



Universidad de Palermo

Máster en Dirección de Empresas

**Tesis para optar al grado de Máster de la Universidad de Palermo en
Dirección de Empresas**

***PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA APERTURA DE SERVICIOS
DE MANTENIMIENTO DE PROYECTOS FOTOVOLTAICOS EN UNA
EMPRESA DE ENERGÍA SOLAR EN COSTA RICA***

**Tesista: Mariela Gómez Jiménez
Número de legajo: 0124366
Director de tesis: Gerardo Tapia**

2023

Buenos Aires – Argentina

EVALUACIÓN DEL COMITÉ

TABLA DE CONTENIDOS

LISTA DE TABLAS	3
LISTA DE FIGURAS	5
INTRODUCCION	6
Justificación	6
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Hipótesis	8
Metodología de investigación	8
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	10
1.1. Conceptos básicos de energía solar	10
1.2. Mantenimiento de proyectos fotovoltaicos	11
1.3. Herramientas de análisis estratégico	12
1.4. Plan de negocio	15
CAPÍTULO 2: EL SECTOR	17
2.1. Mercado de energía solar en Costa Rica	17
2.2. Análisis de la competencia para el mantenimiento de proyectos solares	19
2.3. Análisis del macroentorno	20
2.4. Análisis del microentorno	21
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1. Metodología cualitativa	25
3.2. Metodología cuantitativa	25
3.3. Resultados de las entrevistas	25
3.4. Resultados de la encuesta	26
CAPÍTULO 4: PLAN DE NEGOCIO	30
4.1. Declaración del problema	30
4.2. Idea de negocio	30
4.3. Previsión de ingresos por ventas	30
4.4. Previsión de ganancias y pérdidas	34
4.5. Plan de gastos de capital	35
4.6. Previsión de flujo de efectivo	36
4.7. Indicadores financieros	36
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	38
5.1. Conclusiones	38
5.2. Recomendaciones	38
BIBLIOGRAFÍA	39
ANEXOS	41
CURRICULUM VITAE	53

LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Evolución de la producción bruta y demanda de energía.
- Tabla 2. Análisis PESTEL
- Tabla 3. Análisis Porter.
- Tabla 4. Análisis VRIO.
- Tabla 5. Costos mensuales.
- Tabla 6. Precio horario por cuadrilla.
- Tabla 7. Precio de costo más margen.
- Tabla 8. Precio de mercado.
- Tabla 9. Precio sugerido para la empresa.
- Tabla 10. Precio ponderado.
- Tabla 11. Estimación de clientes.
- Tabla 12. Días efectivos de trabajo.
- Tabla 13. Proyecciones utilizadas.
- Tabla 14. Estado de resultados proyectado.
- Tabla 15. Inversión en Capital.
- Tabla 16. Estado de flujo de efectivo.
- Tabla 17. Análisis de sensibilidad.
- Tabla 18. Justificación cuadrilla adicional.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Mapas de recursos solares de Costa Rica.
- Figura 2. Proyección del crecimiento de la potencia instalada en solar fotovoltaico.
- Figura 3. Componentes de un SFV.
- Figura 4. Fuerzas que impulsan la competencia en la industria.
- Figura 5. Análisis VRIO.
- Figura 6. Fuentes con las que se atiende la demanda eléctrica en Costa Rica.
- Figura 7. Ubicación geográfica y energía producida por los generadores distribuidos.
- Figura 8. Precios por panel para estimar el precio del mantenimiento fotovoltaico.
- Figura 9. Tipo de proyecto solar de los entrevistados.
- Figura 10. Provincia en la que se encuentra el proyecto del entrevistado.
- Figura 11. Tamaño del proyecto del entrevistado.
- Figura 12. Tipo de mantenimiento solar realizado.
- Figura 13. Características para seleccionar un proveedor de servicios de mantenimiento.
- Figura 14. Fijación de precios sugerida por los entrevistados.
- Figura 15. Tipo de forma en que prefiere pagar el servicio el entrevistado.

INTRODUCCION

Justificación

En la actualidad, debido a la crisis por el cambio climático, los países se han visto en la necesidad de impulsar proyectos de generación de energía por medio de fuentes renovables y en Costa Rica no ha sido la excepción. En 2015 Costa Rica firmó su compromiso de cumplir con la Agenda 2030 y con esto alcanzar con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible. A partir de enero 2024, todas las empresas o negocios lucrativos que presentan su contabilidad de acuerdo con las Normas Internacionales de Información Financiera (NIIF) tendrán que incluir en sus reportes financieros como información “contable no financiera” sus acciones para compensar el impacto ambiental y social, de manera de poder cuantificar los avances del país hacia el cumplimiento los objetivos ambientales propuestos (Ramírez, 2023).

Los proyectos fotovoltaicos utilizan la radiación solar para convertirla en energía, lo cual en un país como Costa Rica, donde hay radiación casi constante todo el año, hace que este tipo de proyectos sean una alternativa renovable y sobre todo rentable para ahorrar energía. Ver figura 1.

Figura 1. Mapas de recursos solares de Costa Rica.

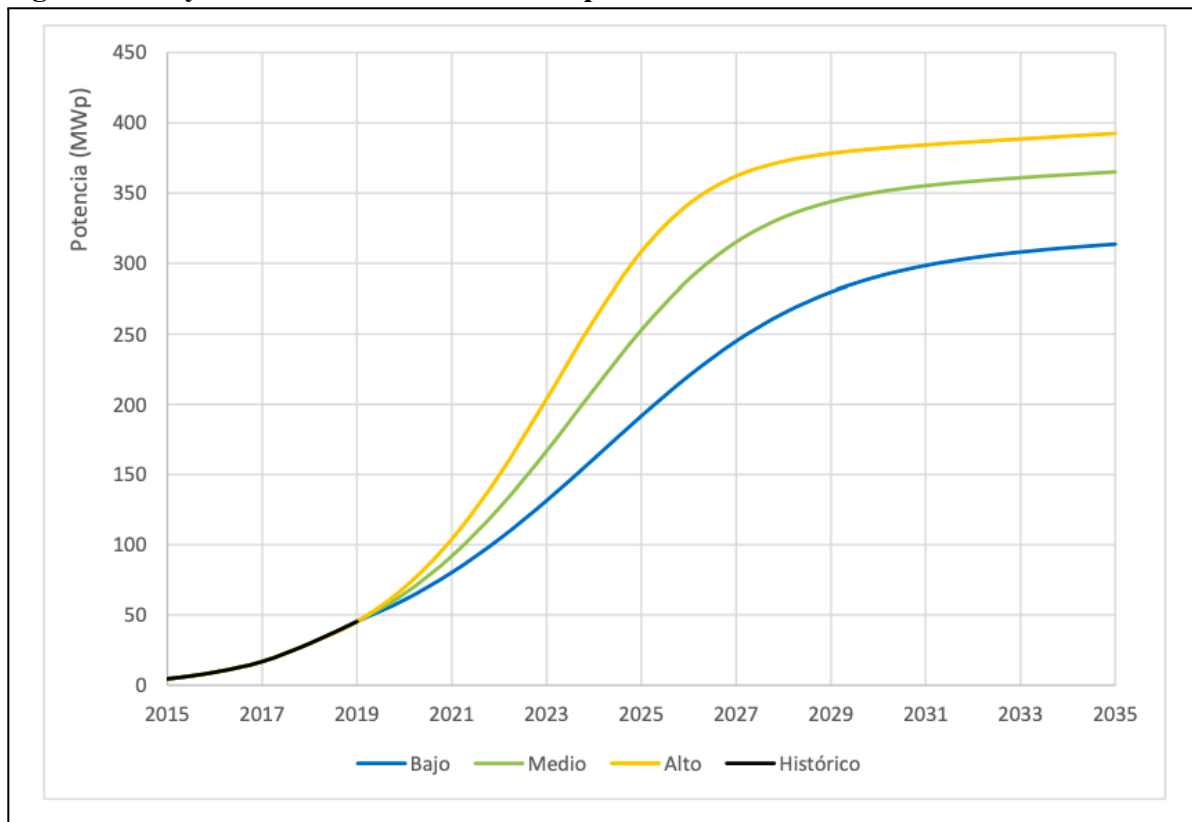


Fuente: Solargis. <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/costa-rica>

En octubre de 2015 el Ministerio de Ambiente y Energía aprobó el Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables que permitía por primera vez en el país instalar este tipo de tecnología y para el año 2016 el Gobierno nacional emitió exoneraciones para incentivar la adopción.

Tras 8 años de estar vigente el reglamento, el mercado de energía solar sigue en crecimiento, representando para el año 2022 tan solo un 0,1% de la matriz energética con 8 GW, siendo el tope según el Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables un 15% de la matriz energética.

Figura 2. Proyección del crecimiento de la potencia instalada en solar fotovoltaico



Fuente: Informe del crecimiento, 2019.

De la figura 2 se puede evidenciar que existe una tendencia creciente en la instalación de sistemas solares fotovoltaicos para generación distribuida, lo cual se puede relacionar a la constante disminución de precios en los sistemas fotovoltaicos y a una mayor familiarización con la tecnología. Estos factores incentivan su uso, por lo que es de esperarse que la tendencia de crecimiento se sostenga a futuro. Por lo tanto, a medida que aumenta la cantidad de proyectos fotovoltaicos en el país, surge la necesidad de contar con servicios de mantenimiento especializados y eficientes (“Informe del crecimiento”, 2019).

El presente proyecto de implementación se desarrolla para una empresa en Costa Rica, la cual se funda en Costa Rica en el 2014 con el objetivo de brindar servicios para el desarrollo de proyectos de ahorro energético y generación por medio de energías renovables. En julio 2023 contaba con 350 proyectos instalados, para los cuales la recomendación general es brindar al menos 1 mantenimiento al año. A estos mantenimientos hay que sumarle los mantenimientos correctivos y las solicitudes de clientes externos que solicitan servicios.

La empresa en sus primeros años de trabajo, entregaba los proyectos con dos años de mantenimiento incluido en el contrato, por lo que subcontractaba el servicio a una empresa externa para cubrir los mantenimientos que contractualmente debía cumplir. Para el 2023 la mayoría de clientes no contaban con un contrato de mantenimiento activo, y los mantenimientos que se realizaban eran a solicitud de los clientes, los cuales notaban una baja del rendimiento de sus sistemas.

El problema de la investigación recae en validar si abrir una nueva rama de negocio que brinde servicios de mantenimiento es rentable para una empresa instaladora de proyectos solares.

Los resultados de esta investigación podrán brindar información relevante y práctica tanto para la empresa en estudio como para los empresarios interesados en ingresar a este sector.

Objetivo general

Realizar un plan de implementación para una empresa de energía solar en Costa Rica que permita validar si abrir una nueva rama de negocio dedicada al mantenimiento de proyectos fotovoltaicos es rentable.

Objetivos específicos

- Investigar el mercado de energía solar en Costa Rica, analizando la demanda actual y las tendencias futuras sobre los servicios de mantenimiento.
- Definir el precio del servicio mediante un estudio del mercado a partir de los potenciales competidores del sector y un análisis de costos.
- Realizar un estudio de viabilidad financiera para determinar los costos asociados con la apertura de una nueva rama de negocio de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos y su rentabilidad.

Hipótesis

Abrir una nueva rama de negocio dedicada al mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica es rentable, debido a la creciente demanda de energía solar en el país y la existencia de un mercado competitivo.

Metodología de investigación

Tipo de investigación: empírica

Enfoque de investigación: cualitativa y cuantitativa.

Nivel: descriptivo

Población: clientes de sistemas fotovoltaicos en Costa Rica

Muestra: clientes ubicados en la gran área metropolitana de Costa Rica

Técnica de recolección de datos: entrevistas y encuestas

Instrumento: cuestionario y formulario

Procesamiento de datos: análisis de datos

Plan del trabajo de campo:

- **Investigación documental:** Recopilar y analizar informes, estadísticas, documentos gubernamentales y otras fuentes de datos relevantes relacionados con la energía solar en Costa Rica, la industria de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos y el mercado local.
- **Entrevistas y encuestas:** Realizar entrevistas con expertos en el campo de la energía solar y el mantenimiento de proyectos fotovoltaicos, así como encuestas a posibles clientes y competidores en Costa Rica. Estas interacciones permitirán recopilar información cualitativa y cuantitativa sobre las perspectivas del mercado y las necesidades de los potenciales clientes.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

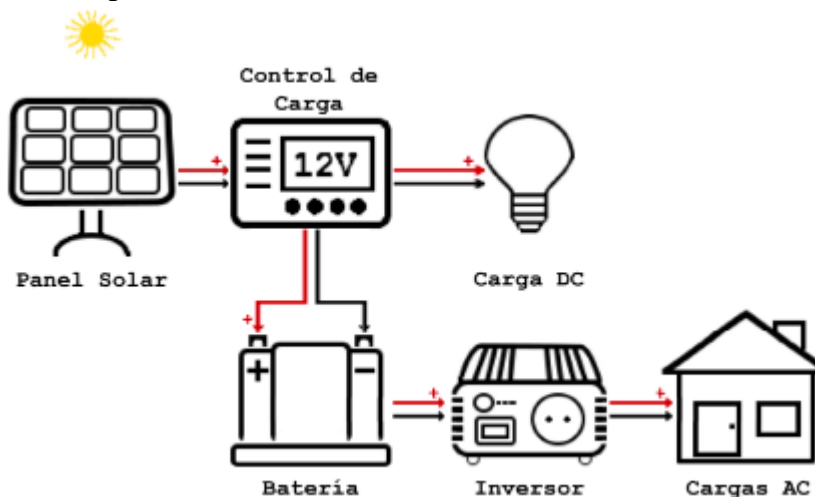
1.1. Conceptos básicos de energía solar

En los últimos años, la demanda de energía ha ido creciendo y con ello la necesidad de generarla de manera renovable. Por ello, los proyectos de energía solar fotovoltaica han ido en aumento como una manera de abastecer la demanda energética de manera sostenible y económica (Solar Energy International, 2012, p. 19).

Se conoce como efecto fotovoltaico, al fenómeno que convierte la luz solar en electricidad. Cuando los fotones de los rayos solares golpean la superficie de los módulos fotovoltaicos, la energía que llevan se transfiere a los electrones del módulo liberándolos. Estos electrones excitados tratan de regresar a la célula fotovoltaica y el camino que les permite hacerlo es una rejilla de alambre en la superficie de la célula conectada a un cable eléctrico, lo que genera un flujo de electrones que es lo que se le llama electricidad (Solar Energy International, 2012, p. 21).

Los sistemas fotovoltaicos (SFV) se componen principalmente de: los paneles solares (también llamados módulos fotovoltaicos), el inversor de corriente, la estructura de soporte de los paneles solares y en algunos casos se agregan baterías (“*Guía de O&M de SFV*”, 2018).

Figura 3. Componentes de un SFV



Fuente: Robles, Vilorio & Restrepo, 2022.

Los paneles solares convierten la energía del sol en energía eléctrica de corriente continua. El inversor tiene la función de transformar la corriente continua en corriente alterna y optimizar el voltaje a nivel de la cadena de paneles solares, así como el monitoreo de los parámetros de operación. La estructura de soporte es donde se fijan los paneles solares a la superficie donde se desean instalar. Las baterías se utilizan para acumular energía y servir de respaldo en caso de un corte de energía (“*Guía de O&M de SFV*”, 2018).

Según el artículo 8 del Decreto Ejecutivo N° 43879-MINAE, existen 3 modalidades de operación para sistemas fotovoltaicos permitidos en Costa Rica:

- Operación en isla: es un sistema que no está interconectado ni tiene interacción alguna con la red de distribución eléctrica. Estos sistemas se componen de módulos fotovoltaicos, baterías, controladores e inversores de corriente.
- Operación sin entrega de excedentes de energía a la red: es un sistema que dispone de mecanismos tecnológicos para gestionar los excedentes en el punto de generación e imposibilitan la entrega de estos excedentes a la red de distribución eléctrica. Estos sistemas se componen de módulos fotovoltaicos, inversores de corriente, controladores, y pueden contar o no con baterías para almacenamiento.
- Operación con entrega de excedentes: es un sistema que está interconectado con la red eléctrica en un punto definido, lo que le permite realizar intercambios de energía. Estos sistemas se componen de módulos fotovoltaicos, inversores de corriente y pueden o no contar con baterías para almacenamiento.

Si se compara la tecnología fotovoltaica sobre las tecnologías de energía no renovable encontramos varias ventajas. Se detallan a continuación las más relevantes (Solar Energy International, 2012, p. 20):

- El sol es una fuente de energía inagotable y de acceso gratuito en todo el mundo. En las plantas de generación no renovables el combustible suele ser el mayor costo operativo. En el caso de los sistemas fotovoltaicos el combustible es la radiación solar.
- Los módulos fotovoltaicos tienen una larga vida útil, tanto así que la mayoría de los fabricantes garantizan la generación durante 25 años.
- Los sistemas fotovoltaicos son modulares, por lo que es posible aumentar la capacidad de un sistema para que genere más energía de acuerdo a futuras necesidades energéticas.
- La operación de un sistema fotovoltaico no genera ruido, ni emisiones, por lo que se pueden instalar en los hogares sin ocasionar riesgos a la salud. Por esta misma cercanía al consumidor de energía, es que hay menores pérdidas por transmisión de la energía.
- Si se le da el debido mantenimiento, los sistemas fotovoltaicos son más confiables y requieren menos mantenimientos correctivos que los generadores convencionales que funcionan con combustibles fósiles.

1.2. Mantenimiento de proyectos fotovoltaicos

El mantenimiento regular de los sistemas de energía solar, es fundamental para asegurar su funcionamiento, eficiencia, seguridad en la operación y su vida útil, lo que a su vez maximiza el retorno de la inversión al aumentar los ahorros generados (*“Guía de O&M de SFV”, 2018*).

Entre los factores más relevantes que afectan el rendimiento de los proyectos de energía solar se encuentran los siguientes (*“Guía de O&M de SFV”, 2018*):

- Ensuciamiento de los módulos. El polvo así como otros contaminantes que se acumulan en la superficie de los mismos o en el ambiente, reducen la cantidad de radiación solar que llega a los mismos y por lo tanto la capacidad de generación de los módulos.
- Temperatura. Como la mayoría de componentes eléctricos, los paneles solares reducen su eficiencia al aumentar la temperatura.

- Degradación. Al ser equipos expuestos al sol y a las condiciones ambientales, los paneles solares sufren desgaste lo que afecta el rendimiento.
- Orientación o inclinación incorrectas de los módulos. Se debe tomar la ubicación geográfica del proyecto y la inclinación de los módulos, ya que la idea es colocarlos de manera lo más perpendicular posible con los rayos de sol, para maximizar la producción solar.
- Sombreamiento. Una sombra proyectada sobre un panel solar puede bajar el rendimiento de todos los paneles solares que estén conectados a la serie.

Estos factores bajan el rendimiento en distinta proporción, por ello la importancia de diseñar pensando en como minimizarlos, así como de realizar mantenimientos periodicos para evitar los tiempos de inactividad, reducir fallas y aumentar la vida útil del proyecto fotovoltaico (“*Guía de O&M de SFV*”, 2018).

En proyectos fotovoltaicos encontramos tres tipos de mantenimiento (“*Guía de O&M de SFV*”, 2018):

- Mantenimiento preventivo. Este consiste en realizar mantenimientos rutinarios para prevenir fallas o mitigar las consecuencias de las fallas.
- Mantenimiento predictivo. Este consiste en utilizar la tecnología para monitorear los sistemas para anticiparse así a la falla que de no corregirse podría afectar el rendimiento del sistema.
- Mantenimiento correctivo. Este consiste en realizar reparaciones cuando una falla ha ocurrido.

A la hora de realizar mantenimiento a un proyecto fotovoltaico se deben considerar los riesgos eléctricos y de caídas en altura. Entre el equipo básico de seguridad se compone de: casco, sombrero contra el sol, ropa de trabajo ignífuga, lentes que protejan de la radiación solar, guantes de seguridad, zapatos de seguridad dieléctricos y el sistema personal de detención de caídas que consta de arnés, cuerda, puntos de anclaje y accesorios de sujeción (“*Guía de O&M de SFV*”, 2018).

En el anexo 5 se adjunta la lista de las tareas que se realizan durante el mantenimiento rutinario de un proyecto fotovoltaico por la empresa en estudio.

1.3. Herramientas de análisis estratégico

Las herramientas de análisis estratégico permiten a las empresas evaluar su situación interna y externa, su posición en el mercado, así como los desafíos y las oportunidades a los que se enfrenta una estrategia. A continuación se presentan las herramientas que serán utilizadas en el desarrollo de esta tesis.

1.3.1. Análisis PESTEL

El análisis PESTEL es una herramienta que posibilita a las empresas analizar el ambiente externo que influye al negocio, con el objetivo de identificar oportunidades y amenazas, a través de seis factores que dan vida a su acrónimo (PESTEL) y que se explican a continuación (Amador, 2022):

- **Político:** Evalúan cómo la acción gubernamental puede impactar en el rendimiento empresarial a través de la regulación y directrices establecidas por las autoridades.

Esto abarca áreas como regulaciones fiscales y monetarias, subvenciones, acuerdos comerciales y políticas globales. En esencia, engloba todas las normativas y políticas, tanto nacionales como internacionales, que influyen en la empresa.

- **Económico:** Considera las variables macroeconómicas que pueden tener efectos en el rendimiento de la empresa. Las más comunes son: PIB, tasa de desempleo, inflación. Además se deben contemplar los ciclos económicos ya que estos pueden presentar riesgos u oportunidades a la organización.
- **Social:** Estos aspectos abarcan la religión, creencias, cultura, costumbres, intereses y gustos individuales, todos influyendo de forma positiva o negativa en los objetivos de una compañía.
- **Tecnológico:** Las transformaciones tecnológicas tienen el potencial de generar enormes ventajas para las compañías que logran capitalizarlas, mientras que pueden tener efectos perjudiciales en aquellas que no actualizan su infraestructura y quedan desfasadas.
- **Ecológico:** Está relacionado con todos los factores vinculados directa o indirectamente al entorno natural. Incluyen cualquier alteración en la regulación gubernamental o en las tendencias sociales dirigidas a la preservación del medio ambiente impactan en la empresa. También se pueden citar regulaciones relacionadas con la energía, la protección del medio ambiente, la administración de desechos y la emisión de gases, entre otros aspectos.
- **Legal:** abarcan todas las regulaciones que la empresa debe acatar.

1.3.2. Análisis Porter

El análisis Porter se enfoca en la competencia y el mercado en el que se encuentra la empresa, buscando identificar las oportunidades y amenazas que puedan presentarse.

Figura 4. Fuerzas que impulsan la competencia en la industria.



Fuente: Porter, 2015.

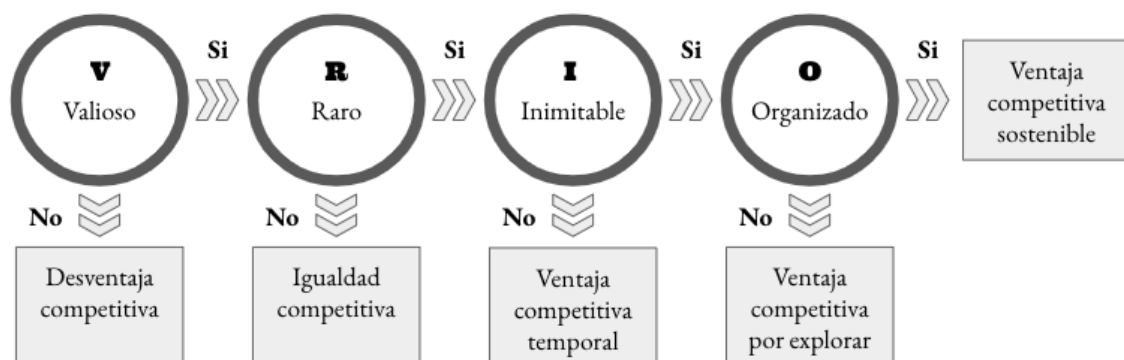
- **Rivalidad entre competidores existentes:** La capacidad competitiva de una empresa disminuye a medida que aumenta la cantidad de compañías que brindan productos y servicios parecidos en el mercado.
- **Amenaza de nuevos competidores:** Cuando un competidor potencial ingresa a un mercado, previamente ha debido enfrentar diversos desafíos, como la regulación vigente, los canales de entrega, los gastos, y otros aspectos. En este contexto, si le resulta más sencillo superar estas posibles barreras de entrada al mercado, la amenaza que plantea para tu compañía se vuelve más significativa.
- **Amenaza de servicios sustitutos:** Cuando en el mercado se encuentran productos que presentan una sólida relación entre su calidad y precio, o que tienen un costo más bajo, tienen el potencial de reemplazar a otros productos, lo que puede impactar la rentabilidad del negocio.
- **Poder de negociación de los proveedores:** Las empresas dependen de los proveedores aunque en ciertas circunstancias, estos proveedores podrían representar un riesgo para la rentabilidad de las organizaciones como por ejemplo: cuando hay monopolios, cuando cambiar de proveedor es muy costoso o cuando los proveedores tienen la capacidad de ingresar al mercado como competidores directos.
- **Poder de negociación de los clientes:** a medida que los consumidores se organicen con mayor eficacia, aumentará la presión para imponer requisitos y términos en relación con precios, calidad y servicios. En consecuencia, la empresa verá reducido su margen y el atractivo del mercado disminuirá en consecuencia.

1.3.3. Análisis VRIO

El análisis VRIO fue desarrollado por Barney, J. B. (1995) es un acrónimo que representa un modelo conformado por cuatro preguntas acerca de valor, rareza, dificultad de imitación y organización. Este enfoque se emplea con el propósito de identificar una ventaja competitiva sostenible. Las preguntas a realizar son:

- **Valor:** ¿El recurso es valioso para el cliente?
- **Raro:** ¿Es un recurso raro pero que tiene demanda?
- **Inimitable:** ¿Es difícil o costoso de imitar el recurso?
- **Organizado:** ¿Tiene la empresa la estructura y organización para capitalizar el recurso?

Figura 5. Análisis VRIO.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

1.4. Plan de negocio

Un plan de negocio es una declaración escrita que analiza un proyecto de negocio y proporciona proyecciones detalladas sobre su futuro. A continuación se explican los contenidos sugeridos que debe contener un plan de negocio (McKeever, 2010).

1.4.1. Declaración del problema

Todo plan de negocio debe iniciar identificando y describiendo el problema que la idea de negocio intenta resolver.

1.4.2. Idea de negocio

Se debe describir cómo el proyecto va a solucionar el problema del cliente. Debe explicar que se va a proveer al cliente, así como que se excluye.

1.4.3. Previsión de ingresos por ventas

Se debe estimar los ingresos por ventas más probables por mes para al menos los primeros dos años de operación. Para ello se necesita una comprensión sólida de los pasos que se deben de seguir para generar una venta. Luego estimar cuántas veces se espera llevar a cabo todos esos pasos cada semana o mes, y cuántos ingresos se obtendrán de estos pasos.

Para poder estimar los ingresos, se debe también realizar un ejercicio de fijación de precios. La fijación de precios debería consistir en un ejercicio que considere los precios de la competencia, el análisis de costos y el valor percibido por el cliente, de manera que se pueden fijar los precios de manera rentable para la empresa.

1.4.4. Previsión de Ganancias y Pérdidas

Una previsión de ganancias y pérdidas es una proyección de cuánto se espera vender y cuánto beneficio se obtendrá. También se le conoce como Estado de Resultados Proyectado.

Se calcula al sumar las ganancias por las ventas, restar el costo de ventas y restar los gastos fijos.

1.4.5. Plan de Gastos de Capital

El plan de gastos de capital incluye la proyección de recursos para adquirir activos de larga duración (al menos un año y que pueden ser depreciados) que se deben comprar antes de que el proyecto comience a generar ingresos por ventas.

1.4.6. Previsión de Flujo de Efectivo

Consiste en los flujos de efectivo generados por las actividades operativas, de inversión y financiamiento de la empresa. Representa la cantidad neta de efectivo generado o utilizado por las operaciones diarias del negocio.

1.4.7. Indicadores financieros

A continuación se describen los indicadores financieros que se utilizarán para evaluar el rendimiento financiero del proyecto, según Ortega (2017).

- **Periodo de recuperación de la inversión (PRI) o payback:** El método de período de recuperación determina el tiempo que toma recibir de regreso el costo de la inversión inicial.

$$\text{Periodo de recuperación de la inversión} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Flujo de efectivos anuales}}$$

- **Valor Actual Neto (VAN):** Compara el valor actual de los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto y restando la inversión inicial requerida. Si el VAN es positivo es indicativo que el proyecto tiene una valoración presente superior a su valor en el mercado y por tanto es financieramente viable. En cambio, si el VAN es negativo se debe rechazar el proyecto.

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{(1+r)^n} - I$$

Donde F representa los flujos de fondos futuros generados por la inversión, r es la tasa de descuento aplicada, n es el número de años por lo que se descuenta la inversión e I la inversión inicial.

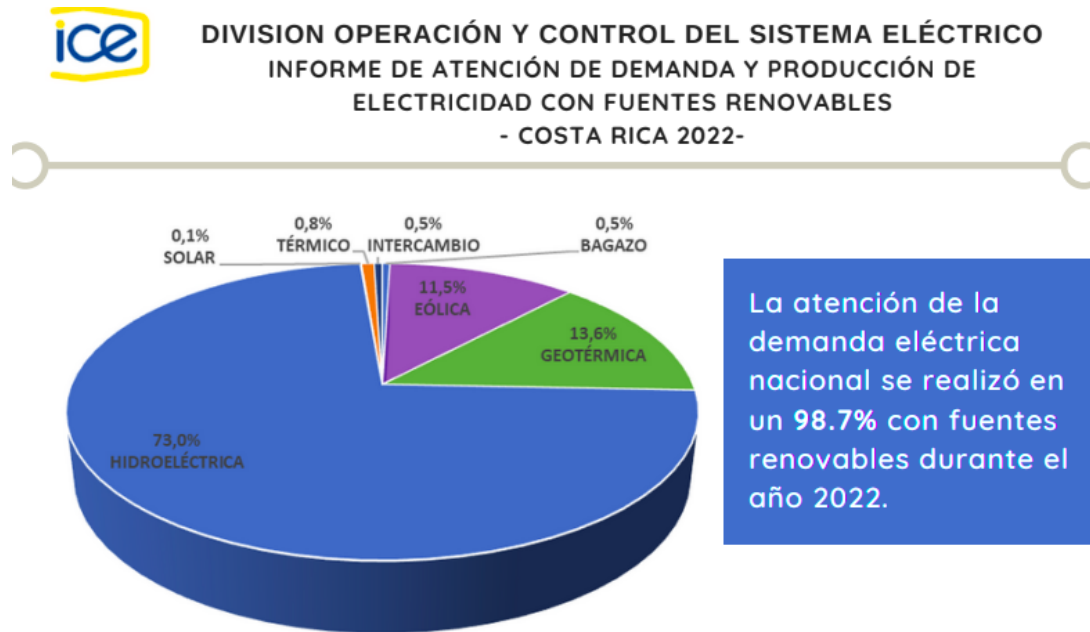
- **Tasa Interna de Retorno (TIR):** es la tasa de rendimiento que hace que la suma de los valores actuales de los ingresos netos futuros sean iguales al importe de la inversión inicial, o sea donde el VAN=0.

CAPÍTULO 2: EL SECTOR

2.1. Mercado de energía solar en Costa Rica

A pesar de la abundancia del recurso solar en el país, para el 2021 la energía solar en Costa Rica representaba tan solo un 0,1% de la producción de electricidad para atender la demanda del país (“Informe anual 2020 de Generación y Demanda”, 2021).

Figura 6. Fuentes con las que se atiende la demanda eléctrica en Costa Rica.



Fuente. *Informe anual 2020 de Generación y Demanda, 2021.*

Este comportamiento se debe a que en Costa Rica existe un monopolio de energía, donde el gobierno es el único autorizado en venderla a través de la empresa pública llamada Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). Debido a esto, los generadores privados deben contar con una concesión o autorización para poder operar, lo que ha limitado el crecimiento del sector privado de energía.

El ICE, como se muestra en la figura 6, ha realizado inversiones en generación por medio de hidroeléctricas y plantas geotérmicas, lo que ha permitido al país atender la demanda eléctrica en un 98,7% con fuentes renovables para el año 2022. Adicionalmente, como se observa en la tabla 1, la demanda de consumo eléctrico ha disminuido en los últimos 10 años, por lo que el gobierno ha sido restrictivo en la apertura de nuevos generadores privados.

Al depender de las hidroeléctricas para la generación, eventos climáticos como el fenómeno del Niño que generan sequías, hacen que el ICE tenga que operar plantas térmicas para abastecer los picos de demanda. Aquí es donde la generación solar toma relevancia, pues es justo en la época seca donde la generación solar produce más energía y puede contribuir a las metas ambiciosas para reducir la dependencia de combustibles fósiles que tiene el país.

A pesar de las restricciones para la generación distribuida, si se analiza la evolución de la

producción de energía por fuente durante los últimos 10 años, se nota una tendencia de crecimiento de la generación solar, que para el 2012 era de 0,3 GWh instalados y para el 2020 ya se contaban con 9 GWh.

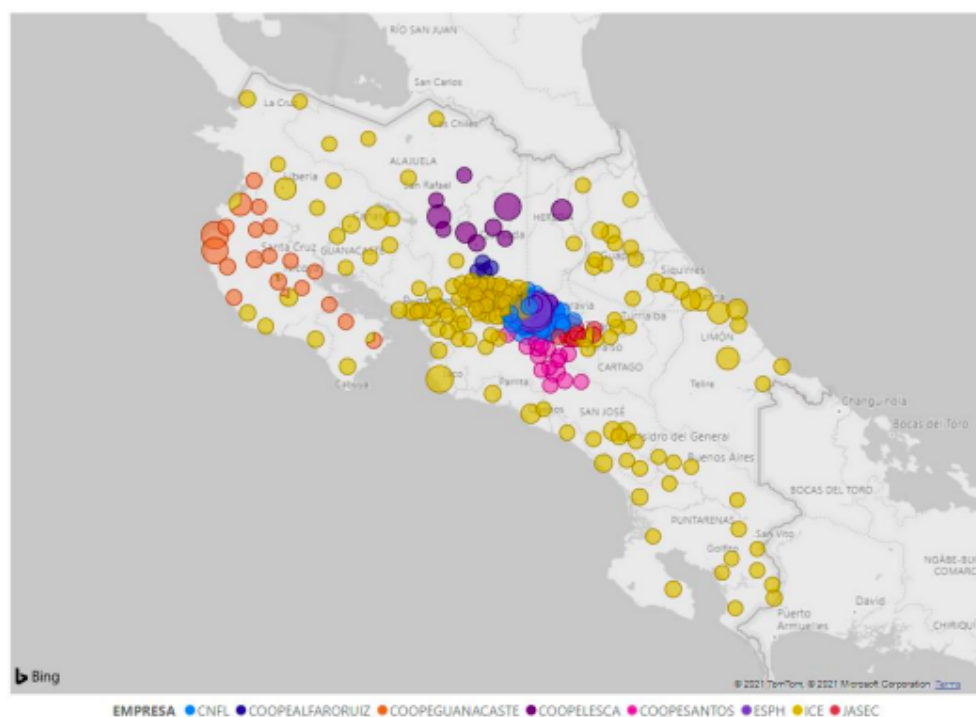
Tabla 1. Evolución de la producción bruta y demanda de energía.

GWh	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Geotérmico	1 402,61	1 516,71	1 538,14	1 375,63	1 339,51	1 117,83	968,57	1 512,58	1 689,17
Solar	0,30	1,44	1,46	1,53	1,41	2,70	9,89	9,59	9,00
Bagazo	81,63	86,32	83,63	82,28	74,51	87,52	76,67	72,05	58,57
Eólico	528,38	484,57	734,75	1 079,51	1 147,29	1 287,68	1 798,87	1 796,34	1 459,44
Hidro	7 233,20	6 839,06	6 717,15	8 066,58	8 025,95	8 676,96	8 342,90	7 826,66	8 294,32
Térmico	830,28	1 196,00	1 043,20	108,12	193,03	37,42	158,55	95,64	23,73
Producción bruta	10 076,40	10 124,10	10 118,33	10 713,65	10 781,70	11 210,10	11 355,45	11 312,85	11 534,24
Intercambio	16,74	47,81	204,76	(106,35)	150,39	(190,78)	(240,75)	21,26	(514,38)
Demanda	10 093,14	10 171,91	10 323,10	10 607,31	10 932,08	11 019,32	11 114,70	11 334,11	11 019,86
% Crecimiento	3,81%	0,78%	1,49%	2,75%	3,06%	0,80%	0,87%	1,97%	-2,77%

Fuente: Informe anual Generación y Demanda, 2020.

En el 2022 se aprueba la Ley 10086 Recursos Energéticos distribuidos, por lo que se espera que el mercado fotovoltaico se dinamice. Al aumentar la cantidad de proyectos fotovoltaicos en el país, surge la necesidad de servicios de mantenimiento para garantizar la rentabilidad de las inversiones.

Figura 7. Ubicación geográfica y energía producida por los generadores distribuidos.



Fuente: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2021.

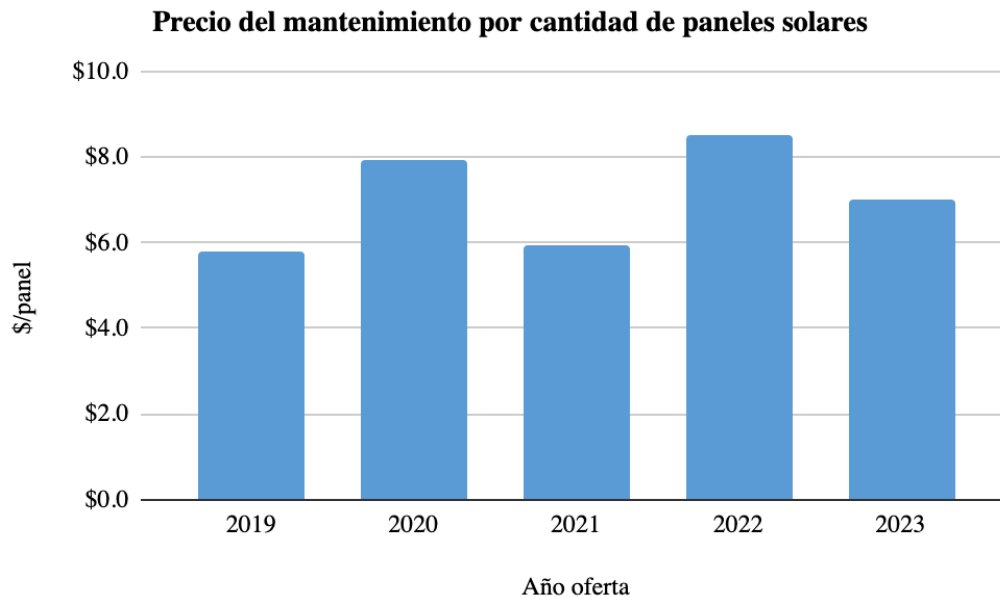
Como se observa en la figura 7, prácticamente en todas las regiones del país se encuentran proyectos de generación distribuida, con una concentración importante en el Gran Área Metropolitana.

2.2. Análisis de la competencia para el mantenimiento de proyectos solares

Según el “Informe del crecimiento 2019”, a diciembre del 2019 habían 218 929 paneles paneles instalados en Costa Rica, lo que equivale a 54,5 MWp. De acuerdo con la entrevista realizada al ingeniero Christian Campos, la empresa en estudio de tesis para la misma fecha contaba con 3,1 MWp, para una cuota de mercado del 5,7%. Para el año 2022, la empresa contaba con 6,5 MWp. Asumiendo que tal como en el 2019 la empresa mantiene su posición del mercado del 5,7%, el mercado para finales del 2022 se estima en 114,6 MWp, lo cual cae dentro de la estimación baja según la Figura 2. Proyección del crecimiento de la potencia instalada en solar fotovoltaico (“Informe del crecimiento”, 2019).

Con la ayuda de información brindada por el departamento comercial de la empresa en estudio, se pudo realizar un estudio de precios de la competencia donde se revisaron 50 ofertas para clientes del gran área metropolitana entre los años 2019 a 2023. De las ofertas analizadas sólo 27 cuentan con el precio de la visita de mantenimiento, con el cual se elabora la figura 8.

Figura 8. Precios por panel para estimar el precio del mantenimiento fotovoltaico.



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede observar en la figura 8, en promedio la competencia cobra 6.8 USD por panel solar para estimar el precio de los mantenimientos. También, se encuentra que para proyectos pequeños (menos de 40 paneles solares), la norma del mercado es cobrar como mínimo 200 USD por la visita dentro del Gran Área Metropolitana. Adicionalmente, la norma del mercado es ofrecer un mantenimiento gratuito durante el primer año.

Es interesante observar que los precios de mantenimiento se han mantenido muy estables durante los últimos 5 años. Es probable que el año 2021 los precios bajaron debido a la poca demanda debido a los efectos de la pandemia.

2.3. Análisis del macroentorno

Para el análisis del macroentorno en la tabla 2 se presenta un análisis PESTEL para el sector de servicios de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica.

Tabla 2. Análisis PESTEL

<i>Factores</i>	<i>Análisis PESTEL</i>
<i>Político</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Costa Rica cuenta con un monopolio estatal de energía. ● Costa Rica ha firmado compromisos ambientales de reducción de combustibles fósiles. ● Para el 2023 se cuenta con exoneraciones para equipos de generación solar: paneles solares, inversores y baterías.
<i>Económico</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Crecimiento de la economía costarricense según OECD de 2.8% PIB para el 2023. PIB histórico promedio 2% últimos 10 años. ● Aumentos anuales en las tarifas de energía. Cuando aumentan las tarifas los proyectos fotovoltaicos se hacen más rentables pues los clientes dejan de comprar energía cara. ● La mayoría de bancos del país cuentan con créditos con condiciones preferenciales para proyectos de energías renovables. ● Los precios de los equipos fotovoltaicos bajan conforme la tecnología avanza.
<i>Social</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Sociedad costarricense con fuerte conciencia ambiental y preferencias para productos sostenibles.
<i>Tecnológico</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Aumento de cantidad de vehículos eléctricos en los últimos años lo que va a generar un aumento de la demanda de energía en el país y con ello mayor apertura a proyectos de energía solar. ● Mejora en la eficiencia de los paneles solares. ● Herramientas tecnológicas que facilitan las labores de diagnóstico y reparación de los sistemas fotovoltaicos durante los mantenimientos.
<i>Ecológico</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Costa Rica cuenta con radiación solar todo el año. ● En Costa Rica llueve todos los meses del año, por lo que los paneles solares se limpian con la lluvia lo que mejora el rendimiento.
<i>Legal</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● En el 2022 se aprueba la Ley 10086 para la Promoción y regulación de recursos energéticos distribuidos a partir de fuentes renovables, lo que supone un impulso al mercado de energía solar en el país.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Del análisis PESTEL podemos concluir que hay un ambiente en su mayoría positivo para el desarrollo de la energía solar en Costa Rica y por lo tanto para la apertura de servicios de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos.

2.4. Análisis del microentorno

En la Tabla 3 se presenta el análisis de las fuerzas de Porter para el sector de servicios de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica.

Tabla 3. Análisis Porter.

<i>Factores</i>	<i>Análisis Porter.</i>
<i>Rivalidad entre competidores existentes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Existe poca competencia entre empresas que brindan servicios de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos. ● Hay pocos competidores, pero el servicio no es diferenciado.
<i>Amenaza de nuevos competidores</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Existe una gran cantidad de empresas instaladoras de proyectos fotovoltaicos que podrían empezar a brindar el servicio. ● Las barreras de entrada son bajas ya que muchos de los equipos que se utilizan para las instalaciones sirven para el mantenimiento.
<i>Amenaza de servicios sustitutos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● La amenaza es baja ya que al comprar un proyecto fotovoltaico se requiere realizar mantenimiento. ● La mayor amenaza es la automatización de la limpieza por medio equipos fijos, pero esta es baja por su alto costo actual y el mantenimiento cubre otras labores que no se pueden automatizar con la tecnología actual.
<i>Poder de negociación de proveedores</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● En este caso serían los proveedores de piezas para repuesto o implementos para limpieza y mantenimiento. Al haber muchos proveedores de este tipo, su poder de negociación es bajo, por lo que no inciden considerablemente en el precio.
<i>Poder de negociación de los clientes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● En la mayoría de casos, las empresas solares garantizan los primeros años de operación y son las mismas las que realizan el mantenimiento para poder conservar la garantía, por lo que en este momento se considera que el poder de negociación del cliente es bajo. ● Luego del vencimiento del periodo de garantía el cliente aumenta su poder de negociación.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Del análisis de Porter podemos concluir que puede haber presión sobre los precios del servicio debido a las pocas barreras de entrada de nuevos competidores. Se debe crear un servicio diferenciado para poder mantener la lealtad de los clientes.

Según la entrevista realizada al financiero Kenneth Ramirez, la empresa analizada para esta tesis dentro de su planeamiento estratégico 2022 identificó 6 recursos clave relacionados con el potencial servicio de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos, los cuales se detallan a continuación, con su respectivo análisis VRIO.

Tabla 4. Análisis VRIO.

Recurso	Valioso	Raro	Inimitable	Organizado	Tipo
Los proyectos vendidos de contado cuentan con mantenimiento gratuito por el primer año.	Si	No	-	-	Igualdad
Clientes con tecnología desactualizada que se puede mejorar.	Si	No	-	-	Igualdad
Personal propio para el mantenimiento y reparación de proyectos.	Si	Si	No	-	Temporal
Clientes leasing con contrato de mantenimiento por 10 años.	Si	Si	No	-	Temporal
Mantenimiento automatizado de proyectos.	Si	Si	Si	No	Explorar
Monitoreo remoto de proyectos.	Si	Si	Si	Si	Sostenible

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Recurso 1. Los proyectos vendidos de contado cuentan con mantenimiento gratuito por el primer año.

Este beneficio que se entrega a los clientes sirve para recalcar la importancia de realizar al menos un mantenimiento al año.

Es un recurso valioso para los clientes, sin embargo la mayoría de las empresas también lo ofrecen, por lo que corresponde a una igualdad competitiva según el análisis VRIO.

Recurso 2. Clientes con tecnología desactualizada que se puede mejorar.

La empresa cuenta con varios clientes con proyectos de más de 6 años por lo que los equipos utilizados, a pesar de estar funcionando, no tienen las funcionalidades que los equipos actuales tienen. Por ejemplo: softwares de actualización automática, mayores potencias de salida, mayores eficiencias de generación, menor tamaño, mayor vida útil y código eléctrico vigente actualizado. Por lo tanto se podrían ofrecer mejoras tecnológicas a los clientes actuales.

Es un recurso valioso para los clientes, sin embargo la mayoría de las empresas también lo

ofrecen, por lo que corresponde a una igualdad competitiva según el análisis VRIO.

Recurso 3. Contar con personal propio para el mantenimiento y reparación de proyectos.

Debido a requisitos contractuales adquiridos por la empresa con sus clientes tanto de leasing como de contado, para el 2022 la empresa en estudio asignó labores de mantenimiento a los técnicos eléctricos dentro de su planilla; para brindar el servicio de mantenimiento a proyectos urgentes y que no podían ser realizados por un proveedor.

Esto resultó ser un recurso valioso para la empresa ya que le permitió controlar la calidad del servicio y ahorrar dinero. También se considera un recurso raro ya que la mayoría de empresas solares no cuentan con personal propio para estas labores; sin embargo es fácilmente imitable, por lo que se considera una ventaja competitiva temporal.

Recurso 4. Clientes leasing con contrato de mantenimiento por 10 años.

La empresa para finales del 2022 contaba con 76 clientes mediante la modalidad de leasing. Los proyectos financiados por leasing pagan mensualmente dentro de su cuota por el mantenimiento, por lo que a estos proyectos se les brinda mantenimiento como mínimo una vez al año. Adicionalmente, este tipo de proyectos cuentan con una cláusula de rendimiento sobre la generación, por lo que se monitorea la generación mensual y en caso de identificar una caída en el rendimiento y se programa el mantenimiento cuantas veces sea necesario.

Es un recurso valioso y raro ya que la mayoría de la competencia no ofrece el financiamiento propio por medio de leasing, sin embargo no es difícil de imitar, por lo que se considera una ventaja competitiva temporal.

Recurso 5. Mantenimiento automatizado de proyectos.

Estos son equipos que se instalan de manera fija en los proyectos y se programan para realizar lo que es la limpieza de los módulos fotovoltaicos de manera rutinaria.

Es un recurso valioso ya que aumenta el rendimiento de los proyectos, es raro ya que es una tecnología muy nueva. De momento por su costo es difícil de imitar, pero la organización no cuenta con los recursos para poner el proyecto en marcha. Por lo tanto se considera una ventaja competitiva por explorar.

Recurso 6. Monitoreo remoto de proyectos.

Como política de la empresa, a todos los proyectos se les instala un sistema de monitoreo remoto, tanto de la generación como del consumo de energía del cliente. Adicionalmente, la empresa cuenta con un departamento de servicio al cliente que revisa las alertas que genera el software para identificar cuando baja el rendimiento de un proyecto o alguna falla, y así coordinar ya sea un mantenimiento preventivo o correctivo.

Es un recurso valioso, ya que permite identificar a tiempo situaciones que podrían bajar el rendimiento del proyecto. Es raro ya que la mayoría de empresas sólo monitorean la generación solar y no el consumo. Imitar el recurso saldría costoso ya que hay que instalar equipos, capacitar personal y manejar una gran cantidad de datos que hay que analizar.

Adicionalmente, la empresa cuenta con la organización para capitalizar el recurso. Por lo tanto se considera que es una ventaja competitiva sostenible.

Por lo tanto, como manera de potenciar la ventaja competitiva sostenible, se sugiere tomar como diferenciador el contar con un departamento de servicio al cliente que realice el monitoreo remoto de los proyectos, lo cual permite a través del análisis de la información, justificar un mantenimiento correctivo o preventivo, así como evitar posibles fallas en los sistemas antes de que ocurran, lo cual es un valor agregado al cliente.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de la investigación del presente trabajo es del tipo mixta, utilizando entrevistas para la metodología cualitativa y encuestas en la metodología cuantitativa. Ambas metodologías sirven para obtener la información necesaria para elaborar el plan de negocio.

3.1. Metodología cualitativa

Se realizaron entrevistas con expertos en el tema de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos con el fin de comprender sobre los requisitos que se deben cumplir para poder realizar labores de mantenimiento, así como información para poder definir presupuestos, tiempos para realizar labores e información para poder definir el costo del servicio.

Las entrevistas fueron semi estructuradas y enfocadas de acuerdo a la especialidad del entrevistado, con el fin de permitir agregar o eliminar preguntas con el fin de poder recolectar la información más relevante para el desarrollo de este trabajo.

3.2. Metodología cuantitativa

La investigación cuantitativa permite conocer a los clientes de mantenimiento solar, sus preferencias, hábitos de consumo y el nivel de aceptación del servicio que se desea ofrecer.

Se seleccionó como población a los clientes de sistemas fotovoltaicos en Costa Rica y como muestra, clientes ubicados en la gran área metropolitana de Costa Rica.

Se realizó una encuesta por medio de un formulario de Google Forms el cual fue enviado por correo masivo a los clientes de la empresa y también se realizaron publicaciones en las redes sociales: Facebook, Instagram y LinkedIn, durante el mes de septiembre 2023.

En Facebook se pagó pauta por un mes realizando segmentación, de manera que en su mayoría fueran clientes que actualmente cuenten con un sistema fotovoltaico, que sigan dentro de sus páginas a empresas de energía solar en Costa Rica y que residan en el Gran Área Metropolitana.

Para incentivar a las personas a llenar el formulario, se realizó una rifa de un mantenimiento solar a los que completaran la encuesta. Para ello se hizo un reglamento y la rifa fue supervisada por un abogado notario.

3.3. Resultados de las entrevistas

En los anexos 1, 2 y 3 se encuentran las entrevistas completas realizadas.

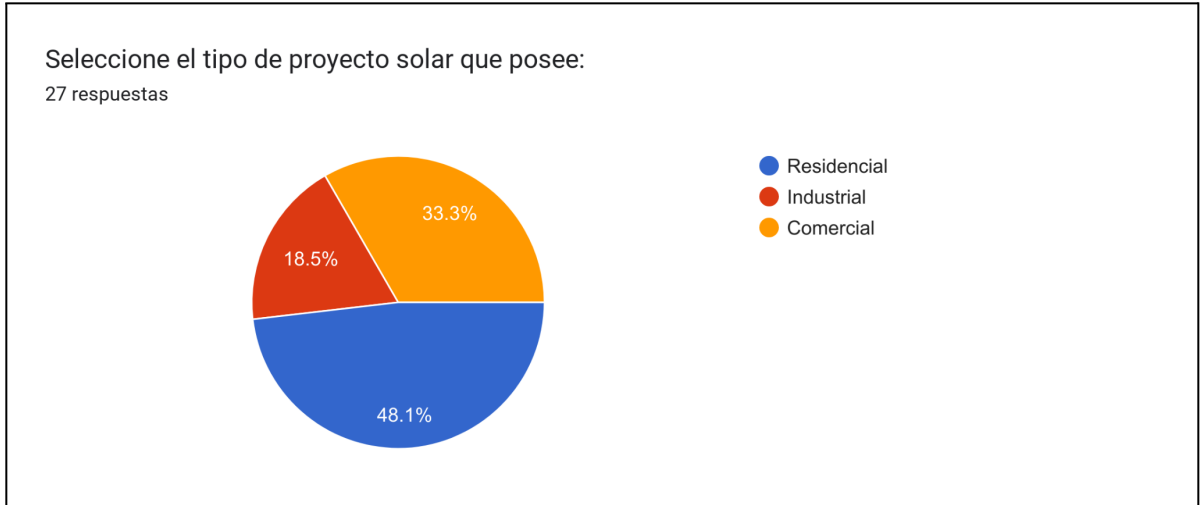
Se pudo determinar una lista de herramientas e insumos requeridos para las labores de mantenimiento, así como requerimiento de herramientas, equipos de seguridad y vehículos con lo cual se elabora un presupuesto preliminar tanto de CAPEX como operativo. También se obtiene información financiera para poder elaborar los Estados Financieros proyectados.

3.4. Resultados de la encuesta

En el anexo 4 se encuentran las preguntas realizadas en la encuesta. A continuación se presentan los resultados de las encuestas realizadas, donde se logra recolectar 27 respuestas de clientes de proyectos fotovoltaicos.

Como se observa en la figura 9 la encuesta fue respondida por clientes residenciales, comerciales e industriales, lo cual permite obtener distintas perspectivas del servicio para los segmentos de clientes.

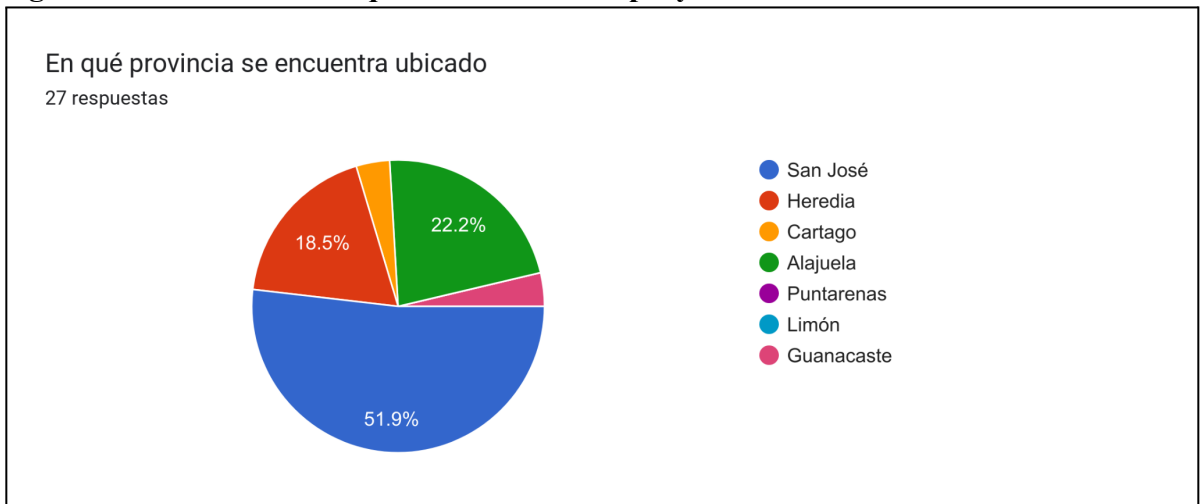
Figura 9. Tipo de proyecto solar de los entrevistados.



Fuente: Elaboración propia.

A pesar de que se trató de segmentar las entrevistas para clientes solamente del Gran Área Metropolitana, se recibieron respuestas de otras provincias más alejadas como Puntarenas, Limón y Guanacaste, ver figura 10. Para el análisis se incluyen las respuestas de todas las provincias, ya que la segmentación se realizó más que todo por el tema de la rifa del mantenimiento.

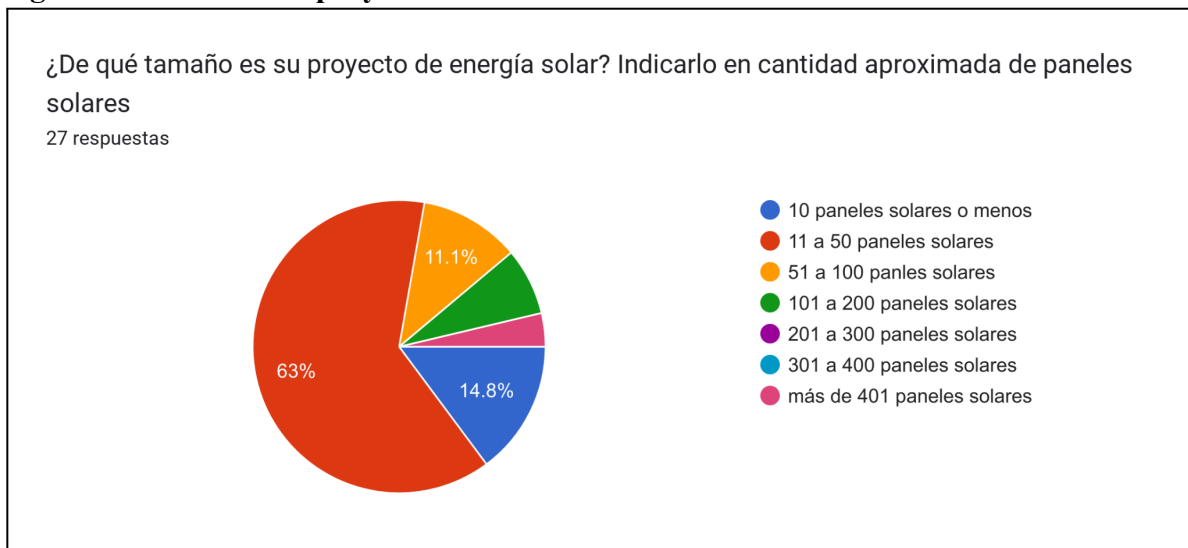
Figura 10. Provincia en la que se encuentra el proyecto del entrevistado.



Fuente: Elaboración propia.

Respecto al tamaño del proyecto, como se puede observar en la figura 11, más de la mitad de los clientes que respondieron corresponden a clientes de entre 11 a 50 paneles solares.

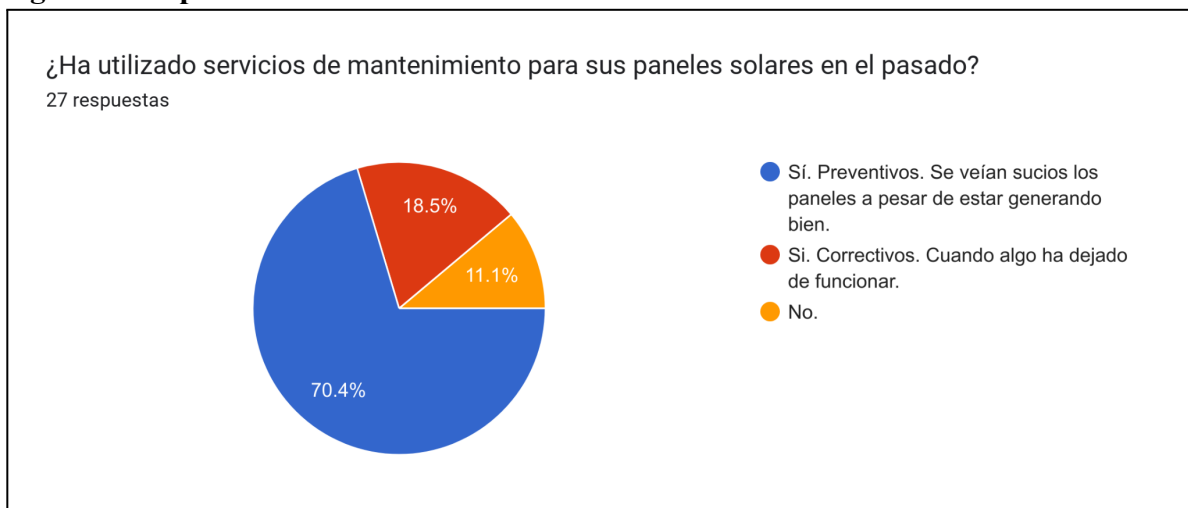
Figura 11. Tamaño del proyecto del entrevistado.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 12, podemos concluir que los clientes están dispuestos a realizar mantenimientos preventivos, ya que en su mayoría han realizado mantenimientos a pesar de que su sistema estaba funcionando bien. Esto es un dato sumamente interesante, ya que permite pensar en una estrategia de mercadeo enfocada en la importancia del mantenimiento preventivo para llegar a más clientes.

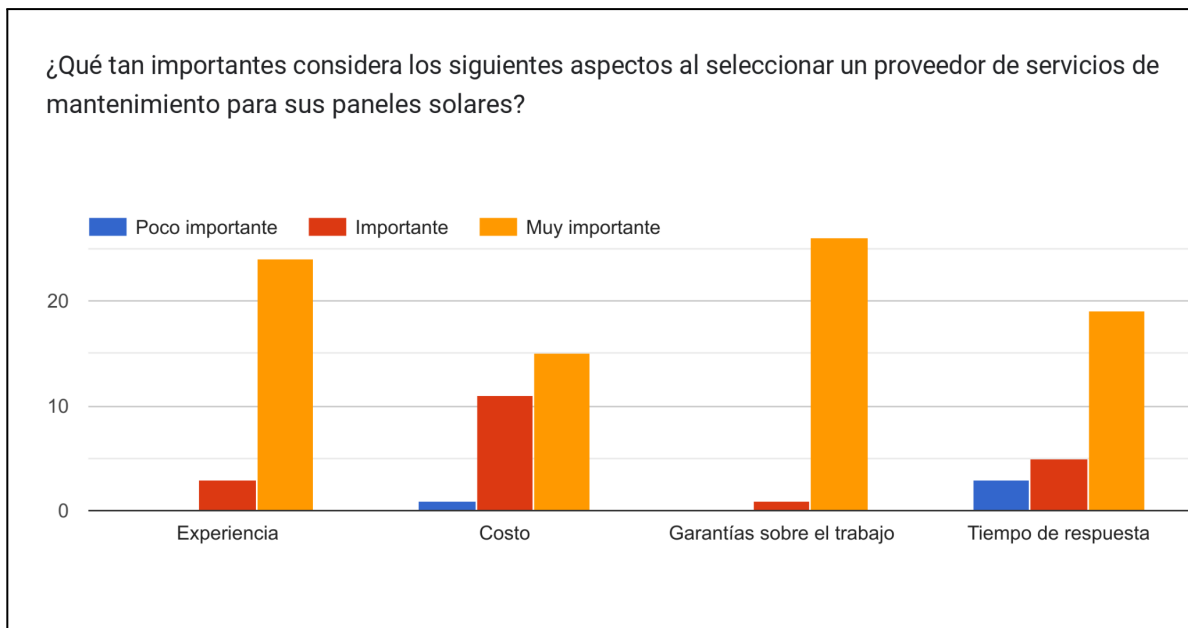
Figura 12. Tipo de mantenimiento solar realizado.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 13, se encuentra que los clientes consideran que es de suma importancia a la hora de seleccionar un proveedor de servicio de mantenimiento más que todo la garantía sobre los trabajos realizados y la experiencia. También se considera importante el costo, pero en menor medida. Esto también se debería incluir en la estrategia de mercadeo del servicio.

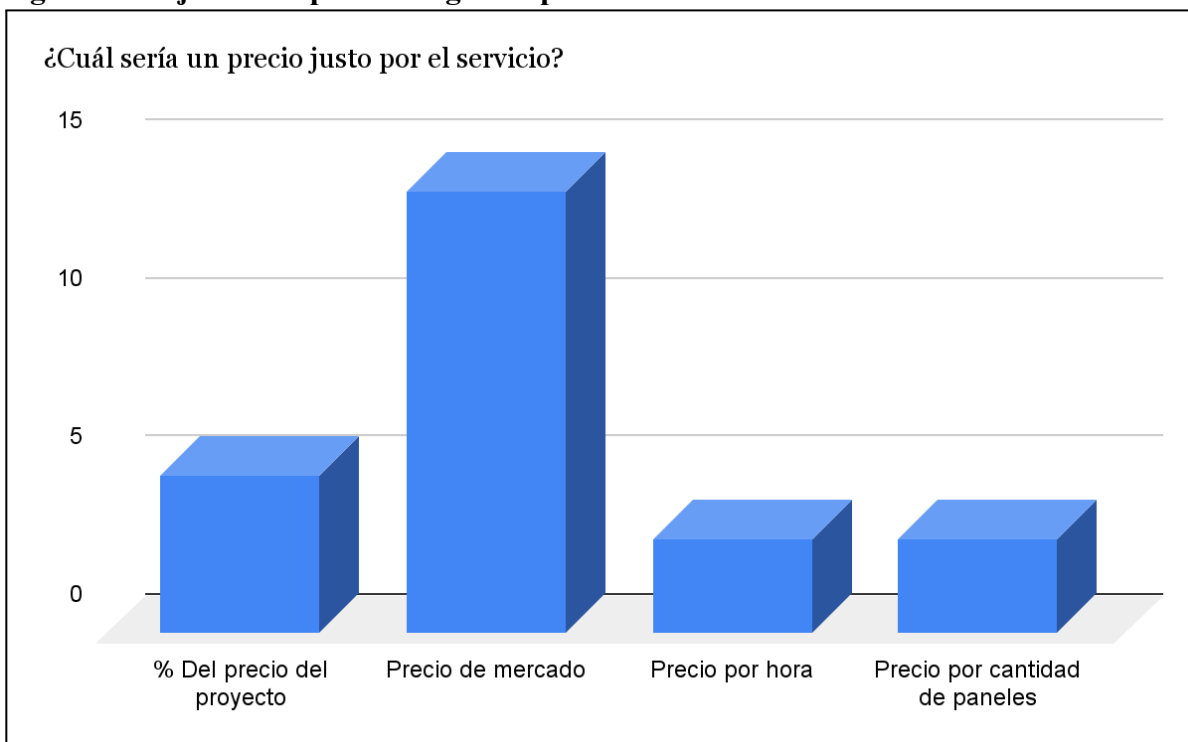
Figura 13. Características para seleccionar un proveedor de servicios de mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 14 se muestra la respuesta sobre qué consideran los clientes que es un precio justo. Esta pregunta se dejó de respuesta abierta tipo párrafo y las respuestas luego se lograron categorizar en 4. Se puede observar que la mayoría de clientes piensa que el precio justo es el precio que dicta el mercado para servicios similares.

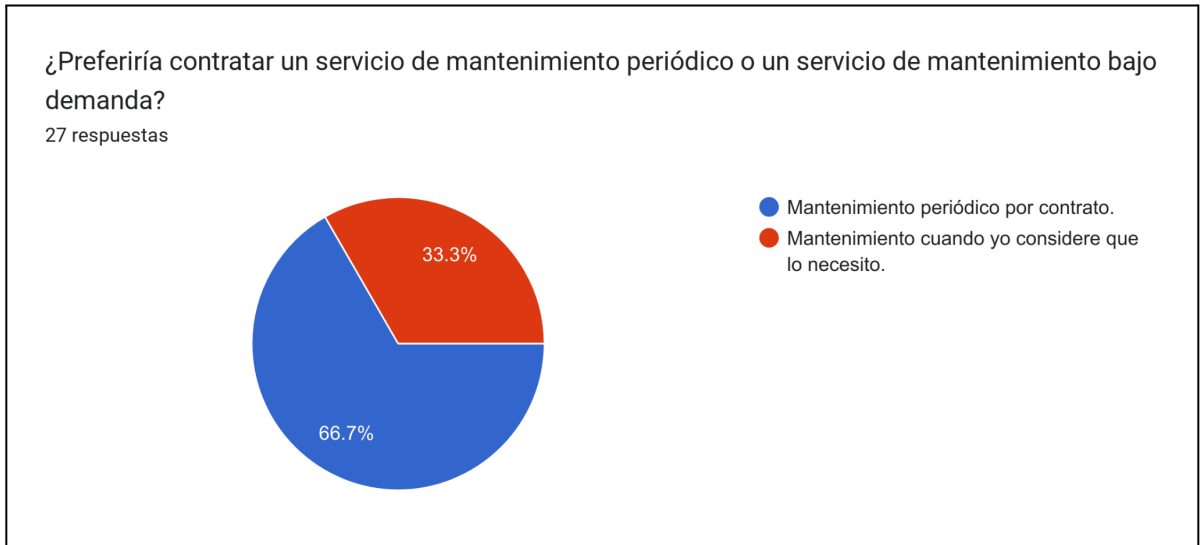
Figura 14. Fijación de precios sugerida por los entrevistados.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la figura 15 se encuentran los resultados sobre la preferencia de los clientes respecto a la contratación de servicios de mantenimiento. Como se puede observar, la gran mayoría de clientes prefieren tener un contrato de mantenimiento.

Figura 15. Tipo de forma en que prefiere pagar el servicio el entrevistado.



Fuente: Elaboración propia.

Tanto la figura 12 como la 15, validan la idea de que los clientes en Costa Rica creen necesario realizar mantenimientos preventivos a sus sistemas, y prefieren que la responsabilidad sobre la coordinación de los mantenimientos caiga en la empresa con la cual tienen un contrato fijo.

Aquí se encuentra una oportunidad de negocio, ya que se podrían firmar contratos a 2 años con los clientes, lo cual aseguraría un ingreso fijo para la empresa.

CAPÍTULO 4: PLAN DE NEGOCIO

4.1. Declaración del problema

El problema que el plan de negocio intenta resolver, es la falta de proveedores especializados en servicios de mantenimiento de proyectos de energía solar, que permitan a los clientes extender la vida útil de sus inversiones y obtener el rendimiento esperado.

4.2. Idea de negocio

Consiste en brindar servicio de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos a clientes que cuenten con un sistema en operación y quieren aumentar su rendimiento o alargar la vida útil de su inversión.

Para ello se brindará un servicio con equipo especializado y realizado por profesionales entrenados en el mantenimiento de proyectos fotovoltaicos, que al final de cada labor realizarán un reporte con hallazgos y recomendaciones. Se excluye para este análisis los mantenimientos correctivos.

Los servicios se realizan de lunes a viernes de 8am a 4pm, y a solicitud del cliente se podrían realizar los fines de semana con un costo adicional. La coordinación de los servicios y comunicación con los clientes estará a cargo del ejecutivo de servicio al cliente.

Para el arranque de la implementación, se comenzará con los clientes que hayan instalado proyectos fotovoltaicos con la empresa en estudio, pero la idea es abarcar clientes desatendidos de la competencia.

Se utilizará un CRM para enviar correos automáticos a clientes cuando la fecha estimada del mantenimiento preventivo esté pronta a cumplirse, donde se indique la importancia de realizar dicho mantenimiento.

El pago de los servicios se podrá realizar por medio de transferencia o por pago en el sitio por medio de tarjeta de crédito.

4.3. Previsión de ingresos por ventas

Para poder estimar los ingresos por ventas, es necesario definir la cantidad de clientes que la empresa estima tener, así como el precio al cual pretende vender el servicio.

Para el caso de servicios de mantenimiento, el precio del servicio va a depender de distintos factores que se definen a continuación.

- Tipo de mantenimiento. Para simplificación de esta tesis, sólo se considera el mantenimiento preventivo. No se incluyen dentro del alcance el cambio de componentes o reparaciones.
- Tiempo: Según las entrevistas realizadas, se realiza una plantilla con la cual se calcula el tiempo requerido para realizar un mantenimiento según cantidad de

paneles solares e inversores. Ver anexo 5: Calculadora de tiempo para realizar un mantenimiento con una cuadrilla.

- Ubicación geográfica. Adicional al precio del servicio, se debe tomar en consideración el kilometraje y viáticos de los trabajadores para adicionar al precio final. Para simplificación de esta tesis se utilizarán los datos históricos promedio de kilometraje y viáticos para la empresa en estudio.
- Herramientas especiales. Se debe tomar en cuenta si se requieren llevar herramientas o equipos especiales para poder realizar el mantenimiento. Para la simplificación de esta tesis, no se incluyen para las estimaciones, pero sí deben ser consideradas para el precio real final al cliente.
- Costos directos: Estos incluyen los consumibles como lo son implementos de limpieza y viáticos.
- Costos fijos: En estos se incluyen los salarios de los técnicos, capacitación, seguros, marketing y costos administrativos.
- Precios de mercado. Del estudio de precios de la competencia se tiene una idea del precio de mercado del servicio.

Por lo tanto para la definición del precio, primero se va a calcular el precio de costo más margen y luego se compara con el precio de mercado, para fijar el precio sugerido a la empresa.

Para calcular el precio de costo más margen, se debe determinar los costos asociados a brindar el servicio, los cuales se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Costos mensuales

Costos mensuales	
<i>Costo directo servicio prestado</i>	
Consumibles (30%)	\$295
Viaticos (70%)	\$689
<i>Costo directo mensual (14% del servicio)</i>	<i>\$985</i>
<i>Costos fijos</i>	
Salarios	\$2,350
Entrenamiento	\$240
Seguros	\$1,600
<i>Costos fijos totales</i>	<i>\$4,190</i>
<i>Costo total mensual</i>	<i>\$5,175</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Los costos detallados en la tabla 5, son costos estimados reales promedio incurridos por la empresa en el último año fiscal, para una cuadrilla de 2 personas. El costo directo por servicio prestados se estima en un 14% que representa el desembolso que afronta la empresa como consecuencia directa de la prestación del servicio. Este se estima en un 30% por consumibles como esponjas, productos de limpieza, selladores, etc y un 70% los viáticos como hospedaje, alimentación y combustible.

Usando el resultado de la tabla 5, se elabora la tabla 6 para determinar el precio por margen, utilizando un margen de 40%, que según entrevista del Anexo 3 es un margen normal para este tipo de servicios. Por lo que se estima que el precio de una hora de una cuadrilla de mantenimiento es de \$54. Ver tabla 6.

Tabla 6. Precio horario por cuadrilla

Tipo	Costo	Precio
Costo mensual	\$5,175	\$8,625
Costo diario	\$259	\$431
Costo horario	\$32	\$54
Margen sugerido	40%	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Con esta información se elabora la tabla 7, la cual considera el tiempo en horas requerido para hacer el mantenimiento, el cual fue determinado utilizando la calculadora de tiempo del Anexo 5, que para cada rango de cantidad de paneles solares se anota el tiempo sugerido del mantenimiento. Adicionalmente, tomando en consideración el precio de \$54 dólares por hora, se obtiene el precio de costo más margen para cada rango.

Tabla 7. Precio de costo más margen

Cantidad de paneles	Cantidad de proyectos	Tiempo sugerido del mantenimiento	Precio de costo más margen	
1- 25	195	3 horas	\$162	
26-50	107	4- 5 horas	\$216	\$270
51-100	58	6- 8 horas	\$323	\$431
más de 101	31	más de 1 día	\$485	más
Suma total	391	-	\$241	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Según el estudio de mercado realizado, es norma del sector cobrar como mínimo \$200 por visita y según la información de la figura 8, la mediana de los valores del costo del mantenimiento por panel es de \$6.2. Con esta información se elabora la tabla 8.

Tabla 8. Precio de mercado.

Cantidad de paneles	Cantidad de proyectos	Precio mercado sugerido USD	
1- 25	195	\$200	
26-50	107	\$200	\$312
51-100	58	\$318	\$624
más de 101	31	\$630	más
Suma total	391	\$290	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

La tabla 9 realiza una comparativa entre el precio según el mercado y el precio definido por costo más margen.

Tabla 9. Precio sugerido para la empresa.

Precio por panel	Monto
Según el mercado	\$6.2
Definido por margen	\$4.4
<i>Sugerido para la empresa</i>	<i>\$5.0</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se sugiere un precio menor al mercado pero mayor al definido por margen, como estrategia de penetración del mercado, con el fin de atraer la mayor cantidad de clientes de la competencia posibles, para escalar el modelo de negocio y contratar más cuadrillas a futuro.

Utilizando el precio por panel sugerido a la empresa, se elabora la tabla 10 para sacar el precio ponderado que se utilizará en la previsión de ingresos por ventas para simplificar el modelo.

Tabla 10. Precio ponderado.

Cantidad de paneles	Cantidad de proyectos	Precio fijado USD	
1- 25	195	\$200	
26-50	107	\$200	\$250
51-100	58	\$255	\$500
más de 101	31	\$505	más
<i>Suma total</i>	<i>391</i>	<i>\$257</i>	

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Para el caso en análisis, la idea es determinar si con los clientes actuales el plan de negocios da rentable. Para ello la empresa brindó la información sobre la cantidad de clientes actuales y de ellos la cantidad que corresponden a clientes de lease (ver anexo 3). Los clientes de lease pagan mensualmente un monto por concepto de mantenimiento, por lo tanto contractualmente se debe brindar el servicio.

Adicionalmente, se hace el supuesto que de todos los clientes a los que se les puede cobrar el mantenimiento, un 20% decidirá no contratar el servicio. Con esta información se obtiene la estimación de clientes para los cálculos de rentabilidad. Ver tabla 11.

Tabla 11. Estimación de clientes.

Tipo	Clientes
Clientes totales actuales	391
Clientes en lease con mantenimiento incluido	76
Clientes por cobrar mantenimiento	315
20% Clientes por cobrar no querrá el servicio	-63
<i>Estimación de clientes</i>	<i>328</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tomando en consideración los resultados de las entrevistas, se debe calcular la cantidad de días de trabajo efectivos que tendría el personal, ya que a la cantidad de días hábiles hay que restarle:

- Días estimados por mantenimiento del vehículo. Tanto mantenimiento preventivo como correctivo.
- Días de capacitación del personal. Se considera como mínimo un día al mes.
- Días en que no se podrá hacer el mantenimiento por mal clima. Costa Rica al ser un país tropical, se estima que al menos 20 días no se podrá hacer mantenimiento debido a las lluvias.
- Días en donde el cliente no los puede atender o no se puede llegar al sitio.

En la tabla 12 se calculan los días efectivos de trabajo de una cuadrilla de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica.

Tabla 12. Días efectivos de trabajo.

Días por año en Costa Rica	Cantidad
Días hábiles	254
Días de vehículo en mantenimiento	15
Días de capacitación	12
Días de mal clima	20
Días de mantenimiento fallido	12
<i>Días efectivos totales</i>	<i>195</i>

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Cada día una cuadrilla está en capacidad de atender 2 mantenimientos de 4 horas en promedio, por lo tanto tomando en consideración los 195 días efectivos, se estaría en capacidad de atender 390 clientes. De la tabla 11, se llega a la conclusión que se cuentan con 360 clientes, por lo tanto una cuadrilla de 2 trabajadores tiene la capacidad de atender a los clientes actuales y contar con un poco de holgura para nuevos clientes o imprevistos.

4.4. Previsión de ganancias y pérdidas

En la tabla 13 se detallan y consolidan las proyecciones utilizadas para estimar las pérdidas y ganancias del modelo de negocio.

- De la Tabla 2. Análisis PESTEL se saca el porcentaje de crecimiento, donde el promedio del PIB histórico es 2% en los últimos 10 años para Costa Rica.
- De la Tabla 10. Precio ponderado se saca el precio ponderado de \$257 como precio de venta unitario.
- De la Tabla 11. Estimación de clientes se toma la estimación de clientes en 328.
- De la Tabla 15. Inversión en Capital se saca el CAPEX requerido para arrancar el proyecto.
- Del anexo 3 Entrevista al financiero, se saca que el costo directo por servicios prestados se estima en un 14%, que representa el desembolso que afronta la empresa como consecuencia directa de la prestación del servicio.
- Del anexo 3 Entrevista al financiero también se saca el 20% de depreciación anual y la tasa de descuento del 13%.
- Del anexo 3 Entrevista al financiero se toma el costo fijo de \$50280 anual.

Tabla 13. Proyecciones utilizadas

Proyectado						
Año	0	1	2	3	4	5
Ventas en unidades		328	328	328	328	328
Precio de venta unitario		257	257	257	257	257
Costo directo por servicios prestados		14%	14%	14%	14%	14%
Costo fijo		50,280	50,280	50,280	50,280	50,280
Intereses		0%	0%	0%	0%	0%
Impuestos		30%	30%	30%	30%	30%
<i>Otros datos:</i>						
Tasa de descuento	13%					
Inversiones de capital. CAPEX	45,257					
Depreciación		20%	20%	20%	20%	20%
Crecimiento						2%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Tabla 14. Estado de resultados proyectado.

Estado de Resultados Proyectado						
		1	2	3	4	5
Ventas		84,412	84,412	84,412	84,412	84,412
Costo servicio prestado		11,818	11,818	11,818	11,818	11,818
Contribución marginal		72,594	72,594	72,594	72,594	72,594
Costos fijos		50,280	50,280	50,280	50,280	50,280
Depreciación		9,051	9,051	9,051	9,051	9,051
EBIT		13,263	13,263	13,263	13,263	13,263
Intereses		-	-	-	-	-
EBT		13,263	13,263	13,263	13,263	13,263
Impuestos		3,979	3,979	3,979	3,979	3,979
Utilidad neta		9,284	9,284	9,284	9,284	9,284

Fuente: Elaboración propia, 2023.

En la tabla 14 se presenta el Estado de Resultados Proyectado donde se puede observar que desde el primer año la utilidad neta es positiva.

4.5. Plan de gastos de capital

En el anexo 4 se detallan la lista de herramientas necesarias para una cuadrilla de mantenimiento de 2 personas. Adicional a las herramientas, se debe invertir en un vehículo de preferencia 4x4 para poder realizar mantenimientos en zonas alejadas y un equipo de cómputo para realizar los informes de las visitas.

Para el monto obtenido en la tabla 15 de inversión en capital, la empresa cuenta con el dinero para realizar la inversión con fondos propios, por lo que no requiere financiamiento.

Tabla 15. Inversión en Capital

CAPEX	
Herramientas	\$8,757
Vehículo	\$35,000
Equipo cómputo	\$1,500
Por cuadrilla	\$45,257

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.6. Previsión de flujo de efectivo

En la tabla 16 se presenta el Estado de flujo de efectivo para el plan de negocio planteado, donde se puede observar la liquidez de la empresa desde el primer año de operación, así como la capacidad de generar efectivo mediante la prestación de los servicios de mantenimiento de proyectos fotovoltaicos.

Tabla 16. Estado de flujo de efectivo

Flujo de efectivo							
	0	1	2	3	4	5	6
EBIT		13,263	13,263	13,263	13,263	13,263	
Depreciación		9,051	9,051	9,051	9,051	9,051	
EBITDA		22,314	22,314	22,314	22,314	22,314	
Impuestos s/EBIT		3,979	3,979	3,979	3,979	3,979	
Capex	45,257						
Free Cash Flow	- 45,257	18,335	18,335	18,335	18,335	18,335	
Valor residual							143,862
Free Cash Flow + VR	- 45,257	18,335	18,335	18,335	18,335	18,335	143,862
Tasa de descuento	13%						
Factor de descuento	1.00	0.88	0.78	0.69	0.61	0.54	0.48
Valor Actual	- 45,257	16,226	14,359	12,707	11,245	9,952	69,099

Fuente: Elaboración propia, 2023.

4.7. Indicadores financieros

Finalmente, en la tabla 17 se presentan los indicadores financieros realizando un análisis de sensibilidad de la variable crítica, la cual sería la cantidad de ventas en unidades. En donde el escenario alto es que el total de clientes actuales compren al menos 1 mantenimiento anual, el escenario medio es que 20% de los clientes no realicen el mantenimiento anual y el escenario bajo es que el 40% de los clientes no realicen el mantenimiento anual con la empresa.

Tabla 17. Análisis de sensibilidad.

<i>Ventas en unidades</i>	Alto (Total)	Medio (-20%)	Bajo (-40%)
	391	328	265
Payback (años)	1.9	3.2	5.5
VAN	159,445	88,332	17,219
TIR	72%	49%	22%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede observar en los 3 escenarios el proyecto da rentable, por lo que se utilizará el escenario medio para presentar los resultados.

El periodo de recuperación de la inversión es de 3.2 años y utilizando una tasa de descuento del 13%, nos da que la tasa interna de retorno es de 49%, con lo que se valida la hipótesis planteada de que abrir una nueva rama de negocio dedicada al mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica es rentable.

Como análisis adicional, se realiza un escenario para saber en qué momento valdría la pena la contratación de una cuadrilla de mantenimiento adicional. Para ello, se multiplica los costos fijos por dos, así como el CAPEX por dos. Ver tabla 18.

Tabla 18. Justificación cuadrilla adicional.

<i>Ventas en unidades</i>	Punto de equilibrio	Ganancia
<i>Clientes adicionales</i>	172	210
Payback (años)	6.0	5.4
VAN	575	43,468
TIR	13%	24%

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Según el modelo financiero, se necesitan 172 clientes nuevos para llegar al punto de equilibrio con una nueva cuadrilla, y 210 clientes para que de utilidad neta positiva.

CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Luego de realizada la investigación, se comprueba la hipótesis planteada de que abrir una nueva rama de negocio dedicada al mantenimiento de proyectos fotovoltaicos en Costa Rica es rentable, ya que se puede comprobar la factibilidad económica incluso realizando un análisis de sensibilidad estimando un 20% menos de ventas esperadas.

El mercado solar en Costa Rica se encuentra en etapa de crecimiento lo que representa un potencial para el desarrollo de empresas que se dediquen al mantenimiento de proyectos fotovoltaicos. Así como se encontró mediante la metodología de investigación que los clientes se encuentran sensibilizados sobre la importancia de realizar mantenimientos preventivos.

Adicionalmente se encontró que el monitoreo remoto de proyectos es una ventaja competitiva sostenible para la empresa, por lo que su modelo de negocio debe resaltar este punto de diferenciación.

5.2. Recomendaciones

En función de la investigación realizada se recomienda que la empresa considere las siguientes sugerencias:

- Arrancar con 1 cuadrilla de mantenimiento e ir creciendo conforme se capten nuevos clientes. Revisar un ejercicio de análisis de capacidad trimestralmente.
- Se estima que se necesitan 172 clientes adicionales para justificar una cuadrilla de mantenimiento adicional.
- Fijar el precio del servicio a 5 USD por panel con un piso de 200 USD. Si se quiere cobrar más se debería diferenciar el servicio para justificar el aumento en precio.
- Ofrecer e incentivar contratos a 2 o 3 años con los clientes, donde se fija el precio al valor actual del servicio, por lo que el cliente se ve beneficiado ya que no va a sufrir el aumento anual de precio del servicio, y al mismo tiempo la empresa se asegura un ingreso fijo.
- Organizar giras y rutas para los mantenimientos de manera de optimizar los recursos. Para ello instalar GPS en los vehículos para facilitar esta optimización.
- Realizar una campaña de mercadeo donde se resalte los factores que fueron encontrados como importantes para los clientes: garantía sobre los trabajos y experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Amador, C. (2022). *El análisis PESTEL*. UNO Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1, 4, 1-2.
- Asamblea Legislativa. (2022). *Ley para la Promoción y regulación de recursos energéticos distribuidos a partir de fuentes renovables*. Ley N° 10086.
- Barney, J. B. (1995). *Looking inside for Competitive Advantage*. Academy of Management Executive, 9, 49-61.
- Centro Nacional de Control de Energía. (2021). *Informe anual 2020 de Generación y Demanda*.
- Gómez, M. (2023). *Entrevista con el ingeniero Carlos Oreamuno sobre mantenimiento de proyectos fotovoltaicos*. San José, Costa Rica.
- Gómez, M. (2023). *Entrevista con el ingeniero Christian Campos sobre mantenimiento de proyectos fotovoltaicos*. San José, Costa Rica.
- Gómez, M. (2023). *Entrevista con Kenneth Ramirez, ex gerente financiero de la empresa en estudio*. San José, Costa Rica.
- Instituto Costarricense de Electricidad. (2020). *Informe del crecimiento e impacto de la generación distribuida en Costa Rica 2019*.
- McKeever, M. (2010). *How to Write a Business Plan*. NOLO, 10, 111-159.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2023). *Decreto Ejecutivo N° 43879-MINAE*. Diario Oficial La Gaceta.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2015). *Reglamento Generación Distribuida para Autoconsumo con Fuentes Renovables Modelo de Contratación Medición Neta Sencilla*.
- Ministerio de Energía de Chile. (2018). *Guía de operación y mantenimiento de Sistemas fotovoltaicos*.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD). (2023). *OECD Data Costa Rica*. OECD. URL: <https://data.oecd.org/costa-rica.htm>
- Ortega de la Poza, R. (2017). *Fundamentos de dirección financiera*. ESIC Editorial, 1, 78-84.
- Porter, M. E. (2015). *Estrategia Competitiva: Técnicas para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. Grupo Editorial Patria, 2, 52-60.
- The World Bank. (2017). *Mapas de recursos solares de Costa Rica*. URL: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/costa-rica>

Ramírez, A. (2023). *Empresas deberán demostrar acciones para compensar impacto ambiental*. Revista digital Crhoy.com. URL:
<https://www.crhoy.com/economia/empresas-deberan-demostrar-acciones-para-compensar-impacto-ambiental/>

Robles Algarín, C. A., Vilorio Porto, J. P., Restrepo Leal, D. A. (2022). *Control neuronal y difuso para sistemas fotovoltaicos*. Colombia: Editorial UniMagdalena, 1, 26.

Solar Energy International. (2012). *Solar Electric Handbook: Photovoltaic Fundamentals and Applications*. Pearson Learning Solutions, 1, 38-80

ANEXOS

Anexo 1 Gómez, M. (2023). *Entrevista con el ingeniero Christian Campos sobre mantenimiento de proyectos fotovoltaicos. San José, Costa Rica.*

Fecha: 12 Septiembre 2023, San José, Costa Rica.

1. ¿Cuál es su experiencia en energía solar fotovoltaica?

Tengo casi 5 años de experiencia en proyectos de energía solar en la empresa en estudio. Soy ingeniero eléctrico y el responsable profesional para la mayoría de los proyectos que la empresa instala. Mi trabajo es revisar que los proyectos que se instalen cumplan con los requisitos legales, los requisitos técnicos y los solicitados por los clientes. Cuando hay que realizar un mantenimiento correctivo, estoy a cargo de aprobar la solución propuesta.

2. ¿Cada cuánto recomienda realizar mantenimiento preventivo a un proyecto fotovoltaico?

Como norma, en la empresa sugerimos al menos 2 veces al año, pero depende de donde esté ubicado el proyecto. Hay lugares que las condiciones ambientales tales como el polvo y el smog, requieren que sea más frecuente. También lugares que se encuentren cerca de industrias que generan material particulado.

Los paneles se instalan con cierta inclinación para que con la lluvia se limpien solos. En Costa Rica históricamente llueve en todos los meses del año, pero aunque se vean limpios los módulos, se deben revisar los torques a los componentes del sistema.

3. ¿Qué tipo de problemas o fallas son las más comunes en un sistema PV, que hace que se requieran mantenimientos correctivos?

Justamente un mal torque que genere un corto circuito en el sistema. También un mal aislamiento de los componentes del sistema que haga que les entre humedad. En zonas boscosas encontramos también insectos que son atraídos por los equipos y tratan de ingresar y ocasionan daños.

También la utilización de materiales eléctricos de mala calidad, mal ponchado de MC4, etc, debido a una inspección de la instalación deficiente.

4. ¿Cuáles son los cuidados que se deben tener al realizar un mantenimiento PV?

Todo lo relativo a seguridad ocupacional. Los técnicos deben tener conocimientos y entrenamiento mínimo sobre electricidad, haber llevado un curso de alturas y la capacitación básica sobre la manipulación de todos los componentes de un sistema fotovoltaico.

Primordial que antes de hacer un mantenimiento, revisar que el proyecto esté desenergizado, para evitar riesgos eléctricos.

Nunca hacer un mantenimiento sólo, siempre deben ir en parejas. No hacer mantenimiento si está lloviendo o hay rayería.

Por el lado de los equipos, son equipos robustos, sin embargo se deben trabajar con las herramientas específicas para cada uno de los equipos (torque correcto).

5. ¿Cuáles son los adelantos en tecnología, que piensa que vayan a impactar la forma en que se realizan los mantenimientos fotovoltaicos en el futuro?

Probablemente algo relacionado con el monitoreo de los sistemas. Actualmente los equipos monitorean un montón de variables pero estas no se analizan automáticamente. Cuando un evento ocurre, nosotros lo que hacemos es irnos al equipo y revisar estas variables para poder identificar qué pudo haber pasado. Asumo que con los avances con el manejo de gran número de información, esa revisión será automática y predictiva.

6. Me podría compartir la información de la cantidad de proyectos por potencia y por cantidad de paneles para la empresa en estudio.

Cantidad de potencia instalada por año para la empresa en estudio:

- Año 2015: 14.88 kWp.
- Año 2016: 259.62 kWp.
- Año 2017: 586.09 kWp.
- Año 2018: 765.05 kWp.
- Año 2019: 1489.88 kWp.
- Año 2020: 1601.46 kWp.
- Año 2021: 1061.60 kWp.
- Año 2022: 733.85 kWp.

Suma total de potencia: 6532.41 kWp.

Cantidad de proyectos por rango de tamaño:

- 1-25 paneles: 195 proyectos
- 26- 50 paneles: 108 proyectos
- 51- 100 paneles: 58 proyectos
- Más de 101 paneles: 30 proyectos

Suma total de proyectos: 391 proyectos.

- FIN DE LA ENTREVISTA -

Anexo 2 Gómez, M. (2023). Entrevista con el ingeniero Carlos Oreamuno sobre mantenimiento de proyectos fotovoltaicos. San José, Costa Rica.

Fecha: 29 Septiembre 2023, San José, Costa Rica.

1. ¿Cuál es su experiencia en energía solar fotovoltaica?

Soy ingeniero electromecánico con más de 25 años de experiencia en diseño e instalación de sistemas de energía renovable a la medida, en su gran mayoría sistemas fotovoltaicos, con un promedio de aproximadamente 550 MW a nivel nacional e internacional (experiencias acumuladas en diseño e implementación). Además he incursionado en el campo académico como instructor en energías renovables, específicamente fotovoltaica para Solar Energy International SEI, organización norteamericana ubicada en Paonia, Colorado.

2. ¿Qué inconvenientes se podrían presentar que impidan realizar un mantenimiento?

Hay que tomar en consideración que Costa Rica es un país tropical, en el cual puede llover en cualquier momento del año. Los mantenimientos al ser trabajos en altura, no deben realizarse cuando hay lluvia. Así que será frecuente que haya días en los cuales no se pueda trabajar.

Igualmente, por condiciones climáticas, por huelgas o tránsito pesado, algunas rutas de tránsito son cerradas, por lo que habría demoras para llegar al lugar, que puedan hacer que el mantenimiento se demore o se tenga que posponer del todo.

Los vehículos de trabajo constantemente llegan a su kilometraje de revisión, por lo que se debe estimar cuántas veces al año se espera que el vehículo esté de baja por mantenimiento preventivo, así como por reparaciones mayores.

Otro motivo que impide hacer un mantenimiento puede ser que al cliente se le haya olvidado que íbamos a hacer la visita y por lo tanto no nos pueda atender. En clientes comerciales e industriales, lo que puede suceder, es que el encargado del cliente se encuentre en otra labor lo cual podría generar un retraso en la autorización de nuestra entrada.

También en clientes comerciales e industriales, suelen haber aprobaciones previas que se deben cumplir antes de hacer el mantenimiento. Por ejemplo, llevar un curso de seguridad ocupacional, de emergencias o incluso de código de conducta.

Ya a la hora de estar haciendo el mantenimiento nos podríamos retrasar si por algún motivo el cliente no tiene agua o suficiente presión de agua para la limpieza de los paneles. También, otro retraso podría ser por no tener internet en el lugar, lo cual dificulta hacer ciertas pruebas y actualizaciones.

3. ¿Qué recomendaciones tendría para evitar los inconvenientes previamente mencionados?

Lo más sencillo es tener una buena comunicación con el cliente. Entender quién es la persona que será encargada de recibir al personal y dar por aceptadas las labores. También, algo sencillo es enviar un correo una semana antes del mantenimiento que sirva como

recordatorio y al mismo tiempo como instructivo de lo que requerimos del cliente, para hacer un mantenimiento efectivo. En ese mismo correo se debe dejar claro que de no cumplirse con los requisitos se le cobrará la salida del equipo y se deberá reprogramar el mantenimiento para otro día.

4. ¿Cuáles son los adelantos en tecnología, que piensa que vayan a impactar la forma en que se realizan los mantenimientos fotovoltaicos en el futuro?

La tecnología solar avanza a pasos agigantados, no solo en eficiencia de costos sino también en materiales. Por ejemplo, un proyecto de 3kW hace unos años requería de 10 paneles solares y hoy día tan sólo requiere 6 paneles para llegar a la misma potencia, además en términos de eficiencia hemos pasado de 13% a 21%, lo que reduce la huella de los paneles en cerca de 40%. Por lo tanto, con el tiempo vamos a ver que los proyectos requieren menos área, menos piezas y por consiguiente, menos tiempo para hacer un mantenimiento.

También en este año han salido instalaciones sin rieles, con lo cual volvemos al tema de proyectos con menos piezas, lo que las hace más eficientes en costo y en tiempo de mantenimiento.

Tenemos ahora también nuevos sistemas de sujeción, técnicas de cableado, conectores rápidos, módulos sin marco o con drenajes, vidrios autolimpiables, etc. Estas novedades podrían también reducir en tiempo y costo los mantenimientos.

A la hora de hacer un mantenimiento, en los últimos años han salido herramientas de limpieza especiales que permiten realizar los trabajos de manera más rápida y con uso más eficiente de los recursos. Creo que sería interesante para la empresa probar estas herramientas para ver cuales podrían funcionar para hacer mantenimientos más eficientes.

En proyectos fotovoltaicos más grandes, tiene sentido implementar robots de limpieza automática, de manera que no haya que realizar paros para limpieza, sino que los robots limpian por zonas y constantemente. Estos robots se justifican únicamente para este tipo de instalaciones por su alto costo, ya que algunos podrían costar hasta \$30k.

5. ¿Cuáles son las herramientas requeridas para hacer un correcto mantenimiento PV?

Te comparto la lista de equipos que hemos identificado indispensables para realizar un mantenimiento como se debe, con su respectivo precio, para una cuadrilla de dos personas. Ver anexo 4.

6. Tomando como base el checklist de mantenimiento que realizan, poner tiempo a cada actividad.

Con la ayuda del ingeniero se realiza una calculadora de tiempo para realizar un mantenimiento con una cuadrilla de 2 personas. Ver anexo 5.

- FIN DE LA ENTREVISTA -

Anexo 3 Gómez, M. (2023). *Entrevista con Kenneth Ramirez, ex gerente financiero de la empresa en estudio. San José, Costa Rica.*

Fecha: 13 Octubre 2023, San José, Costa Rica.

1. ¿Desde cuándo la empresa brinda servicios de mantenimiento a los clientes?

Desde que se empezaron a firmar contratos de leasing con los clientes en el 2017, se brinda el servicio de mantenimiento. Al inicio, este servicio se subcontractaba pues no contábamos con tantos clientes, pero al aumentar la cantidad de los mismos empezamos a utilizar a los técnicos que normalmente realizaban labores de inspección y monitoreo, para también realizar el mantenimiento. En los últimos años, clientes de contado nos comenzaron a solicitar realizar el mantenimiento a sus proyectos, por lo que surgió la inquietud de validar si abrir este servicio y comenzar a promocionarlo, sería una nueva fuente de ingresos para la empresa. Actualmente se cuentan con 76 clientes de lease.

2. ¿Podría compartir los gastos históricos para una cuadrilla de dos personas?

En la empresa los costos se dividen en costos directos por servicios prestados y costos fijos. Por lo tanto, te comparto los costos promedios de los últimos meses que los obtuve con autorización de la empresa.

Costo directo por servicios prestados.

- Consumibles en \$295 por concepto de guantes, jabones, etc que utilizan para hacer los trabajos. Aproximadamente un 30% de dicho costo.
- Viáticos en \$689 lo cual incluyen los gastos relacionados a transporte, alimentación y hospedaje cuando salen de gira de mantenimiento. Aproximadamente un 70% de dicho costo.

Con esta información el costo directo por servicios prestados se estima en un 14%, que representa el desembolso que afronta la empresa como consecuencia directa de la prestación del servicio.

Como costo fijo mensual se tiene:

- Salarios de dos técnicos en \$2350, esto incluye las cargas sociales.
- Entrenamiento de \$240 por un curso de alturas que deben tomar para mantenerse certificados y poder realizar las labores.
- Seguros en \$1600 por seguro de riesgos del trabajo y póliza de responsabilidad civil.

Para un costo fijo mensual de \$4190, o anual de \$50280.

3. ¿Cuál podría ser el margen sugerido deseado para estimar el precio del servicio?

Normalmente para servicios un margen común es de 40%.

4. ¿En Costa Rica cuál es el porcentaje de impuestos que debe pagar una empresa?

En Costa Rica se debe pagar un 30% de impuesto sobre la renta, el cual se calcula sobre las ganancias.

5. ¿En cuántos años deprecia la empresa las inversiones de capital?

Como política de la empresa las inversiones de capital se desprecian los equipos a 5 años.

6. ¿Cuál sería la tasa descuento que se debe utilizar para calcular la rentabilidad del plan de negocio?

En las proyecciones de la empresa se suele utilizar un 13% de tasa de descuento.

7. Dentro del plan estratégico de la empresa, cuáles son los recursos con los que cuenta la empresa o que identifican relevantes para justificar la apertura de un departamento de mantenimiento de energía solar.

Normalmente se le pagaba a empresas externas para realizar los mantenimientos que por contrato la empresa tenía que hacer y recibimos varias quejas de clientes. Entonces esto nos generaba no conformidades y una mala imagen con los clientes. Como no eran tantos los mantenimientos cuando yo entré por ahí del 2019, lo que se decidió fue asignar a los técnicos propios para realizar los mantenimientos de los clientes que por contrato teníamos que hacer, y así controlar mejor la calidad de los mismos.

Dentro del FODA del año 2021, se encontró como fortaleza contar con este personal ya que la mayoría de empresas de energía solar similares a la nuestra, no cuentan con él. Haciendo números, nos dimos cuenta que también ya para finales del 2021 se contaba con una gran cantidad de clientes que ya no tenían contrato de mantenimiento vigente, y que por lo tanto se le podría cobrar por realizar el mantenimiento.

También la cantidad de clientes de leasing que ya de por sí pagan cada mes por el servicio de mantenimiento, justifica contar con la cuadrilla de mantenimiento.

Todos los proyectos de la empresa cuentan con monitoreo remoto, por lo que servicio al cliente se pasa dando cuenta cuando algo deja de funcionar, por lo que tenemos por semana al menos un proyecto por revisar de mantenimiento correctivo.

También hay clientes que tienen un sistema con más de 6-7 años. La tecnología solar ha avanzado mucho en los últimos años por lo que tenemos clientes que quieren contar con mejoras tecnológicas en sus proyectos. Por ejemplo, los clientes instalados en el 2016 se les vendieron paneles de 310 W, los clientes que estamos instalando en el 2023 llevan paneles de 545 W, casi el doble de potencia. También han habido cambios en el código eléctrico del país, y hay clientes, sobre todo los industriales que solicitan tener su sistema eléctrico con el código eléctrico actual.

Hemos estado buscando opciones para hacer más mantenimientos en menor tiempo o no tener que ir del todo. Hay tecnologías nuevas, pero realmente no hemos explorado el tema.

En resumen las acciones o recursos se podrían resumir de la siguiente manera:

- Contar con personal propio para el mantenimiento y reparación de proyectos.
- Los proyectos vendidos de contado cuentan con mantenimiento gratuito por el primer año.
- Contar con personal propio para el mantenimiento y reparación de proyectos.
- Clientes leasing con contrato de mantenimiento por 10 años.
- Mantenimiento automatizado de proyectos.
- Monitoreo remoto de proyectos.
- Venta de mejoras de equipos a clientes.

- FIN DE LA ENTREVISTA -

Anexo 4 Lista de herramientas y equipos para cuadrilla de mantenimiento.

Cuadrilla 2 personas	Presupuesto total		\$8,757
Item	Cantidad	Precio unidad (USD)	Precio total (USD)
Adaptador para taladro 1/2"	1	\$9	\$9
Alicate	1	\$11	\$11
Alicate Ajustable	1	\$10	\$10
Alicate de corte diagonal (electricista)	1	\$27	\$27
Alicate de corte frontal (electricista)	1	\$18	\$18
Alicate de presión boca curva 10" (254mm)	1	\$13	\$13
Alicate de punta recta 200 mm aislado	1	\$23	\$23
Alicate pico de lora aislado 250mm	1	\$35	\$35
Alicate punta fina (electricista)	1	\$27	\$27
Amperímetro de gancho	1	\$56	\$56
Anclaje para techo	4	\$45	\$179
Anteojo antiempañante	2	\$9	\$18
Arnés con 3 argollas	2	\$52	\$105
Bolsa stanley para herramientas 12"	1	\$26	\$26
Bolsa stanley para herramientas pequeña	1	\$18	\$18
Bolso para herramientas	1	\$73	\$73
Botiquín tipo campo	1	\$70	\$70
Caja herramientas modular Milwaukee	1	\$68	\$68
Caja intemperie	1	\$20	\$20
Candados LOTO	1	\$72	\$72
Casco para alturas con lente y barbiquejo incluido	2	\$18	\$37
Chaleco tipo ingeniero clase 2 ansi naranja	2	\$7	\$15
Cinzel cortafrio 1/2" largo 9" (229mm)	1	\$7	\$7
Cinta métrica (10 metros)	1	\$14	\$14
Cinta métrica larga fibra de vidrio 1/2"X 30 MTS	1	\$31	\$31
Cinta reflectiva	1	\$149	\$149
Cinta roja peligro	1	\$26	\$26
Cizalla 15"	1	\$34	\$34
Cono de señalizacion PVC 28" (71.1cms) con banda reflectiva	2	\$20	\$39
Cortadora de cable (cobre y aluminio) 100mm largo 315mm	1	\$57	\$57
Cortadora diagonal larga aislada 200mm	1	\$33	\$33
Crimpeadora	1	\$37	\$37
Cuchilla pico lora	2	\$13	\$27
Cuerda polipropileno	1	\$7	\$7
Desatornillador tipo Torx #20	2	\$4	\$7
Escalera extensión fibra de vidrio 28 peldaños 150 kg	1	\$841	\$841
Escalera extensión fibra de vidrio 5 peldaños 150 kg	1	\$168	\$168
Eslingas de amarre	2	\$23	\$47
Esmeril 4 1/2" de batería	1	\$98	\$98
Gorro tipo chavo color azul	2	\$10	\$21

Guante anticorte	2	\$7	\$15
Guante dieléctrico	2	\$153	\$306
Hielera 18.9 L	1	\$62	\$62
Juego 11 destornilladores aislados, 7 planos, 4 phillips y probador	1	\$76	\$76
Juego 32 puntas para torquímetro	1	\$70	\$70
Juego 7 llaves allen plegables 2.5-10mm	1	\$13	\$13
Juego 8 llaves torx plegables T9-T40	1	\$17	\$17
Juego Destornillador de precisión	1	\$8	\$8
Juego Desatornilladores (electricista)	1	\$17	\$17
Juego llaves Milimétricas	1	\$32	\$32
Juego llaves SAE	1	\$32	\$32
Línea de vida 250 (75 mts)	1	\$62	\$62
Línea de vida doble con amortiguador gancho grande	2	\$75	\$149
Llave francesa 10"	1	\$16	\$16
Llave francesa 8"	1	\$13	\$13
Llaves Allen Milimetricas	1	\$2	\$2
Llaves Allen Pulgadas	1	\$2	\$2
Manguera expandible 5 a 15 m incluye pistola	1	\$18	\$18
Marco segueta profesional 305mm	1	\$26	\$26
Martillo de una cabo de madera 450 GR.330 mm	1	\$10	\$10
Medidor de aislamiento FLUKE 1507	1	\$739	\$739
Medidor de aislamiento RISO marca Seaward modelo PV210	1	\$2,798	\$2,798
Mesa plegable rectangular capacidad 100 kg	1	\$84	\$84
Mosquetón Climax REF 30	2	\$6	\$12
Multímetro de gancho	1	\$56	\$56
Nivel 9"	1	\$15	\$15
Pathfinder	1	\$317	\$317
Peladora	1	\$9	\$9
Peladora cable 10-24 AWG mangos acolchados 200mm	1	\$26	\$26
Ponchadora para conectores de presión cable #6 a #250 MCM	1	\$185	\$185
Probador de red con kit RJ45	1	\$50	\$50
Radio 25 millas	1	\$185	\$185
Sonda 30 metros	1	\$21	\$21
Soplador inalámbrico de iones de litio de 18 V	1	\$173	\$173
Taladreta batería	1	\$245	\$245
Taladro percutor inalámbrico	1	\$135	\$135
Tijeras corte derecho 12-1/2" (320mm)	1	\$21	\$21
Torquímetro pequeño escala para 20Nm	1	\$172	\$172

Anexo 5 Calculadora de tiempo para realizar un mantenimiento con una cuadrilla.

<i>Ingrese la siguiente información:</i>	Cantidad de paneles	30
	Cantidad de inversores	1
	km ida	20
Etapa	Requerimientos	Tiempo
Preparativos	Preparativo en la oficina	20
	Traslado de la oficina al lugar	27
	Identificarse con el cliente.	10
	Bajar los equipos del vehículo	5
	Desenergizar el sistema.	5
Limpieza de paneles	Verificar que no existan módulos o techos dañados.	5
	Remover objetos (hojas, excrementos de animales, ramas, etc).	5
	Lavado de paneles con agua (sin detergentes y sin presión).	30
	Revisión visual de objetos que puedan provocar sombra.	5
Estructura Fija	Revisión de la fijación de los módulos FV a la estructura del techo.	15
Cableado de paneles en DC	Revisar las conexiones de los cables en cada panel.	30
	Pruebas de aislamiento.	15
	Verificar el estado de la tubería hacia el inversor.	5
Inversor	Comprobar la temperatura de las conexiones (termografía).	30
	Revisión y limpieza interna (polvo, filtraciones de agua, insectos, etc).	
	Inspección de conexiones y etiquetado de cables de entrada y salida.	
	Comprobar si los bornes presentan decoloración o alteraciones.	
	Mediciones de voltaje DC en terminales de entrada.	
	Mediciones de voltaje AC en terminal de salida.	
	Revisar las conexiones del cableado eléctrico (bien fijadas en bornes).	
	Revisar el menú de errores del inversor.	
Verificar el correcto funcionamiento del ventilador.		
Instalación de tableros de distribución y cableado en AC	Revisión de conexiones del cableado AC en cada interruptor del inversor.	10
	Verificar que la tubería que llega al tablero AC esté en buen estado.	
	Limpieza general del tablero.	
Instalación medidores	Medición de puesta a tierra.	5
	Revisión de conexiones y etiquetado del cableado en los medidores.	5
Revisión general	Verificar el etiquetado e identificación general de la instalación	5
	Pruebas de rendimiento (radiación, temperatura, Watts)	15
Sistema de monitoreo	Revisión de conexiones de cables.	5
	Inspección visual del equipo y limpieza.	
	Verificación de parámetros.	
	Verificar la correcta operación. Sistema en línea y funcionando.	
Orden y limpieza	Propiedad del cliente en el estado que se recibió.	5
	Reporte	15
Estimación de tiempo	Suma Total en horas	4.2

Anexo 6 Encuesta realizada a clientes

Participa para ganar un mantenimiento gratis

Son sólo 9 preguntas!!!

Ayúdanos a mejorar nuestro servicio y podrás ser el ganador de un mantenimiento a tu proyecto de energía solar

Nombre completo para contactar en caso de que sea ganador *

Texto de respuesta breve

Correo para contactar en caso de que sea ganador *

Texto de respuesta breve

Seleccione el tipo de proyecto solar que posee: *

- Residencial
- Industrial
- Comercial

Nombre de la empresa que instaló su proyecto *

Texto de respuesta breve

¿Por qué escogió a esa empresa como su proveedor? Marque las dos más importantes para usted. *

- Precio
- Ahorro prometido
- Garantías
- Servicio al cliente
- Otra...

En qué provincia se encuentra ubicado *

1. San José
2. Heredia
3. Cartago
4. Alajuela
5. Puntarenas
6. Limón
7. Guanacaste

¿Ha utilizado servicios de mantenimiento para sus paneles solares en el pasado? *

- Sí. Preventivos. Se veían sucios los paneles a pesar de estar generando bien.
- Si. Correctivos. Cuando algo ha dejado de funcionar.
- No.

¿De qué tamaño es su proyecto de energía solar? Indicarlo en cantidad aproximada de paneles solares *

1. 10 paneles solares o menos
2. 11 a 50 paneles solares
3. 51 a 100 panles solares
4. 101 a 200 paneles solares
5. 201 a 300 paneles solares
6. 301 a 400 paneles solares
7. más de 401 paneles solares

¿Qué tan importantes considera los siguientes aspectos al seleccionar un proveedor de servicios de mantenimiento para sus paneles solares? *

	Poco importante	Importante	Muy importante
Experiencia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Costo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Garantías sobre el trabajo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tiempo de respuesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

⋮

¿Cuál piensa que sería un precio justo por realizar el mantenimiento a su proyecto? Puede indicar: un monto, un porcentaje del precio del proyecto, un precio por panel, un precio por hora, etc. *

Texto de respuesta largo

¿Preferiría contratar un servicio de mantenimiento periódico o un servicio de mantenimiento bajo demanda? *

1. Mantenimiento periódico por contrato.
2. Mantenimiento cuando yo considere que lo necesito.

CURRICULUM VITAE

Mariela Gómez Jiménez

Perfil profesional:

Durante mi trayectoria profesional me he destacado como una persona sumamente organizada y con facilidad de manejar equipos de trabajo multidisciplinarios. La combinación de mi formación educativa y mi experiencia laboral me ha dado una visión estratégica para el desarrollo de planes de negocio y mejora continua de las funciones que se me pongan a cargo.

Educación:

- Universidad de Palermo, Argentina. MBA, Máster en Administración de Negocios, en proceso.
- Universidad de Santiago de Chile, Chile. Máster en Medio Ambiente, Abril 2012.
- Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Licenciada en Ingeniería Química, Mayo 2009.

Certificaciones:

- Project Manager Professional (PMP) Certificado por el PMI, No: 1914906
- Scrum Master Certificado, Metodologías Agiles, por SCRUMstudy, No: 868558
- Certificada en Planes de Medida y Verificación de ahorros de energía, CMVP por EVO, No: 3431
- Regente químico, No: 2662
- Auditor líder en Sistemas Integrados de Gestión: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001

Cursos relevantes:

- Curso HACCP con enfoque a FSSC 22000 (ISO 22000, PAS 223, PAS 96), impartido por SGE consultores.
- 5's Herramienta para incrementar eficiencia y productividad, impartido por Inteco.
- Lean Six Sigma Green Belt, impartido por la Cámara de Industrias de Costa Rica.
- Auditor líder Certificado en Sistemas Integrados, ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, impartido por Bureau Veritas.
- Consultor en eficiencia energética, impartido por la Corporación Interamericana de Inversiones.
- CMVP- Certified Measurement and Verification Professional, impartido por la Efficiency Valuation Organization (EVO).
- Formación de personas para elaborar Inventarios de Gases Efecto Invernadero, impartido por Inteco.

Habilidades especiales:

Manejo de los paquetes básicos computacionales
Manejo de SAP, MS Project, varios CRMs
Manejo de personal y buenas relaciones interpersonales.

Idiomas: Español: Fluido 100%. Inglés: Fluido 100%. Portugués: Avanzado 90%. Alemán: Principiante.

Experiencia laboral:

Julio 2014- Actualidad: Yuxta Energy, San José, Costa Rica

Mayo 2019 – Actualidad: Gerente de Operaciones.

- Administrar el departamento de operaciones, siendo responsable por la gestión del personal, productividad, control de calidad y seguridad de las operaciones.
- Estimar requerimientos, preparar el presupuesto anual del departamento, iniciar acciones correctivas y control de no conformidades.

- Velar por el mejoramiento continuo de los procesos.

Febrero 2016- Abril 2019: Gerente de proyectos.

- Planear, implementar y controlar múltiples proyectos de corta duración y asegurar que todos los proyectos sean entregados a tiempo, dentro del alcance y dentro del presupuesto.

Julio 2014- Enero 2016: Gerente de Sistemas de gestión.

- Desarrollar e implementar controles internos, políticas y procedimientos que permitan garantizar el cumplimiento de la legislación aplicable a la empresa y cumplimiento de los requisitos contractuales con los clientes.
- Responsable por la implementación, certificación y mantenimiento de un Sistema de Gestión Integrado para obtener las certificaciones ISO 9001 y BCorp; así como certificaciones y reconocimientos como Esencial Costa Rica y Bandera Azul Ecológica.

Mayo 2012 - Junio 2014: Gerente Calidad. NWR, Cartago, Costa Rica

- A cargo de la selección de los equipos, montaje, puesta en marcha y operación de la planta de manufactura de resina plástica para contacto con alimentos.
- Responsable por la aprobación de los productos y procesos ante los clientes.
- Programar, dirigir, monitorear, supervisar y evaluar los procesos de mejora continua de cada uno de los departamentos a cargo (calidad, ambiente y salud ocupacional).
- Responsable por la implementación, certificación y mantenimiento de un Sistema de Gestión Integrado para obtener las certificaciones ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 y FSSC 22000.

Junio 2009 - Abril 2010: Ingeniera de Propuestas. Emerson Process Management, San José, Costa Rica

- Diseño y presupuesto de sistemas de control automático para empresas que ocupan tanto equipos como soluciones para la automatización de sus procesos.
- Realizar el diseño del sistema de automatización para cada cliente, lo cual incluía coordinar y liderar la cotización de hardware y software; así como de asegurar que la solución técnica se alinea con la estrategia que el cliente quiere para la implementación en su planta de proceso.

Voluntariado:

Diciembre 2016 – Diciembre 2018: Vp Comunicación del Project Management Institute Costa Rica

- El Project Management Institute es una organización internacional sin fines de lucro que promueve el uso de la dirección de proyectos para lograr buenos resultados en el desarrollo de los negocios.
- Vicepresidente de comunicación y a cargo del sistema documental.
- Secretaria de la Junta Directiva del PMI Chapter Costa Rica.

Enero 2016 – Diciembre 2017: Directora Ejecutiva Sistema B América Central

- Sistema B es una organización sin fines de lucro que se dedica a promoción de empresas de impacto, mediante la adopción de modelos de negocio que generen ganancias pero al mismo tiempo un impacto positivo ambiental o social.
- Encargada de implementar la estrategia brindada por la Junta Directiva.
- Apertura de oficinas para América Central.

Referencias:

- Kenneth Ramirez, Gerente Financiero, Yuxta Energy. Tel: (506) 8923 8202
- Andrea Chacón, Gerente Comercial, Yuxta Energy. Tel: (506) 8823 8551
- Fernando Cervantes, Gerente Operaciones de NWR. Tel: (506) 8702-5541