



FACULTAD DE ECONOMÍA Y NEGOCIOS

INGENIERÍA EN INFORMÁTICA EMPRESARIAL

**Comparativa de rentabilidad en la aplicación de sistemas fotovoltaicos en  
almacenes y/o minimarkets de las comunas de Talca y San Clemente**

Autor: Sebastián Antonio Lara Reyes

Prof. guía: Dr. Alejandro Cataldo Cataldo

Proyecto de memoria para optar al título de  
INGENIERO INFORMÁTICO EMPRESARIAL

TALCA - CHILE

2022

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2023

*En este camino tan importante y que me llevo bastante tiempo poder culminar, debido a las distintas pruebas que coloca la vida, quiero agradecer a Dios y a todas a todas aquellas personas quienes no dejaron que me rindiera y me apoyaron incluso cuando no creí merecerlo.*

*Primero quiero mencionar a mi profesor guía Alejandro Cataldo, el cual me brindo mucho apoyo, comprensión y creyó en mi incluso cuando yo no creía, también agradecer a mi pareja Catalina la cual fue un gran pilar emocional en este camino, al igual que mi mejor amiga Camila que siempre me brindo su apoyo y ayuda, y por último quiero agradecer a mi familia que siempre confío en mí y mis capacidades.*

*De igual forma quiero agradecer a mis amigos y familiares que me apoyaban y daban ánimos de seguir y al profesorado quienes fueron participes de mi evolución como estudiantes.*

*A cada uno de ellos agradezco de todo corazón por ayudarme de una u otra manera a culminar esta etapa de mi vida.*

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	7
RESUMEN .....	8
SUMMARY .....	9
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	13
Energías Renovables.....	14
Energías Renovables:.....	15
Energías No Renovables:.....	15
Radiación solar .....	15
Sistema Fotovoltaico .....	17
Sistema Conectado a la red.....	19
Sistema Aislado de la red.....	19
Sistema Conectado a la red con Respaldo .....	20
Criterios para Valorar Proyectos.....	21
Valor actual neto (VAN).....	22
Retorno de Inversión (ROI) .....	22
Periodo de recuperación o Pay Back (PR).....	23
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....	24
Descripción del estudio.....	24
Análisis Técnico .....	27
Análisis Financiero .....	40

Calculo indicadores financieros.....	43
Desarrollo de Página Web .....	48
CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	49
Presentación de Casos.....	50
Análisis Caso 1: perfil consumo bajo .....	51
Análisis Caso 2: Perfil de consumo medio .....	56
Análisis Caso 3: Perfil alto consumo .....	61
Análisis Global .....	66
CAPÍTULO 5: MODO DE USO DE LA PAGINA WEB .....	69
CAPÍTULO 6: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES .....	71
BIBLIOGRAFÍA .....	74
ANEXO .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Preguntas cuestionario y explicación.....	25
Tabla 2. Irradiación incidente Wh/m2 por cada hora en San Clemente .....	28
Tabla 3. Hora solar pico por mes .....	29
Tabla 4. Irradiación Incidente Wh/m2 por cada hora .....	30
Tabla 5. Hora solar pico por mes .....	31
Tabla 6. Perfil de Consumo .....	32
Tabla 8. Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios .....	35
Tabla 9. Cálculo ejemplo cantidad de paneles posibles de instalar .....	37
Tabla 11. Cálculo energía que produce el sistema fotovoltaico .....	39
Tabla 12. Cálculo conversión Watts generados a pesos .....	40
Tabla 13. Índice de precios promedio (CLP/KWp).....	41
Tabla 14. Cálculo inversión de instalación de un sistema fotovoltaico.....	42
Tabla 15. Cálculo costo de mantención.....	43
Tabla 16. Flujo de caja.....	44
Tabla 18. Cálculo valor actual neto .....	46
Tabla 19. Cálculo ROI.....	47
Tabla 20. Cálculo PR.....	48
Tabla 21. Datos recopilados de Caso 1 .....	51
Tabla 22. Perfil de Consumo .....	51
Tabla 23. Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios para el local.....	52
Tabla 24. Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar en el local .....	53
Tabla 25. Comparación del consumo y producción eléctrica.....	54
Tabla 26. Análisis financiero .....	55

Tabla 27. Datos recopilados del Caso 2.....	56
Tabla 28. Perfil de Consumo .....	56
Tabla 29. Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios .....	57
Tabla 30. Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar en el local .....	58
Tabla 31. Comparación del consumo y producción eléctrica.....	59
Tabla 32. Análisis financiero .....	60
Tabla 33. Datos recopilados del Caso 3.....	61
Tabla 34. Perfil de consumo .....	61
Tabla 35. Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios para el local.....	62
Tabla 36. Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar .....	63
Tabla 37. Comparación del consumo y producción eléctrica.....	64
Tabla 38. Análisis financiero .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de los tipos de radiaciones que inciden en un sistema fotovoltaico.	16
Figura 2: Componentes de un Sistema Fotovoltaico. ....	18
Figura 3: Carta Solar de Santiago. ....	26
Figura 4. Gráfico Inversión en el tiempo de Sistemas fotovoltaicos en la comuna de San Clemente. ....	67
Figura 5. Gráfico Inversión en el tiempo de Sistemas fotovoltaicos en la comuna de Talca. ....	68
Figura 6. Sección principal que contiene un carrusel con instrucciones de uso. ....	69
Figura 7. Formulario donde se ingresan los datos ....	70
Figura 8. Resultados obtenidos de los datos ingresados. ....	70



## RESUMEN

El cambio climático es un fenómeno que nos afecta a todos por igual y es atribuible directa o indirectamente al ser humano, esta nos afecta en nuestro diario vivir con altas temperaturas y condiciones atmosféricas diversas.

Es por esto que es necesario implementar nuevos métodos de obtención energías limpias que ayuden al planeta, como lo son los sistemas fotovoltaicos, si bien existen estudios en Chile que visibilizan que la implementación de estos sistemas es rentable económicamente para el uso en hogares, no existieren tales estudios contextualizados a pymes, empresas o minimarkets, por esta razón en esta tesis se propone identificar la rentabilidad económica que posee la aplicación de sistemas energéticos fotovoltaicos para locatarios de almacenes de Talca y San Clemente.

El método para realizar medir la rentabilidad que genera un sistema fotovoltaico fue mediante la obtención de datos de 30 locatarios de Talca y San Clemente donde se evaluó técnicamente cuanto es la capacidad estructural disponible para la instalación de un sistema fotovoltaico, en base a esta evaluación se determinó la producción energética y se analizó financieramente, obteniendo como resultado que es rentable para los almacenes implementar un Sistema fotovoltaico ya que estos en un plazo de 10 años les generarían beneficios y los indicadores financieros indican que es aconsejable invertir.

Posteriormente con la identificación de los factores que influyen para medir la rentabilidad, se desarrolló una página web sencilla e intuitiva que permite a más locatarios, saber si es rentable para su negocio implementar paneles solares.

## SUMMARY

Climate change is a phenomenon that affects us all equally and is directly or indirectly attributable to human beings, it affects us in our daily lives with high temperatures and diverse atmospheric conditions.

This is why it is necessary to implement new methods of obtaining clean energy to help the planet, such as photovoltaic systems, although there are studies in Chile that show that the implementation of these systems is economically profitable for use in homes, there are no such studies contextualized to SMEs, businesses or minimarkets, for this reason in this thesis is proposed to identify the economic profitability that has the application of photovoltaic energy systems for tenants of warehouses in Talca and San Clemente.

The method to measure the profitability generated by a photovoltaic system was by obtaining data from 30 tenants of Talca and San Clemente where it was technically evaluated how much is the structural capacity available for the installation of a photovoltaic system, based on this evaluation the energy production was determined and analyzed financially, obtaining as a result that it is profitable for the stores to implement a photovoltaic system since these in a period of 10 years would generate benefits and the financial indicators indicate that it is advisable to invest.

Subsequently with the identification of the factors that influence to measure profitability, a simple and intuitive web page was developed that allows more tenants to know if it is profitable for their business to implement solar panels.

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un fenómeno mundial atribuible directa o indirectamente a la intervención del ser humano, provocando así una variación climática que, adicionalmente, en América latina se ve afectado por las grandes sequías o por el contrario el aumento de las lluvias que provocan crecidas y movimientos de tierras (Bates, Kundzewicz, Wu & Palutikof, 2008; Ministerio del Medioambiente, 2022).

La energía producida en nuestro país se compone de recursos renovables, no renovables y fósiles, siendo este último un recurso primario con un 68% de utilización para la extracción de energía donde el 46% de extracción se dirige a la producción de energía eléctrica, por otro lado, un 54% de la producción de energía se obtiene de recursos renovables siendo una de las principales fuentes las plantas de producción hidroeléctrica con un 22% de utilización y, finalmente los recursos no renovables ascienden a una cifra del 18% con la implementación del carbón (García, 2021).

Sin embargo, la utilización de la producción hidroeléctrica va en disminución principalmente por la baja cantidad de aguas lluvias que se han generado producto de los efectos del cambio climático, al mismo tiempo, el consumo de carbón se ve perjudicado por el plan de retiro y/o reconversión de las centrales a base de este mineral, que tiene por objetivo reducir las emisiones de CO<sup>2</sup> a lo indicado como cifra óptima para la ciencia hasta el año 2040 (Ministerio de Energía, 2017).

Al tener estos antecedentes de la producción de energía en Chile y además de la disminución de los recursos producto los inevitables efectos del cambio climático, es

importante replantearse la implementación y búsqueda de alternativas de producción de energías limpias e idealmente renovables, es por este motivo que una de las alternativas es el empleo de sistemas fotovoltaicos.

Al ser los sistemas fotovoltaicos esta alternativa emergente la principal dificultad que se presenta es el uso aislado para el consumo cotidiano, sea este el hogar, empresas, pymes o negocios de barrio, si bien existen estudios en Chile que visibilizan que la aplicación de estos sistemas es rentable económicamente a largo plazo para el uso en hogares de acuerdo con evaluaciones pertinentes, no existieren tales estudios contextualizados a pymes, empresas o minimarkets.

Por esta razón, en la Región del Maule no se han realizado aún investigaciones respecto a los beneficios climáticos, pero principalmente económicos de la implementación de los sistemas fotovoltaicos en contexto comercial, entonces, en esta tesis se propone identificar la rentabilidad económica que posee la aplicación de sistemas energéticos fotovoltaicos para locatarios de almacenes de Talca y San Clemente.

La metodología de este estudio fue dividida en 4 pasos, donde el primero consistió en la recolección de datos para lograr identificar las variables técnicas y económicas relevantes para el estudio, luego se realizó un análisis técnico donde se calcula el sistema fotovoltaico que se puede implementar en los almacenes, posteriormente se llevó a cabo el análisis financiero donde se estiman los costos y beneficios del sistema fotovoltaico, además de los indicadores financieros y para finalizar se realiza el desarrollo de la página web utilizando el framework CodeIgniter4.

**Objetivo General:**

Demostrar la rentabilidad en la aplicación de sistemas eléctricos fotovoltaicos en almacenes y/o minimarkets en Talca y/o San Clemente.

**Objetivos Específicos:**

- Recolección de datos de las pymes
- Identificar la estructura de costos de las pymes
- Determinar gastos de energía en proporción a los gastos generales.
- Calcular Rentabilidad proyectada por local
- Definir factores que afectan la rentabilidad
- Desarrollar API

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

El cambio climático se genera por la constante producción de millones de toneladas de CO<sup>2</sup> originados por la humanidad en el consumo y producción de petróleo, gas y carbón, los cuales se convierten gases invernadero provocando la elevación de temperatura terrestre en un 1,1°C, reflejado en la crisis climática dejando estragos como el aumento o baja drástica de las temperaturas, fuertes lluvias, derretimiento de la capa glaciaria y sequías (Organización Meteorológica Mundial, 2019).

Chile pretende mitigar los efectos de los gases invernaderos contribuyendo con la disminución de la emisión de CO<sup>2</sup>, esto debido a las normativas que buscan un enfoque ecológico como lo es el proyecto de Ley Marco de Cambio Climático el cual es una modificación de la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, esta modificación busca la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero para el año 2050 y en conjunto al plan de retiro y/o reconversión de unidades a carbón al 2040 Estas normativas contribuirían que el sector de la energía la que emite el 78% de CO<sup>2</sup> de las emisiones del país, se vea disminuido significativamente en la matriz de generación eléctrica.(Ministerio de Energía, 2020).

Finalmente, en la Región del Maule, a causa de que principalmente su productividad se centra en fuentes agrícolas, se ve afectada por el cambio climático principalmente por la variación de temperaturas y la crisis hídrica según Gonzales (2022) agro-climatólogo de la Universidad de Talca, en la región del Maule el estado hídrico es crítico ya que son 14 años que sigue presente la mega-sequía , a pesar de que según García (2022) las lluvias

en la región del maule este año son mayores a un 65% de las registradas en 2021, existe un 21% de déficit hídrico con respecto a lo normal, por lo que esto afectara a una variación en la producción regional de los cultivos, de igual forma la energía hidroeléctrica es afectada y está más vulnerable a generar energía la cual puede presentar anomalías.

Los cambios en las temperaturas y precipitaciones afectan directamente a las reservas de agua, debido que al existir menor cantidad de lluvias y producto de las temperaturas altas exista un mayor porcentaje de evaporación del agua, estas reservas disminuirán en todas las regiones, excepto en las regiones más secas ya que existe poca humedad en el aire y las regiones lluviosas, las que pueden producir el efecto contrario, es decir que se produzcan altas precipitaciones.

Estas disminuciones afectaran directamente a la zona agrícola, la industria, suministro eléctrico, el consumo doméstico, las actividades recreativas y al medio ambiente.

## **Energías Renovables**

La energía eléctrica es el flujo de electrones provocado por una diferencia de potencial entre dos materiales distintos. Esta energía eléctrica es actualmente en el día a día. Para poder suplir las necesidades de energía eléctrica existen dos grupos de producción estos son:

- **Energías Renovables:**

La energía renovable según Gonzales (2009) son aquellas que son caracterizadas por que presentan un ritmo elevado o igual de reposición en comparación al del consumo de estas, es decir que son teóricamente inagotables.

Las energías renovables según el Ministerio de Energía (2022) se clasifican en convencionales y no convencionales, en Chile las energías renovables convencionales son las hidroeléctricas debido a que es la más importante y está a gran escala; las energías renovables no convencionales son las eólicas, pequeñas plantas hidráulicas (que producen hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotérmica, la solar y la energía de las mareas.

Complementando las energías renovables hídricas, está disponible la energía solar que en Chile está establecida como un porcentaje de contribución a la producción de energía eléctrica de un 10% desde el 2014 (García, 2021)

- **Energías No Renovables:**

Las energías no renovables son aquellas que proviene de fuentes de energías limitadas como lo son el carbón, el gas natural, el petróleo y los nucleares.

## **Radiación solar**

La radiación solar es la energía producida por el sol mediante reacciones nucleares del sol, la reacción es transmitida mediante radiación electromagnética, los sistemas



fotovoltaicos son los encargados de captar la radiación y generar energía eléctrica (Adler, Beradi, García, Monticelli y Morquecho, 2013)

Existen distintos tipos de radiación debido a las condiciones temporales del ambiente, tal y como se grafica en la Figura 1 estas son:

- Radiación Directa: La radiación directa son los rayos recibidos por el sol que no poseen obstáculos
- Radiación Difusa: La radiación difusa son los rayos dispersados por la atmosfera (nubosidades presentes)
- Radiación Reflejada: La radiación reflejada es aquella que llega primero a la tierra y esta es reflectado a el receptor fotovoltaico.



Figura 1: Diagrama de los tipos de radiaciones que inciden en un sistema fotovoltaico. Fuente: Alonso (s.f.)

La radiación global es la totalidad de radiación percibida por un receptor, las cuales se cuantifican de la siguiente manera y magnitudes:

- Irradiancia: Es la intensidad percibida de la radiación solar es medida en Watt por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) (Lira & Guevara, 2017).

- Irradiación: Es la cantidad de irradiancias sumadas en un periodo de tiempo, esta es medida en Watt-hora por metro cuadrado (Wh/m<sup>2</sup>) (Alonso, 2019).

Los dispositivos deben ser ubicados perpendicularmente a la radiación solar con la finalidad de maximizar la tasa de conversión la cual puede ser determinada por la locación donde serán instalado el sistema fotovoltaico (Díaz & Carmona, 2010; Hernández, 2017)

### **Sistema Fotovoltaico**

La energía solar fotovoltaica es la que proviene directamente desde el sol y su radiación que posteriormente es transformada mediante dispositivos compuestos por varios módulos fotovoltaicos, que están conectados entre sí con la finalidad de generar en conjunto una mayor cantidad de energía eléctrica (Hernández, 2017).

Los sistemas fotovoltaicos según Díaz & Carmona (2010) poseen distintos componentes, que además son graficados en la Figura 2 son:

- Panel solar: Sistema de células fotovoltaicas capaz de captar energía de la radiación solar.
- Regulador de voltaje: es un aparato encargado de proporcionar corriente continua (DC) sin variación de intensidad.
- Baterías (puedo o no tener): es una unidad capaz de almacenar y entregar energía eléctrica almacenada por un periodo de tiempo determinado.

- Inversor de voltaje: Es un dispositivo el cual está encargado de transformar la corriente continua (DC) a corriente alterna (AC) la que es utilizada por la mayoría de los dispositivos eléctricos.
- Medidor bidireccional: Este dispositivo tiene como función medir la energía eléctrica que es consumida en Kilowatt hora (unidad de medida de corriente consumida es el resultado de Voltaje x Amper) y la energía aportada al sistema de energía de la compañía.
- Estructura de soporte: Es la estructura en la cual está montado el sistema fotovoltaico.
- Circuito cableado: Es el encargado de conectar mediante cables los dispositivos que componen el sistema fotovoltaico.

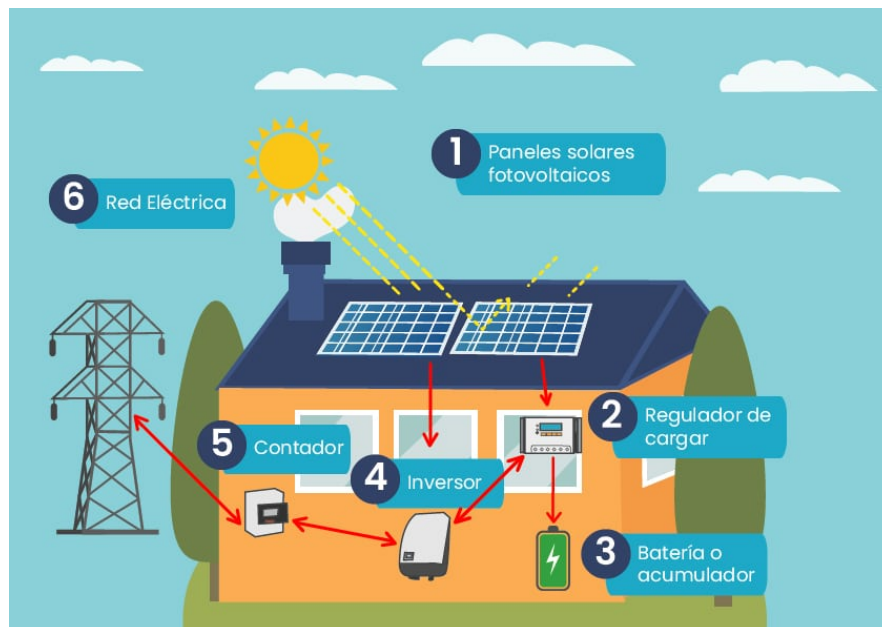


Figura 2: Componentes de un Sistema Fotovoltaico. Fuente: Balbín (2021)

Según distintos autores (Díaz & Carmona, 2010; Hernández, 2017), existen tres tipos de conexión del sistema fotovoltaico:

- **Sistema Conectado a la red**

El sistema conectado a la red transmite la energía captada por los paneles solares, que es transformada por los inversores e inyectada directamente al circuito eléctrico del establecimiento. Este sistema es mayoritariamente utilizado debido a que la radiación solar no es la misma durante el año por lo que los paneles no son capaces de producir energía simétricamente, en los casos que produce menor cantidad de la necesitada, el suministro eléctrico de la empresa productora sule esa carencia ya que no se interrumpe el suministro eléctrico proporcionado de la misma. Por lo que es necesario contar con un medidor bidireccional el cual contabiliza cuanta energía nos proporciona la compañía como la que el sistema aporta a la compañía producto de excedentes de energía.

- **Sistema Aislado de la red**

El sistema aislado de la red es el más sustentable ya que no requiere utilizar energía proporcionada por la compañía. Este sistema tiene unidades de almacenamiento de la energía como baterías, por lo es capaz de funcionar independiente tanto de día con la energía captada y por las noches con la energía almacenada en las baterías.

- **Sistema Conectado a la red con Respaldo**

Es un sistema mixto el cual está conectado a la red y posee una unidad de almacenamiento. Este sistema almacena energía, puede inyectar energía a la red de la compañía, en caso de necesidad puede recibir energía de la compañía y si es suspendido el servicio de energía eléctrica por caída de la red, gracias a lo almacenado en las baterías pueden proporcionar corriente por un periodo de tiempo.

La implementación de un sistema fotovoltaico y cualquiera de las modalidades de conexión está regulada por el Ministerio de energía, bajo la Ley de Generación Distribuida o Ley de Netbilling, esta entra en vigencia el año 2014 en el artículo 149 de la Ley General de Servicios Eléctricos, la cual da el derecho a personas naturales en sus hogares y establecimientos a autoabastecer su consumo eléctrico por medio de equipos que generen electricidad y los excesos de electricidad que no es consumida, puedan ser inyectados a la red eléctrica de la empresa proveedora, recibiendo una compensación económica por ello.

En la región del Maule, existen 22 proyectos que poseen sistemas fotovoltaicos, estos están en Talca, San Clemente, Parral y Cauquenes estos están implementados en establecimientos públicos que fueron beneficiados por el programa Techos Solares Públicos, los cuales son capaces de cubrir el 51% de las necesidades eléctricas que posee cada establecimiento, gracias a esto son capaces de ahorrar un estimado de \$ 55.729.516 y evitan la emisión de 215 toneladas de CO<sup>2</sup> eq/año (Ministerio de Energía, 2022).

La implementación de un sistema fotovoltaico no solo evitará la producción de CO<sup>2</sup> por producción de energía no renovable, sino que traerá consigo un ahorro y dependencia en algunos casos de la red proporcionada por las compañías, se ha demostrado así en estudios hechos en Chile como por ejemplo el realizado por Gonzales, Rodríguez, Miranda & Lillo (2020) sobre la viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica. Donde sus resultados indican que, en el periodo de tiempo evaluado de acuerdo con los criterios de evaluación del Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y El costo nivelado de energía, es rentable la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía distribuida en la ciudad de Arica.

De igual forma, otro ejemplo de investigación respecto a la implementación de sistemas fotovoltaicos en Chile el estudio realizado por Pino (2016) que trata sobre la factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema solar fotovoltaico on-grid, en una villa de la comuna de Rancagua usando financiamiento tripartito, el que arrojó como resultado que la producción de energía del sistema fotovoltaico es aprovechada en su totalidad por las viviendas, otorgando un VAN siempre positivo y una TIR superior a la tasa de descuento, por lo que es rentable para familias que tenían menor y mayor consumo.

### **Criterios para Valorar Proyectos**

Para saber si un proyecto de implementación de un sistema fotovoltaico es viable económicamente, es posible evaluar esto mediante distintos criterios. Según varios autores

(Arroyo & Vásquez 2016; Phillips 1994; Aranda & Scarpellini, 2009) la rentabilidad de un proyecto debe ser evaluado con los siguientes criterios:

- **Valor actual neto (VAN):** Es el valor actual de los beneficios netos que genera el proyecto, hallados utilizando el costo de oportunidad de capital, menos la inversión realizada en el periodo cero. Su expresión matemática es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Donde:

$BN_t$ : beneficios netos del periodo t.

i: tasa de descuento (tasa de interés o costo de oportunidad del capital).

$I_0$ : inversión en el periodo cero.

n: vida útil del proyecto.

Para realizar la interpretación es necesario hacer la relación costo beneficio del proyecto de la siguiente forma: cuando el VAN es mayor a cero se recomienda realizar la inversión debido a que obtendrá beneficios de esta; cuando el VAN es igual a cero el inversionista puede ser indiferente ya que no obtendrá beneficios solo recuperaría lo invertido; cuando el VAN es menor a cero el proyecto no generara beneficios, por lo menos no en el tiempo proyectado.

- **Retorno de Inversión (ROI):** El retorno de la inversión es la forma de medir si una inversión realizada está generando ganancias o valor dependiendo el área

donde se implemente. ROI permite medir el rendimiento económico de la inversión, para calcular el retorno de la inversión se utiliza la siguiente ecuación:

$$ROI = \frac{\text{Beneficio} - \text{Inversion Inicial}}{\text{Inversion inicial}}$$

- **Periodo de recuperación o Pay Back (PR):** Es el plazo de recuperación del capital, responde la interrogante de ¿en cuánto tiempo recupero mi inversión? Para calcular el tiempo de recuperación de la inversión se utiliza la siguiente ecuación:

$$PR = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

$I_0$ : Inversión inicial.

F: Flujo de Caja



## CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

### **Descripción del estudio**

La investigación se realizó con el objetivo de demostrar que la aplicación de un sistema fotovoltaico genera una rentabilidad positiva para locatarios de almacenes y/o minimarket. De igual manera, se esperaba distinguir cuáles son los factores críticos, que deben ser considerados a la hora de generar la medición de la rentabilidad de los locales.

El estudio, consistió en un muestreo de 30 almacenes y minimarkets de las comunas de San Clemente y Talca, el muestreo es no probabilístico, puesto que queda a disposición de los locatarios que decidan participar de la encuesta, los locales fueron escogidos en base al tamaño del local; la ubicación, sea esta urbana o rural; la cantidad de consumo eléctrico; y su instalación eléctrica fuera monofásica (sólo una fase de electricidad la cual permite “potencia máxima a contratar de 13,86 kW para 220 voltios” (Endesa, 2017)).

El enfoque que tuvo fue cualitativo y cuantitativo. Inicialmente consistió en entrevistas a los locatarios con preguntas abiertas. Posteriormente y en base a los resultados de las entrevistas, se diseñó un cuestionario de preguntas cerradas para crear un instrumento simple que pudiera ser implementado en una aplicación. En primera instancia el cuestionario consistió en 10 preguntas, pero después de varias pruebas el cuestionario quedó reducido a seis preguntas. La recolección de los datos se llevó a cabo de manera presencial, puesto que los datos solicitados fueron recogidos directamente de cada uno de

los locales. El cuestionario final usado se puede ver en el Anexo 1 sus preguntas finales se pueden ver en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Preguntas cuestionario y explicación

<b>Pregunta</b>	<b>Objetivo</b>
Ubicación	Tiene como finalidad identificar si pertenece a San Clemente o Talca
¿Cuánto es el gasto mensual?	Se define en pesos el gasto mensual que percibe el local
Consumo Eléctrico, responda con la cantidad de aparatos que consuman energía en su local:	Se define la cantidad de dispositivos que utilicen energía eléctrica, donde en una lista de aparatos deben indicar cuantos poseen en su local y el tiempo de uso.
Si no aparece algún aparato en la lista anterior por favor especificar en la siguiente tabla:	En el caso que tengan aparatos que no estén presentes en la lista, se puede especificar el dispositivo, el consumo en watts que posee (según lo especificado por el fabricante), cuanto tiempo es usado al día y cuantos artefactos son.
Tamaño del Local.	Se especifica el tamaño del local definiendo el largo y ancho

Pregunta	Objetivo
Espacio disponible en techumbre para la instalación de paneles solares.	Se especifica el tamaño disponible de techumbre para la instalación de paneles solares, definiendo el largo y ancho

Fuente: Elaboración Propia.

En la pregunta que especifica el espacio disponible para implementar paneles solares especifica que debe ser en el lado del techo que este en dirección norte, esto es en base a la carta solar del hemisferio sur (ver Figura 3), donde es posible evidenciar en la traslación del Sol que está orientada la mayor parte del tiempo en dirección norte, y noroeste, por lo cual era necesario que la orientación de la superficie donde se implementarían hipotéticamente los paneles solares estuviera en esas direcciones.

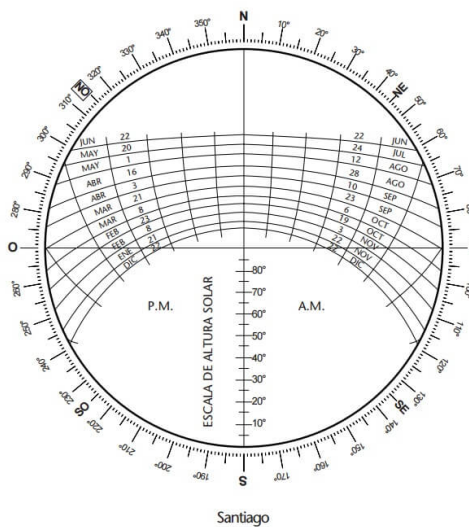


Figura 3: Carta Solar de

Santiago. Fuente: Castillo

S.(s.f.)

## **Análisis Técnico**

Determinar cuánto es lo que genera un sistema fotovoltaico es importante para poder estimar los ingresos que serán percibidos en el proyecto, en este apartado se utilizó como ejemplo el minimarkets Patricio (nombre ficticio) el cual está ubicado en la comuna de San Clemente.

Para lograr definir cuánto es la producción de energía, es importante obtener las horas pico solar de San Clemente y Talca, la cantidad de paneles necesarios y evaluar si esta cantidad de paneles necesarios es viable de instalar.

La hora solar pico (HSP) es “una unidad que mide la irradiancia solar y se define como el tiempo en horas de una irradiación solar constante hipotética de 1000 W/m<sup>2</sup>” (Silva, 2013, p.11.). En otras palabras, es la cantidad de irradiación equivalente a 1000W/m<sup>2</sup> diaria que se puede acumular en una hora, esta es medida en Wattshora/metro<sup>2</sup> (Wh/m<sup>2</sup>). También la HSP “el número de horas de un día con irradiancia ficticia de 1000 (W/m<sup>2</sup>)” Mascaros (2015, p.48), la HSP se calcula con la siguiente ecuación:

### **Fórmula 1**

$$HSP_{(\alpha,\beta)} = Gdm (\alpha, \beta) \div 1000$$

Donde:

- Gdm: Irradiación en Wh/m<sup>2</sup> al día obtenida de la media de los días del mes

La irradiación en Wh/2 fue obtenida desde el Ministerio de Energía (2022).

En la Tabla 2 es posible evidenciar la Irradiación incidente en Watts hora/metro<sup>2</sup> de San Clemente:

**Tabla 2.** Irradiación incidente Wh/m<sup>2</sup> por cada hora en San Clemente

Mes / hora	Irradiación														Media Mensual
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Enero	6	49	264	500	719	897	1004	1039	995	878	697	475	237	33	7793
Febrero	0	25	226	461	675	855	989	1038	997	886	709	482	235	25	7603
Marzo	0	9	180	383	596	781	890	953	928	814	645	417	189	4	6789
Abril	0	0	106	261	418	575	631	734	736	651	506	311	76	0	5005
Mayo	0	0	50	155	224	323	416	489	460	455	331	231	0	0	3134
Junio	0	0	5	111	173	251	336	389	373	392	289	187	0	0	2506
Julio	0	0	4	106	179	262	338	403	407	387	306	247	0	0	2639
Agosto	0	0	75	184	285	412	474	515	512	468	363	232	50	0	3570
Septiembre	0	17	140	292	440	578	658	706	677	584	442	256	107	0	4897
Octubre	1	69	225	408	592	722	803	812	729	630	471	280	118	2	5862
Noviembre	15	106	300	510	706	853	936	944	870	738	562	348	132	19	7039
Diciembre	19	92	296	509	716	867	964	984	911	803	620	403	180	30	7394

Fuente: Elaboración Propia

A modo de ejemplo la HSP de enero es calculada de la siguiente forma:

$$HSP = 7.793 \div 1000$$

En la Tabla 3 es posible evidenciar la Hora solar pico media de cada mes de San Clemente:

**Tabla 3.** Hora solar pico por mes

Mes	Hora solar pico
Enero	7,79
Febrero	7,60
Marzo	6,79
Abril	5,01
Mayo	3,13
Junio	2,51
Julio	2,64
Agosto	3,57
Septiembre	4,90
Octubre	5,86
Noviembre	7,04
Diciembre	7,39

Elaboración Propia.

En la Tabla 4 es posible evidenciar la Irradiación incidente en Watts hora/metro<sup>2</sup> de

Talca:

**Tabla 4.** Irradiación Incidente Wh/m2 por cada hora

Mes	Irradiación														Media Mensual
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	Enero	6	50	268	506	726	894	1001	1037	990	881	701	480	244	
Febrero	0	25	230	463	678	867	998	1046	1007	898	721	489	246	27	7693
Marzo	0	10	202	425	645	818	928	974	931	820	639	422	194	4	7013
Abril	0	0	131	308	464	623	646	756	746	658	510	316	63	0	5220
Mayo	0	0	48	145	230	333	418	482	477	471	359	235	0	0	3201
Junio	0	0	8	108	177	248	341	392	384	407	318	195	0	0	2578
Julio	0	0	10	117	195	276	351	406	409	394	318	250	0	0	2727
Agosto	0	0	82	206	314	420	497	526	527	494	383	243	40	0	3733
Septiembre	0	20	168	338	502	621	689	736	686	595	460	270	112	0	5197
Octubre	1	79	254	440	611	745	821	824	751	635	491	294	123	2	6070
Noviembre	15	116	322	536	734	874	944	943	886	749	570	349	140	20	7200
Diciembre	18	95	304	524	730	883	974	994	925	799	625	411	190	31	7503

Fuente: Elaboración Propia.

A modo de ejemplo la HSP de enero es calculada de la siguiente forma:

$$HSP = 7816 \div 1000$$

En la Tabla 5 es posible evidenciar la Hora solar pico media de cada mes de Talca:

**Tabla 5.** Hora solar pico por mes

<b>Mes</b>	<b>Hora solar pico</b>
Enero	7,81601859
Febrero	7,69268006
Marzo	7,01284715
Abril	5,22025332
Mayo	3,20065324
Junio	2,57769472
Julio	2,72668216
Agosto	3,73290169
Septiembre	5,19707218
Octubre	6,07034862
Noviembre	7,19964123
Diciembre	7,50255213

Fuente: Elaboración Propia.

Para definir la cantidad de paneles que necesitó el local en cuestión para suplir sus necesidades de electricidad, es necesario evaluar el perfil de consumo eléctrico que poseen los locales encuestados y la producción que genera un panel solar.

El perfil de consumo eléctrico consistió en la evaluación de los aparatos eléctricos que posee el local en conjunto de cuanto es el consumo registrado por el fabricante y su uso



diario. El uso diario de cada aparato y su consumo fue estimado en base a la tabla de consumo de la Dirección Provincial de Energía de Corrientes (2022) y la tabla de consumo de Conermex (2022).

En la Tabla 6 se puede evidenciar el perfil de consumo de un local encuestado.

**Tabla 6.** Perfil de Consumo

<b>Aparato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso día</b>	<b>Consumo en Kw x día</b>
Congeladora 1 cuerpo	3	8	7,92
Congeladora 2 cuerpos	3	8	11,52
Cooler 2 puertas	2	8	6,4
Cooler 1 puerta	2	8	3,6
Vitrina cecina	2	8	5,28
Vitrina Carnes	1	8	6,4
Ampolleta Convencional 60w	0	0	0
Ampolleta Convencional 75 w	0	0	0
Ampolleta Convencional 100w	0	0	0
Ampolleta Convencional bajo consumo 11w	0	0	0
Ampolleta Convencional bajo consumo 26w	0	0	0
Foco led 6W	0	0	0
Foco led 12W	0	0	0
Foco led 18W	9	14	2,268
Foco led 24W	0	0	0

<b>Aparato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso día</b>	<b>Consumo en Kw x día</b>
Foco led 30W	0	0	0
Tubo fluorescente 60cm 18W	0	0	0
Tubo fluorescente 90cm 30W	0	0	0
Tubo fluorescente 120cm 36W	0	0	0
Tubo fluorescente 150cm 58W	0	0	0
Tubo led 60cm 8W	0	0	0
Tubo led 90cm 10W	0	0	0
Tubo led 120cm 18W	0	0	0
Tubo led 150cm 22W	0	0	0
Balanza	1	14	0,924
Cortadora cecina	1	14	2,1
Computador	1	14	7
Tv led 32" a 50"	1	14	1,26
Circuito Cámara seguridad	1	24	0,144
<b>Total Consumo en KiloWatts</b>			<b>54,816</b>

Fuente Elaboración Propia.

La cantidad de energía que produce un panel fotovoltaico, según Rodríguez (2022) la estimación es posible en base a la siguiente ecuación:

### **Fórmula 2**

$$E_{panel} = P_{mpp} \times H_{sp} \times RT$$

Donde:

- Epanel: Energía que genera panel en W.
- Pmpp: Potencia nominal del panel en W.
- RT: Rendimiento del panel
- Hsp: Hora solar pico.

El valor de la potencia nominal y rendimiento del panel es basado en un panel fotovoltaico Monocristalino de 540W. Éste fue seleccionado debido a su gran producción de energía lo que permite que se utilicen menos paneles para suplir las necesidades de la empresa.

El rendimiento del panel en condiciones óptimas es del 100% pero para este proyecto será de un 86% esto es debido que el factor de pérdida el cual es obtenido desde el Ministerio de Energía (2017) es de un 14%.

El valor de Hora pico Solar es el valor promedio por día de todos los meses. En la Tabla 7 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 7.** Cálculo ejemplo energía generada por panel

---

$$Energía\ Panel = Pmpp \times Hsp \times RT$$

$$Energía\ Panel = 540 * 5,35 * 0,86 = 2485,74\ W$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de obtener el consumo y la producción del panel es posible calcular el número de paneles necesario para el local. Para Pino (2016) esto se puede realizar gracias a la siguiente fórmula:

**Fórmula 3**

$$\text{Numero de paneles} = \frac{\frac{(\text{Consumo diario}) * FP}{HSP}}{\text{Produccion panel}}$$

Donde:

FP: Es el factor de pérdida

HSP: Horas solares pico

Producción panel: Es la producción del panel solar

El valor del factor de pérdida es obtenido desde Ministerio de Energía (2017), da cuenta de un factor de 14%. En la Tabla 8 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 8.** Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios

---


$$\text{Numero de paneles necesarios} = \frac{\frac{(\text{Consumo diario}) * FP}{HSP}}{\text{Produccion panel}}$$

$$\text{Numero de paneles necesarios} = \frac{\frac{(54,816 * 30) * 0,14}{5,35}}{2485,74} = 17$$


---

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el cálculo de la cantidad de paneles necesarios para suplir las necesidades del local es necesario comparar con la capacidad de la techumbre disponible para la instalación de un sistema fotovoltaico, para determinar cuántos paneles es posible implementar es necesario comparar el largo del panel con el largo de la techumbre, el ancho del panel con el ancho de la techumbre, también en caso contrario el largo del panel con el ancho de la techumbre y el ancho del panel con el largo de la superficie disponible, con la finalidad de evaluar cuantos paneles se pueden implementar en posición vertical como horizontal, para realizar la evaluación se propusieron las siguientes ecuaciones (Fórmula 4):

**Fórmula 4**

$$Total\ Paneles\ horizontal = \left\lfloor \frac{LT}{LP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{AP} \right\rfloor$$

$$Total\ Paneles\ vertical = \left\lfloor \frac{LT}{AP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{LP} \right\rfloor$$

Donde:

LT: es el largo de la techumbre

LP: es el largo del panel

AT: es el ancho de la techumbre

AP: es el ancho del panel

Para poder determinar la cantidad de paneles que pueden ser instalados en la superficie disponible, se deben ejecutar ambas fórmulas para luego comparar los resultados y el que sea mayor es la cantidad de paneles que pueden ser implementados en la superficie disponible. En la siguiente tabla se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 9.** Cálculo ejemplo cantidad de paneles posibles de instalar

---


$$Total\ Paneles\ horizontal = \left\lfloor \frac{LT}{LP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{AP} \right\rfloor \qquad Total\ Paneles\ vertical = \left\lfloor \frac{LT}{AP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{LP} \right\rfloor$$

$$Total\ Pan.\ horizontal = \left\lfloor \frac{13}{2,3} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{4}{1,12} \right\rfloor = 15 \qquad Total\ Pan.\ vertical = \left\lfloor \frac{13}{1,12} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{4}{2,3} \right\rfloor = 11$$


---

Fuente: Elaboración Propia.

Al obtener la cantidad de paneles a instalar, es posible estimar si se suplirá las necesidades del negocio, también es posible calcular la producción de energía que producirá el sistema fotovoltaico. Para determinar cuál es la producción de energía es necesario primero definir la potencia nominal del sistema, para poder especificar esta, se propone la siguiente ecuación (Fórmula 5):

**Fórmula 5**

$$PnSF = \frac{Total\ paneles * Pn}{1000}$$

Donde:

Total de paneles: es la cantidad de paneles que son posibles de instalar en la superficie disponible.

Pn: es la potencia nominal del panel seleccionado.

En la Tabla 10 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 10.** Cálculo ejemplo potencia nominal del sistema fotovoltaico

---

$$Potencia\ nominal\ Sistema\ Fotovoltaico = \frac{Total\ paneles * Potencia\ nominal\ panel}{1000}$$
$$Potencia\ nominal\ Sistema\ Fotovoltaico = \frac{15 * 540}{1000} = 8\ KW$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez obtenida la potencia nominal es posible calcular la producción de energía que generará el sistema fotovoltaico. Para definir la producción, se utiliza la ecuación de Rodríguez (2022), cambiando la potencia nominal del panel por la potencia nominal del sistema fotovoltaico, entonces la ecuación propuesta es la siguiente (Fórmula 6):

### **Fórmula 6**

$$ESF = PnSF \times Hsp \times RT$$

Donde:

- ESF: Energía que genera el SF en W.
- PnSF: Potencia nominal del Sistema fotovoltaico en W.

- RT: Rendimiento del panel
- Hsp: Hora solar pico.

La producción del SF del ejemplo mencionado se puede observar en la Tabla 11:

**Tabla 11.** Cálculo energía que produce el sistema fotovoltaico

---


$$Energía\ Sistema\ Fotovoltaico = PnSF \times Hsp \times RT$$


---


$$Energía\ Sistema\ Fotovoltaico = (8 \times 1000) \times 5,35 \times 0,86 = 36.808\ W$$


---

Fuente: Elaboración Propia

La producción de energía generada por el sistema fotovoltaico se puede medir en Watt, y convertirlos a pesos. Para realizar la conversión, primero es necesario transformar lo producido en Watts a Kilowatt dividiendo lo producido en mil, para luego multiplicarlo por el precio de compra del Kilowatt (KW), la ecuación de conversión propuesta es la siguiente (Fórmula 7):

**Fórmula 7**

$$Generado\ en\ pesos = \frac{Watts\ generados}{1000} \times Precio\ de\ compra\ del\ KiloWatt$$

Donde:

Precio de compra del Kilowatt: es el valor del precio de 1 Kilowatt comprado a la compañía eléctrica.



El valor del kilowatt es obtenido desde CGE (2022) en el Reporte de Tarifa de Suministro Eléctrico, donde se seleccionó el valor de la tarifa BT1 en Talca y San Clemente.

La conversión de producción del Sistema Fotovoltaico a pesos se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 12.** Cálculo conversión Watts generados a pesos

---

$$\text{Generado en pesos} = \frac{\text{Watts generados}}{1000} \times \text{Precio de compra del KiloWatt}$$

$$\text{Generado en pesos} = \frac{36808}{1000} \times 140 = \$5.153$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

### **Análisis Financiero**

La rentabilidad es “la relación entre los ingresos y los costos generados por el uso de activos de la empresa” (Gitman, 2007, p. 512). Según Mejía (1999) es importante su medición ya que es posible determinar los resultados generados por el capital invertido, es por esto por lo que resulta importante evaluar las rentabilidades que presentan los distintos casos estudiados, ya que de esta manera se determina cuan beneficioso resulta para almacenes y/o minimarkets de Talca y San Clemente, para este apartado se continuara con el ejemplo anterior.

Para realizar la evaluación de rentabilidad es necesario determinar cuáles son los costos asociados al proyecto, como la inversión inicial, costos de mantención y la tasa de oportunidad.

Identificar cuánto dinero se invertirá en la instalación del sistema fotovoltaico, el cual debe abarcar los costos de materiales como mano de obra y costos de tramitación del proyecto, además de cuanto es la producción del sistema. Estos valores es posible obtenerlos desde el Ministerio de Energía (2020) en su reporte del Índice de precios de Sistemas Fovoltaicos (FV). En la siguiente tabla se puede ver el índice de precios publicados:

**Tabla 13.** Índice de precios promedio (CLP/KWp)

<b>Rango de Potencia (KWp)</b>	<b>Promedio</b>
1 a 5	\$1.279.367
5 a 10	\$1.151.102
10 a 30	\$1.025.700
30 a 100	\$943.347
100 a 300	\$790.319
300 a 500	\$678.612
500 a 1500	\$640.645

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Ministerio de Energía (2020).

Para realizar el cálculo de la inversión inicial es necesario tener conocimiento de la potencia nominal del sistema fotovoltaico (PnSF) a instalar, luego evaluar en que rango

de potencia está incluido. Una vez identificado se debe multiplicar la potencia nominal por el precio promedio del rango, la ecuación propuesta para la estimación es la siguiente (Fórmula 8):

### **Fórmula 8**

$$Inversion\ inicial = Potencia\ nominal\ Sistema\ Fotovoltaico \times Precio\ promedio\ rango$$

En la Tabla 14 ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 14.** Cálculo inversión de instalación de un sistema fotovoltaico

---

$$Inversion\ inicial = Potencia\ nominal\ Sistema\ Fotovoltaico \times Precio\ promedio\ rango$$
$$Inversion\ inicial = 8 \times 1.151.102 = \$9.208.816$$

---

Fuente Elaboración propia.

Los costos de mantención del sistema fotovoltaico son considerados como egresos, el costo de mantención para el Sistema Fotovoltaico según Amendola & Depool (como se citó en Breyer et al, 2009; IEA, 2010c), el costo de mantención asociado a un sistema fotovoltaico representa entre un 0,5% a un 1,5% de la inversión inicial. En este estudio, se decidió utilizar como costo de mantención de los paneles solares un 1,5% estimado como el costo más alto del valor inicial de la inversión para ser respetado en el cálculo de la siguiente ecuación (Fórmula 9):

## **Fórmula 9**

$$\text{Costo de mantención} = \text{Inversión Inicial} \times \text{tasa costo mantención}$$

En la Tabla 15 se puede ver el costo de mantención asociado al ejemplo mencionado anteriormente:

**Tabla 15.** Cálculo costo de mantención

---

$$\text{Costo de mantención} = \text{Inversión Inicial} \times \text{tasa costo mantención}$$

$$\text{Costo de mantención} = \$9.208.816 \times 1.5\% = \$138.132$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

Otra parte fundamental de los egresos en un flujo de caja es la tasa de oportunidad esta según Garzón, Sarmiento & Gutiérrez (2019) expresa la oportunidad de un proyecto sobre otro, es decir son los beneficios a los que se renuncian por escoger una inversión sobre otra, los costos de oportunidad es posible obtenerlos desde el Banco Central (2022) el que representa un 9,8%.

## **Calculo indicadores financieros**

Una vez calculada la inversión de los paneles es posible realizar una proyección de rentabilidad, el alcance es de diez años debido a que según Servicio de Impuestos Internos (2003) esta es la vida útil de un activo que produce energía eléctrica. Para llevar a cabo un análisis de la inversión es necesario realizar el flujo de caja que poseerá el proyecto,

según Sapag & Sapag (2008), cuando se aplica un estudio de proyectos, es posible ejecutar una estructura de flujo de caja que busque medir principalmente la rentabilidad de una inversión o posible inversión, en este caso la estructura del flujo de caja empleada es la siguiente (Tabla 16):

Tabla 16. **Flujo de caja**

---

Periodo
+ Ingresos
- Egresos
Flujo Neto
Valor Presente Neto

---

Fuente: Elaboración Propia con datos obtenidos de Sapag & Sapag (2008).

A continuación, se detallarán los ítems que pertenecen al flujo de caja:

- **Periodo:** es el tiempo que se estima para realizar cálculos.
- **Ingresos:** es lo generado por el proyecto, en este caso es lo que genera el Sistema Fotovoltaico en pesos.
- **Egresos:** son los costos asociados al proyecto, en este caso son los costos de instalación y mantención.
- **Flujo Neto:** es la diferencia del Ingreso menos Egreso del periodo.
- **Valor presente neto:** es el valor del flujo de caja por periodo actualizado en base al costo de oportunidad. Su ecuación es (Fórmula 10):

### Fórmula 10

$$VPN = \frac{\text{Flujo Neto}}{(1 + \text{costo de oportunidad})^t}$$

Donde:

t: periodo de tiempo

En la Tabla 17 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 17. Flujo de Caja**

<b>Periodo</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Valor presente Neto</b>
<b>0</b>		-\$9.208.816	-\$9.208.816	-\$9.208.816
<b>1</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$1.583.837
<b>2</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$1.442.475
<b>3</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$1.313.729
<b>4</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$1.196.475
<b>5</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$1.089.685
<b>6</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$992.428
<b>7</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$903.850
<b>8</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$823.179
<b>9</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$749.707
<b>10</b>	\$1.877.185	-\$138.132	\$1.739.053	\$682.794

Fuente: Elaboración Propia

Los indicadores financieros que serán calculados tienen como finalidad poder representar que tan rentable es un proyecto y si se debe invertir en el proyecto, para el cálculo se

seguirá utilizando el ejemplo anterior. El Valor Actual Neto desde ahora VAN es el cálculo realizado de los beneficios netos en base al costo de oportunidad, para obtenerlo se realiza la siguiente ecuación (Fórmula 11):

**Fórmula 11**

$$VAN = \sum VPN - I_0$$

Donde:

$\sum VPN$  : es la suma de todos los periodos desde el periodo 1 hasta el 5 del Valor Presente Neto.

$I_0$  : Es la inversión inicial del proyecto, el cual en el ejemplo utilizado es de \$9.208.816.

En la Tabla 18 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 18.** Cálculo valor actual neto

---


$$VAN = \sum VPN - I_0$$

$$VAN = (\$1.583.837 + \$1.442.475 + \$1.313.729 + \$1.196.475 + \$1.089.685 + \$992.428 +$$

$$\$903.850 + \$823.179 + \$749.707 + \$682.794) - \$9.208.816 = \$1.569.342$$


---

Fuente: Elaboración Propia.

El Retorno de la Inversión (ROI) indica cuanto de lo que se invirtió está produciendo beneficios, para obtener el ROI utilizando el Flujo de caja se utiliza la siguiente ecuación (Fórmula 12):

### **Fórmula 12**

$$ROI = \frac{\textit{Beneficio} - \textit{Inversion Inicial}}{\textit{Inversion inicial}} \times 100$$

En la Tabla 19 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:

**Tabla 19.** Cálculo ROI

---

$$ROI = \frac{\textit{Beneficio} - \textit{Inversion Inicial}}{\textit{Inversion inicial}}$$
$$ROI = \frac{\$1.739.053 - \$9.208.816}{\$9.208.816} \times 100 = 88,85\%$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

El Periodo de recuperación o Pay Back (PR) es la cantidad de periodos en las cuales se recupera la inversión inicial, para obtener el PR utilizando el flujo de caja se utiliza la siguiente ecuación (Fórmula 13):

### **Fórmula 13**

$$PR = \frac{\textit{Inversion inicial}}{\textit{Periodo Flujo de caja Neto}} \textit{ (unidades de tiempo)}$$

En la Tabla 20 se puede ver el cálculo del ejemplo mencionado:



**Tabla 20.** Cálculo PR

---

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Periodo Flujo de caja Neto}}$$

$$\text{Periodo de recuperación} = \frac{\$9.208.816}{\$1.739.053} = 5,295 \text{ periodos}$$

(5 años 3 meses y 16 días)

---

Fuente Elaboración Propia.

### **Desarrollo de Página Web**

La página web fue realizada con una metodología de tipo cascada, debido a que la creación de esta fue dividida en etapas de desarrollo lineal, estas se componen de una construcción de la base de datos con la herramienta php MyAdmin la cual gestiona base de datos MySQL, posteriormente se utiliza el framework CodeIgniter4 el cual posee la arquitectura de software Modelo Vista Controlador, este permite optimizar el trabajo ya que divide el desarrollo en tres partes estas son:

- **Modelo:** Contienen los datos de la página web y el mecanismo para acceder a la base de datos.
- **Vista:** donde contiene la interfaz del usuario por código HTML.
- **Controlador:** Sección encargada de conectar la Vista con el Modelo.

## CAPÍTULO 4: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para este estudio, se analizaron 30 casos de almacenes y negocios de diferentes tamaños y ubicaciones. Se identificaron los siguientes valores relevantes para realizar una estimación de los costos e inversión de la implementación de un proyecto fotovoltaico:

1. **Consumo eléctrico del usuario:** Es necesario tener conocimiento respecto al consumo eléctrico del usuario. Esto principalmente para establecer la comparativa entre los periodos previos y posteriores a la instalación del sistema fotovoltaico, para así determinar si su aplicación suplirá las necesidades de energéticas del local.
2. **Superficie disponible para implementar un sistema fotovoltaico:** La superficie disponible para implementar un sistema fotovoltaico es necesario para determinar la cantidad de paneles que se pueden instalar y con la cantidad de paneles definida se puede calcular la capacidad nominal de producción de energía que poseerá el Sistema fotovoltaico.
3. **Características del Panel Fotovoltaico:** Teniendo en cuenta las características de los paneles que serán implementados, como, por ejemplo, el tamaño, la producción de energía nominal, etc. Es posible evaluar la cantidad de paneles que se pueden instalar y también la capacidad nominal de producción de energía que poseerá el sistema fotovoltaico.
4. **Factores Técnicos:** Es importante conocer los factores técnicos de rendimiento de los paneles, el cual está ligado al factor de pérdida, ya que afectan al cálculo de la producción de energía eléctrica de los sistemas fotovoltaicos.

5. **Tasa de Interés o de oportunidad:** Para poder determinar el Valor Actual Neto que posee el sistema fotovoltaico, luego de su vida útil contable es importante identificar el valor de la tasa de interés o de oportunidad de cambio.
6. **Inversión:** Determinar previamente el costo de la inversión final es útil a la hora de evaluar la rentabilidad del proyecto a corto y largo plazo, y de esta manera tomar una decisión en conocimiento de lo que implica monetariamente la implementación del sistema fotovoltaico.
7. **Mantenimiento:** Finalmente con la implementación del sistema fotovoltaico, se debe tener en consideración que estos paneles necesitan cada cierto periodo de tiempo disponer de una serie de revisiones y mantenciones para su adecuado funcionamiento, el cual claramente implica para el usuario un costo adicional de mantención.

Por lo tanto, las variables mencionadas anteriormente son relevantes para la estimación del alcance que tendrá el proyecto, desde el ámbito económico, calculando el flujo de dinero y el ámbito técnico considerando el alcance que tendrá el sistema fotovoltaico tanto en dimensión como en producción de energía.

### **Presentación de Casos**

A partir del estudio de los 30 almacenes encuestados, se dividieron los negocios en tres perfiles de consumo: los de bajo consumo, que rondan entre los 0 a 6000 kilowatt anuales; consumo medio que es entre los 7000 a 11000 kilowatt anuales; y por último, los que poseen un consumo elevado que es entre los 12000 hasta 28000 o más kilowatts anuales.

Por consiguiente, se presentarán 3 casos estudiados los cuales representan cada uno de los perfiles mencionados:

### **Análisis Caso 1: perfil consumo bajo**

Caso 1 es empresa ubicada en San Clemente, se dedica a la venta de abarrotes, cecinas, productos de higiene, etc. En la Tabla 21 se presentan los datos del caso 1.

**Tabla 21. Datos recopilados de Caso 1**

<b>Ubicación</b>	<b>Gasto Mensual</b>	<b>Tamaño Local</b>	<b>Tamaño Techumbre</b>
San Clemente	\$100.000	4 largo * 3 ancho	12 largo * 5 ancho

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 22 se presenta el perfil de consumo del caso 1.

**Tabla 22. Perfil de Consumo**

<b>Aparato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso día</b>	<b>Consumo en Kw x día</b>
Congeladora 1 cuerpo	1	8	2,64
Cooler 2 puertas	1	8	3,2
Vitrina cecina	1	8	2,64
Foco led 18W	2	11	0,396
Balanza	1	11	0,726

Aparato	Cantidad	Horas de uso día	Consumo en Kw x día
Cortadora cecina	1	11	1,65
<b>Total Consumo</b>			<b>11,252</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En base a la Tabla 22 se desprende que este almacén consume en promedio 342,24 KiloWatts mensuales, los que convertidos a pesos equivalen a \$47.915, el consumo eléctrico equivale entonces a un 47% del gasto general del local.

Para suplir las necesidades de energía es necesario instalar 4 paneles solares para el minimarket San Luis (fórmula 3), los cuales equivaldrían a un sistema fotovoltaico que generaría 2 Kilowatt nominalmente. En la Tabla 23 se evidencia la forma de cálculo de paneles necesarios para suplir las necesidades del local en 1 mes el cual se considera como un periodo de 30 días.

**Tabla 23.** Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios para el local

$$Numero\ de\ paneles = \frac{\frac{(Consumo\ diario) * FP}{HSP}}{Produccion\ panel}$$

$$Numero\ de\ Paneles = \frac{\frac{(11,252 * 30) * 0,14}{5,35}}{2485,74} = 4$$

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 24 se presentan la cantidad de paneles que pueden ser implementados en el espacio de techumbre disponible para una instalación de paneles solares.

**Tabla 24.** Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar en el local

---

$$\text{Total Paneles horizontal} = \left\lfloor \frac{LT}{LP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{AP} \right\rfloor \qquad \text{Total Paneles vertical} = \left\lfloor \frac{LT}{AP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{LP} \right\rfloor$$
$$\text{Total Pan. horizontal} = \left\lfloor \frac{12}{2,3} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{5}{1,12} \right\rfloor = 20 \qquad \text{Total Pan. vertical} = \left\lfloor \frac{12}{1,12} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{5}{2,3} \right\rfloor = 20$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

En este local es posible instalar 20 paneles solares, calculados con la fórmula 4, estos logran generar una potencia nominal de 10KW, lo cual es suficiente para cubrir la necesidad eléctrica total de dicho establecimiento.

A continuación, se presenta la Tabla 25 donde se evidencia de manera detallada el consumo eléctrico del local, la cantidad de energía producida por los sistemas fotovoltaicos, a su vez, la cantidad de energía requerida por el establecimiento mensualmente tanto en kilowatt como en pesos. Además, el detalle de lo ahorrado monetariamente de forma mensual gracias a la utilización de los paneles:

**Tabla 25.** Comparación del consumo y producción eléctrica

<b>Meses</b>	<b>Consumo kW</b>	<b>Aporte Panel Solar kW</b>	<b>Requerido por compañía KW</b>	<b>Requerido \$</b>	<b>Ahorrado</b>	<b>Vendido</b>
Enero	348,812	2078	-1728,80	\$0	\$74.408	\$242.032
Febrero	315,056	1831	-1515,75	\$0	\$65.568	\$212.204
Marzo	348,812	1810	-1461,14	\$0	\$64.821	\$204.559
Abril	337,56	1291	-953,73	\$0	\$46.246	\$133.522
Mayo	348,812	836	-486,71	\$0	\$29.923	\$68.140
Junio	337,56	647	-308,99	\$0	\$23.155	\$43.258
Julio	348,812	704	-354,75	\$0	\$25.197	\$49.664
Agosto	348,812	952	-602,95	\$0	\$34.086	\$84.413
Septiembre	337,56	1263	-925,87	\$0	\$45.248	\$129.621
Octubre	348,812	1563	-1214,00	\$0	\$55.970	\$169.960
Noviembre	337,56	1816	-1478,50	\$0	\$65.040	\$206.990
Diciembre	348,812	1971	-1622,43	\$0	\$70.598	\$227.140
<b>Total</b>						
<b>anual</b>	<b>4106,98</b>	<b>11732,4</b>	<b>-180,6</b>	<b>\$0</b>	<b>\$600.263</b>	<b>\$1.771.504</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 25 se evidencia que el sistema fotovoltaico es capaz de suplir el 100% de la energía necesaria del almacén en todos los meses. En pesos, anualmente el local debe pagar \$ 600.263 en consumo eléctrico, de los cuales el sistema permitiría ahorrar \$600.263 y puede ser capaz de entregar \$1.771.504 de energía a la red central de electricidad.

En la Tabla 26 se puede ver el flujo de caja presente en un plazo de 10 años:

**Tabla 26.** Análisis financiero

<b>Periodo</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Valor presente Neto</b>
<b>0</b>		-\$11.511.020	-\$11.511.020	-\$11.511.020
<b>1</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.979.796
<b>2</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.803.093
<b>3</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.642.161
<b>4</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.523.312
<b>5</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.362.107
<b>6</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.240.534
<b>7</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.129.813
<b>8</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$1.028.973
<b>9</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$937.134
<b>10</b>	\$2.346.482	-\$172.665	\$2.173.816	\$853.492

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, se procede a calcular el VAN, ROI y PR. El valor actual neto del proyecto estimado con la fórmula 11 es de \$1.961.677. Por ser un VAN positivo es recomendable invertir en el proyecto. El Periodo de recuperación obtenido por la fórmula 13 es 5,295 periodos, es decir 5 años, 3 meses y 16 días se demorarán en recuperar la inversión inicial. El periodo de tiempo de recuperación se ve reflejado en su tasa de recuperación de la inversión, el ROI es de 88,85 %. Por lo que según los indicadores es recomendable invertir, pero teniendo en cuenta que la inversión será recuperada a largo plazo.



## **Análisis Caso 2: Perfil de consumo medio**

Caso 2 es empresa ubicada en San Clemente, se dedica a la venta abarrotes, bebidas, cecinas, artículos de higiene, entre otros. En la Tabla 27 se puede evidenciar los datos obtenidos del caso.

**Tabla 27.** Datos recopilados del Caso 2

Ubicación	Gasto Mensual	Tamaño Local	Tamaño Techumbre
San Clemente	\$700.000	8 largo * 4 ancho	8 largo * 2,5 ancho

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 28 se presenta el perfil de consumo del caso 2.

**Tabla 28.** Perfil de Consumo

Aparato	Cantidad	Horas de uso día	Consumo en Kw x día
Congeladora 1 cuerpo	1	8	2,64
Congeladora 2 cuerpos	1	8	3,84
Cooler 2 puertas	1	8	3,2
Cooler 1 puerta	2	8	3,6
Vitrina cecina	2	8	5,28
Foco led 18W	3	12	0,648
Balanza	1	12	0,792
Cortadora cecina	1	12	1,8
Computador	1	12	6
Circuito Cámara seguridad	1	24	0,144

<b>Aparato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso día</b>	<b>Consumo en Kw x día</b>
Dispositivo pago tarjeta	1	2	0.01
<b>Total Consumo</b>			<b>27,954</b>

Fuente Elaboración Propia.

En base a la Tabla 28 de consumo se puede desprender que este almacén consume en promedio 850,26 KiloWatts mensuales, los que convertidos a pesos equivalen a \$119.037, el consumo eléctrico equivale a un 17 % del gasto general del local

Para suplir las necesidades de energía obtenidos con la fórmula 3 es necesario instalar 9 paneles solares, los cuales equivaldrían a un sistema fotovoltaico que generaría 4,8 Kilowatt nominalmente. En la siguiente Tabla 29 se puede ver la forma de cálculo de paneles necesarios para suplir las necesidades del local en 1 mes el cual se considera un periodo de 30 días.

**Tabla 29.** Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios

$$\begin{aligned}
 \text{Número de paneles necesarios} &= \frac{(\text{Consumo diario}) * FP}{\frac{HSP}{\text{Produccion panel}}} \\
 \text{Número de paneles necesarios} &= \frac{(27,954 * 30) * 0,14}{\frac{5,35}{2485,74}} = 9
 \end{aligned}$$

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 30 se presentan la cantidad de paneles que pueden ser implementados en el espacio de techumbre disponible para una instalación de paneles solares.

**Tabla 30.** Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar en el local

---

$Total\ Paneles\ horizontal = \left\lfloor \frac{LT}{LP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{AP} \right\rfloor$	$Total\ Paneles\ vertical = \left\lfloor \frac{LT}{AP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{LP} \right\rfloor$
$Total\ Pan.\ horizontal = \left\lfloor \frac{8}{2,3} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{2,5}{1,12} \right\rfloor = 6$	$Total\ Pan.\ vertical = \left\lfloor \frac{8}{1,12} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{2,5}{2,3} \right\rfloor = 7$

---

Fuente: Elaboración Propia.

En este local es posible instalar 7 paneles solares calculados con la fórmula 4, estos logran generar una potencia nominal de 3KW, sin embargo, esta cantidad generada no es suficiente para cubrir la necesidad eléctrica total de dicho establecimiento.

A continuación, se presenta la Tabla 31 donde se muestra de manera detallada el consumo eléctrico del local, la cantidad de energía producida por los sistemas fotovoltaicos, a su vez, la cantidad de energía requerida por el establecimiento mensualmente tanto en kilowatt como en pesos y además el detalle de lo ahorrado monetariamente de forma mensual gracias a la utilización de los paneles.

**Tabla 31.** Comparación del consumo y producción eléctrica

<b>Meses</b>	<b>Consumo kW</b>	<b>Aporte Panel Solar kW</b>	<b>Requerido</b>		<b>Ahorrado</b>
			<b>por compañía kW</b>	<b>Requerido \$</b>	
Enero	866,574	623	243,29	\$34.061	\$87.260
Febrero	782,712	549	233,47	\$32.686	\$76.894
Marzo	866,574	543	323,59	\$45.303	\$76.018
Abril	838,62	387	451,23	\$63.173	\$54.234
Mayo	866,574	251	615,92	\$86.228	\$35.092
Junio	838,62	194	644,66	\$90.252	\$27.155
Julio	866,574	211	655,51	\$91.771	\$29.549
Agosto	866,574	286	581,05	\$81.346	\$39.974
Septiembre	838,62	379	459,59	\$64.343	\$53.064
Octubre	866,574	469	397,73	\$55.682	\$65.638
Noviembre	838,62	545	293,80	\$41.132	\$76.275
Diciembre	866,574	591	275,20	\$38.528	\$82.792
<b>Total anual</b>	<b>10203,21</b>	<b>5028,2</b>	<b>5175,0</b>	<b>\$724.505</b>	<b>\$703.944</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 31 se evidencia que el sistema fotovoltaico sólo es capaz de suplir 49,3% de la energía necesaria del almacén. En pesos, anualmente el local debe pagar \$1.428.450 en consumo eléctrico, de los cuales el sistema permitiría ahorrar \$703.944.

En la Tabla 32 se puede ver el flujo de caja presente en un plazo de 10 años.

**Tabla 32.** Análisis financiero

<b>Periodo</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Valor presente Neto</b>
<b>0</b>		-\$3.838.101	-\$3.838.101	-\$3.838.101
<b>1</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$588.682
<b>2</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$536.140
<b>3</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$488.288
<b>4</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$444.707
<b>5</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$405.015
<b>6</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$368.866
<b>7</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$335.944
<b>8</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$305.960
<b>9</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$278.652
<b>10</b>	\$703.944	-\$57.572	\$646.373	\$253.781

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, se procede a calcular el VAN, ROI y PR. El valor actual neto del proyecto estimado con la fórmula 11 es de \$167.935. Por ser un VAN positivo es recomendable invertir en el proyecto. El Periodo de recuperación obtenido por la fórmula 13 es 5,938 periodos, es decir 5 años 11 meses y 7 días que demoraran en recuperar la inversión inicial. El periodo de tiempo de recuperación se ve reflejado en su tasa de recuperación de la inversión, el ROI es de 68,41%. En el caso del perfil de consumo medio, según los indicadores es recomendable invertir, pero teniendo en cuenta que la inversión será recuperada en un largo plazo.

### **Análisis Caso 3: Perfil alto consumo**

Caso 3 es empresa ubicada en Punta Diamante S.N. - San Clemente, se dedica a la venta de abarrotes, cecinas, productos de higiene, bebidas alcohólicas, etc. En la tabla 33 se puede evidenciar los datos obtenidos del caso.

**Tabla 33.** Datos recopilados del Caso 3

Ubicación	Gasto Mensual	Tamaño Local	Tamaño Techumbre
San Clemente	\$2.000.000	14 largo * 7 ancho	14 largo * 4 ancho

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 34 se presenta el perfil de consumo del caso 3.

**Tabla 34.** Perfil de consumo

Aparato	Cantidad	Horas de uso día	Consumo en Kw x día
Congeladora 1 cuerpo	4	8	10,56
Congeladora 2 cuerpos	4	8	15,36
Cooler 2 puertas	4	8	12,8
Cooler 1 puerta	1	8	1,8
Vitrina cecina	1	8	2,64
Vitrina Carnes	1	8	6,4
Balanza	1	13	0,858
Cortadora cecina	1	13	1,95
Tv led 32" a 50"	1	13	1,17
Circuito Cámara seguridad	1	24	0,144

<b>Aparato</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Horas de uso día</b>	<b>Consumo en Kw x día</b>
Ampolleta grande	10	13	19,5
Dispositivo pago tarjeta	1	2	0,01
<b>Total Consumo</b>			<b>73,192</b>

Fuente Elaboración Propia.

En base a la Tabla 34 se puede desprender que este almacén consume en promedio 2226,25 KiloWatts mensuales, los que convertidos a pesos equivalen a \$311.676, el consumo eléctrico equivale a un 15% del gasto general del local.

Para suplir las necesidades de energía obtenidos con la fórmula 3 es necesario instalar 23 paneles solares, los cuales equivaldrían a un sistema fotovoltaico que generaría 12 Kilowatt nominal. En la Tabla 35 se puede ver la forma de cálculo de paneles necesarios para suplir las necesidades del local en 1 mes el cual se considera un periodo de 30 días.

**Tabla 35.** Cálculo ejemplo número de paneles solares necesarios para el local

$$\begin{aligned}
 \text{Número de paneles Necesarios} &= \frac{(\text{Consumo diario}) * FP}{\frac{HSP}{\text{Produccion panel}}} \\
 \text{Número de paneles Necesarios} &= \frac{(73,192 * 30) * 0,14}{\frac{5,35}{2485,74}} = 23
 \end{aligned}$$

Fuente Elaboración Propia.

En la Tabla 36 se presentan la cantidad de paneles que pueden ser implementados en el espacio de techumbre disponible para una instalación de paneles solares:

**Tabla 36.** Cálculo cantidad de paneles posibles de instalar

---

$$\text{Total Paneles horizontal} = \left\lfloor \frac{LT}{LP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{AP} \right\rfloor \quad \text{Total Paneles vertical} = \left\lfloor \frac{LT}{AP} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{AT}{LP} \right\rfloor$$

$$\text{Total Pan. horizontal} = \left\lfloor \frac{14}{2,3} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{4}{1,12} \right\rfloor = 18 \quad \text{Total Pan. vertical} = \left\lfloor \frac{14}{1,12} \right\rfloor \times \left\lfloor \frac{4}{2,3} \right\rfloor = 12$$

---

Fuente: Elaboración Propia.

En este local es posible instalar 18 paneles solares calculados con la fórmula 4, estos logran generar una potencia nominal de 9 KW. Sin embargo, esta cantidad generada nominalmente no es suficiente para cubrir la necesidad eléctrica total de dicho establecimiento.

A continuación, se presenta la Tabla 37 donde se evidencia de manera detallada el consumo eléctrico del local, la cantidad de energía producida por los sistemas fotovoltaicos, a su vez, la cantidad de energía requerida por el establecimiento mensualmente tanto en kilowatt como en pesos y además el detalle de lo ahorrado monetariamente de forma mensual gracias a la utilización de los paneles.



**Tabla 37.** Comparación del consumo y producción eléctrica

Meses	Aporte Panel Solar		Requerido por		Ahorrado
	Consumo kW	kW	compañía kW	Requerido \$	
Enero	2268,952	1870	399,10	\$55.874	\$261.779
Febrero	2049,376	1648	401,65	\$56.232	\$230.681
Marzo	2268,952	1629	640,00	\$89.600	\$228.053
Abril	2195,76	1162	1033,60	\$144.704	\$162.703
Mayo	2268,952	752	1516,98	\$212.377	\$105.276
Junio	2195,76	582	1613,87	\$225.941	\$81.465
Julio	2268,952	633	1635,75	\$229.005	\$88.648
Agosto	2268,952	857	1412,37	\$197.731	\$119.922
Septiembre	2195,76	1137	1058,68	\$148.215	\$159.192
Octubre	2268,952	1407	862,42	\$120.739	\$196.914
Noviembre	2195,76	1634	561,30	\$78.583	\$228.824
Diciembre	2268,952	1774	494,84	\$69.277	\$248.376
<b>Total anual</b>	<b>26715,08</b>	<b>15084,5</b>	<b>11630,6</b>	<b>\$1.628.278</b>	<b>\$2.111.833</b>

Fuente: Elaboración propia.

Con la Tabla 37 se evidencia que el sistema fotovoltaico sólo es capaz de suplir 56,4% de la energía necesaria del almacén. En pesos, anualmente el local debe pagar \$3.740.111 en consumo eléctrico, de los cuales el sistema permitiría ahorrar \$2.111.833.

En la Tabla 38 se puede ver el flujo de caja presente en un plazo de 10 años.

**Tabla 38.** Análisis financiero

<b>Periodo</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Egresos</b>	<b>Flujo Neto</b>	<b>Valor presente Neto</b>
<b>0</b>		-\$10.359.918	-\$10.359.918	-\$10.359.918
<b>1</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.781.817
<b>2</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.622.784
<b>3</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.477.945
<b>4</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.346.034
<b>5</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.225.896
<b>6</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.116.481
<b>7</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$1.016.831
<b>8</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$926.076
<b>9</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$843.421
<b>10</b>	\$2.111.833	-\$155.399	\$1.956.435	\$768.143

Fuente: Elaboración Propia.

Por último, se procede a calcular el VAN, ROI y PR. El valor actual neto del proyecto estimado con la fórmula 11 es de \$1.765.510. Por ser un VAN positivo es recomendable invertir en el proyecto. El Periodo de recuperación obtenido por la fórmula 13 es 5,295 periodos, es decir 5 años, 3 meses y 16 días se demorarán en recuperar la inversión inicial. El periodo de tiempo de recuperación se ve reflejado en su tasa de recuperación de la inversión, el ROI es de 88,85%, por lo tanto según los indicadores financieros es recomendable realizar la inversión, pero esta será recuperada a largo plazo.

## **Análisis Global**

De los 30 casos estudiados se presentarán los resultados de los indicadores financieros, estos fueron separados entre comunas, debido a que al existir valores diferentes del precio del kilowatt y de la irradiación incidente, no es posible comparar dos almacenes que posean mismas características ya que el sistema que se le instale no produciría una cantidad de energía igual.

Para los almacenes de Talca (Anexo 2) se pueden concluir en base a los indicadores financieros (Anexo 3) que es viable invertir en un sistema fotovoltaico, los cuales presentaran beneficios para los locatarios en la vida útil contable que tiene un sistema fotovoltaico.

Para los casos de San Clemente (Anexo 4) se pueden concluir en base a los indicadores financieros (Anexo 5) que es viable invertir en un sistema fotovoltaico, los cuales presentaran beneficios para los locatarios en la vida útil contable que tiene un sistema fotovoltaico.

En ambas comunas se evidencia una tendencia la cual demuestra que un sistema fotovoltaico que es de mayor capacidad nominal, sus resultados financieros son mejores, es decir que poseen un mayor retorno de inversión, el valor actual neto al final de su vida útil es mayor y, por consiguiente, la recuperación de la inversión es en menos años, en comparación a un sistema de menor capacidad nominal los que tienen indicadores más pequeños o de mayor tiempo de recuperación de la inversión, esto se evidencia en el estudio de rentabilidad de sistemas fotovoltaicos por comuna (Anexo 6, 7, 8 y 9), donde solo se tomó en cuenta la potencia nominal de producción de energía del sistema. El rango

de potencia fue acotado a la potencia máxima que es posible instalar “potencia máxima a contratar de 13,86 kW para 220 voltios” (Endesa, 2017).

Del estudio se obtuvo que en la comuna de San Clemente como se muestra en la Figura 4, la tendencia es que los sistemas fotovoltaicos que poseen mayor capacidad nominal de producción de energía, la inversión se recupera en un menor tiempo, al contrario de los que poseen menor capacidad que es en un periodo mayor.

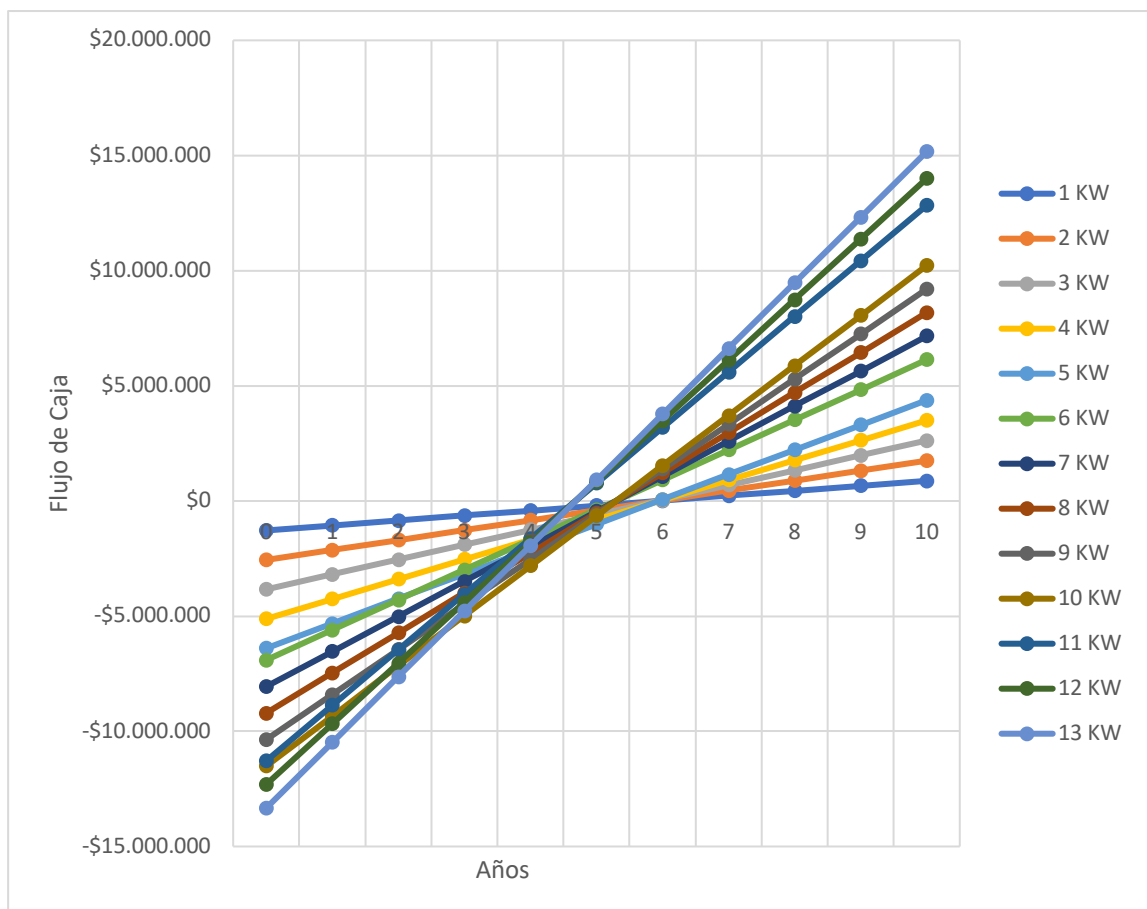


Figura 4. Gráfico Inversión en el tiempo de Sistemas fotovoltaicos en la comuna de San Clemente.

En la comuna de Talca en la Figura 5 se evidencia la misma tendencia que posee la Figura 4 donde los sistemas fotovoltaicos que poseen mayor capacidad nominal de producción

de energía, la inversión se recupera en un menor tiempo, al contrario de los que poseen menor capacidad que es en un periodo mayor.

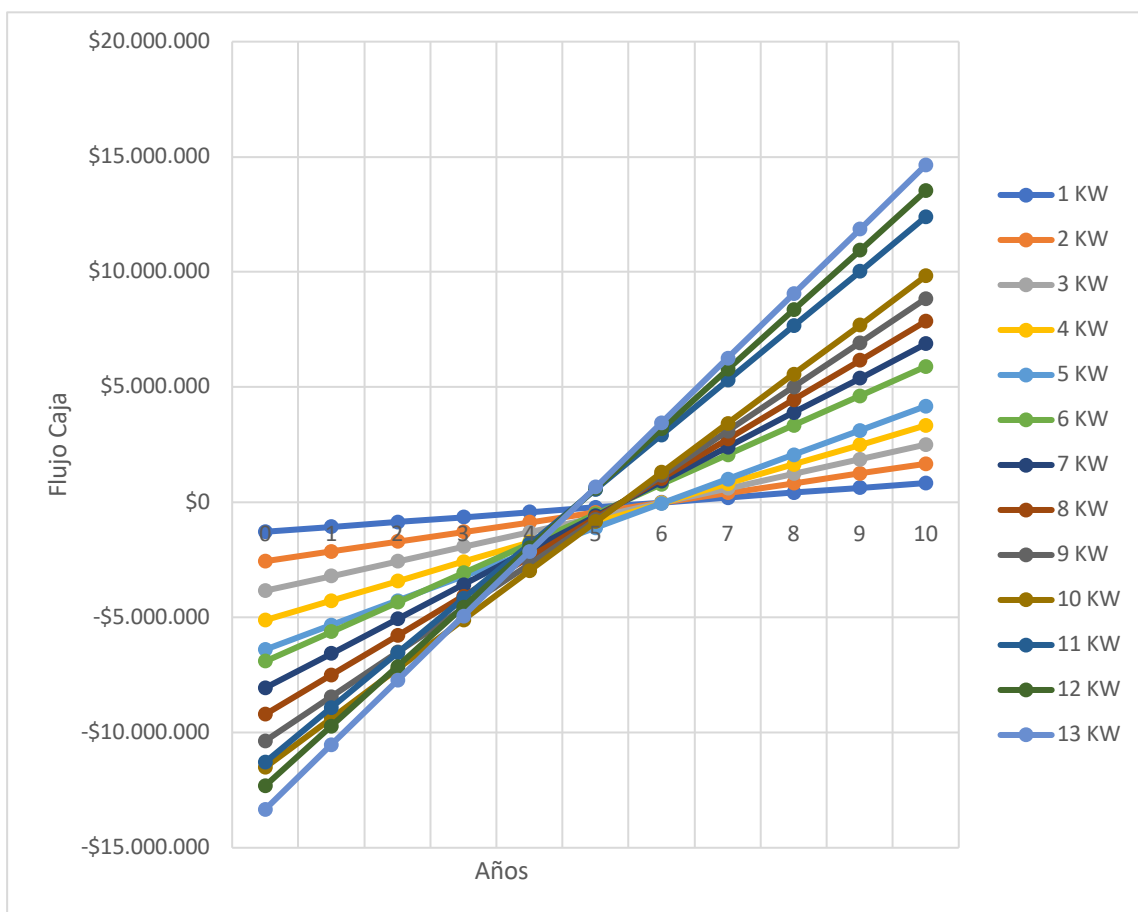
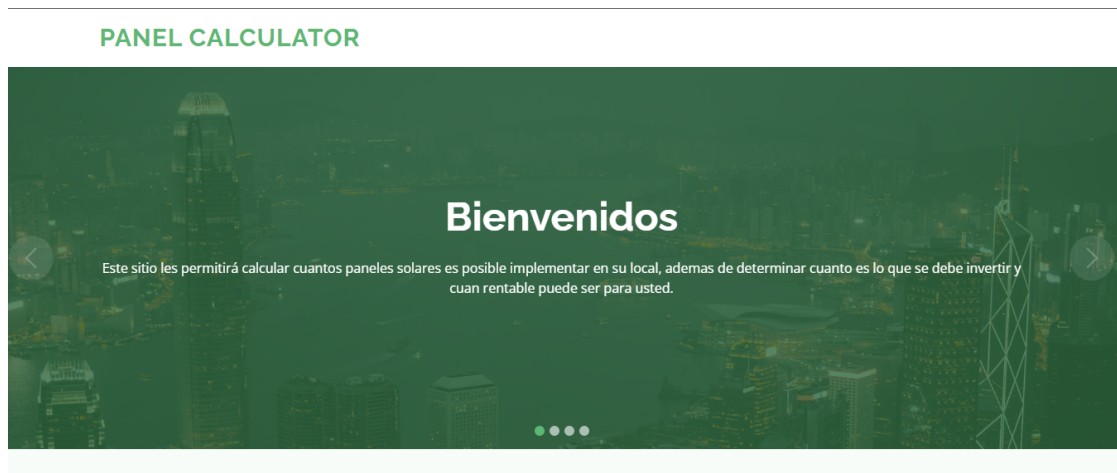


Figura 5. Gráfico Inversión en el tiempo de Sistemas fotovoltaicos en la comuna de Talca.

## CAPÍTULO 5: MODO DE USO DE LA PAGINA WEB

Al ingresar en la página web primero se muestra la Figura 6 que es la sección principal, esta presenta un carrusel de imágenes que contienen la guía paso a paso para el uso de la página web.



*Figura 6. Sección principal que contiene un carrusel con instrucciones de uso.*

Luego se debe bajar a la sección del formulario, acá se debe seleccionar la comuna en la cual se ubica el local que se consultara, ingresar el consumo anual en kilowatt que en la compañía CGE proveedora de electricidad de las comunas de Talca y San Clemente esta especificado en la boleta de servicios, además se debe ingresar el largo y ancho del local en los campos especificados como se muestra en la Figura 7. Es importante que los números decimales sean separados por un punto y no una coma.

## PANEL CALCULATOR

**Seleccione su Comuna**  
Seleccione la comuna en la que vive

San Clemente

**Consumo anual**  
Ingrese su consumo anual en Kilowatts

Ejemplo 123456

**Dimensión**  
Ingresar el Largo en metros que posee la superficie donde se instalaran los paneles

Ejemplo 12.3

**Dimensión**  
Ingresar el Ancho en metros que posee la superficie donde se instalaran los paneles

Ejemplo 4.2

Calcular

Figura 7. Formulario donde se ingresan los datos

Una vez ingresados los datos se presiona el botón calcular, la página web calculara los paneles que necesita instalar para las necesidades eléctricas que posee el local, además la cantidad de paneles posibles que se pueden implementar en la superficie ingresada, cuanto será el costo de la inversión, cuanta energía será capaz de producir y si esta inversión logra ser rentable en el periodo de vida útil contable de los paneles, en la figura 8 se ve como ejemplo el caso 1 que posee bajo consumo eléctrico.

## PANEL CALCULATOR

<b>Cantidad de Paneles Necesarios</b> Para el consumo de energía de su local necesita instalar 4 paneles que equivalen a un sistema de 2 Kilowatts	<b>Cantidad de Paneles que se pueden Instalar</b> En la superficie indicada, se pueden instalar 20 paneles que equivalen a un sistema de 10 Kilowatts	<b>Inversión</b> El costo de Instalación para ese sistema es de \$11,511,020 (El costo de la inversion es calculado en base a precios estandar entregados por el Ministerio de Energía)
<b>Producción</b> Este sistema es capaz de producir 16,760.6 Kilowatts al año en pesos es \$2,346,482 (Valor calculado en base al precio otorgado por la compañía de electricidad)	<b>Periodo de Recuperación</b> La inversión se recuperará en 5 años, 3 meses y 16 días	<b>Valores financieros</b> El VAN en un periodo de 10 años es de \$1,961,677 por lo que Sí recomienda Invertir El ROI es de 88.85% por lo que Sí recomienda invertir

Figura 8. Resultados obtenidos de los datos ingresados.

## CAPÍTULO 6: DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

En este proyecto se buscaba demostrar la rentabilidad de sistemas fotovoltaicos para almacenes de las comunas de San Clemente y Talca. Para el estudio fue necesario utilizar instrumentos de captación de datos mediante entrevista, elaboración de una encuesta la cual permitía probar la factibilidad de recolección de datos automática.

Los análisis hechos demuestran que los almaceneros de Talca y San Clemente tendrían una rentabilidad positiva. En el caso el VAN obtenido está en un rango entre los \$61.944 y \$2.351.584, de igual manera el ROI varía entre 0,65 y 0,94 y el periodo de recuperación de la inversión está entre 4 y 6 años.

Por lo que como conclusión es recomendable invertir en un sistema fotovoltaico ya que los indicadores financieros son positivos en ambas comunas, además independiente de las características del panel seleccionado para los cálculos, es rentable invertir en sistemas fotovoltaicos en las comunas de Talca y San Clemente.

También se logra concluir que existe una tendencia en ambas comunas que a mayor superficie disponible para implementar paneles, mayores serán los beneficios obtenidos y por consiguiente en menor tiempo se recupera la inversión.

Otra conclusión que se obtiene es que la tasa de interés o costo de oportunidad es un factor crítico que determina qué tan atractivo puede ser un proyecto en el periodo estimado. En la actualidad, Chile está pasando por una crisis económica donde la tasa de inflación según el INE (2022) se encuentra en valores del 14%, lo que ha hecho que el Banco Central suba los valores de las tasas de interés. Esto perjudica la decisión de invertir en paneles solares,



ya que al existir una tasa de interés elevada, puede llegar a ser más rentable ahorrar en el banco el dinero que se pretende utilizar en la inversión. Con tasas de interés más bajas, los proyectos de inversión en general y en paneles solares, en particular, se hacen más atractivos. A pesar de las altas tasas de interés actuales, los resultados muestran que la inversión en energía solar por los almaceneros es rentable. Si la tasa de oportunidad fuera menor a la actual, 9,8%, podría ser aún más atractivo invertir en este tipo de proyectos que generan beneficios sobre los 4 a 6 años.

En conclusión general, el invertir en un sistema fotovoltaico en cualquiera de las comunas estudiadas es rentable y entre mayor sea la capacidad nominal del sistema fotovoltaico, mayor será el beneficio y se recuperara la inversión en menor tiempo, pero es necesario que la tasa de interés o costo de oportunidad sea menor, para que realizar una inversión en un sistema fotovoltaico sea más atrayente y pueda generar mayores beneficios a los presentados a este estudio.

Como limitaciones de este trabajo, se pueden mencionar que el estudio es realizado para superficies que poseen inclinación que ronda en 30%, esto debido a que el modelo matemático para el cálculo de producción de energía eléctrica está diseñado para que sea en base a una incidencia de la irradiación sea en un plano con esa inclinación, además el desarrollo de una API fue sustituido por el de una página web, esto debido a que el desarrollo de una página web es un trabajo más práctico y que conlleva menor tiempo de desarrollo, también otras limitaciones son la acotación del estudio a solo dos comunas y almacenes que poseen instalación monofásica.

Por lo tanto como trabajo futuro queda el orientar el estudio a casos donde la incidencia de la irradiación sea en superficies planas o tome en cuenta mayores grados de inclinación, además el desarrollo de una API la cual pueda permitir a más desarrolladores poder utilizar el código para realizar los cálculos matemáticos para proyectos de sistemas fotovoltaicos y por último aumentar el alcance que posee el estudio a otras comunas e instalaciones eléctricas trifásicas.

## BIBLIOGRAFÍA

Adasme, R., Zúñiga, J. (2020) Introducción al análisis cuantitativo de datos. Recuperado de: DOI: 10.13140/RG.2.2.25253.93926

Adler F., Beradi M., Garcia M., Monticelli F. y Morquecho M. (2013). Energía solar fotovoltaica. Recuperado de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/dtoelectrica/files/instalaciones-industriales/material/autogeneracion/renovables/solar/energia%20solar%202013.pdf>

Alonso, 2019. Radiación, geometría, recorrido óptico, irradiancia y HSP. Recuperado de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>

Aranda A. y Scarpellini, S. (2009). Análisis de viabilidad económico-financiero de un proyecto de energías renovables. Zaragoza, Spain: Prensas de la Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://elibro-net.atalca.idm.oclc.org/es/ereader/atalca/41934?page=46>.

Arroyo, P. Vásquez, R. (2016). Ingeniería económica: ¿Cómo medir la rentabilidad de un proyecto? Recuperado de: [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10726/Arroyo\\_Vasquez\\_ingenieria\\_economica.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10726/Arroyo_Vasquez_ingenieria_economica.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Balbín, M. (2021). [Componentes de un Sistema Fotovoltaico]. Hydronik. Recuperado de:  
<https://hydronik.es/sistemas-solares-fotovoltaicos-energia-verde/>
- Bates, B.C., Z.W. Kundzewicz, S. Wu y J.P. Palutikof, Eds. (2008). El Cambio Climático y el Agua. Documento técnico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Secretaría del IPCC, Ginebra, 224 págs.
- Castillo, S. (s. f.). *¿Qué es una carta solar? [Ilustración]*. SCArquitecto. Recuperado de:  
<https://scsarquitecto.cl/carta-solar/#:~:text=Es%20una%20representaci%C3%B3n%20gr%C3%A1fica%20en,%20%C3%A1ngulo%20solar%20y%20azimut%20correspondiente.>
- Conermex (2022). *Tabla de consumos*. Tlalnepantla, Estado de México, México: Conermex. Recuperado de: <https://www.conermex.com.mx/webinar/tabla-consumos-CFE.pdf>
- CGE (2022). Tarifa de Suministro eléctrico 1 de Julio 2022. Recuperado de:  
<http://www.cge.cl/wp-content/uploads/2022/07/Tarifas-Suministro-CGE-Julio-2022.pdf>
- Díaz, T., Carmona, G. (2010) Instalaciones solares fotovoltaicas. Recuperado de  
<https://es.scribd.com/document/367642948/244826352-Instalaciones-Solares-Fotovoltaicas-pdf>
- Dirección Provincial de Energía de Corrientes (2022) *Tabla de consumos*. Corrientes, Argentina. Dirección provincial de Energía de Corrientes. Recuperado de:  
<https://www.dpec.com.ar/37>

Endesa. (2017, 19 mayo). *Instalación monofásica o trifásica, ¿cuál tengo?*

Endesa. (2022). Cómo se genera la energía eléctrica. Recuperado de:  
<https://www.endesa.com/es/conoce-la-energia/energia-y-mas/como-se-genera-electricidad#:~:text=Generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%3A%20la%20electricidad,natural%2C%20el%20petr%C3%B3leo...>

García, J. (2022). Precipitaciones en el país: Dan a conocer balance hídrico en relación a agua caída, acumulación de nieve y actual estado de embalses. Recuperado de:  
<https://www.gob.cl/noticias/precipitaciones-en-el-pais-dan-conocer-balance-hidrico-en-relacion-agua-caida-acumulacion-de-nieve-y-actual-estado-de-embalses/>

García, N. (2021). Matriz energética y eléctrica en Chile. Recuperado de  
[https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN\\_Matriz\\_energetica\\_electrica\\_en\\_Chile.pdf](https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/32492/1/BCN_Matriz_energetica_electrica_en_Chile.pdf)

Garzón D., Sarmiento J. & Gutiérrez Ó. (2019). Formulación y evaluación de proyectos de ingeniería. Tunja, Colombia, Editorial UPTC. Recuperado de <https://elibro-net.atalca.idm.oclc.org/es/ereader/atalca/135291?page=2>.

Gitman L. (2007). Principios de administración financiera Decimoprimera edición. Recuperado de  
<https://s09f8382d538fd39c.jimcontent.com/version/1558331458/module/6771934013/name/libro%20adm%20financ%20.pdf>

Gonzales J. (2009). Energías renovables. Recuperado de [https://books.google.es/books?id=bl6L8E\\_9t1kC&dq=energ%C3%ADas+renovables&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.es/books?id=bl6L8E_9t1kC&dq=energ%C3%ADas+renovables&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

González, P. (2022). Advierten que sequía en el Maule alcanzará niveles críticos en 2022 / Entrevistado por Francisco Zabaleta. Recuperado de: <https://www.utralca.cl/noticias/advierten-que-sequia-en-el-maule-alcanzara-niveles-criticos-en-2022/>

Hernández, R. (2017). Análisis de factibilidad para la instalación de un sistema de energía limpia mediante celdas fotovoltaicas para la alimentación eléctrica del edificio 4 en el ITSLV. Recuperado de: <https://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1020/97/1/HernandezGallagosRodolfo%20MMANAV%202017.pdf>

Lira, A., Guevara, A. (2017). Irradiancia y Radiancia. Recuperado de [http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515\\_Practica15\\_LES.pdf](http://leias.fa.unam.mx/wp-content/uploads/2018/07/180515_Practica15_LES.pdf)

Mascaros M. (2015). Instalaciones Generadoras Fotovoltaicas. Recuperado de [https://books.google.cl/books?id=cxF6BgAAQBAJ&dq=Hsp%3DGdm+%C3%B71000&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.cl/books?id=cxF6BgAAQBAJ&dq=Hsp%3DGdm+%C3%B71000&source=gbs_navlinks_s)

Ministerio de Energía. (2022). Programa Techos Solares Públicos. Recuperado de: [https://techossolares.minenergia.cl/?page\\_id=962](https://techossolares.minenergia.cl/?page_id=962)

Ministerio de Energía. (2022). ¿Qué son las Energías Renovables?. Recuperado de:  
<https://energia.gob.cl/educacion/que-son-las-energias-renovables>

Ministerio de Energía. (2017). Modelo de generación fotovoltaica. Recuperado de:  
<https://solar.minenergia.cl/downloads/fotovoltaico.pdf>

Ministerio de Energía. (2020). Índice de precios de Sistemas Fotovoltáicos (FV).  
Recuperado de:  
[https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/factsheet\\_idp\\_fv\\_2020.pdf](https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/factsheet_idp_fv_2020.pdf)

Ministerio de Energía. (2022). Recurso solar y datos meteorológicos. Recuperado de  
[https://solar.minenergia.cl/temp/reporteMeteo\\_13ZS4AE.pdf](https://solar.minenergia.cl/temp/reporteMeteo_13ZS4AE.pdf)

Ministerio de Energía. (2022). Recurso solar y datos meteorológicos. Recuperado de  
[https://solar.minenergia.cl/temp/reporteMeteo\\_SX8L5DY.pdf](https://solar.minenergia.cl/temp/reporteMeteo_SX8L5DY.pdf)

Organización Meteorológica Mundial. (2019). El clima mundial: entre 2015 y 2019 se ha  
acelerado el cambio climático. Recuperado de:  
<https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/el-clima-mundial-entre-2015-y-2019-se-ha-acelerado-el-cambio-clim%C3%A1tico>

Perpiñan, O. (2011). Energía Solar Fotovoltaica. Recuperado de:  
[https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpinan-Lamigueiro/publication/249012821\\_Energia\\_Solar\\_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Oscar-Perpinan-Lamigueiro/publication/249012821_Energia_Solar_Fotovoltaica/links/02e7e51e80783f1d9f000000/Energia-Solar-Fotovoltaica.pdf)

Pino, R. (2016). Estudio de factibilidad técnico-económica de la instalación de un sistema solar fotovoltaico on-grid, en una villa de la comuna de Rancagua usando financiamiento tripartito. Recuperado de:  
<http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/968/Rodrigo%20Pino%20Delgado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Phillips J. (1994). Measuring Return on Investment, Volumen 2. Recuperado de:  
[https://books.google.cl/books?id=EJB5rUuDhCYC&pg=PT4&lpg=PT4&dq=Measuring+Return+on+Investment,+Volume+2&source=bl&ots=5KzAadnF\\_D&sig=ACfU3U3AQKC6IqGyKFc3TZRhVTPJwPbXCQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdg6DU4r\\_5AhXONrkGHf0rAh44ChDoAXoECBEQAw#v=onepage&q=Measuring%20Return%20on%20Investment%2C%20Volume%202&f=false](https://books.google.cl/books?id=EJB5rUuDhCYC&pg=PT4&lpg=PT4&dq=Measuring+Return+on+Investment,+Volume+2&source=bl&ots=5KzAadnF_D&sig=ACfU3U3AQKC6IqGyKFc3TZRhVTPJwPbXCQ&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdg6DU4r_5AhXONrkGHf0rAh44ChDoAXoECBEQAw#v=onepage&q=Measuring%20Return%20on%20Investment%2C%20Volume%202&f=false)

Rodriguez, E. (2022). Calculos Instalación Solar Fotovoltaica. Recuperado de:  
<https://www.areatecnologia.com/electricidad/calculo-fotovoltaica.html>

Sapag N. y Sapag R., (2008). Preparación y evaluación de Proyectos. Recuperado de:  
<https://untdfproyectos.files.wordpress.com/2018/04/sapag-2008-preparacion-y-evaluacion-de-proyectos.pdf>

Servicio de Impuestos Internos (2003). Nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado. Recuperado de  
[https://www.sii.cl/valores\\_y\\_fechas/tabla\\_vida\\_util\\_activo\\_inmovilizado.html](https://www.sii.cl/valores_y_fechas/tabla_vida_util_activo_inmovilizado.html)

Silva A. & Roger D (2013). Dimensionamiento de un Sistema Fotovoltaico. Recuperado de:



[https://www.academia.edu/14274996/DIMENSIONAMIENTO\\_DE\\_UM\\_SISTEMA\\_FOTOVOLTAICO\\_COM\\_ARMAZENAMIENTO\\_DE\\_ENERGIA](https://www.academia.edu/14274996/DIMENSIONAMIENTO_DE_UM_SISTEMA_FOTOVOLTAICO_COM_ARMAZENAMIENTO_DE_ENERGIA)

Valdés G., Rodríguez E., Miranda C, & Lillo J. (2020). Estudio de viabilidad de sistemas fotovoltaicos como fuentes de energía distribuida en la ciudad de Arica, Chile.

Recuperado de: <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000300249>

## ANEXO

### 1. Anexo 1: Cuestionario utilizado para las entrevistas con las pymes.



El presente Documento es una encuesta, que se realizara con fines educativos, los datos proporcionados serán confidenciales, por lo que estos no serán compartidos con ninguna empresa o institución.

**Dirección:**

---

**¿Cuánto es el gasto mensual en pesos?**

**Consumo Eléctrico, responda con la cantidad de aparatos que consuman energía en su local y el tiempo de uso:**

Nombre	Tiempo de uso	Cantidad
Congeladora 1 cuerpo		
Congeladora 2 cuerpos		
Cooler 2 puertas		

Cooler 1 puerta		
Vitrina cecina		
Vitrina Carnes		
Ampolleta Convencional 60w		
Ampolleta Convencional 75 w		
Ampolleta Convencional 100w		
Ampolleta Convencional bajo consumo 11w		
Ampolleta Convencional bajo consumo 26w		
Ampolleta LED 6w		
Ampolleta LED 8w		
Ampolleta LED 10w		
Ampolleta LED 15w		
Ampolleta LED 18w		
Foco led 6W		
Foco led 12W		
Foco led 18W		
Foco led 24W		
Foco led 30W		

Tubo fluorescente 60cm 18W		
Tubo fluorescente 90cm 30W		
Tubo fluorescente 120cm 36W		
Tubo fluorescente 150cm 58W		
Tubo led 60cm 8W		
Tubo led 90cm 10W		
Tubo led 120cm 18W		
Tubo led 150cm 22W		
Balanza		
Cortadora cocina		
Computador		
Tv led 32" a 50"		
Circuito Cámara seguridad		

Si no aparece algún aparato en la lista anterior por favor especificar en la siguiente tabla:

<b>Nombre dispositivo</b>	<b>Consumo en Watts</b>	<b>Cantidad de dispositivos</b>	<b>Horas de uso</b>


Espacio Disponible en Techumbre para instalación de Paneles (Tomar en cuenta que el sol está posicionado mayoritariamente en dirección norte, por lo que es recomendable instalar en el lado del techo que este orientado hacia el norte):

<b>Largo</b>	
<b>Ancho</b>	

2. **Anexo 2:** Tabla valores agrupados de los casos encuestados de Talca

<b>Valores agrupados de los Casos Encuestados</b>									
<b>Caso</b>	<b>Consumo mes Kw anual</b>	<b>Cantidad Paneles Necesarios</b>	<b>Cantidad paneles que se pueden instalar</b>	<b>Capacidad nominal watts</b>	<b>Producción SF Kw anual</b>	<b>Requerido anual por compañía Kw</b>	<b>Requerido anual por compañía \$</b>	<b>Ahorrado anual \$</b>	<b>Vendido</b>
1	9770,32	8	5	2000	3441,99	6328,33	\$847.996	\$461.227	\$0
2	7676,68	6	8	4000	6883,98	792,70	\$198.622	\$830.053	\$92.400
3	12361,09	10	9	4000	6883,98	5477,11	\$733.933	\$922.453	\$0
4	7053,26	6	10	5000	8604,98	-1551,72	\$101.387	\$843.750	\$309.317
5	10311,25	8	12	6000	10325,97	-14,72	\$216.124	\$1.165.583	\$218.097
6	11458,81	9	12	6000	10325,97	1132,84	\$293.517	\$1.241.964	\$141.716
7	15933,71	13	16	8000	13767,96	2165,75	\$442.838	\$1.692.279	\$152.628
8	8798,33	7	18	9000	15488,96	-6690,63	\$29.162	\$1.149.814	\$925.706
9	11325,95	9	17	9000	15488,96	-4163,01	\$120.636	\$1.397.041	\$678.479
10	11613,57	10	19	10000	17209,95	-5596,38	\$91.386	\$1.464.833	\$841.301
11	13237,09	11	20	10000	17209,95	-3972,86	\$163.514	\$1.610.256	\$695.877

Fuente: Elaboración propia.

3. **Anexo 3:** Tabla valores agrupados de los Indicadores financieros de los casos encuestados de Talca

**Valores agrupados de los Indicadores  
Financieros de los Casos Encuestados**

<b>Caso</b>	<b>VAN</b>	<b>ROI</b>	<b>PR</b>
1	\$61.944	65,26	6,05
2	\$123.887	65,26	6,05
3	\$123.887	65,26	6,05
4	\$154.859	65,26	6,05
5	\$1.026.966	85,34	5,40
6	\$1.026.966	85,34	5,40
7	\$1.369.288	85,34	5,40
8	\$1.540.449	85,34	5,40
9	\$1.540.449	85,34	5,40
10	\$1.711.610	85,34	5,40
11	\$1.711.610	85,34	5,40

Fuente: Elaboración Propia.

4. **Anexo 4:** Tabla valores agrupados de los casos encuestados San Clemente

<b>Valores agrupados de los Casos Encuestados</b>									
<b>Caso</b>	<b>Consumo mes Kw anual</b>	<b>Cantidad Paneles Necesarios</b>	<b>Cantidad paneles que se pueden instalar</b>	<b>Capacidad nominal</b>	<b>Producción SF Kw anual</b>	<b>Requerido anual por compañía Kw</b>	<b>Requerido anual por compañía \$</b>	<b>Ahorrado anual \$</b>	<b>Vendido</b>
1	8532,97	7	5	2000	3352,12	5180,85	\$725.319	\$469.296	\$0
2	6151,71	5	6	3000	5028,17	1123,54	\$200.239	\$661.000	\$42.944
3	6432,03	6	6	3000	5028,17	1403,86	\$223.710	\$676.774	\$27.171
4	10203,21	9	7	3000	5028,17	5175,04	\$724.505	\$703.944	\$0
5	4506,29	4	8	4000	6704,23	-2197,94	\$36.904	\$593.976	\$344.616
6	6410,86	6	8	4000	6704,23	-293,37	\$131.232	\$766.289	\$172.304
7	10669,68	9	9	4000	6704,23	3965,45	\$555.163	\$938.593	\$0
8	9677,61	8	10	5000	8380,29	1297,32	\$286.515	\$1.068.350	\$104.891
9	11944,99	10	10	5000	8380,29	3564,70	\$502.460	\$1.169.839	\$3.402
10	5553,84	5	13	7000	11732,41	-6178,57	\$545	\$776.992	\$865.545
11	7411,69	6	14	7000	11732,41	-4320,72	\$47.350	\$990.287	\$652.250
12	18015,67	16	14	7000	11732,41	6283,26	\$879.657	\$1.642.537	\$0
13	17170,33	15	15	8000	13408,47	3761,86	\$598.276	\$1.805.570	\$71.615
14	20011,49	17	15	8000	13408,47	6603,02	\$924.423	\$1.877.185	\$0
15	24298,05	21	16	8000	13408,47	10889,58	\$1.524.542	\$1.877.185	\$0
16	26715,08	23	18	9000	15084,52	11630,56	\$1.628.278	\$2.111.833	\$0
17	19534,07	17	18	9000	15084,52	4449,55	\$693.494	\$2.041.275	\$70.558
18	4106,98	4	20	10000	16760,58	-12653,60	\$0	\$574.977	\$1.771.504
19	10718,59	9	20	10000	16760,58	-6041,99	\$72.246	\$1.428.357	\$918.125

Fuente: Elaboración propia.



5. **Anexo 5:** Valores agrupados de los Indicadores Financieros de los Casos de San Clemente

**Valores agrupados de los Indicadores  
Financieros de los Casos Encuestados**

<b>Caso</b>	<b>VAN</b>	<b>ROI</b>	<b>PR</b>
1	\$111.957	68,41	5,938
2	\$167.935	68,41	5,938
3	\$167.935	68,41	5,938
4	\$167.935	68,41	5,938
5	\$223.914	68,41	5,938
6	\$223.914	68,41	5,938
7	\$223.914	68,41	5,938
8	\$279.892	68,41	5,938
9	\$279.892	68,41	5,938
10	\$1.373.174	88,85	5,295
11	\$1.373.174	88,85	5,295
12	\$1.373.174	88,85	5,295
13	\$1.569.342	88,85	5,295
14	\$1.569.342	88,85	5,295
15	\$1.569.342	88,85	5,295
16	\$1.765.510	88,85	5,295
17	\$1.765.510	88,85	5,295
18	\$1.961.677	88,85	5,295
19	\$1.961.677	88,85	5,295

Fuente: Elaboración propia.

6. **Anexo 6:** Producción e inversión de Sistemas Fotovoltaicos en Talca

**Datos de Producción e Inversión de Sistemas**

**Fotovoltaicos en Talca**

<b>Inversión</b>	<b>Producción anual en pesos</b>	<b>Producción anual en KW</b>	<b>Kilowatts SF Nominal</b>
\$0	\$0	0,0	0
\$1.279.367	\$230.613	1721,0	1
\$2.558.734	\$461.227	3442,0	2
\$3.838.101	\$691.840	5163,0	3
\$5.117.468	\$922.453	6884,0	4
\$6.396.835	\$1.153.067	8605,0	5
\$6.906.612	\$1.383.680	10326,0	6
\$8.057.714	\$1.614.293	12047,0	7
\$9.208.816	\$1.844.907	13768,0	8
\$10.359.918	\$2.075.520	15489,0	9
\$11.511.020	\$2.306.133	17210,0	10
\$11.282.700	\$2.536.747	18930,9	11
\$12.308.400	\$2.767.360	20651,9	12
\$13.334.100	\$2.997.973	22372,9	13

Fuente: Elaboración Propia.

7. **Anexo 7:** Indicadores financieros de Sistemas Fotovoltaicos en Talca.

**Indicadores Financieros de Sistemas Fotovoltaicos  
en Talca**

<b>Sistema</b>			
<b>Fotovoltaico</b>	<b>VAN</b>	<b>ROI</b>	<b>PR</b>
1	\$30.972	65,2558079	6,05122454
2	\$61.944	65,2558079	6,05122454
3	\$92.915	65,2558079	6,05122454
4	\$123.887	65,2558079	6,05122454
5	\$154.859	65,2558079	6,05122454
6	\$1.026.966	85,3413531	5,39544998
7	\$1.198.127	85,3413531	5,39544998
8	\$1.369.288	85,3413531	5,39544998
9	\$1.540.449	85,3413531	5,39544998
10	\$1.711.610	85,3413531	5,39544998
11	\$3.390.432	109,835071	4,76564759
12	\$3.698.653	109,835071	4,76564759
13	\$4.006.874	109,835071	4,76564759

Fuente: Elaboración propia.

8. **Anexo 8:** Producción e inversión de Sistemas Fotovoltaicos en San Clemente.

**Datos de Producción e Inversión de Sistemas**

**Fotovoltaicos en San Clemente**

<b>Inversión</b>	<b>Producción anual en pesos</b>	<b>Producción anual en KW</b>	<b>Kilowatts SF Nominal</b>
\$0	\$0	0,0	0
\$1.279.367	\$234.648	1676,1	1
\$2.558.734	\$469.296	3352,1	2
\$3.838.101	\$703.944	5028,2	3
\$5.117.468	\$938.593	6704,2	4
\$6.396.835	\$1.173.241	8380,3	5
\$6.906.612	\$1.407.889	10056,3	6
\$8.057.714	\$1.642.537	11732,4	7
\$9.208.816	\$1.877.185	13408,5	8
\$10.359.918	\$2.111.833	15084,5	9
\$11.511.020	\$2.346.482	16760,6	10
\$11.282.700	\$2.581.130	18436,6	11
\$12.308.400	\$2.815.778	20112,7	12
\$13.334.100	\$3.050.426	21788,8	13

Fuente: Elaboración propia

9. **Anexo 9:** Indicadores financieros de Sistemas Fotovoltaicos en San Clemente.

**Indicadores Financieros de Sistemas Fotovoltaicos en  
San Clemente**

<b>Sistema</b>			
<b>Fotovoltaico</b>	<b>VAN</b>	<b>ROI</b>	<b>PR</b>
1	\$55.978	68,4095783	5,93790454
2	\$111.957	68,4095783	5,93790454
3	\$167.935	68,4095783	5,93790454
4	\$223.914	68,4095783	5,93790454
5	\$279.892	68,4095783	5,93790454
6	\$1.177.006	88,8465418	5,2953048
7	\$1.373.174	88,8465418	5,2953048
8	\$1.569.342	88,8465418	5,2953048
9	\$1.765.510	88,8465418	5,2953048
10	\$1.961.677	88,8465418	5,2953048
11	\$3.665.506	113,768804	4,67795105
12	\$3.998.734	113,768804	4,67795105
13	\$4.331.962	113,768804	4,67795105

Fuente: Elaboración propia.