, se demuestra que una vivienda con este sistema puede volverse más verde con la disminución de la huella de carbono, pero para Costa Rica este no es un impacto significativo, ya que la matriz energética del país es más del 99% generada con energías renovables.
- 5.3** Se logra aplicar la metodología de gestión de proyectos, definiendo procesos destacados y comunes en los proyectos de instalación de paneles solares. A esta se integran los procesos de comunicación entre la parte interesada y el personal de ejecución para facilitar el intercambio de información

necesaria, de forma que produzca a tiempo y de manera adecuada la generación, almacenamiento y última disposición. También se definen las métricas y políticas de calidad relacionados con el tiempo costo y características del producto para satisfacer a los usuarios beneficiados con la realización del proyecto.

- 5.4** Se Elaboró un plan de capacitación para el uso del guía basado en la guía para elaboración de capacitaciones de Lozano (2008), con grupos pequeños de 20 personas que proporcione al personal las herramientas necesarias para el desempeño de las funciones enfocadas a proyectos que utilicen paneles solares.

## **6 Recomendaciones**

- 6.1** Se recomienda a la empresa que pretende utilizar la guía siempre estar en tanto de las normativas ya que estas constantemente cambian a necesidad de los usuarios y proveedores, además de estar al tanto de posibles cambios a futuro de estas, que puedan beneficiar el proyecto y sus costos. Además, se recomienda una reunión con el ingeniero eléctrico a cargo para la revisión de la normativa de la instalación, por si quedan puntos sin claridad se recomienda considerar el juicio de expertos externos con más experiencia.
- 6.2** Se recomienda a la empresa ROCA explorar la alternativa de la utilización de paneles solares sin baterías, conectada a la red, se debe tomar en cuenta que los diferentes distribuidores tienen métodos de compra de energía, además que limitan la capacidad instalada para la generación con paneles solares. Ya que las baterías son el mayor factor del precio de los dispositivos a utilizar y existe la opción de prescindir de ellas, pero con el limitante siempre depender del distribuidor de energía eléctrica. Por ende, se recomienda siempre comunicar al cliente que, aunque sea de día y el sistema esté funcionando si la red pierde energía la edificación también lo hará.
- 6.3** Se recomienda a empresa ROCA siempre poseer planificación utilizando las diferentes metodologías de gestión de proyectos, y prestar mayor atención al enfoque predictivo ya que este embona

naturalmente con la mayoría de los proyectos de construcción. Es esencial que la metodología esté acompañada de un sistema de información sólido que permita capturar la información de ingeniería de diseño del proyecto, la ejecución y la actualización de los trabajos ejecutados. Además, se recomienda siempre realizar un estudio de la estructura del techo donde se colocará el sistema, para asegurar que la estructura soporta el peso del sistema de generación fotovoltaica.

- 6.4** Se recomienda a el realizador de la capacitación seguir los pasos y restricciones planteadas, ya que están enfocados a explicar la guía de una manera amena y que sea comprensible para los usuarios. Además de realizar las pruebas para cerciorarse que todos los contenidos fueron entendidos de la mejor manera.



## 7 Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y/o sostenible

El concepto de desarrollo regenerativo va más allá de la sostenibilidad al implicar una ingeniería reconstructiva y un proceso de maduración de nuestra propia especie para ser miembros responsables de la comunidad de la vida.

La humanidad ha puesto a la comunidad de la vida al borde del sexto período de gran extinción de la vida en la Tierra, revertir esta tendencia y crear un mundo más saludable, implica trabajar de manera regenerativa con el potencial inherente de los sistemas vivos, el humano y el resto de la naturaleza, para desarrollar niveles más altos de sinergia, simbiosis y colaboración.

El presente proyecto parte de este concepto, con sus diferentes objetivos. Su objetivo principal está ligado de forma indirecta. Ya que la utilización de este tipo de tecnología y el aprovechamiento de energías alternativas ayudan a la disminución del dióxido de carbono y del campo utilizado. de esta misma forma está involucrado el objetivo 4 y 5. Por su parte el 4 busca justificar la utilización desde un plano meramente financiero, para que cada proyecto nuevo pueda analizar esta posibilidad. Y por otro lado el último objetivo va de la mano con el principal para la generación de energía verde.

. Se añade una tabla 53 del análisis P5 para el proyecto como tal.

Tabla 53. Resumen análisis P5. Creación propia.

<b>Dominio P5</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
<b>Producto</b>	Vida útil	Los componentes como tal presentan una vida útil de entre 25 a 30 años. El presente proyecto al ser un planteamiento dependerá de las nuevas tecnologías emergentes y cómo estas se acoplan a este diseño.
	Mantenimiento del producto	El entregable es de fácil mantenimiento, pero en muchos casos el lugar de instalación es de difícil acceso.
<b>Proceso</b>	Eficacia de los procesos del proyecto	Se debe procurar entregar a tiempo y que los procesos tengan un cometido justificable

<b>Dominio P5</b>	<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>
	Eficiencia de los procesos del proyecto	Se debe procurar poseer un plan de eficiencia y el buen uso de los recursos.
	Equidad de los procesos del proyecto	Los procesos deben hacer un buen uso de los recursos tanto participantes como materiales.
<b>Personas</b>	Prácticas laborales y Trabajo decente	Se debe procurar la contratación de colaboradores con paga decente y buenos tratos
	Sociedad y consumidores	El consumo es por individuo o familia en este caso, pero se puede extrapolar a un proyecto multivivienda.
	Derechos humanos	Se deben respetar los derechos humanos.
	Comportamiento ético	Las compras deben favorecer a la empresa y no al individuo.
<b>Planeta</b>	Transporte	En esta sección hay un alto impacto ya que no hay fábrica local del producto, siempre es importado.
	Energía	El proyecto procura la utilización de energía en fuentes renovables.
	Agua	Este es el punto débil, para la producción de los paneles se utiliza una gran cantidad de agua, pero este proyecto no busca justificar la relación entre este gasto y el CO2 que no se produce.
	Residuos	Se debe procurar la mínima generación de residuos y poder utilizar sobrantes en próximos proyectos.
<b>Prosperidad</b>	Análisis del caso de negocio	Solo se busca la justificación con la amortización de los equipos. Pero podría justificarse con los costes implícitos y el daño que no se realiza al planeta
	Agilidad del negocio	Se debe buscar utilizar proveedores locales
	Estimulación económica	Se deben utilizar y entrenar mano de obra local.

## 8 Bibliografía

BUN-CA. (s.f.). Manual de energía renovable/Reducción de las emisiones de carbono. San José.

Bonilla, N. (2017) “Propuesta de diseño de una microrred en la comunidad de Santa Elena, Pérez Zeledón, basada en Whites Lane Smart Micro Grid.” *Revista Tecnología En Marcha*, 30(5).  
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i5.3224>

Bravo A, (2019) Análisis comparativo del modelo de ciclo de vida y de dirección en ocho proyectos de diferentes sectores. Tesis de Master UAM.

Cáceres A. (2018). *Estudio de prefactibilidad de implementación de paneles solares para la electrificación de las oficinas de la empresa Electromecánica especializada ubicado en el barrio Costa Rica de Managua*. Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.

Conte, F., et al. (2022) “An Efficiency-Based Power Management Strategy for an Isolated Microgrid Project.” *DITEN*, 11(3) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.16228>

Dávila G. (2006) “El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales.” *Laurus*. 12(1)

Delgado, M. (2017) *Sistemas fotovoltaicos*. Nuevas Herramientas de Energía Renovable

Deloitte Insights (2018) *Tendencias globales de las energías renovables*. DLT

Dominguez, M. (2016) *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio*. Tesis de maestría. CIMAR Mexico

Echeverría, C., de Waziers B., Serebrinsky, T. y Suárez-Alemán, A. (2017) Cómo Renovar la Electricidad en Costa Rica. *Infraestructura para el Desarrollo*, 2(3).

El Mundo CR. (2015). Plan Piloto de Generación Distribuida del ICE fue un éxito pero no puede ampliarlo por ARESEP. Consultado en: <https://www.elmundo.cr/costa-rica/plan-piloto-de-generacion-distribuida-del-ice-fue-un-exito-pero-no-puede-ampliarlo-por-aresep/>

Fornaguera, Irela. (2015). Falta de reglamentos apaga la generación solar en Costa Rica. La Nación. Consultado en: <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/falta-de-reglamentos-apaga-la-generacion-solar-en-costa-rica/5KCLKJPP7RHLBKNPSFEAEI7ZMQ/story/>

Guardado, J. (2021) *Reducción del costo de facturación eléctrica empleando un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías para el nuevo edificio del INS de Cartago*. Cartago, Tecnológico de Costa Rica, <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13421>

Hernandez, R. (2008) *La Idea: Nace un proyecto de investigación*. Metodologías de la Investigación MC. Graw-Hill, México SAMPIERI

IEEE (2021) *IEEE Recommended Practice for Sizing Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems*. IEEE xplore, <https://doi.org/0.1109/IEEESTD.2021.9528316>.

Karl, T; Trenberth, K. (2005). *What is Climate Change?*. In Lovejoy, TE; Hannah, L. eds. *Climate Change and Biodiversity*. Michigan, USA, Yale University Press. p 15-28

Lledó P. (2013). *Administración de Proyectos. El ABC para un Director de Proyectos exitoso*. pablolledó versión 5.6. Victoria, Canadá

Lozano J. (2008). *Guía de capacitación: Elaboración de programas de capacitación*. Dirección General de Capacitación. Gobierno Federal de México. México Distrito Federal

Maya E. (2014) *Métodos y técnicas de investigación. Una propuesta ágil para la presentación de trabajos científicos en las áreas de arquitectura, urbanismo y disciplinas afines*. UNAM, México Distrito Federal

MINAE. (2019). Plan de descarbonización. Consultado en: <https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>

Miranda A. (2017) *Administración de proyectos. La clave para la coordinación efectiva de actividades y recursos*. Pearson, Primera Edición. España.

Nacional, C. C. E. (2013). *Código Eléctrico Nacional*, Edición 2014. NFPA.

Navarro, A(2009) “Propuesta de Ciclo de vida de los proyectos de Desarrollo Empresarial” *Revista de Arquitectura e Ingeniería*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193915041001>

Okere, A., and Tariq I.. (2021) Techno-economic Comparison of Emerging Solar PV modules for Utility Scale PV installation.” *IEEE*, 10(5). <https://doi.org/10.1109/IEMCON53756.2021.9623086>.

PMI (2017). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Newtown Square, Estados Unidos: Project Management Institute, Inc.

Rehman, W., et al. (2022) Sizing Battery Energy Storage and PV System in an Extreme Fast Charging Station Considering Uncertainties and Battery Degradation. *Applied Energy*. 313(1).  
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118745>.

Rondón, E., et al. (2021) *Herramienta para acelerar la implementación de los planes de acción climática en América Latina y el Caribe.*” CEPAL. <https://cepal.org/es/publicaciones/47732-herramientas-acelerar-la-implementacion-planes-accion-climatica-america-latina>.

Salas, V. Richmond, G. (2020) Safety Design of a Hybrid Wind-Solar Energy System for Rural Remote Areas in Costa Rica. *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, 10 (1).  
<https://www.ijrer.ijrer.org/index.php/ijrer/article/view/10263>

Terrazas R. (2009) Modelo conceptual para la gestión de proyectos perspectivas. Univesidad Católica Boliviana San Pablo. Bolivia



**Anexos****Anexo 1: ACTA (CHÁRTER) DEL PFG****ACTA DE LA PROPUESTA DE  
PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)**

1. Nombre del (de la) estudiante

Jose Rodolfo Rojas Ocampo

2. Nombre del PFG

Planificación y costeo de un modelo de vivienda autosustentable energéticamente como emprendimiento en el área de construcción.

3. Área temática del sector o actividad

Construcción / Domótica / Desarrollo Regenerativo / Paneles Solares

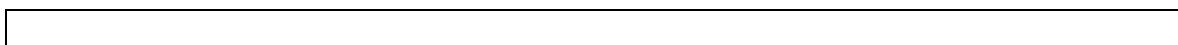
4. Firma de la persona estudiante



5. Nombre de la persona docente SG

Álvaro Mata

6. Firma de la persona docente



7. Fecha de la aprobación del Acta:

27/06/22

8. Fecha de inicio y fin del proyecto

04/07/22

04/11/22



## 9. Pregunta de investigación

¿Cómo se puede mejorar la planificación de un proyecto para desarrollar un modelo de vivienda autosustentable, para ajustarse a las necesidades de la ciudadanía costarricense?

## 10. Hipótesis de investigación

Es posible adecuar el diseño y planificación de una vivienda en Costa Rica que sea autosuficiente energéticamente y sea atractiva económicamente.

## 11. Objetivo general

Desarrollar un diseño para la sección eléctrica de una vivienda que sea replicable incluyendo los costos de los equipos necesarios para que la empresa ROCA cuente con una plantilla para este tipo de proyectos.

## 12. Objetivos específicos

1. Realizar un compendio de las tecnologías necesarias para realizar un diseño independiente de la red de distribución eléctrica para tener el material disponible .
2. Realizar un informe de los artículos que competen a este tipo de diseños en el Código Eléctrico de Costa Rica para discretizar solo los que interesan al proyecto.
3. Realizar un informe de las necesidades de potencia eléctrica promedio de un hogar promedio en Costa Rica para tener una cuantificación de las necesidades para realizar el diseño.
4. Producir un presupuesto de los componentes necesarios a instalar en el sistema de la vivienda para contemplar si la medida es factible y si amortiza su valor.
5. Desarrollar un diseño eléctrico de una vivienda autosustentable utilizando diferentes herramientas como AutoCAD para finalizar el proyecto y se utiliza como plantilla para futuros proyectos.

## 13. Justificación del PFG

1. A partir de los años noventa, Costa Rica comenzó a diversificar su matriz eléctrica para lograr cubrir la creciente demanda energética, esta diversificación se dio incluyendo plantas térmicas, geotérmicas y eólicas dentro de su matriz energética. Sin embargo, luego de que se llevó a cabo la diversificación de la matriz eléctrica, Costa Rica ha sufrido los impactos del cambio climático, lo que ha impulsado al gobierno a buscar una matriz eléctrica más limpia y sostenible, disminuyendo cada vez
2. Según el “Plan de Expansión de la Generación Eléctrica 2016 - 2035” elaborado por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) Costa Rica tiene un potencial explotable de 577 MW de energía solar . Para el año 2015, la producción de electricidad con energía solar, representaba apenas el 0.02 % del total de la energía generada, y a su vez, este porcentaje representaba apenas el 0.0014 % del potencial de energía solar que tiene el país. Estos números sumados a los planes de desarrollo del país y las estrategias implementadas indican que el uso de la energía solar para generar electricidad va a ir en aumento en los próximos años.
3. Costa Rica se encuentra ubicado en el trópico cerca del ecuador, esto lleva a que posea un gran potencial para el uso de energía solar en gran parte de su territorio. El aumento de la demanda energética además de las políticas que los países empiezan a impartir ha impulsado que la comunidad internacional investigue y desarrolle, alternativas a fuentes de energía.
4. Además de los puntos anteriores sobre la necesidad mundial-país de utilizar energías renovables. Las empresas de construcción deben empezar a agregar este tipo de diseño para sus construcciones, ya sea en redes independientes o conectadas bidireccionales. Por esto se pretende generar la planificación del sistema desde la base de administración de proyectos enfocado a viviendas para la población Costarricense. Este como agregado a la empresa familiar ROCA que no cuenta con la planificación y manejo de este tipo de proyectos, que puede servir de base para proyectos similares o extrapolar para proyectos de mayor envergadura.

1

14. Estructura de desglose de trabajo (EDT). En forma tabular, que describa el entregable principal y los secundarios -productos o servicios que generará el PFG-.

- |          |                             |
|----------|-----------------------------|
| 1.       | PFG                         |
| 1.1.     | Seminario de Graduación     |
| 1.1.1.   | Anexos                      |
| 1.1.1.1. | EDT del PFG                 |
| 1.1.1.2. | Cronograma del PFG          |
| 1.1.1.3. | Investigación Bibliográfica |
| 1.1.2.   | Entregables                 |
| 1.1.2.1. | Charter y EDT               |
| 1.1.2.2. | Introducción y Cronograma   |
| 1.1.2.3. | Marco Teórico               |

- 1.1.2.4. Marco Metodológico
- 1.1.2.5. Resumen Ejecutivo y Bibliografía
- 1.1.2.6. Documento Integrado
- 1.1.2.7. Charter Firmado
- 1.1.3. Aprobación SG
- 1.2. Tutoría de Desarrollo
  - 1.2.1. Tutor
    - 1.2.1.1. Asignación
    - 1.2.1.2. Comunicación
  - 1.2.2. Desarrollo
    - 1.2.2.1. Ajuste a Trabajos del PFG del SG
    - 1.2.2.2. Avances
      - 1.2.2.2.1. Avance 1 Entrega de la parte Introductoria
        - 1.2.2.2.1.1. Antecedentes
        - 1.2.2.2.1.2. Problemática
      - 1.2.2.2.2. Avance 2 Entrega de la parte Introductoria
        - 1.2.2.2.2.1. Objetivo General
        - 1.2.2.2.2.2. Objetivos Específicos
      - 1.2.2.2.3. Avance 3 Entrega del Marco Teórico
        - 1.2.2.2.3.1. Lectura de Contenido
        - 1.2.2.2.3.2. Sintonización de Contenido
      - 1.2.2.2.4. Avance 4 Entrega del Marco Metodológico
        - 1.2.2.2.4.1. Metodología Aplicada
        - 1.2.2.2.4.2. Síntesis de Pasos
      - 1.2.2.2.5. Avance 5 Entrega de la Metodología de Investigación
        - 1.2.2.2.5.1. Selección de Método
        - 1.2.2.2.5.2. Síntesis de Pasos
      - 1.2.2.2.6. Avance 6 Planeamiento preDesarrollo
        - 1.2.2.2.6.1. Herramientas
        - 1.2.2.2.6.2. Supuestos
      - 1.2.2.2.7. Avance 7 Compendio de Tecnologías
        - 1.2.2.2.7.1. Investigación Bibliográfica
        - 1.2.2.2.7.2. Síntesis de Información
      - 1.2.2.2.8. Avance 8 Informe del NEC
        - 1.2.2.2.8.1. Selección de Artículos
        - 1.2.2.2.8.2. Síntesis de Información
      - 1.2.2.2.9. Avance 9 Informe de Potencia de viviendas
        - 1.2.2.2.9.1. Investigación Bibliográfica
        - 1.2.2.2.9.2. Informe de Potencias
      - 1.2.2.2.10. Avance 10 Presupuesto de los equipos
        - 1.2.2.2.10.1. Selección de Marcas
        - 1.2.2.2.10.2. Informe de Costos
      - 1.2.2.2.11. Avance 11 Diseño con herramientas de software
        - 1.2.2.2.11.1. Cálculo de Potencias
        - 1.2.2.2.11.2. Diseño en AutoCAD
      - 1.2.2.2.12. Avance 12 Compendio y Revisión Final }
        - 1.2.2.2.12.1. Revisión de Introducción
        - 1.2.2.2.12.2. Revisión de Forma

- 1.3. Lectores
  - 1.3.1. Solicitud de Asignación
    - 1.3.1.1. Asignación
    - 1.3.1.2. Comunicado de asignación
    - 1.3.1.3. Envío PFG a lectores
  - 1.3.2. Trabajo de Lectores
    - 1.3.2.1. Lector 1
      - 1.3.2.1.1. Revisión PFG
      - 1.3.2.1.2. Envío de Informe de Lectura
    - 1.3.2.2. Lector 2
      - 1.3.2.2.1. Revisión PFG
      - 1.3.2.2.2. Envío de Informe de Lectura
- 1.4. Tutoría de Ajuste
  - 1.4.1. Informe de Revisión y Corrección de lectores
  - 1.4.2. PFG Corregido enviado a lectores
  - 1.4.3. Segunda Revisión de lectores
- 1.5. Evaluación
  - 1.5.1. Aprobación de Lectores
  - 1.5.2. Calificación del Tribunal Examinador

## 15. Presupuesto del PFG

Item	Costo (USD)
Autocad	\$660
PVsys	\$633
Gira a proyectos actuales	\$100

## 16. Supuestos de la planeación y elaboración del PFG

- Los proveedores de equipos de paneles, baterías, seguridad estarán dispuesto a compartir la información del costo,
- El análisis se realizará para zonas del país con alta disposición de energía solar.
- Se tendrá acceso a las bases de datos de energía solar del país.
- Las municipalidades, seguirán sin solicitar disponibilidad eléctrica.
- Se dispondrá siempre de acceso a las bases de datos de radiación, además a las bases de datos de las fuentes bibliográficas.
- Se dispondrán de al menos hora y media entre semana para la realización del proyecto y 8 horas el fin de semana,

## 17. Restricciones del PFG

- El tiempo máximo para terminar el PFG es de 12 semanas.
- Solo se contempla la energía eléctrica para el diseño, no otras tecnologías como la purificación del agua.
- Hay una falta de proyectos similares en el país, por lo cual se debe partir solo de fuentes bibliográficas.
- Ya que solo es planificación los datos sólo pueden ser recolectados bibliográficamente.
- No se cuenta con un equipo para realizar las mediciones de radiación.

## 18. Descripción de riesgos de la elaboración del PFG

- Sí los proveedores no comparten sus costos esto podría afectar el objetivo de evaluar los costos.
- Sí la investigación bibliográfica no se realiza en las primeras semanas podría afectar la fecha de entrega del proyecto.
- Sí las especificaciones técnicas de los equipos son poco precisas el diseño representaría una afectación en la calidad del proyecto.
- El expertise en el uso del software no es el mejor, esto podría retrasar la entrega del proyecto.

## 19. Principales hitos del PFG

Los hitos están relacionados con los entregables de segundo nivel (entregables) y tercer nivel (cuentas de control) de la EDT del punto 14 de esta Acta. A su vez, los entregables están relacionados con los objetivos específicos (en el caso del PFG incluir los tiempos de revisión de la tutoría y de la lectoría.)

<b>Entregable</b>	<b>Fecha estimada de finalización</b>
1.1 Perfil del PFG	
1.1.1 Anexos	26/06/2022
1.1.2 Entregables	
1.1.3 Aprobación SG	10/07/2022
1.2 Desarrollo del PFG	
1.2.2.2.1 Avance 1 Entrega de la parte Introdutoria	24/07/2022
1.2.2.2.2 Avance 2 Entrega de la parte Introdutoria	31/07/2022
1.2.2.2.3 Avance 3 Entrega del Marco Teórico	07/08/2022
1.2.2.2.4 Avance 4 Entrega del Marco Metodológico	14/08/2022
1.2.2.2.5 Avance 5 Entrega de la Metodología de Investigación	21/08/2022
1.2.2.2.6 Avance 6 Planeamiento preDesarrollo	28/08/2022

1.2.2.2.7 Avance 7 Compendio de Tecnologías	4/09/2022
1.2.2.2.8 Avance 8 Informe del NEC	11/09/2022
1.2.2.2.9 Avance 9 Informe de Potencia de viviendas	18/09/2022
1.2.2.2.10 Avance 10 Presupuesto de los equipos	25/09/2022
1.2.2.2.11 Avance 11 Diseño con herramientas de software	02/10/2022
1.2.2.2.12 Avance 12 Compendio y Revisión Final	09/10/2022
1.3 Revisión de lectores	
1.3.1 Solicitud de Asignación	09/10/2022
1.3.2 Trabajo de Lectores	09/10/2022
1.4 Tutorías de Ajuste	
1.4.1 Informe de Revisión y Corrección a lectores	16/10/2022
1.4.2 PFG Corregido enviado a lectores	16/10/2022
1.4.3 Segunda Revisión de lectores	23/10/2022
1.5 Evaluación del tribunal	
1.5.1 Aprobación de Lectores	30/10/2022
1.5.2 Calificación del Tribunal Examinador	02/11/2022

## 20. Marco teórico

### 20.1 Estado de la cuestión

El marco teórico cuenta con tres secciones. El primero es un resumen sobre la organización y proyecciones de la empresa ROCA donde se está realizando el proyecto. Cuenta con un resumen de esta, su historia, la estructura organizativa, y los servicios que esta ofrece. El segundo tema es un desarrollo sobre la teoría en administración de proyectos, necesaria para comprender el desarrollo del trabajo de investigación. Cuenta con múltiples temas y conceptos basados en el PMBOK. Por último el estado actual de la situación y teoría técnica que ayudará en el proceso del proyecto. Desde los equipos necesarios y una breve explicación, hasta las normativa que rige la instalación.

### 20.2 Marco conceptual básico

Paneles solares, red eléctrica, administración de proyectos, planificación, diseño, presupuesto.

## 21. Marco metodológico

Objetivo	Nombre del entregable	Fuentes de información	Método de investigación	Herramientas	Restricciones
----------	-----------------------	------------------------	-------------------------	--------------	---------------

Realizar un compendio de las tecnologías necesarias para realizar un diseño independiente de la red de distribución eléctrica para tener el material disponible .	Acta de diferentes tecnologías aplicables	Diálogo con diferentes distribuidores . Investigación en proyectos similares	Se analizó las diferentes tecnologías utilizadas con el objetivo de discretizar las necesarias.	Juicio de Expertos Recopilación de datos Análisis de datos	No se cuenta con la cantidad de especialización necesaria.
Realizar un informe de los artículos que competen a este tipo de diseños en el Código Eléctrico de Costa Rica para discretizar solo los que interesan al proyecto.	Revisión del NEC y código eléctrico  Informe de los artículos relacionados con el proyecto en cuestión.	Código Eléctrico de Costa Rica NEC 2014 NFPA-70	Se analizó el NEC y el código eléctrico nacional para realizar un informe solamente de los artículos relacionados con la tecnología como tal.	Juicio de Expertos Análisis de datos	Tiempo para completar el objetivo reducido.
Realizar un informe de las necesidades de potencia eléctrica promedio de un hogar promedio en Costa Rica para tener una cuantificación de las necesidades para realizar el diseño.	Informe de potencia de un hogar promedio en Costa Rica. Graficación de los datos de potencia.	Investigación en proyectos pasados en la empresa.  Bases de datos de consumo de las diferentes distribuidoras .	Se analizaron diferentes bases de datos e investigaciones con el objetivo de realizar una base sólida para los datos de planificación.	Juicio de expertos Análisis de datos Recopilación de datos Representación de datos	No hay información de proyectos pasados que hayan utilizado esta información.

<p>Producir un presupuesto de los componentes necesarios a instalar en el sistema de la vivienda para contemplar si la medida es factible y si amortiza su valor.</p>	<p>Presupuesto de los componentes necesarios para la instalación.  Informe de amortización de los componentes versus tarifa eléctrica.  Graficación de en cuánto tiempo se da la amortización.</p>	<p>Investigación con diferentes distribuidores .  Investigación en línea de precios internacionales.</p>	<p>Se realizó un análisis de precios de diferentes componentes, marcas y diferentes distribuidores para poseer una muestra de mercado.</p>	<p>Juicio de expertos Análisis de datos Recopilación de datos Representación de datos</p>	<p>Tiempo para completar el objetivo reducido.  No hay comunicación con ninguno de los distribuidores en Costa Rica.</p>
<p>Desarrollar un diseño eléctrico de una vivienda autosustentable utilizando diferentes herramientas como AutoCAD para finalizar el proyecto y se utiliza como plantilla para futuros proyectos.</p>	<p>Diseño Eléctrico de una vivienda utilizando esta tecnología.  Informe de prácticas recomendadas.</p>	<p>Uso de proyectos anteriores para la elaboración de un NEC  Código Eléctrico Nacional</p>	<p>Se realizó un análisis para cubrir las necesidades de un proyecto como tal en el área de diseño eléctrico.</p>	<p>Juicio de expertos Análisis de datos Recopilación de datos Representación de datos</p>	<p>Tiempo para completar el objetivo reducido.  Las herramientas cuentan con suscripciones mensuales, se debe procurar utilizarlas en el tiempo adecuado. Se debe cumplir con los estándares de calidad.</p>

## 22. Validación del trabajo en el campo del desarrollo regenerativo y desarrollo sostenible



¿Cómo cumplirá el PFG con los conceptos del desarrollo regenerativo y/o desarrollo sostenible?

El proyecto como tal impulsa a una generación verde de energía por ende, apoya a la disminución de carbono y la utilización del espacio para generación de energía. Así como el aprovechamiento de nuevas tecnologías.

¿Cómo suma y aporta el proyecto propuesto al desarrollo regenerativo y/o sostenible? Incluir posibles indicadores y formas de medición.

El proyecto puede tener varios indicadores de que está teniendo un impacto para el desarrollo sostenibles entre ellos son:

- Disminución del CO<sub>2</sub>
- Aumento en el nivel de compras de esta tecnología.
- Menos intervención en la flora del país para la instalación de plantas generadoras-
- Disminución de la quema en la matriz energética anual.



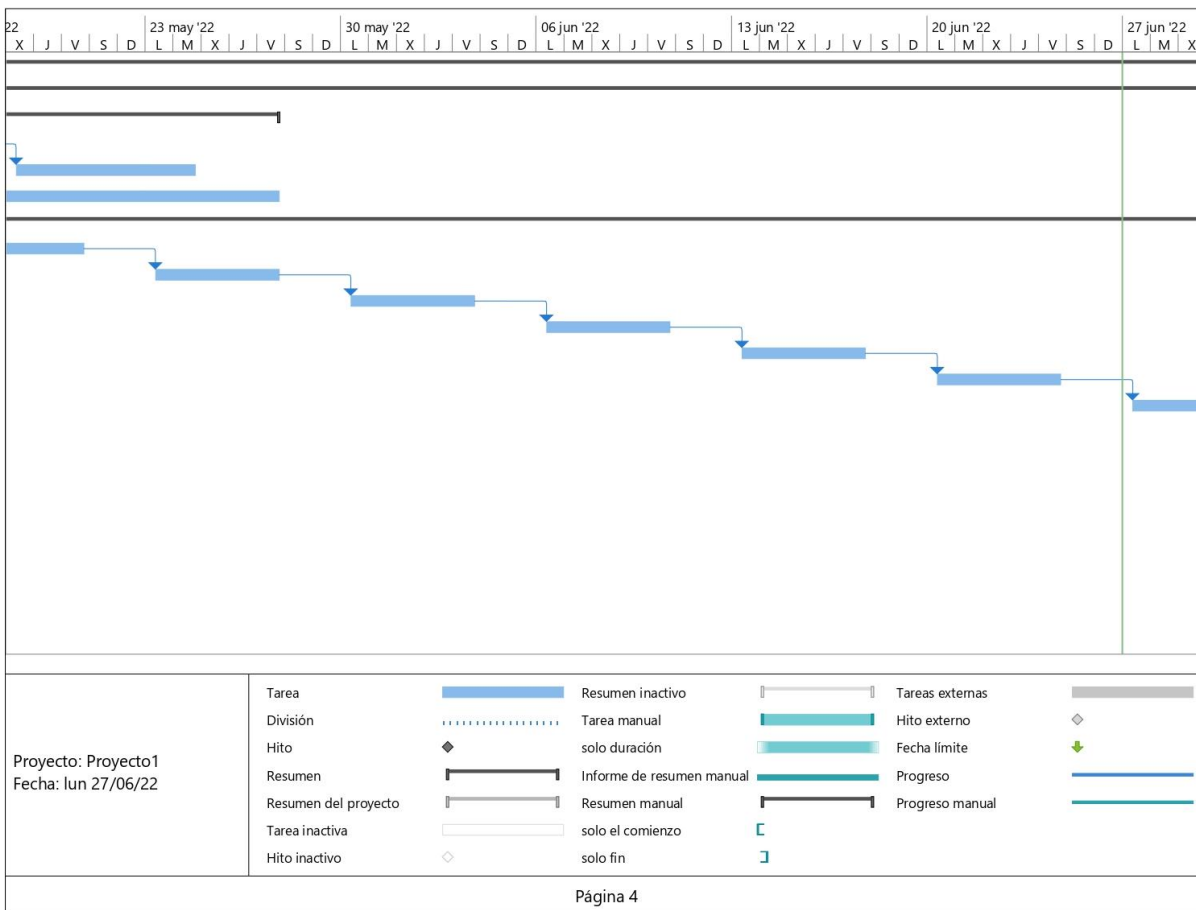
**Anexo 3: CRONOGRAMA del PFG**

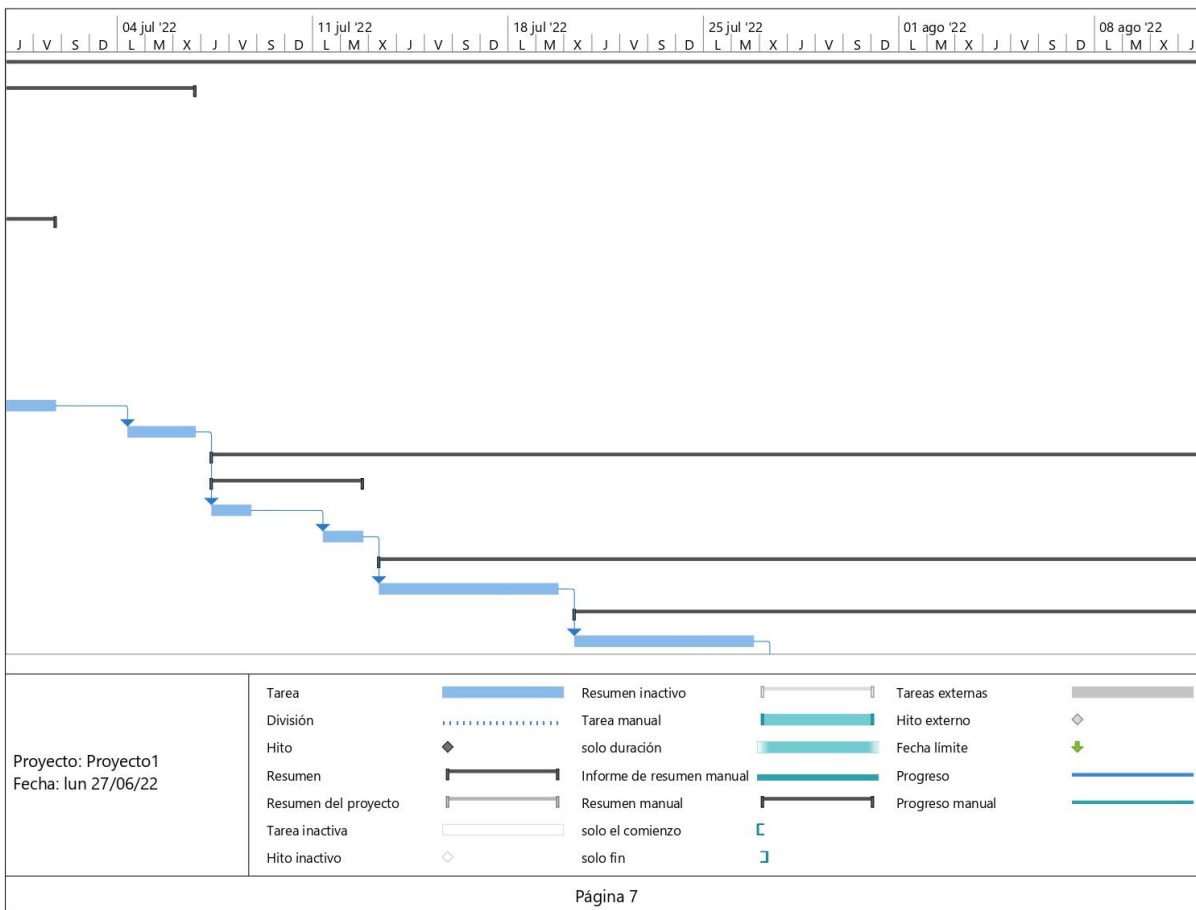
Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	16 may '22			
						S	D	L	M
46	1.3.2.2.2. Envío de Informe de Lectura	2 días	vie 21/10/22	lun 24/10/22	42				
47	<b>1.4. Tutorías de Ajuste</b>	<b>5 días</b>	<b>mar 25/10/22</b>	<b>lun 31/10/22</b>					
48	1.4.1. Informe de Revisión y Corrección de lectores	2 días	mar 25/10/22	mié 26/10/22	46				
49	1.4.2. PFG Corregido enviado a lectores	2 días	jue 27/10/22	vie 28/10/22	48				
50	1.4.3. Segunda revisión de lectores	1 día	lun 31/10/22	lun 31/10/22	49				
51	<b>1.5. Evaluación</b>	<b>1 día</b>	<b>mar 01/11/22</b>	<b>mar 01/11/22</b>					
52	1.5.1. Aprobación de Lectores	1 día	mar 01/11/22	mar 01/11/22	50				
53	1.5.2. Calificación del Tribunal Examinador	1 día	mar 01/11/22	mar 01/11/22	50				

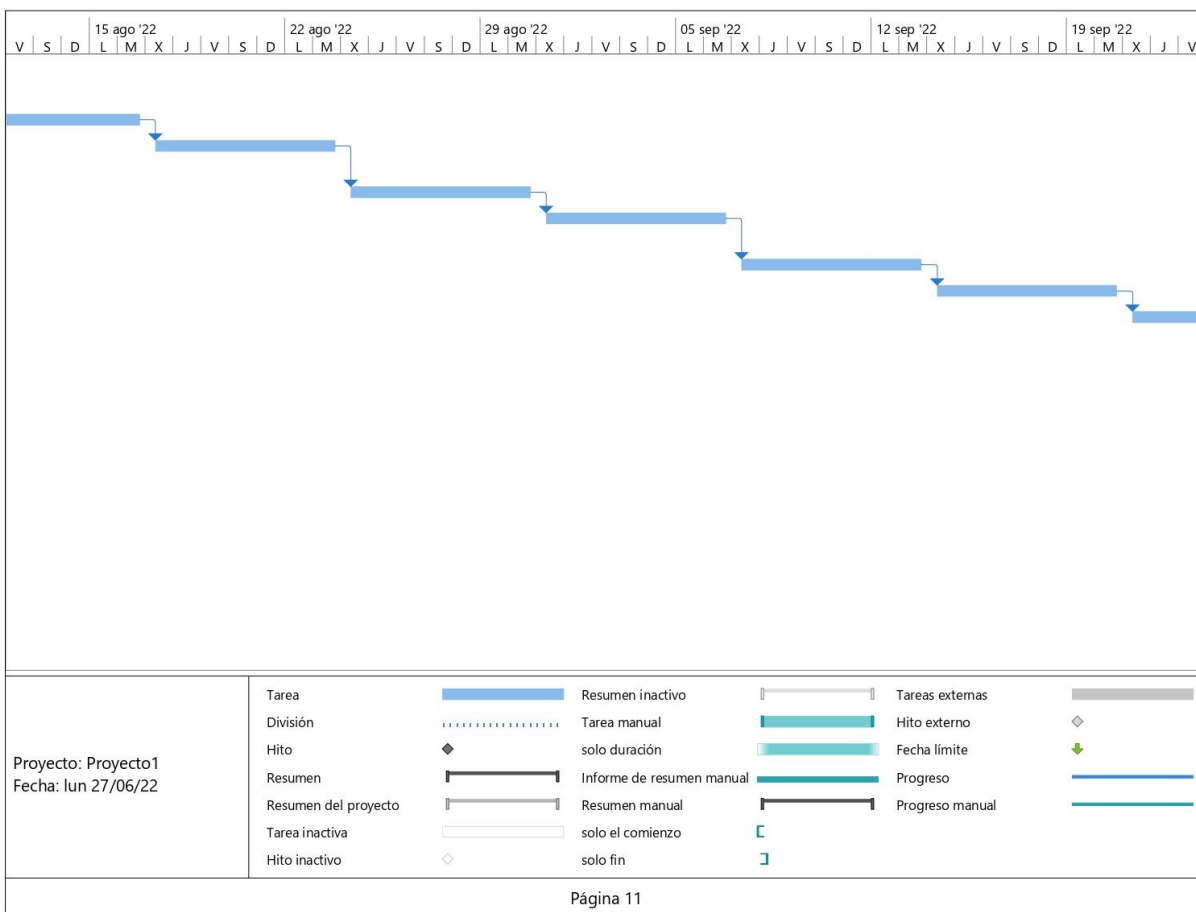
  

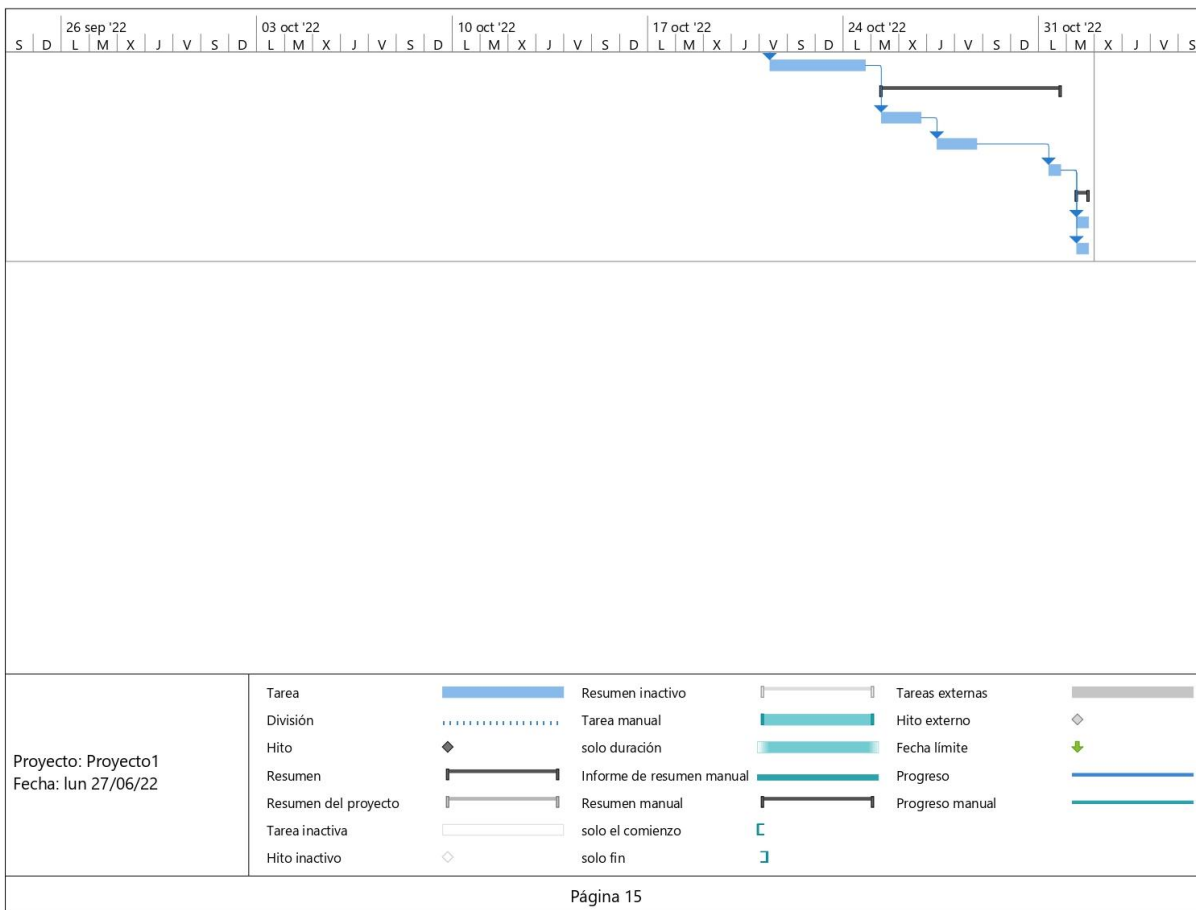
Proyecto: Proyecto1 Fecha: lun 27/06/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Progreso	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		Progreso manual	
	Tarea inactiva		solo el comienzo			
Hito inactivo		solo fin				

Página 3

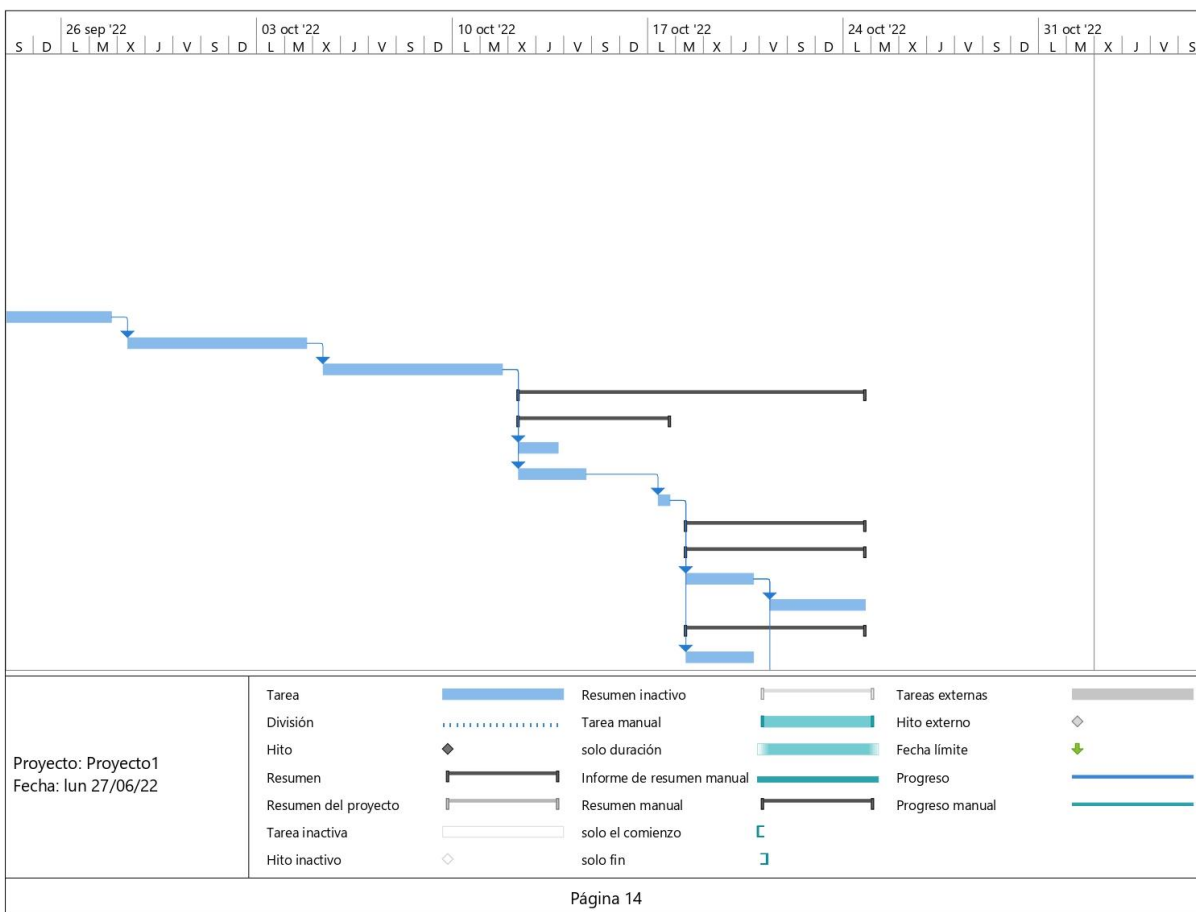












## **Anexo 4: Guía de diseño e instalación de paneles solares**

### **1. Análisis de campo**

Antes de dimensionar la red residencial hay que estudiar y evaluar datos de partida. Esta información se extrae de la visita a campo realizada al cliente. La información que se debe rescatar de la visita a campo se destacan los siguientes

- Condiciones de Irradiación del punto de instalación. Estas se obtienen de manera gratuita de portales de la NASA y PBX.
- Evitar y Minimizar Sombras: Sombras generadas por elementos externos como árboles y chimeneas.
- Análisis del punto de instalación e interconexión: Analizar si hay un punto de acceso a la red, o si hay suficiente espacio para la instalación.
- Análisis de estructura óptima según el tipo de techo: Las instalaciones que se realizan en el techo hay que procurar que los módulos queden ventilados, para evitar sobrecalentamiento de estos con una separación apropiada.
- Análisis de filtración de agua. En este caso si la instalación es en el techo que esto no provoque futuras filtraciones de agua a la vivienda.

#### **a. Análisis de cargas y consumos eléctricos**

Cuando se realiza el análisis de campo, se debe realizar un estudio de cargas y consumos eléctricos. Se debe tener claro el perfil energético del cliente (comercial, residencial, industrial ) un análisis de consumo da información como en qué momento trabajan los equipos de manera simultánea, a qué horas se producen los

picos de consumo, la eficiencia de los consumos. Hay que validar que algunos dispositivos como luces, calentadores de agua o refrigeradores sean eficientes.

Por ejemplo, un cliente residencial, debe poder subsanar sus picos de consumo que generalmente se dan a las horas de desayuno y cena. Para esto se debe conocer lo siguiente.

- Potencia de equipos.
- Horas de trabajo de los equipos.
- Simultaneidad de los equipos.
- Época del año de mayor utilización.

Sí es una instalación de un hogar existente se puede solicitar el perfil energético al distribuidor de energía, ya que estos se albergan en sus bases de datos, o bien solicitar al cliente las facturas de meses anteriores. Además también se deben inspeccionar.

- Techos
- Orientación
- Espacio disponible
- Acometida eléctrica.

Es importante realizar un **registro fotográfico** para revisar con expertos con calma en oficina y con más tiempo para realizar un análisis.

#### **b. Análisis de techos**

Los módulos fotovoltaicos ofrecen una gran versatilidad, ya que pueden ser instalados en casi cualquier superficie dentro de las cuales se pueden identificar:

- Superficies inclinadas: Requiere especial atención debido a la inclinación y orientación del tejado, ya que esto ayuda a verificar qué tan eficiente puede ser el sistema instalado.
  - Verificar inclinación y orientación
  - Verificar estructura de instalación metálica.
  - Verificar estructura del techo, esta debe soportar el peso del panel y la estructura que soporta los paneles.
  - Verificar distancia entre superficie de techo y los módulos (Los bordes de los techos no pueden ser sobrepasados por los paneles)

- Superficies planas
- Superficies planas: Estos son más versátiles y ofrecen un gran potencial, ya que permiten una mayor libertad de diseño y montaje en las estructuras, esto permite que se coloque en la orientación óptima. El mayor problema es que la inclinación no permite un flujo de agua y este se empoce. Para la correcta instalación se debe atender las siguientes consideraciones.
  - Analizar el largo y el ancho del techo, para verificar la cantidad máxima de módulos.
  - Verificar que pueda haber una separación entre el tejado y el borde de los módulos. (3 veces su separación)
  - Considerar la expansión térmica de los módulos.
  - Analizar las posibles sombras en el área de instalación.

## 2. Análisis y selección de componentes

### a. Dimensionar los paneles

El sistema está conformado por uno o varios paneles fotovoltaicos. Los módulos suministran voltaje en corriente continua. Para esto hay que considerar.

- Tipo de conexión de los paneles (serie o paralelo), el paralelo tiene que suministrar la tensión correcta para el inversor y/o baterías.
- Optimizar la cantidad de cable con conexión leap frog.
- Tomar los datos de irradiancia del lugar de instalación, de NASA o PBX.
- Analizar costos de diferentes distribuidores de paneles solares, y de las potencias y cantidad de estándares que cumplen los paneles.
- Realizar un **análisis cualitativo de alternativas**, con los diferentes paneles.
- Realizar un **análisis de performance ratio**
- Calcular la cantidad de paneles necesarios con la fórmula  $NM = \frac{EN}{HSP \cdot RT \cdot WP}$ 
  - NM: cantidad de módulos necesarios para la carga instalada.
  - EN: Energía necesaria, KWh consumidos por día.
  - RT: Rendimiento de trabajo, factor para compensar las pérdidas
  - HSP: radiación solar (KWh/m2 diario)
  - WO: Potencia pico del panel
- Realizar un análisis térmico del lugar y la ficha técnica.

### b. Dimensionar el Inversor

El inversor es el encargado de convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos a corriente alterna, manteniendo valores de voltaje y frecuencia de la conexión de la red. La potencia del inversor y de los paneles solares deben corresponderse, se debe considerar lo siguiente:

- La potencia nominal del inversor debe ser un 20% inferior a la potencia pico del campo generador fotovoltaico.
- No sobredimensionar el inversor en potencia, la sobrecarga puede reducir la vida útil.
- Tomar en cuenta que existen diferentes tecnologías según el tipo de conexión.
  - Microinversor, se utiliza uno por módulo, para cargas pequeñas, y posibilita el cambio.
  - Inversor Híbrido, utilizado para el uso de baterías y conexión a la red.
  - Inversor cargador, específico para redes autónomas.
  - Inversor de conexión a red, este es para instalaciones que siempre continúan conectadas a la red de distribución, para este tipo hay que tomar en cuenta conversaciones con el cliente, ya que si el distribuidor pierde la red la vivienda también la perderá.
  - La mayoría de inversores modernos posee protección termomagnética incluida y reguladores de tensión, se recomienda siempre utilizar este tipo.
- Se debe colocar un inversor por cada entrada diferente de techo, entiéndase, si se tienen módulos fotovoltaicos en diferentes locaciones de la vivienda.
- El punto anterior se puede subsanar con inversores con diferentes entradas MPPT

### c. Dimensionado de las baterías

El amperaje de las baterías se dimensiona con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{Q \cdot A}{PD \cdot \eta}$$

Donde:

C: Es el amperaje de las baterías, dato para determinar la cantidad

A: Son los días que se quiere mantener el sistema activo sin uso de los paneles solares.

Q: Es el amperaje diario (depende del inversor).

PD: Es la profundidad de descarga máxima

$\eta$ : Es la eficiencia del sistema, Este dato sale del Performance Ratio

#### **d. Otros componentes**

Existen otros componentes que completan el sistema que se mencionan en esta sección

- Equipos de medición, debe instalarse medidores bidireccionales si es una instalación conectada a red y unidireccional si es una red aislada.
- Sistema de gestión, este es un plus, ya que es un sistema adicional que monitorea el consumo y da datos al usuario, que pueden revisarse desde un computador o teléfono inteligente.
- Cableado, estos deben cumplir con la normativa, en este caso debe cumplir con las indicaciones del NEC 2014. Se debe tener detalle en la caída de tensión en la parte de corriente continua.
- Protección, hay diferentes protecciones que ayudan al sistema a no poseer fallos.
  - Diodos Bypass
  - Caja de fusibles
  - Protección contra falla a tierra y arco eléctrico.
  - Interruptores manuales y automáticos
  - Transferencia manual y automática.

#### **e. Análisis de Performance Ratio**

Este es un análisis sencillo, luego de selección de todos los componentes, se multiplican sus eficiencias, para dar una eficiencia total de todo el sistema, esto ayuda para dimensionar la cantidad de paneles.

### **3. Diseño del espacio disponible.**

Se deben realizar los cálculos considerando el lugar de la instalación. Además se pueden utilizar herramientas como sketchup o Revit para el dimensionamiento de los paneles.

### **4. Análisis Eléctrico del Sistema**

#### **a. Análisis de producción energética**

En las instalaciones fotovoltaicas tienen pérdidas que pueden ser del tipo ópticas, térmicas y eléctricas, las cuales provocan que no toda la energía que es capaz de producir los módulos, sea aprovechada por lo que

estimar de manera correcta la producción que tendrá el sistema es clave, luego de la selección de todos los componentes se utiliza la ecuación  $E = HSP \cdot RT \cdot WP$ , para determinar la producción de la energía

### **b. Análisis de cable**

Generalmente los módulos ya poseen sus propios cables para la interconexión. Hay que tener en cuenta los tipos de conectores que ofrece el fabricante, para evitar problemas en la conexión.. Se debe considerar:

- Tipo de cable que poseen los módulos
- Analizar el área del cable.
- Considerar las diferentes terminales.
- Utilización de tipos de conexión eficientes.
- Análisis de caída de tensión.
- Analizar el uso de cajas de conexión para un mantenimiento sencillo.

### **5. Análisis Económico**

Este se realiza para ser presentado al cliente. Y demostrar la viabilidad económica del proyecto. Con este análisis se puede concluir cuánto costará producir cada kWh de energía.

#### **a. Análisis de costos de la energía solar fotovoltaica**

En esta sección se analizan los costos de la energía solar fotovoltaica y herramientas para validar la viabilidad económica y estimar el tiempo de retorno de la inversión. Se deben seguir los siguientes pasos.

- Validar los ingresos.
  - Realizar análisis de producción de energía, comparado con el costo de la energía comprada al distribuidor
  - Si el sistema está conectado a la red, el análisis es diferente y la generación se debe restar a lo que no se consume.
  - Si el sistema es conectado a la red, se puede plantear la venta de energía al distribuidor.
  - Análisis de costos del sistema.
- Realizar un análisis de Retorno de Inversión, determina cuantos años se precisan antes de retornar la inversión
- Realizar un análisis calculando el Valor Actual Neto, decide si el proyecto es atractivo para la inversión.
- Realizar un análisis calculando la Tasa Interna de Retorno

## 6. Creación del Cronograma

Puede tratarse de un documento impreso o una aplicación digital, este incluye la lista de actividades o tareas con las diferentes fechas previstas desde su comienzo hasta su final.

1. Se debe elaborar la EDT del proyecto, con cada uno de los diferentes entregables.
2. Se recomienda utilizar un diagrama de Gantt, el tiempo va en función de las actividades que conforman el proyecto, debe definirse en días, semanas o meses.
3. Realizar el cálculo del tiempo en función de la cantidad de paneles y baterías que se van a instalar.
4. Definir los diferentes hitos, tomar como guía, la generación del plano, la aprobación del plano, la finalización del presupuesto, y la instalación.
5. Definir las dependencias de las diferentes actividades.
6. Definir los recursos necesarios para las actividades.
7. Generar el cronograma.

## 7. Economía Solar

En esta sección se ve la viabilidad del negocio desde el punto de vista económico. Este punto ayuda tanto al cliente, a los proveedores de la tecnología, el diseño y la empresa como tal . Se obtienen datos de cuánto cuesta producir cada kilowatt.

- **Análisis de Costos de la Energía Solar Fotovoltaica**
  - Se debe analizar los ingresos, tomando en cuenta que si es un sistema conectado, la venta de energía es un ingreso.
  - Calcular la producción energética.
  - Calcular el gasto en el sistema conectado según el distribuidor de energía.
  - Cálculo de costos fijos.
  - Cálculo de costos variables.
- **Análisis del Retorno de Inversión**
  - Cálculo de la energía usada por año.
  - Cálculo de los Ingresos anuales.
  - Cálculo del costo anual de operación.
- **Análisis de Viabilidad del Sistema Fotovoltaico.**
  - Generación de los flujos de caja.



- Cálculo de la VAN.
- Cálculo de la TIR.

### **Anexo 5: Referencias Preliminares**

Bonilla, N. (2017) “Propuesta de diseño de una microrred en la comunidad de Santa Elena, Pérez Zeledón, basada en Whites Lane Smart Micro Grid.” *Revista Tecnología En Marcha*, 30(5).  
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i5.3224>

El artículo publicado en la revista del Tecnológico de Costa Rica, Bonilla, N. (2017) realiza un estudio similar pero implementando más viviendas, esta publicación se puede utilizar como punto de partida en la investigación, además de subsanar varios puntos que esta deja por fuera, y dar un enfoque a una vivienda unifamiliar.

Conte, F., et al. (2022) “An Efficiency-Based Power Management Strategy for an Isolated Microgrid Project.” *DITEN*, 11(3) <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.16228>

Conte F. (2022) indica cómo realizar una el manejo para microrredes aisladas, justo el tema técnico que busca la investigación, una red aislada que no dependa del distribuidor de energía

Delgado, M. (2017) *Sistemas fotovoltaicos*. Nuevas Herramientas de Energía Renovable

En este libro se da un vistazo a las tecnología de Sistemas fotovoltaicos, y cuales son todas sus implicaciones.

Deloitte Insights (2018) *Tendencias globales de las energías renovables*. DLT

. Los trabajos que integran esta sección son el libro generado por Deloitte Insights (2018) el cual indica que hay un crecimiento constante desde antes de la década pasada para el uso de energías renovables no solo para la gran generación sino también para el autoconsumo.

Echeverría, C., de Waziers B., Serebrinsky, T. y Suárez-Alemán, A. (2017) *Cómo Renovar la Electricidad en Costa Rica. Infraestructura para el Desarrollo*, 2(3).

La publicación de Echeverría C (2017) lo enfoca en nuestro país y como este debe enfrentar estos procesos de cambio

Guardado, J. (2021) *Reducción del costo de facturación eléctrica empleando un sistema de almacenamiento de energía mediante baterías para el nuevo edificio del INS de Cartago*. Cartago, Tecnológico de Costa Rica, <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13421>

La tesis de Licenciatura de Guardado, J. (2021) realiza un estudio similar pero en este caso en un edificio comercial a mayor escala.

IEEE (2021) *IEEE Recommended Practice for Sizing Stand-Alone Photovoltaic (PV) Systems*. IEEE xplore,. <https://doi.org/0.1109/IEEESTD.2021.9528316>.

Y el libro de la IEEE (2021) engloba que componentes y como se debe realizar una instalación, como buenas prácticas que se deben aplicar para este tipo de sistemas.

Okere, A., and Tariq I.. (2021) *Techno-economic Comparison of Emerging Solar PV modules for Utility Scale PV installation.* *IEEE*, 10(5). <https://doi.org/10.1109/IEMCON53756.2021.9623086>.

Okere A (2021) publicado para la IEEE que realiza una comparación de costos de las diferentes tecnologías de paneles solares, como estas a mediados de la década pasada empiezan a ser viables para su uso en hogares y en microredes para el autoabastecimiento.

Rehman, W., et al. (2022) Sizing Battery Energy Storage and PV System in an Extreme Fast Charging Station Considering Uncertainties and Battery Degradation. *Applied Energy*. 313(1).

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118745>.

Rehman W. (2022) indica cómo dimensionar las baterías para este tipo de sistemas, ya que es un sistema aislado se depende de una batería ya que ningún usuario concibe vivir sin electricidad por las noches

Rondón, E., et al. (2021) *Herramienta para acelerar la implementación de los planes de acción climática en América Latina y el Caribe.* CEPAL. <https://cepal.org/es/publicaciones/47732-herramientas-acelerar-la-implementacion-planes-accion-climatica-america-latina>.

Rondón , E (2021) el cual funge como el plan al que deben recurrir las naciones de América Latina y el Caribe para el desarrollo sostenible utilizando este tipo de tecnologías.

Salas, V. Richmond, G. (2020) Safety Design of a Hybrid Wind-Solar Energy System for Rural Remote Areas in Costa Rica. *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, 10 (1).

<https://www.ijrer.ijrer.org/index.php/ijrer/article/view/10263>

Las consideradas que apoyan técnicamente a la investigación, que también puede usarse como referencia para usuarios que desconozcan sobre el tema son las que se mencionan Salas V. (2020) indica cuales son las medidas de seguridad para las conexiones eléctricas del sistema.

## **Anexo 6: Tabla para calculo de TIR y VAN**

Año	Cuota	Gasto Electricidad	Diferencia
1	Ø1,744,176	Ø501,881	-Ø1,242,295
2	Ø1,744,176	Ø506,900	-Ø1,237,276
3	Ø1,744,176	Ø511,969	-Ø1,232,207
4	Ø1,744,176	Ø517,089	-Ø1,227,088
5	Ø1,744,176	Ø522,259	-Ø1,221,917
6	Ø1,744,176	Ø527,482	-Ø1,216,694
7	Ø1,744,176	Ø532,757	-Ø1,211,419
8	Ø1,744,176	Ø538,084	-Ø1,206,092
9	Ø1,744,176	Ø543,465	-Ø1,200,711
10	Ø1,744,176	Ø548,900	-Ø1,195,276
11	0	Ø554,389	Ø554,389
12	0	Ø559,933	Ø559,933
13	0	Ø565,532	Ø565,532
14	0	Ø571,187	Ø571,187
15	0	Ø576,899	Ø576,899
16	0	Ø582,668	Ø582,668
17	0	Ø588,495	Ø588,495
18	0	Ø594,380	Ø594,380
19	0	Ø600,324	Ø600,324
20	0	Ø606,327	Ø606,327
21	0	Ø612,390	Ø612,390
22	0	Ø618,514	Ø618,514

23	0	Ø624,699	Ø624,699
24	0	Ø630,946	Ø630,946
25	0	Ø637,256	Ø637,256



Id	Modo de tarea	EDT	Nombre de tarea	ep '22							26 sep '22							03 oct '22							10 oct '22						
				M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X					
33		1.5.2	Análisis de cable																												
34		<b>1.6</b>	<b>Análisis Económico</b>																												
35		1.6.1	Análisis de costos																												
36		1.6.2	Análisis Financiero																												
37		1.6.3	Calculo de VAN y TIR																												
38		1.6.4	Reunión con los clientes																												
39		<b>1.7</b>	<b>Compra de equipos</b>																												
40		1.7.1	Compra de paneles																												
41		1.7.2	Compra de baterías																												
42		1.7.3	Compra del inversor																												
43		1.7.4	Compra de soportes de los paneles																												
44		1.7.5	Compra de cables eléctrico																												
45		<b>1.8</b>	<b>Localización y replanteo</b>																												
46		1.8.1	Adecuación del terreno																												
47		1.8.2	Excavación para el soporte																												
48		1.8.3	Construcción de zapatas																												
49		1.8.4	Cimentación																												
50		<b>1.9</b>	<b>Soporte</b>																												
51		1.9.1	Instalación de soportes																												
52		<b>1.10</b>	<b>Instalación del panel</b>																												
53		1.10.1	Instalación de celdas solares																												

Proyecto: paneles Fecha: jue 22/09/22	Tarea		Resumen inactivo		Tareas externas	
	División		Tarea manual		Hito externo	
	Hito		solo duración		Fecha limite	
	Resumen		Informe de resumen manual		Tareas críticas	
	Resumen del proyecto		Resumen manual		División crítica	
	Tarea inactiva		solo el comienzo		Progreso	
Hito inactivo		solo fin		Progreso manual		

Página 3





