UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCION

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONOMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN CAMPO DEPORTIVO JAIME FERNANDEZ GARCÍA, TALCA.

NELSON RODRIGO MELLA ESPINOZA

2021

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCION

“REY BALDUINO DE BELGICA”

ESTUDIO TÉCNICO Y ECONOMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN CAMPO DEPORTIVO JAIME FERNANDEZ GARCÍA, TALCA.

TRABAJO PARA OPTAR AL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE EJECUCION EN GESTION INDUSTRIAL

Alumno: Nelson Mella Espinoza

Profesor Guía: Sergio Monroy M.

2021

Este trabajo está dedicado a mi familia en especial a mis Padres Nelson y Francisca, quienes desde un principio apoyaron el interés por complementar mis estudios, gracias por creer en mí.

A mi amada Monserrat por estar conmigo siempre brindándome su Amor, comprensión, empuje y esa sonrisa que todo lo puede.

A mis colegas de trabajo en Especial a Joaquín, quien con su mirada didáctica y profesional impulsó mi interés por embarcarme en este desafío.

Y por supuesto a mi fiel compañera Perruna Nami, Gracias por existir.

Índice

Introducción 1
Justificación 5
Objetivo General. 6
Objetivos Específicos. 6
Metodología de Trabajo. 7
1 CAPITULO N1: ESTUDIO DE MERCADO 8
1.1 VISIÓN, MISION Y VALORES DE LA EMPRESA. 9
1.1.1 Visión. 9
1.1.2 Misión. 9
1.1.3 Filosofía. 9
1.1.4 Valores 10
1.2 POLITICA DE LA EMPRESA. 10
1.3 MARCO NORMATIVO 11
1.3.1 Ley 20.571 11
1.3.2 Modificaciones a la Ley 20.571 11
1.4 MATRIZ ENERGETICA DE CHILE 13
1.4.1 Matriz energética Primaria 13
1.4.2 Matriz Energética Secundaria. 14
1.4.3 Matriz Energética en Chile. 15
1.4.4 Generación Histórica del sistema Eléctrico solar. 17
1.5 SITUACION CONTRACTUAL DE LA EMPRESA. 17
1.6 FACTORES QUE MOTIVAN A LA EMPRESA A DESARROLLAR PROYECTOS COMPROMETIDOS CON LA SUSTENTABILIDAD Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA. 19
1.7 ANALISIS FODA 21
1.7.1 Fortalezas 21
1.7.2 Oportunidades. 21
1.7.3 Debilidades. 21
1.7.4 Amenazas 22

1.8 MATRIZ FODA 22
1.9 CADENA DE VALOR 23
1.9.1 Actividades Primarias. 23
1.9.2 Actividades de Apoyo. 24
1.10 CADENA DE VALOR APLICADA AL PROYECTO 26
1.10.1 Actividades Primarias del Proyecto 26
1.10.2 Actividades de Soporte 27
2 CAPITULO N2: ESTUDIO TECNICO 29
2.1 MARCO TEORICO: FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ENERGÍA SOLAR 30
2.1.1 La energía solar fotovoltaica 30
2.1.2 Sistemas fotovoltaicos (PV) 31
2.1.3 Componentes Principales de un Sistema Fotovoltaico. 31
2.1.4 Radiación Solar (La energía del sol): 32
2.1.5 Tipos de Radiación 33
2.1.6 Irradiancia 34
2.1.7 DIFERENCIA ENTRE IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN 36
2.1.8 Geometría solar 37
2.1.9 Azimut Paneles Solares: 38
2.1.10 Recorrido óptico de la radiación solar 38
2.1.11 Masa de Aire: 38
2.1.12 Orientación de placas solares e Irradiancia en superficies inclinadas 40
2.1.13 Horas de sol pico (H.S.P.) 41
2.2 TAMAÑO DEL PROYECTO 43
2.2.1 Propuesta de solución al Campo Deportivo 43
2.2.2 ANALISIS DE LOCALIZACION 45
2.3 INGENIERIA DE PROYECTO 47
2.3.1 Metodología. 47
2.3.2 Conceptos principales de Electricidad. 49
2.3.3 Determinación de la Demanda 51
2.3.4 Infraestructura y estimación de superficie para paneles fotovoltaicos 53
2.3.5 Estimación de Paneles Fotovoltaicos para cálculo de potencia instalada en Explorador Solar. 56

2.3.1 Energía solar fotovoltaica 57
2.3.2 Estimación teórica de la generación fotovoltaica 60
2.3.3 Dimensionamiento de la producción energética. 60
3 CAPITULO N3: ESTUDIO ECONOMICO 62
3.1 MATRIZ DE EVALUACION PARA ORIENTAR PROYECTO FOTOVOLTAICO. 63
3.2 FINANCIAMIENTO 64
3.3 COSTOS DE INVERSION 64
3.4 COSTOS UNITARIOS REFERENCIALES PARA ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA. 68
3.5 MONEDA A UTILIZAR 68
3.6 DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS 69
3.6.1 Perfil demanda eléctrica campo deportivo 69
3.6.2 Energía Generación Fotovoltaica Proyectada 71
3.6.3 Ingresos 72
3.7 DETERMINACION DE LOS COSTOS 75
3.8 DETERMINACION DE LA DEPRECIACION 75
3.9 DETERMINACION DEL ESTADO DE RESULTADO 76
3.10 DETERMINACION DEL FLUJO DE CAJA 77
3.11 DETERMINACION DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD 77
3.11.1 Valor Actual Neto (VAN) 77
3.11.2 Tasa Interna de Retorno (TIR) 78
3.11.3 Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback) 78
3.11.4 Índice de Exceso de Valor Actual Neto (IVAN) 78
3.12 DETERMINACION DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD 79
3.13 CONCLUSION ESTUDIO ECONÓMICO 80
4 CONCLUSIONES 82
5 BIBLIOGRAFIA 85

Índice de figuras

FIG. 1 HISTORIA PF ALIMENTOS 1

FIG. 2 FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE 2

FIG. 3 IMAGEN AÉREA CAMPO DEP. JAIME FERNANDEZ G. 3

FIG. 4 ILUSTRACIÓN 4 ACUERDO COMERCIAL CERRO DOMINADOR & PF ALIMENTOS 3

FIG. 5 FIG. 5 POLÍTICAS INTERNAS DE LA EMPRESA 10

FIG. 6 ESQUEMA LEY 20.571 11

FIG. 7) LEY 20.571 13

FIG. 8 TARIFA ELÉCTRICA 18

FIG. 9 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO 19

FIG. 10 GRUPOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 20

FIG. 11 : REPORTE MEDIOAMBIENTAL 20

FIG. 12 MATRIZ FODA 22

FIG. 13. CADENA DE VALOR 25

FIG. 14 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTÁICA 30

FIG. 15 ESQUEMA DEL SFV EN CONFIGURACIÓN NETBILLING 32

FIG. 16. ENERGÍA SOLAR: VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN ATMOSFÉRICA SOLAR MENSUAL. 32

FIG. 17 TIPOS DE RADIACIÓN EN ENERGÍA SOLAR 33

FIG. 18 MAPA SOLAR DE CHILE 35

FIG. 19 GEOMETRÍA SOLAR 37

FIG. 20 GEOMETRÍA SOLAR PARA CALCULO DE PANELES SOLARES 37

FIG. 21 ANGULO CENITAL 39

FIG. 22 IRRADIACION EN PLACAS SOLARES 40

FIG. 23 MAPA SOLAR DE CHILE, REGION DEL MAULE 45

FIG. 24 UBICACION GEOGRAFICA Y COORDENADAS 46

FIG. 25 FOTOGRAFIA INSTALACIÓN ANALIZADOR DE RED FLUKE 47

FIG. 26 ANALIZADOR DE RED FLUKE 48

FIG. 27 IMAGEN DIDÁCTICA POTENCIA ELÉCTRICA 49

FIG. 28 LAYOUT ACAD ESTACIONAMIENTOS CAMPO DEPORTIVO 53

FIG. 29 LAYOUT ACAD ZONA ESTACIONAMIENTOS CON PANELES FOTOVOLTAICOS 54

FIG. 30 LAYOUT ACAD COBERTURA DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ESTACIONAMIENTOS 54

FIG. 31 LAYOUT ACAD GRUPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ESTACIONAMIENTOS 55

FIG. 32 IMAGEN CONCEPTUAL ESTACIONAMIENTOS FOTOVOLTAICOS 55

FIG. 33 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PROYECTO 56
FIG. 34 IMAGEN SATELITAL RADIACION SOLAR ZONA DE PROYECTO 58
FIG. 35 MATRIZ DE VALORIZACIÓN DE COSTOS Y AMBIENTAL 63
FIG. 36 FICHA TÉCNICA PANEL FOTOVOLTAICO ESTANDAR PROYECTO 65
FIG. 37 ISOMETRICO ACAD ESTRUCTURA PANEL FOTOVOLTAICO ESTANDAR 66
FIG. 38 INVERSOR ESTANDAR PROYECTO FOTOVOLTAICO 66
FIG. 39 CANALIZACIONES Y CONDUCTORES ESTANDAR PROYECTO FOTOVOLTAICO 67
FIG. 40 COSTOS POR TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN 68
FIG. 41 TABLA HISTÓRICA DEL VALOR PROMEDIO DIARIO NOMINAL DEL DÓLAR OBSERVADO 69
FIG. 42 ENERGÍA POR HORA DURANTE UNA SEMANA 71
FIG. 43 PRODUCCIPON TOTAL DIARIA [KWH/DIA] 72
FIG. 44 PRECIO DE LA ENERGÍA ELECTRICA DEMANDADA 74
FIG. 45 DETERMINACION DE LOS COSTOS 75
FIG. 46 DEPRECIACION ANUAL PARA UN PROYECTO DE GENERADOR FOTOVOLTAICO 76
FIG. 47 RESUMEN ESTADO DE RESULTADOS 76
FIG. 48 RESUMEN FLUJO DE CAJA LIBRE 77
FIG. 49 INDICADOR VALOR ACTUAL NETO EN DÓLARES (USD) 78
FIG. 50 TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO 78
FIG. 51 PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN (PRI) 78
FIG. 52 INDICE DE EXCESO DE VALOR ACTUAL NETO (IVAN) 79
FIG. 53 ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN VACE A LA VARIACION DEL PRECIO DEL KWH 79
FIG. 54 ANALISIS DE SENSIBILIDAD VARIACION TIPO DE CAMBIO 80
FIG. 55 VISUALIZACION DE AHORRO PROYECTO FOTOVOLTAICO VS DEMANDA ELECTRICA EMPALME 81

Índice de gráficos

GRÁFICO 1. MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA EN CHILE, AÑO 2019 14
GRÁFICO 2. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN CHILE POR SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2019. 15
GRÁFICO 3. CAPACIDAD INSTALADA [MW] EN CHILE SEGÚN TIPO DE ENERGÍA, AL MES DE JULIO DE 2021. 16
GRÁFICO 4 CAPACIDAD INSTALADA [MW] EN CHILE SEGÚN TIPO DE ENERGÍA, AL MES DE JULIO DE 2021. 16
GRÁFICO 5. CIFRAS DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL. 17
GRÁFICO 6 GRÁFICA DE CONSUMO ENERGÉTICO VS COSTOS. 18
GRÁFICO 7 GRÁFICO CONCEPTUAL HORAS SOLAR PICO 42
GRÁFICO 8 PERFIL DE LA DEMANDA SEMANAL [FUENTE : ELABORACION PROPIA] 51
GRÁFICO 9 CURVA REPRESENTATIVA DIARIA DE LA DEMANDA ELECTRICA EN COMPLEJO DEP. 52

GRÁFICO 10 COMPORTAMIENTO ANUAL Y DIARIA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PROYECTO 57
GRÁFICO 11 PARAMETROS DE RADIACIÓN SOLAR ZONA DE PROYECTO 59
GRÁFICO 12 GENERACION FOTOVOLTAICA PROYECTO ESTIMADA 60
GRÁFICO 13 SE ILUSTRA UN PERFIL DE CONSUMO VERSUS GENERACIÓN, DONDE EL ÁREA ENTRE LAS CURVAS REPRESENTA LOS EXCEDENTES 61
GRÁFICO 14 PERFIL DE LA DEMANDA ELECTRICA COMPLEJO DEPORTIVO 70
GRÁFICO 15 PRODUCCION FOTOVOLTAICA DIARIA POR MESES DEL AÑO 72
GRÁFICO 16 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA VS DEMANDA EMPALME ELECTRICO COMPLEJO DEPORTIVO 74
GRÁFICO 17 DELTA OBSERVADO GENERACIÓN FOTOVOLTAICA VS DEMANDA ELECTRICA DEL EMPALME 80

Introducción

Productos Fernández S.A es una empresa chilena con identidad regional del rubro alimenticio que nace en el año 1903 y tiene sus orígenes en la ciudad de Molina, pero que ha logrado su posicionamiento estratégico en la ciudad Talca, Región del Maule.

Esta empresa comenzó a operar como una fábrica elaboradora de cecinas, con recetas originales traídas desde Ponferrada del Bierzo (España) por Don Manuel Fernández, un gran visionario y conocedor del oficio que encontró en Chile la oportunidad de desarrollarse cuando aún era un adolescente. Producto de su esfuerzo, logró encantar el paladar de las familias chilenas con productos originales y nunca vistos en el país.

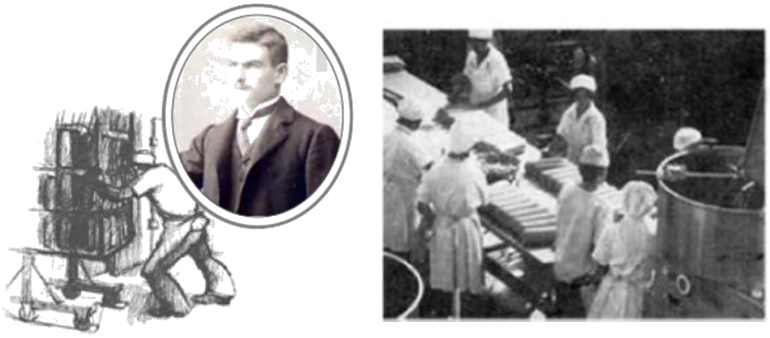


FIG. 1 HISTORIA PF ALIMENTOS (FUENTE: HTTPS://WWW.PFALIMENTOS.CL/)

En la actualidad, gracias al trabajo y profesionalismo de cada uno de sus colaboradores y lideres, así como también el compromiso con la calidad y seguridad alimentaria, y, por otra parte, la inversión en tecnologías, innovación y centros logísticos a nivel nacional, esta empresa ya no solo elabora cecinas, sino que produce y abastece de una amplia gama de productos alimenticios como Hamburguesas, Pizzas, Platos preparados, Jamones, madurados cárnicos, quesos ,entre otros, por lo que esta empresa adoptó el nombre corporativo de PF ALIMENTOS.

Como toda gran empresa, no se puede desconocer el impacto ambiental, desafío constante en esta organización y siempre presente en su política de empresa, quien a través de su área ambiental ha implementado grandes tecnologías con el fin de disminuir la huella de carbono, ejemplo de esto son: Paneles solares conectados a un sistema de recirculación de agua sanitaria en sus plantas 1 y 2 , Paneles fotovoltaicos que inyectan energía eléctrica al proceso industrial, Caldera de Biomasa que utiliza como combustible restos orgánicos de la madera para la generación de vapor de servicios industriales, y por último, el sistema Tohá también conocido como Lombrifiltro, sistema de tratamiento que gracias al uso de lombrices, permite disminuir considerablemente la carga contaminante de los riles. En esta

FIG. 2 FUENTES DE ENERGÍA SUSTENTABLE (FUENTE HTTPS://WWW.PFALIMENTOS.CL/)

organización además se vela por el bienestar de sus colaboradores. En el año 2019 se inaugura el Centro Deportivo Jaime Fernández García. Un recinto de 82.244 m2, colindante con el complejo industrial situado al costado oriente de la ruta 5 en la comuna de Talca. Este recinto cuenta con una Cancha de Futbol estándar FIFA, pista de Atletismo de Rekortán, Canchas de Tenis de Arcilla, canchas de futbolito de pasto sintético, además de instalaciones varias como Camarines, espacios

comunes de áreas verdes, estacionamientos, Galpones para bodegas de la empresa e invernaderos.

FIG. 3 IMAGEN AÉREA CAMPO DEP. JAIME FERNANDEZ G. (FUENTE: HTTPS://WWW.PFALIMENTOS.CL/)

En el mes de Julio de 2021 PF Alimentos, logra firmar un acuerdo comercial con Cerro Dominador, la primera Planta Termosolar de Latinoamérica. Este acuerdo tendrá una vigencia de 4 años y estipula que 8 instalaciones de la compañía (6 plantas productivas en Talca y 2 centros de distribución en Santiago) serán abastecidos de energía electrica por Cerro Dominador, lo que se traduce en 65 GW hora/año en base a energía 100% Renovable.

FIG. 4 ILUSTRACIÓN 4 ACUERDO COMERCIAL CERRO DOMINADOR & PF ALIMENTOS (FUENTE: HTTP://WWW.CERRODOMINADOR.COM)

Para suscribir dicho acuerdo de contrato, la instalación de la empresa abastecida debe contar con un perfil de cliente libre, es decir su demanda de potencia eléctrica está sobre los 500 Kva.

El Complejo Deportivo se encuentra fuera de este contrato, ya que su perfil de demanda es la de un cliente regulado, ya que no excede los 250 Kva de potencia en su demanda eléctrica, y por lo tanto está afecto a una tarifa de cliente establecida que no se puede negociar, por lo que se paga un alto costo en la tarifa eléctrica.

Sin Embargo, existe una posibilidad de reducir estos costos en la tarifa, haciendo uso de las facultades que otorga la ley 20.571 más conocida como la Ley NetBilling, la cual permite implementar una propia fuente de energía e inyectar sus excedentes a la red, vendiendo los excesos de generación a la red de distribución a un precio regulado, presentando la documentación que se ajusta al modelo de contrato de conexión.

Este Proyecto de título busca evaluar el proyecto generación de energía eléctrica fotovoltaica para el complejo deportivo “Manuel Fernandez García, para ello se realizará un estudio técnico, un estudio de mercado y un estudio económico con la finalidad de conocer su viabilidad.

Justificación

Técnicamente, este trabajo busca evaluar el uso de ERNC, proyectando en amplios terrenos del complejo deportivo, la cantidad necesaria de paneles fotovoltaicos. Actualmente no se cuenta con un sistema de autogeneración de energía fotovoltaica en complejo deportivo y se indagará en el perfil iridiscente y la potencia que pueden llegar a generar los paneles fotovoltaicos en dichas instalaciones.

Además, este estudio busca alinearse y contribuir con las políticas medioambientales de la empresa haciendo un uso eficiente de la energía. Por otra parte, se quiere aportar a la imagen corporativa de la empresa mediante un proyecto que sume en la reducción de la huella de carbono.

Económicamente este trabajo contempla el estudio en la disminución de los costos de facturación en la demanda eléctrica de un cliente regulado para las instalaciones del complejo deportivo.

Objetivo General.

- Evaluar Técnica y económicamente la incorporación de energía fotovoltaica al campo deportivo Manuel Fernández García ubicado en la comuna de Talca.

Objetivos Específicos.

- Estimar la demanda energética eléctrica del Complejo Deportivo Manuel Fernández García, para la generación de energía fotovoltaica. (ver próxima semana)
- Desarrollar el estudio técnico de la incorporación de energía fotovoltaica del Complejo Deportivo Manuel Fernández García, ubicado en la comuna de Talca.
- Valorizar el estudio económico de la incorporación de energía fotovoltaica del Complejo Deportivo Manuel Fernández García, ubicado en la comuna de Talca.

❖

Metodología de Trabajo.

1. Para lograr el objetivo de trabajos, se procede a realizar los siguientes pasos:
2. Entrevistas a ingenieros de proyectos presentes del área de Ingeniería de PF Alimentos, con enfoque en especialidad eléctrica, así como la subgerencia ambiental de la empresa.
3. Toma de datos mediante el uso de un equipo conectado al tablero eléctrico.

- ✓ Obtener datos para estimar la demanda.
- ✓ Modelación de superficies mediante Layout con software Autocad.
- ✓ Evaluar datos determinar conclusiones.

1 CAPITULO N1: ESTUDIO DE MERCADO

1.1 VISIÓN, MISION Y VALORES DE LA EMPRESA.

1.1.1 Visión.

Ser el proveedor de Productos Alimenticios valorado por los clientes y consumidores, por la calidad e innovación tecnológica de sus productos y por la imagen diferenciada de sus marcas. Apuntamos a ser una compañía rentable, líder en el mercado nacional y participando estratégicamente en los mercados externos. Asimismo, nos visualizamos desarrollando talentos y habilidades en nuestros colaboradores, en un ambiente laboral de excelencia, motivados por satisfacer continuamente las necesidades de clientes y consumidores; así como la mutua colaboración con nuestros proveedores.

1.1.2 Misión.

Es producir, desarrollar y ofrecer alimentos sabrosos y saludables, especialmente de origen cárnicos, de alta calidad y que generen gran satisfacción a los consumidores. Para ello debemos anticiparnos en forma coherente a las expectativas del mercado, potenciando como ventaja competitiva la calidad e inocuidad de los productos y el desarrollo de marcas apreciadas por sus clientes. A partir de lo anterior, nuestra tarea es generar valor agregado y ser factor de crecimiento para la comunidad, colaboradores y accionistas

1.1.3 Filosofía.

Siendo una empresa centenaria, de origen familiar y con fuertes raíces regionales, somos además moderna, abierta al mundo, con un espíritu de permanente mejora, flexible a la hora de establecer cambios y altamente profesionalizada.

Definimos como primordial el desarrollo de las personas tanto en el ámbito profesional, individual como familiar, estableciendo equipos de trabajo

autoexigentes, orientados al cliente, a los resultados y la calidad; con pensamiento estratégico y actitud de aprendizaje.

1.1.4 **Valores**

Los valores que nos caracterizan y serán un permanente reflejo de nuestra empresa y sus trabajadores son:

- Responsabilidad.
- Consecuencia.
- Perseverancia.
- Seriedad.
- Respeto a las personas.

1.2 POLITICA DE LA EMPRESA.

La empresa difunde a nivel corporativo en todas sus instalaciones su política de Calidad, Inocuidad, Ambiente, Salud, Seguridad y Energía.

FIG. 5 FIG. 5 POLÍTICAS INTERNAS DE LA EMPRESA (FUENTE: WWW.PFALIEMNTOS.CL)

1.3 MARCO NORMATIVO

1.3.1 Ley 20.571

La Ley 20.571, También conocida como Ley Net Billing, es un sistema que permite la autogeneración de energía en base a Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y cogeneración eficiente. Esta Ley, entrega el derecho a los usuarios a vender sus excedentes directamente a la distribuidora eléctrica a un precio regulado, el cual estará publicado en el sitio web de cada empresa distribuidora.

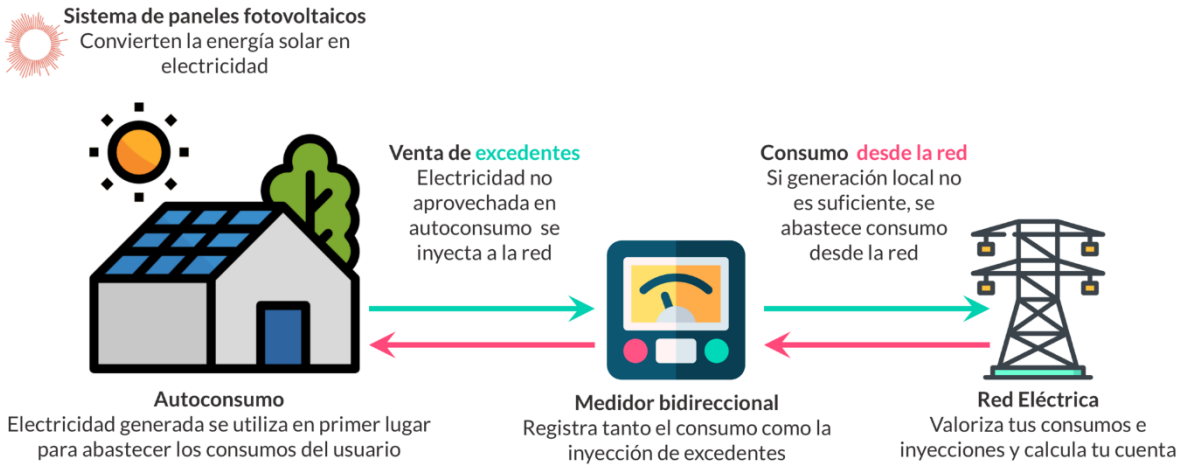


FIG. 6 ESQUEMA LEY 20.571 (FUENTE: HTTPS://WWW.SILICON.CL/NETBILLING/)

1.3.2 Modificaciones a la Ley 20.571

Durante el segundo semestre del 2018 la Ley 20.571 tuvo modificaciones que presentan un nuevo panorama para los clientes residenciales e industriales en Chile, pasando a ser la Ley 21.118. Esta ley anteriormente permitía tener proyectos de energía renovables de hasta 100 kilowatt (kW) nominales (la potencia nominal de un proyecto es la potencia que se presenta en el punto de inyección con los inversores, equipo que cambia la entrada de corriente continua a corriente alterna, limitando la potencia que se entrega al punto de inyección), donde si la energía

generada por el proyecto supera en algunos meses a la energía consumida por el cliente, la distribuidora se veía obligada a pagar ese diferencial al mismo precio que se comercializaba el Cargo por Energía de la empresa distribuidora.

Pero ahora con la Ley 21.118 los proyectos pueden ser de hasta 300 kW nominales, entregando facilidades a los clientes que opten por un sistema de autogeneración con energías renovables, como los siguientes puntos:

El traspaso de un saldo de excedentes favorables a otra dirección (donde la boleta eléctrica esté con el mismo Rut para ambos lugares) que esté dentro del área de concesión de la misma distribuidora eléctrica.

El descuento de los excedentes a la boleta del mes sea para todos los cargos de la distribuidora y no solamente a la energía consumida, como era con la ley 20.571.

La existencia de sistemas de generación eléctrica para autoconsumo en comunidades o en propiedades conjuntas (edificios, condominios, comunidades en zonas rurales).

Para poder recibir pagos de los excedentes de energía de un proyecto con esta nueva Ley Netbilling, se debe demostrar que el proyecto sea netamente para autoconsumo (a través del perfil de consumo de la instalación y la generación esperada por el proyecto de autoconsumo). Solamente pueden evitar estas restricciones los clientes residenciales que presenten una potencia conectada de hasta 20Kw y las personas jurídicas sin fines de lucro con una potencia conectada de hasta 50 Kw.

Esto busca entregar una forma de limitar proyectos que buscan vender energía de excedentes durante la mayor parte del año, (es decir, hacer proyectos que superarán con su generación al consumo de la misma instalación) y que sea un beneficio para los consumidores que opten por este tipo de tecnología para su autoconsumo. En caso de que el cliente no cumpla con estas restricciones y no traspase sus excedentes de energía a otra instalación, la distribuidora después de 5 años de no poder descontar estos excedentes de su boleta los convertirá en un ahorro para todos los usuarios de la misma comuna.

FIG. 7) LEY 20.571 (FUENTE: ACESOL. ASOCIACIÓN CHILENA DE ENERGÍA SOLAR)

1.4 MATRIZ ENERGETICA DE CHILE

1.4.1 **Matriz energética Primaria**

En la matriz energética primaria de Chile predominan los recursos fósiles con una representación del 68% del total, que corresponde a la suma del petróleo crudo (30%), carbón mineral (22%) y gas natural (16%). Con menor participación destaca la energía primaria proveniente de la biomasa (23%), seguido por aquellas de origen hídrico (5%), solar (2%) y eólica (1%). En Chile el consumo final de energía representado por la matriz de energía secundaria alcanzó 301.629 Tcal en 2019, destacando que los derivados del petróleo y la electricidad son los principales componentes, concentrando el 58% y 22% respectivamente. Del total de la capacidad instalada en el Sistema Eléctrico Nacional (SEN), el 53,3% corresponde a generación basada en recursos renovables, es decir, de origen hidroeléctrico, solar fotovoltaico, biomasa y geotermia. El otro 46,7% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural, carbón o derivados del petróleo. Al mes de julio de 2021, la producción anual de electricidad alcanzó los 47.127 GWh, de los que 19.383 GWh correspondieron a Energías Renovables No Convencionales (ERNC), es decir, en base a minihidráulica de pasada, solar fotovoltaica, eólica y biomasa.

Por otra parte, en términos mensuales, durante el mes de julio de 2021, la generación bruta en el SEN alcanzó los 7.035 GWh de energía, lo que representó un aumento del 3,7% respecto del mes anterior, y 8,6% más respecto del mismo mes del año anterior

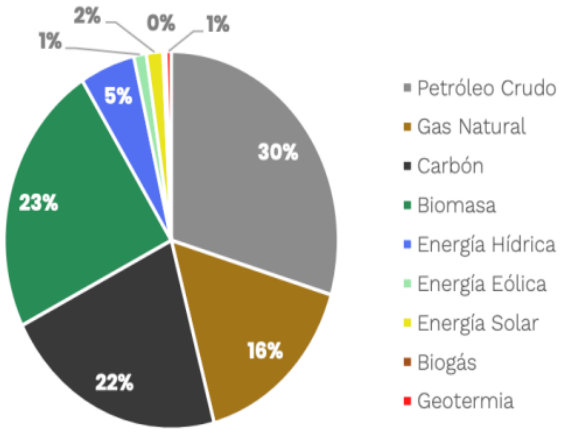


GRÁFICO 1. MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA EN CHILE, AÑO 2019 (FUENTE ENERGÍA ABIERTA, MINISTERIO DE ENERGÍA 2020)

1.4.2 Matriz Energética Secundaria.

Por otra parte, la energía secundaria corresponde a los productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de energía de origen primario o de otras fuentes secundarias. Así, el Ministerio de Energía clasifica las fuentes de energía secundaria consideradas para el balance energético según su fuente primaria de origen, siendo las siguientes: electricidad, productos petroleros secundarios, derivados de carbón, derivados de biomasa o bio-combustibles. La matriz secundaria, por tanto, da cuenta de la participación que tienen los energéticos en el consumo final de energía, incluyendo tanto los energéticos producidos a partir de la transformación de los primarios, como también aquellos que pueden ser objeto de consumo final, como es el caso del gas natural y la biomasa (Deloitte, 2016). En Chile el consumo final de energía1 –representado por la matriz de energía secundaria– alcanzó 301.629 Tcal2 en 2019, destacando que los derivados del

petróleo y la electricidad son los principales componentes, al concentrar el 58% y 22% respectivamente. Según se observa en el gráfico 2, al diferenciar el consumo final de energía en Chile según sector de actividad económica durante el año 2019, se evidencia una concentración en los sectores de transporte e industria, los que sumados representan el 59% del total.

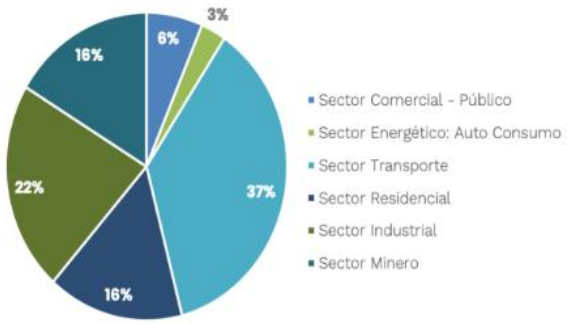


GRÁFICO 2. CONSUMO FINAL DE ENERGÍA EN CHILE POR SECTOR DE ACTIVIDAD ECONÓMICA, AÑO 2019. (FUENTE: ENERGÍA ABIERTA 2021)

1.4.3 **Matriz Energética en Chile.**

En Chile Actualmente los sistemas eléctricos se organizan principalmente bajo el denominado Sistema Eléctrico Nacional, el cual se originó el 21 de noviembre de 2017 tras la conexión del Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING). Tras esto, el SEN cuenta con una longitud que alcanza los 3.100 km al abarcar desde la ciudad de Arica por el norte, hasta la Isla de Chiloé, en el sur (Coordinador Eléctrico Nacional, 2021). Este tiene una cobertura del 98,5% de la población nacional. Junto al SEN, el Sistema Eléctrico cuenta con dos sistemas aislados: el Sistema de Aysén (SEA) que produce electricidad para abastecer la región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo y el Sistema de Magallanes (SEM), que abastece las Regiones de Magallanes y de la Antártica Chilena. a. Capacidad Instalada El reporte de la Asociación de

Generadoras de Chile del mes de agosto del 2021 da cuenta que al mes de julio del mismo año, el SEN contaba con una potencia instalada de generación equivalente a 28,495 MW, los que corresponden a más del 99% de la capacidad instalada nacional. Del total de la capacidad instalada en el SEN, el 53,3% corresponde a tecnología de generación en base a recursos renovables, es decir, de origen

Tipo de energía	Capacidad Instalada [MW]	Participación Relativa [%]
Renovable	**15.198**	**53,3%**
Hidro-embalse	3.395	11,9%
Hidro-pasada	3.435	12,1%
Biomasa	430	1,5%
Eólico	2.835	9,9%
Solar	5.058	17,8%
Geotérmica	45	0,2%
No renovable	**13.297**	**46,7%**
Gas Natural	5.016	17,6%
Carbón	5.064	17,8%
Derivados del petróleo	3.217	11,3%
Total	**28.495**	**100,0%**

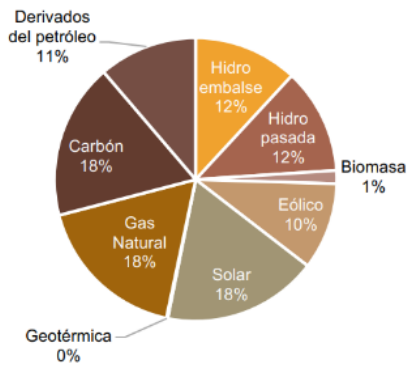


GRÁFICO 3. CAPACIDAD INSTALADA [MW] EN CHILE SEGÚN TIPO DE ENERGÍA, AL MES DE JULIO DE 2021. (FUENTE: ENERGÍA ABIERTA 2021)

hidroeléctrica, solar fotovoltaica, biomasa y geotermia. Como se observa en el cuadro 2, el otro 46,7% corresponde a centrales termoeléctricas a gas natural, carbón o derivados del petróleo. Como se señaló, a continuación se observa en detalle la capacidad instalada de todos los tipos de energía que componen la capacidad instalada de generación del SEN. Cuadro 2. Capacidad instalada [MW] en Chile según tipo de energía, al mes de julio de 2021.

Para dimensionar de mejor forma la capacidad instalada, el gráfico 5 muestra la misma información en un gráfico de barra, ordenando la capacidad instalada de mayor a menor.

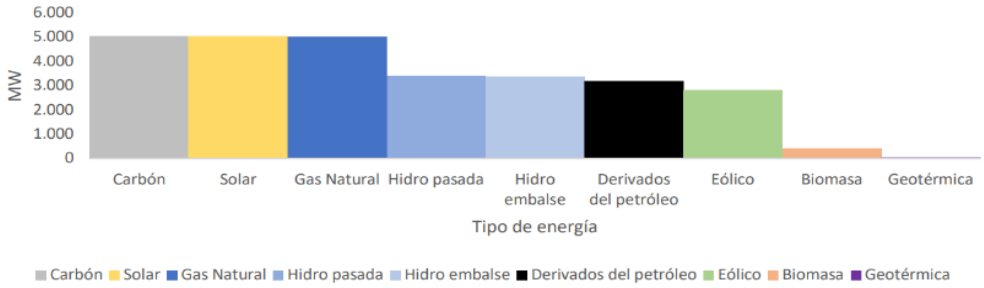


GRÁFICO 4 CAPACIDAD INSTALADA [MW] EN CHILE SEGÚN TIPO DE ENERGÍA, AL MES DE JULIO DE 2021. (FUENTE: ENERGÍA ABIERTA 2021)

1.4.4 **Generación Histórica del sistema Eléctrico solar.**

Se entiende la energía solar como aquella de origen renovable que utiliza la radiación electromagnética proveniente del sol. En Chile, la zona norte posee la

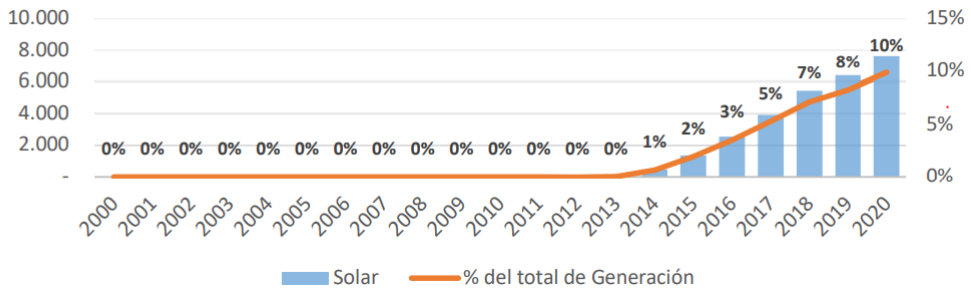


GRÁFICO 5. CIFRAS DEL COORDINADOR ELÉCTRICO NACIONAL. (FUENTE: ENERGÍA ABIERTA 2021)

mayor incidencia solar del mundo, principalmente en el desierto de Atacama (Generadoras, 2021). La generación solar se realiza en base a dos tipos de tecnologías; los sistemas fotovoltaicos (PV) y los sistemas solares térmicos, de los que en Chile sólo uno (Cerro Dominador) cuenta con acumulación de energía en sales fundidas, otorgándole un factor de planta cercano al 100%. El gráfico 10 da cuenta el aumento registrado en la generación de electricidad en base a energía solar. Como se observa, al año 2020 esta contribuye con el 10% de la generación total.

1.5 SITUACION CONTRACTUAL DE LA EMPRESA.

El suministro de energía eléctrica del complejo deportivo inaugurado en el año 2019 e hibernado por la Pandemia hasta la actualidad, es decir noviembre del 2021, cuenta con un contrato de suministro eléctrico celebrado entre Productos Fernández S.A y CGE Distribución, el cual se sostiene conforme a un empalme de tipo cliente regulado, específicamente con la tarifa AT 4.3 en el sector de concesión ST x E 7-A. En la siguiente figura se visualiza los datos comerciales y de suministro del contrato.

Nº de Cliente

Fecha de emisión: 02/NOV/2021

DATOS DEL CLIENTE

Sr. (a): PRODUCTOS FERNANDEZ S.A.

Dirección de envío: VEINTIDOS ORIENTE N.2700 PP 984347 PREF.791700 SECT.RUTA 5 SUR, TALCA

Rut: 91.004.000-6

Giro: ELABORACIÓN Y CONSERVACIÓN DE CARNE Y PR

Dirección Comercial: ONCE ORIENTE 1470 Plta 2 Talca TALCA

DATOS DEL SUMINISTRO

Dirección: VEINTIDOS ORIENTE N.2700 PP 984347 PREF.791700 SECT.RUTA 5 SUR, TALCA

Tipo de tarifa contratada: AT 4.3

Sector Tarifario: Talca STxE-7-A

Potencia conectada: 77.94

Fecha límite para cambio de tarifa: 01/03/2022

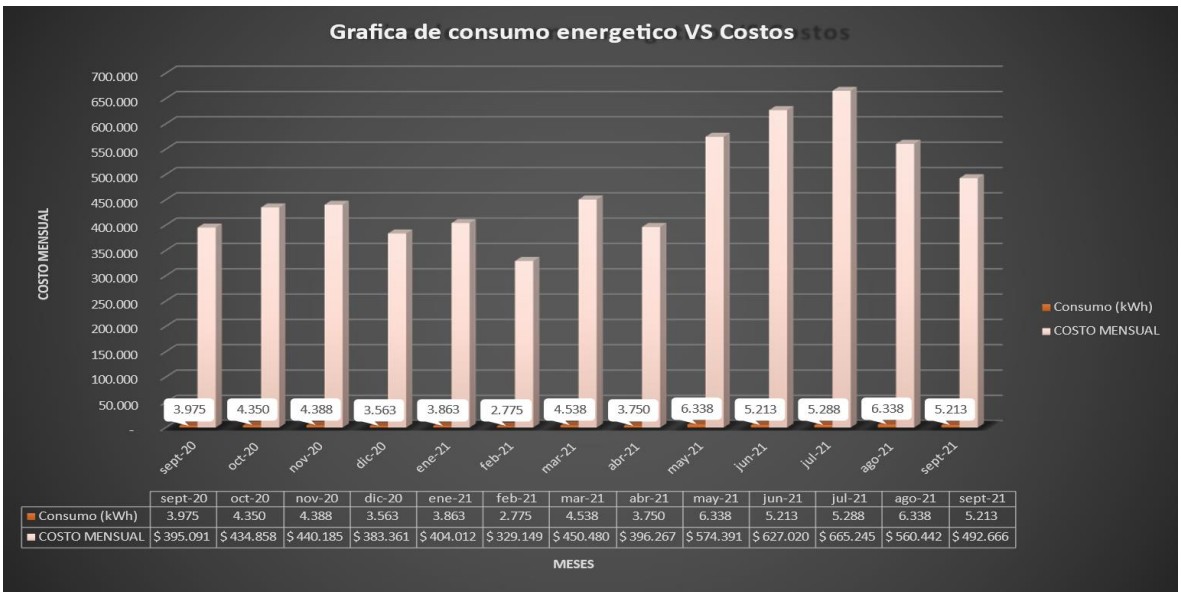
Fecha término de tarifa: 31/03/2022

Ruta: G3524006-0008 **Var. Corresp.:** CWEB

FIG. 8 TARIFA ELÉCTRICA (FUENTE CGE)

El empalme eléctrico del complejo deportivo esta acondicionado por un transformador eléctrico de tipo aéreo, inmerso en aceite y con una potencia nominal de 200 kVA, también cuenta con un generador eléctrico de respaldo a diésel con capacidad de 185 kVA y por último, cuenta con un banco de condensadores para compensar los reactivos demandados por la instalación.

En la siguiente figura se expone un histórico de facturación y de demanda energética de los últimos 12 meses.



	sept-20	oct-20	nov-20	dic-20	ene-21	feb-21	mar-21	abr-21	may-21	jun-21	jul-21	ago-21	sept-21
Consumo (kWh)	3.975	4.350	4.388	3.563	3.863	2.775	4.538	3.750	6.338	5.213	5.288	6.338	5.213
COSTO MENSUAL	$ 395.091	$ 434.858	$ 440.185	$ 383.361	$ 404.012	$ 329.149	$ 450.480	$ 396.267	$ 574.391	$ 627.020	$ 665.245	$ 560.442	$ 492.666

GRÁFICO 6 GRÁFICA DE CONSUMO ENERGÉTICO VS COSTOS. (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

1.6 FACTORES QUE MOTIVAN A LA EMPRESA A DESARROLLAR PROYECTOS COMPROMETIDOS CON LA SUSTENTABILIDAD Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

Los factores de motivación de la inversión en materia energética son variados, los que se hacen tangibles y más representativos son:

- El compromiso con el cuidado del medio ambiente desde la implementación la norma ISO 14001, donde inicia el camino a la mejora continua en búsqueda de controlar todos los aspectos ambientales, como es el consumo de energías y los combustibles utilizados para generarlas.
- La política de gestión integrada aterriza el compromiso indicando que somos y seremos conscientes con el desempeño energético.
  La compañía se ha comprometido a gestionar responsablemente la energía al implementar el sistema de gestión de energía (SGEn) basado en la norma ISO 50001. Ello con acuerdos generados con la Agencia de Sostenibilidad Energética y la empresa asesora Efizity.

FIG. 9 SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADO (FUENTE: WWW.PFALIMENTOS.CL)

FIG. 10 GRUPOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

- Se suman los factores como las políticas energéticas nacionales y el mercado energético.
- Relevante es el factor del actual estado del medio ambiente, donde la empresa mantiene su compromiso con su cuidado de éste y la salud de las personas.
- Reducción de nuestra huella de Carbono.

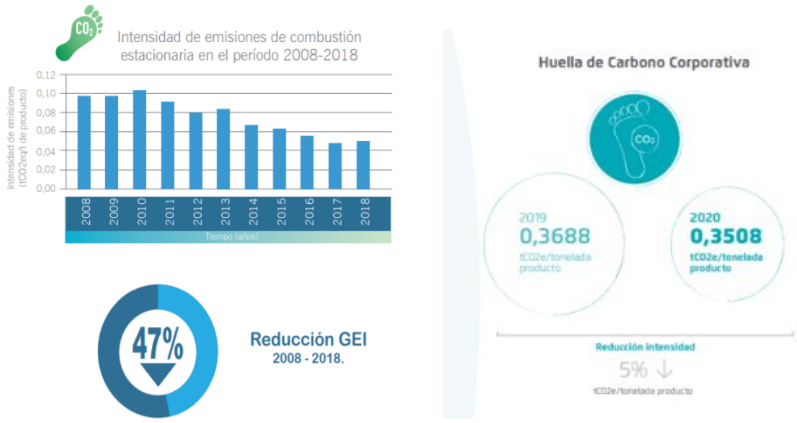


FIG. 11 : REPORTE MEDIOAMBIENTAL (FUENTE: PF ALIMENTOS SA. AÑO 2018-2020)

1.7 ANALISIS FODA

Teniendo en cuenta las características de la empresa y enfocando la atención en el proyecto a exponer, se plantea el siguiente análisis FODA.

1.7.1 **Fortalezas**

- Infraestructura disponible.
- Experiencia en tecnologías de ERNC, puesto que ya se ha implementado este sistema en complejo industrial.
- Proyecto visiblemente sustentable.
- Innovación tecnológica.
- Política de la empresa en temas de sustentabilidad.
- Reforzar política medio ambiental de la empresa.

1.7.2 **Oportunidades.**

- Acceso a nuevas tecnologías.
- Disminución de costos de facturación en boleta eléctrica.
- Condiciones climáticas Favorables para la generación de energía.
- Explorar nuevos mercados referente a paneles fotovoltaicos.
- Aprovechar las facultades que otorga la Ley.
- Ser vanguardista respecto a la competencia.

1.7.3 **Debilidades.**

- El proyecto no está ligado directamente a la producción de alimentos.
- El poco uso en del campo deportivo en el día en periodo de mayor acumulación de energía.
- Ausencia de personal calificado en la operación y mantención de ERNC.
- Poco incentivo en el deporte, y dificultades de acceso por contexto de pandemia.
- No contar con un departamento que genera mayor actividad para el complejo.

1.7.4 **Amenazas.**

- Alto costo de implementación que podría resultar poco atractivo para la inversión.
- No existe política que subsidie la implementación de estas tecnologías.
- Escasez de materiales debido a problemas logístico a nivel nacional y mundial.
- Drástico aumento en la tarifa eléctrica

1.8 MATRIZ FODA

MATRIZ FODA

Matriz FODA: Planificación estratégica	**Fortalezas (F)** - **F1** Infraestructura disponible. - **F2** Proyecto visiblemente sustentable. - **F3** Política de la empresa en temas de sustentabilidad	**Debilidades (D)** - **D1 El poco uso en del campo deportivo en el día en periodo de mayor acumulación de energía.** - **D2 Ausencia de personal calificado en la operación y mantención de ERNC.**
Oportunidades (O) - **O1 Disminución de costos de facturación en boleta eléctrica.** - **O2 Aprovechar las facultades que otorga la Ley.** - **O3 Ser vanguardista respecto a la competencia.**	**Estrategia FO:** Utilizar un espacio que no genera beneficios y que es idóneo para el fin del proyecto por las características que posee.	**Estrategia DO**: Utilizar las ventajas que porporciona la ley 20.571 para el ahorro en la demanda del consumo eléctrico, generando excedentes que son injectados a la red, a demás de mejorar la infraestructura del estacionamiento del campo deportivo por medio del proyeto.
Amenazas (A) - **A1 Alto costo de implementación que podría resultar poco atractivo para la inversión** - **A2 No existe política que subsidie la implementación de estas tecnologías.**	**Estrategia FA**: Publicitar la utilización de energía sustentable para obtener beneficios de la inversión.	**Estrategia DA**: Utilizar las horas de mayor acomulación de energía para inyectar excedentes a la red que puedan sustentar el gasto invertido.

FIG. 12 MATRIZ FODA (FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA)

1.9 CADENA DE VALOR

La Cadena de Valor es una de las herramientas más populares para el análisis interno de una empresa, Desarrollado por Michael Porter y publicado por primera vez en su libro Competitive Advantage en el año 1985.

El objetivo del análisis de esta herramienta es identificar las fuentes de ventaja competitivas de la empresa.

Lo primero que se debe conocer es que una empresa desarrolla una serie de actividades a un costo, si la empresa hace bien su trabajo, podrá vender su producto a un precio superior al costo de producirlo, por lo tanto, obtendrá un margen por ello, mientras más grande sea el margen obtenido, mayor será la rentabilidad de la empresa y por tanto su ventaja competitiva.

Las claves para hallar las ventajas competitivas se obtienen con la desagregación de la empresa en las actividades básicas necesarias para vender un producto o servicio.

1.9.1 **Actividades Primarias.**

Estas actividades son las que forman parte directa del proceso productivo básico, así como su transferencia y atención y post venta al cliente.

Se pueden identificar 5 tipo de actividades.

- **Logística interna**

Considera la recepción, almacenamiento, registros de asistencia y distribución interna de materiales hasta su incorporación a la producción.

- **Producción**

Incluye actividades relacionadas con la transformación física de los distintos factores en productos y servicios

- **Logística Externa**

Recoge el almacenamiento o distribución física a los almacenes o los clientes de los productos terminados.

- **Marketing**

Toda actividad que apuntan a la venta del producto.

- **Servicio Posventa**

Actividades relativas al mantenimiento de las condiciones de uso del producto vendido.

1.9.2 **Actividades de Apoyo.**

Las actividades de apoyo no forman parte directa de la producción, pero sirven de soporte a las actividades primarias garantizando así el normal funcionamiento de la empresa.

Las actividades de apoyo son:

- **Aprovisionamiento**

Compra de todo tipo de factores que va a necesitar la empresa, tales como maquinarias, tecnologías, materias primas, servicios, etc.

- **Desarrollo de tecnología**

Actividades relacionadas con la obtención, mejoras, gestión de todo tipo de tecnologías relacionado con la empresa.

- **Administración de Recursos Humanos:**

Se encargan de todas las actividades relacionadas con las personas como la selección, capacitación, evaluación de desempeño, desvinculación entre otras.

- **Infraestructura de la Empresa:**

Aborda lo relacionado con la administración, es decir, planificación, control, finanzas, asesoría jurídica, etc.

FIG. 13. CADENA DE VALOR (FUENTE: PORTER 2010:67)

1.10 CADENA DE VALOR APLICADA AL PROYECTO

Tomando en consideración los factores que contribuyen a la Cadena de valor dentro del proyecto, se pueden estimar las siguientes observaciones.

1.10.1 **Actividades Primarias del Proyecto**

- **Logistica Interna**

PF Alimentos, para todo proyecto asigna bodegas e instalaciones de faena de acuerdo con el tipo de requerimientos, cuenta con una capacidad amplia de almacenaje de equipos, materias primas, materiales de construcción, con un flujo adecuado que no interviene con los procesos.

Adicional a esto se cuenta con dotación y protocolos de seguridad que registran entrada y salida de personas, vehículos y sus respectivas cargas.

- **Producción**

El proyecto generará energía solar con paneles fotovoltaicos, esta acumulación de energía se inyecta a la Red lo que proporciona una excedente que contribuye a reducir los costos. Además de ser una fuente de energía de origen limpio y sustentable.

- **logística Externa:**

Considera la correcta canalización para poder inyectar de forma óptima la energía a la red. (Materiales para canalizaciones de alta calidad)

- **Comercialización y marketing:**

La estrategia de marketing del proyecto se basa en la utilización del complejo deportivo y las actividades que se realizan como canal de transmisión sobre el uso de energías sustentables.

La empresa cuenta con amplia capacidad de difusión en medios de comunicación como la radio, televisión, redes sociales, medios oficiales en internet, prensa especializada, etc.

Un proyecto sustentable contribuye a potenciar el compromiso con la reducción de la huella de carbono, muy valorado por la sociedad actual.

- **Servicio Post Venta.**

PF Alimentos cuenta con la filosofía de hacer todo bien a la primera con el fin de aumentar la calidad de todos sus procesos de gestión, así como las instalaciones, herramientas, tecnologías y materiales para entregar finalmente un proyecto de calidad y reducir la carga en post venta dado los potenciales fallos o reclamos.

1.10.2 **Actividades de Soporte**

- **Aprovisionamiento**

Cuenta con un área especializada en compras, la cual se encarga de obtener disponibilidad, valores accesibles, controlando que el stock de implementación necesario para desarrollar un proyecto este controlado y adecuado a las necesidades que demanda el proyecto.

- **Desarrollo de Tecnología.**

Si bien la empresa es una planta productora de alimentos, cuenta con un área de ingeniería que cuenta con los suficientes recursos digitales y tecnológicos para el correcto estudio y ejecución de proyectos internos de la empresa.

- **Administración de Recursos Humanos.**

El área de recursos humanos de la empresa se encarga de generar las oportunidades de trabajo y orienta satisfactoriamente el perfil del colaborador que se requiere integrar, además de su plan de capacitaciones, cursos, desarrollo y actividades que se alinean y potencian cada una de las áreas de desempeño dentro de la organización.

- **Infraestructura de la Empresa.**

El área de Ingeniería y Proyectos de la empresa depende de la Gerencia de Ingeniería y Mantención. Los planes estratégicos de crecimiento y desarrollo organizacional, así como los sistemas de gestión integrados son regidos por la Gerencia División Industrial.

Esta gerencia también aprueba los proyectos económicamente traspasando todos los alcances respectivos al área de finanzas de la empresa.

El control y la ejecución de proyectos son coordinados por la subgerencia de Ingeniería y los contratos de obra, proveedores, garantías, etc. Son administrados por el área legal de la empresa.

Lo anteriormente señalado permite abordar las tareas de administración de forma responsable con la planificación, estructura, finanzas y alcances legales de la empresa.

2 CAPITULO N2: ESTUDIO TECNICO

2.1 MARCO TEORICO: FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LA ENERGÍA SOLAR

2.1.1 **La energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía limpia y de origen renovable que utiliza la radiación solar para generar electricidad. Su base física se centra en el llamado efecto fotoeléctrico, este efecto demuestra que algunos materiales pueden absorber fotones (partículas lumínicas) y liberar electrones, dando así, origen a una corriente eléctrica.

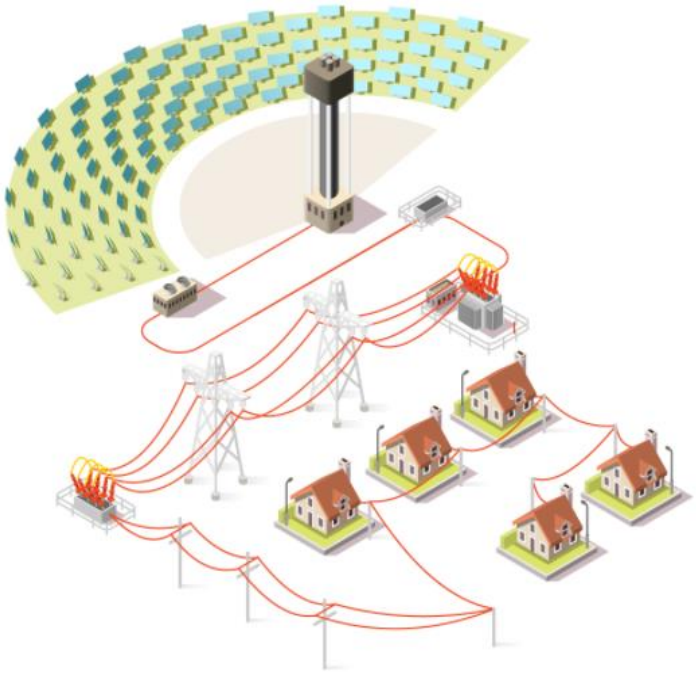


FIG. 14 ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTÁICA (FUENTE: GOOGLE)

2.1.2 **Sistemas fotovoltaicos (PV)**

Estos sistemas son los encargados de generar energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, los cuales captan la energía luminosa del sol transformándola en energía eléctrica. Esta transformación se logra empleando células fotovoltaicas cuya fabricación se obtiene por materiales semiconductores. El mercado cuenta con diversas tecnologías desarrolladas, siendo la tecnología de silicio policristalino la más predominante en el sector.

2.1.3 **Componentes Principales de un Sistema Fotovoltaico.**

La conexión de paneles fotovoltaicos a la red consiste en las interconexiónes de los siguientes elementos:

- Generador FV, varios módulos fotovoltaicos
- Protección de sobretensión
- Cableado y canalización de corriente continua
- Interruptor DC
- Inversor
- Cableado y canalización de corriente alterna
- Medidores de energía e interruptores AC El proyecto contempla la instalación de módulos fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico (SFV) se basa en la configuración a red “Net - Billing”, el cual considera que la energía producida es consumida por las cargas eléctricas de la industria y el exceso es vendido a la red de distribución, la red también cumple el rol de batería vista desde el SFV.

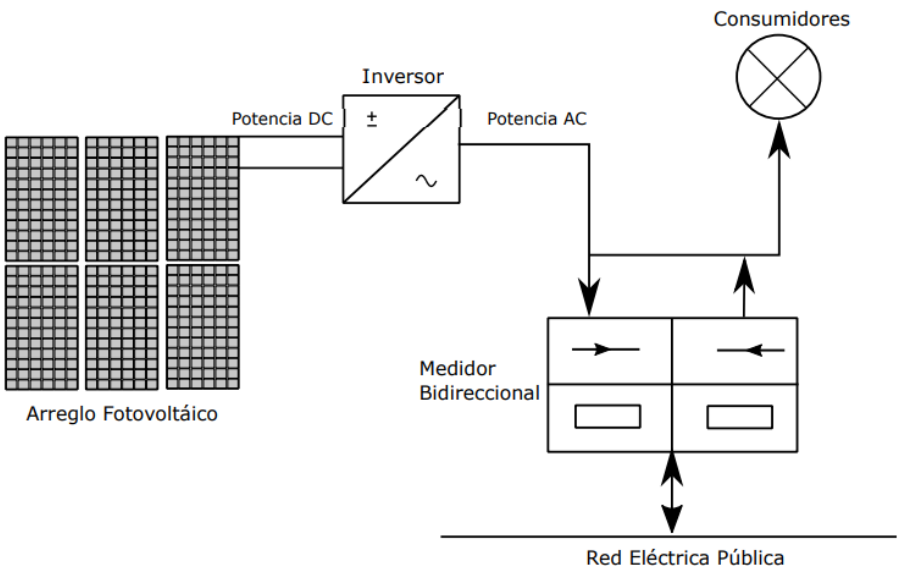


FIG. 15 ESQUEMA DEL SFV EN CONFIGURACIÓN NETBILLING (FUENTE: ELABORACION PROPIA)

2.1.4 Radiación Solar (La energía del sol):

El sol produce una cantidad de energía constante que al incidir sobre la superficie terrestre pierde parte de su potencia debido a distintos fenómenos ambientales. La potencia radiante de 1367 W/m2, denominada constante solar, que llega al planeta Tierra no es la que finalmente alcanza la superficie terrestre debido a la influencia de los fenómenos atmosféricos, la actividad humana, la forma propia de la Tierra, el ciclo día/noche y la órbita elíptica de la Tierra.

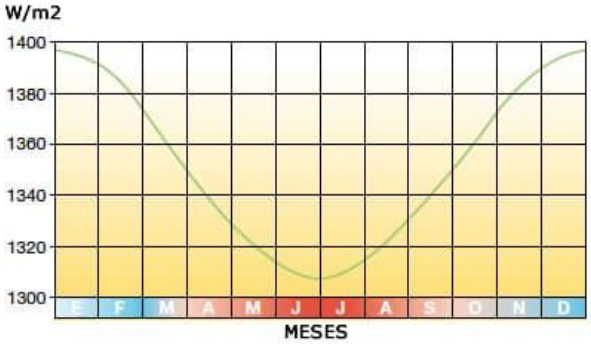


FIG. 16. ENERGÍA SOLAR: VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN ATMOSFÉRICA SOLAR MENSUAL. (FUENTE: WWW.SFE-SOLAR.COM)

La atmósfera atenúa la radiación solar ya que los fenómenos de reflexión, absorción y difusión que los componentes atmosféricos (moléculas de aire, ozono, vapor de agua, CO2, aerosoles, etc.) producen sobre ésta.

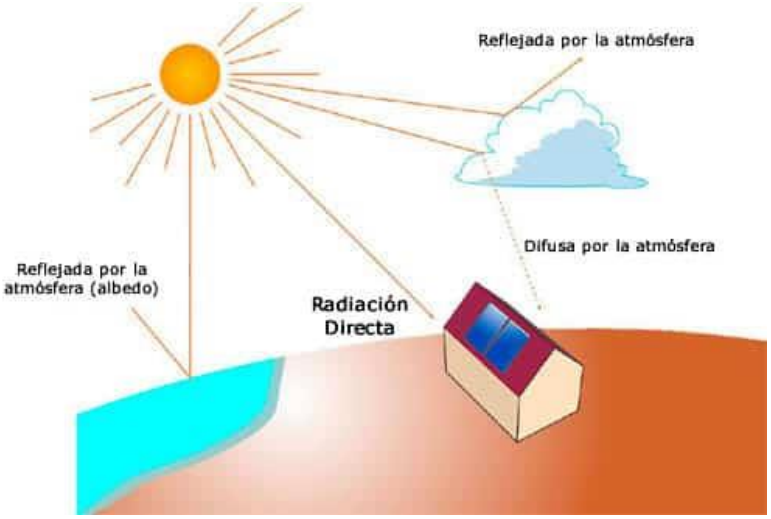


FIG. 17 TIPOS DE RADIACIÓN EN ENERGÍA SOLAR (FUENTE: WWW.SFE-SOLAR.COM)

La difusión que se produce debido a la presencia de polvo y contaminación del aire depende, en gran parte, del lugar donde se mida, siendo mayor en los lugares industriales y en los lugares más poblados. Los efectos meteorológicos locales tales como nubosidad, lluvia o nieve afectan también a la irradiancia solar que llega a un determinado lugar.

2.1.5 Tipos de Radiación

- **Radiación Directa**: Afectada por el fenómeno de absorción, es la que se recibe directamente del sol. Varía en función de la nubosidad del momento y también de la estación del año en que se mida.
- **Radiación Difusa**: Afectada por el fenómeno de difusión, es la que recibimos debido al reflejo de la radiación solar sobre las nubes, partículas del aire en días nublados es la que más recibimos.
- **Radiación de albedo**: Es radiación reflejada, por ejemplo, en superficies blancas y similar. Se aprovecha mucho en módulos bifaciales.

Además de la radiación directa, difusa y de albedo, hay que tener en cuenta que cuando los rayos solares no inciden perpendicularmente sobre las células fotovoltaicas, se producen pérdidas por reflexión y absorción en las capas anteriores a la célula, como el vidrio, encapsulante y capa antirreflexiva.

También es necesario considerar las pérdidas por suciedad y los efectos espectrales, ya que las células solares responden selectivamente a los fotones de la luz incidente, es decir, que, para cada longitud de onda de la radiación solar incidente, generan una corriente determinada.

2.1.6 **Irradiancia**

Teniendo en cuenta todos estos parámetros, la irradiancia que incide en un plano horizontal sobre la superficie terrestre un día claro al mediodía alcanza un valor máximo de 1000 W/m2 aproximadamente. Este valor depende del lugar y, sobre todo, de la nubosidad.

Si se suma toda la radiación global que incide sobre los paneles solares en un lugar determinado en un periodo de tiempo definido (hora, día, mes, año) se obtiene la energía en kWh/m2 (o enMJ/m2). Este valor es diferente según la región a la que se haga referencia.

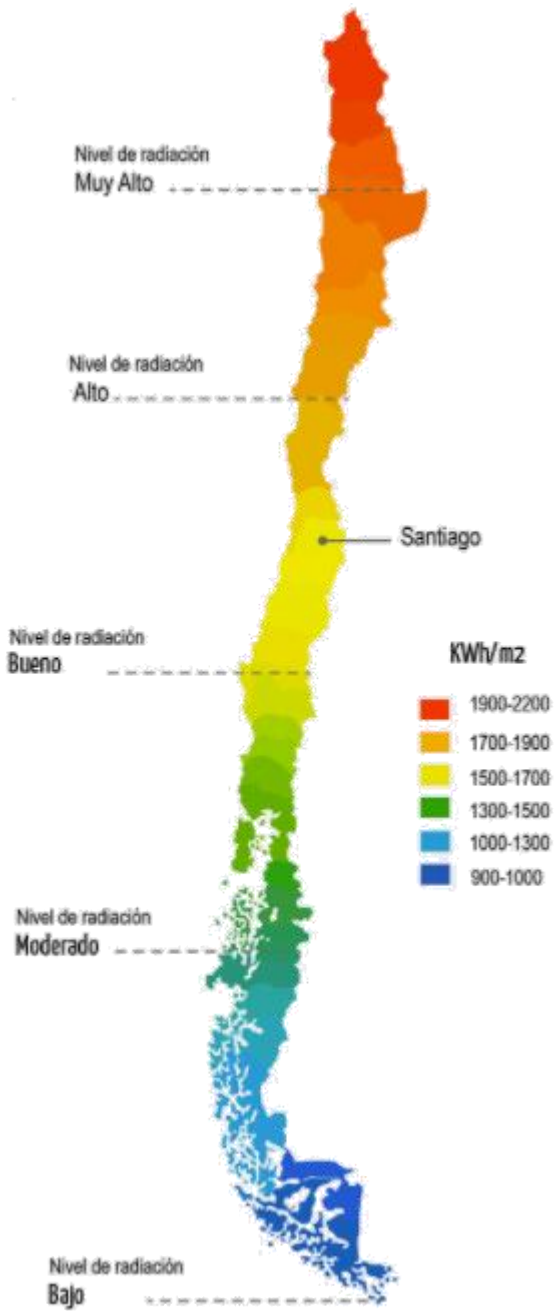


FIG. 18 MAPA SOLAR DE CHILE (FUENTE: HTTP://WWW.APPSOL.CL/]

Para poder efectuar el diseño de una instalación fotovoltaica se necesita saber la radiación del lugar. Para ello se ha de disponer de las tablas de radiación solar actualizadas del emplazamiento a evaluar.

Para calcular las distintas componentes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer la irradiación incidente sobre una superficie situada fuera de la atmósfera como referencia, denominada radiación extraterrestre.

2.1.7 DIFERENCIA ENTRE IRRADIANCIA E IRRADIACIÓN

- **Irradiancia:** Es la magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie. Sus unidades en el SI (Sistema Internacional) son el W/m2.
- **Irradiación:** Es la cantidad de irradiancia recibida en un lapso de tiempo determinado, es decir, la potencia recibida por unidad de tiempo y por unidad de superficie. Se suele medir en Wh/m2 o, en caso de un día, en Wh/m2/día o unidades equivalentes.
- **Constante Solar:** Se denota como B0 y es la irradiancia que recibe una superficie perpendicular al sol en el exterior de la atmósfera. Su valor es de unos 1.367 W/m2.

La irradiancia terrestre que reciben las placas fotovoltaicas se verá mermada por las variaciones de día/noche, presencia de nubes, ángulo de inclinación, orientación y suciedad.

Para calcular las distintas componentes de la radiación sobre una superficie terrestre, será necesario conocer la irradiación incidente sobre una superficie situada fuera de la atmósfera como referencia, denominada radiación extraterrestre.

2.1.8 **Geometría solar**

Para el cálculo de la producción energética de unaes es fundamental conocer la irradiación solar en el plano correspondiente a la instalación y la trayectoria solar en el lugar en las diferentes épocas del año. La situación del sol en un lugar cualquiera viene determinada por la altura y el azimut del sol.

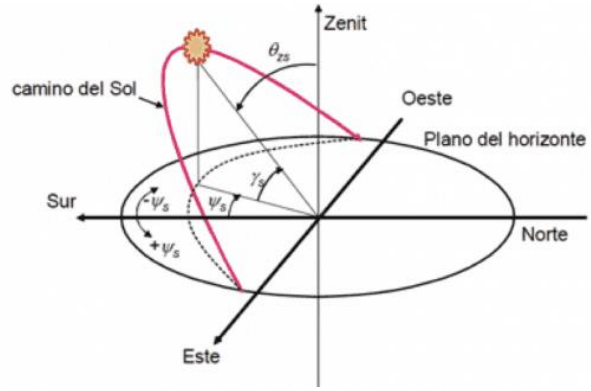


FIG. 19 GEOMETRÍA SOLAR [FUENTE : WWW.SFE-SOLAR.COM]

O, de un modo más resumido o visual:

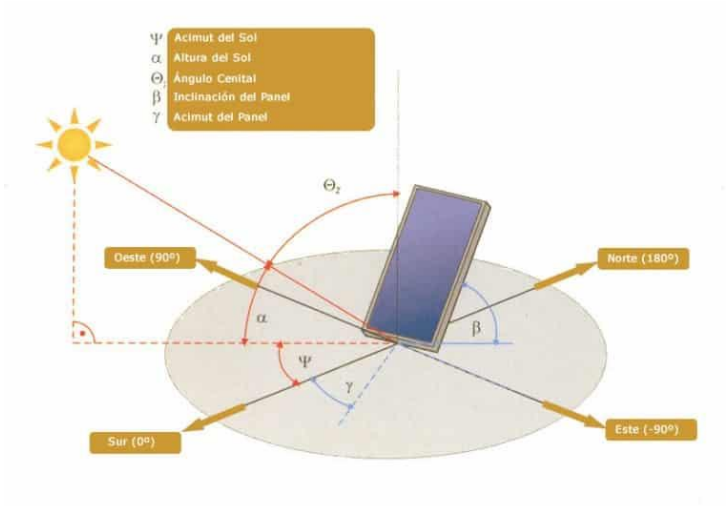


FIG. 20 GEOMETRÍA SOLAR PARA CALCULO DE PANELES SOLARES [FUENTE : WWW.SFE-SOLAR.COM]

Se define la orientación mediante el azimut (para el sol, ψ, y para el captador, γ).

2.1.9 **Azimut Paneles Solares:**

El azimut solar es el ángulo que forma la dirección sur con la proyección horizontal del sol, hacia el norte por el noreste o por el noroeste, considerando la orientación sur con $\psi = 0º$, y considerando los ángulos entre el sur y el noreste negativos y entre el sur y el noroeste positivos.

Por ejemplo, la orientación Este se considera $\psi = -90º$, mientras que para la orientación Oeste, $\psi = 90º$. La inclinación viene definida por el ángulo β (para el módulo) y por la altura solar a o su complementario θz, (ángulo cenital) para el sol.

2.1.10 **Recorrido óptico de la radiación solar**

Cuanto más perpendicular se encuentra el sol con respecto a la superficie terrestre (es decir, cuanto menor valor del ángulo cenital) menor es el camino que recorre la radiación solar a través de la atmósfera.

Caso contrario para ángulos cenitales mayores (menor altura solar) el camino a recorrer por la radiación solar en la atmósfera es mayor, lo que implica que la intensidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre es menor.

2.1.11 **Masa de Aire:**

Para ello se define la masa de aire, (AM) como el cociente entre el recorrido óptico de un rayo solar y el correspondiente a la normal a la superficie terrestre (ángulo cenital cero) y que está relacionada con la altura solar (α).

Para una altura solar de $\alpha = 90º$, AM = 1, que es el valor mínimo de AM y se corresponde con la situación del sol en el zenit (vertical del observador).

En la siguiente figura se tiene el ángulo cenital (cuanto más bajo está el sol, mayor es el ángulo cenital) y su correspondiente valor de AM. Por ejemplo, como podemos ver en la imagen, para una altura solar α = 90-48,19º = 41, 81º, el AM tiene un valor de 1.5.

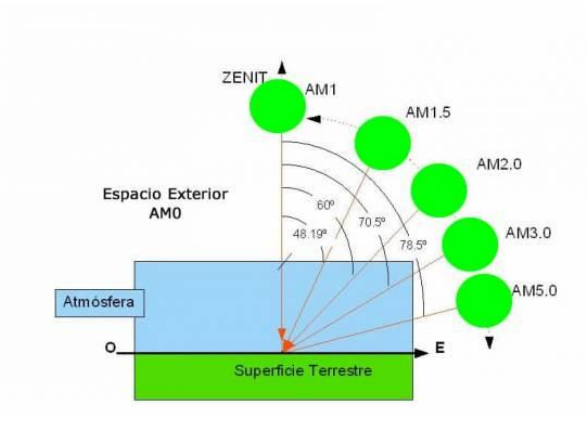


FIG. 21 ANGULO CENITAL [FUENTE : WWW.SFE-SOLAR.COM]

El valor de AM = 1 (sol en el cenit) no se da ningún día del año, excepto en latitudes que se encuentran en el ecuador. La radiación solar en el espacio exterior, es decir sin atravesar la atmósfera terrestre, supone AM = 0.

Resumiendo, a diferencia de la orientación e inclinación del panel solar, que las podemos adaptar para conseguir que la irradiancia recibida por el panel sea máxima, el efecto de la absorción atmosférica es algo que no podemos controlar, por lo que la cantidad de energía solar que se recibe realmente en la superficie terrestre es siempre inferior a la que se recibiría justo por encima de la atmósfera.

Ni que decir tiene que dependiendo de la latitud dónde nos encontremos la altura solar será diferente para cada día del año.

2.1.12 Orientación de placas solares e Irradiancia en superficies inclinadas

La radiación solar en una superficie perpendicular a la dirección de propagación de la radiación solar es siempre mayor que si la misma superficie la colocamos en cualquier otra posición.

Al variar el azimut y la altura solar a lo largo del día y del año, lógicamente el ángulo de incidencia de radiación óptimo no es siempre constante. La única situación donde eso ocurriría sería con un sistema que varíe la inclinación y orientación constantemente, como lo hace un seguidor solar.

Para considerar si una determinada superficie ya existente (un tejado, pérgola, superficie a piso, etc.) es apta para su uso solar, es necesario conocer la radiación solar incidente sobre dicha superficie.

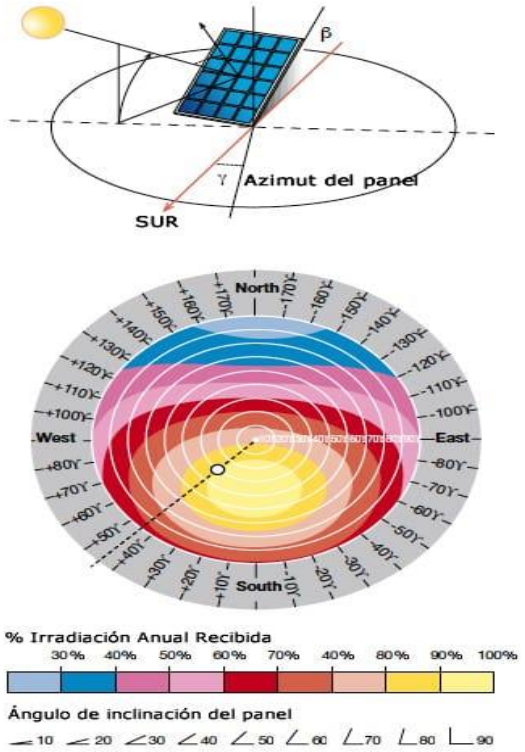


FIG. 22 IRRADIACION EN PLACAS SOLARES [FUENTE : WWW.SFE-SOLAR.COM]

En la figura anterior se muestra un ejemplo de gráfico donde se aprecia el tanto por cierto de irradiación que recibirán unas placas solares en función de su orientación respecto al sur (azimut del panel) y su ángulo de inclinación.

En el ejemplo de la figura, podemos ver que una instalación fotovoltaica con un azimut de 45º (positivos pues es hacia el Oeste), representados por la linea de puntos que une el centro con los 45º, y con una inclinación de 30º (donde corta la línea de puntos con la circunferencia de los 30º), nos sale en la zona de mayor radiación, por lo que desviaciones de hasta 45º no afectan demasiado a la producción.

En nuestro ejemplo, hablaríamos de, en torno, a un 90% de radiación recibida durante el año.

Este tipo de gráficos deben estar adaptados a cada latitud, pues en función de esa latitud hay variaciones importantes.

2.1.13 **Horas de sol pico (H.S.P.)**

Aunque ya lo hemos definido en otras ocasiones, merece la pena hacer hincapié en este concepto relacionado con la radiación solar y que es de gran importancia a la hora de calcular la producción de un sistema fotovoltaico.

Las “horas de sol pico” que pueden definirse cómo el número de horas al día con una hipotética irradiancia de 1.000 W/m2 que en conjunto suman la misma irradiación total que la real de ese día.

Una hora solar pico “HPS” equivale a 1Kwh/m2 o, lo que es lo mismo, 3.6 MJ/m2. Dicho en otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo 1000 watts/m2.

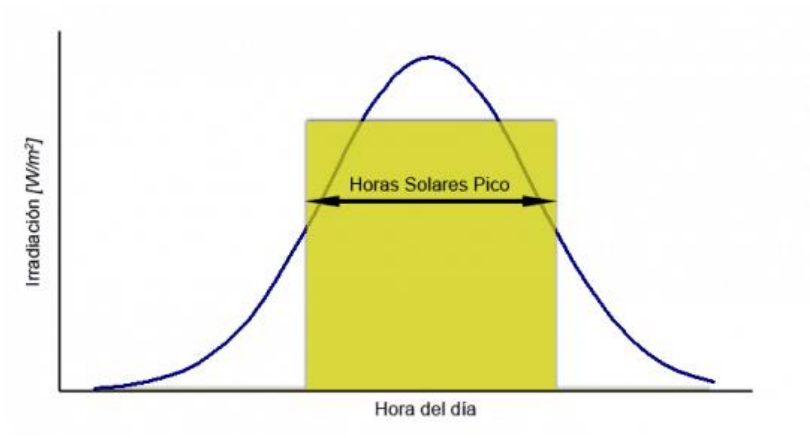


GRÁFICO 7 GRÁFICO CONCEPTUAL HORAS SOLAR PICO [FUENTE : WWW.SFE-SOLAR.COM]

Para calcular entonces el valor de HPS se debe dividir el valor de la irradiación incidente entre el valor de la potencia de irradiancia en condiciones estándar de medida (STC), pues es en esas condiciones donde se cumplen las características eléctricas de los módulos fotovoltaicos.

Ese valor de irradiancia en condiciones estándar de medida es de 1000 watts/m2. Es decir, si se dispone de los datos de irradiación solar de un determinado día y se divide entre 1000, se obtienen las HSP.

Por ejemplo, si se tiene una irradiación de 3.800 Wh/m2, para pasarla a HSP, se divide entre 1.000W/m2, con lo que obtenemos 3.8 HPS.

2.2 TAMAÑO DEL PROYECTO

2.2.1 **Propuesta de solución al Campo Deportivo**

El objetivo del presente estudio técnico considera una evaluación técnico económico, a nivel de perfil, para establecer la viabilidad de realizar un proyecto de autogeneración de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos.

Los objetivos específicos son:

- Reducir los costos por concepto de consumo de energía eléctrica.
- Evaluar alternativa de autonomía energética principal energía de fuentes renovables.

El estudio considera evaluar el campo deportivo Jaime Fernández García, ubicado en la avenida Veintidós Oriente n°2700 sector Ruta 5 Sur, cuyo empalme eléctrico se encuentra conectado al sistema de distribución de la Compañía General Eléctrica S.A (CGE), en la ciudad de Talca, región del Maule.

El tipo de tarifa contratada con la Compañía corresponde a la de un cliente regulado, establecida como AT4.3, Cuyo sector tarifario es STxE-7-A, Talca y cuenta con una potencia conectada de 77.94 kW

El objetivo específico del estudio busca incorporar una solución energética complementaria a la infraestructura existente en el campo deportivo, de tal forma que permita a la empresa reducir los costos fijos asociados al consumo energético en el corto y mediano plazo.

Se considera dentro de las eventuales soluciones la incorporación de paneles fotovoltaicos, dando privilegio a los medios de generación renovables, implementados en función de obtener el máximo beneficio, con relación a la inversión y el ahorro obtenidos de esta solución.

El área de implementación de paneles fotovoltaicos será dimensionada considerando la infraestructura actual del terreno, estacionamientos proyectados en

él, perfil de consumo o demanda del empalme eléctrico del campo deportivo, características contractuales de la energía que se comercializa (dimensionamiento de energía y potencia), costo de operación y mantenimiento, costo de inversión e impacto del desarrollo de dicha tecnología.

2.2.2 ANALISIS DE LOCALIZACION

Teniendo en cuenta que Chile es uno de los países con mayor índice de radiación Solar del planeta, y dentro de este país la región del Maule, donde se sitúa el proyecto, contempla niveles de Radiación que pueden considerarse Buenos o aceptables, ya que su rango de radiación oscila entre los 1300 y 1700 kW/m2, como se representa en la figura a continuación.

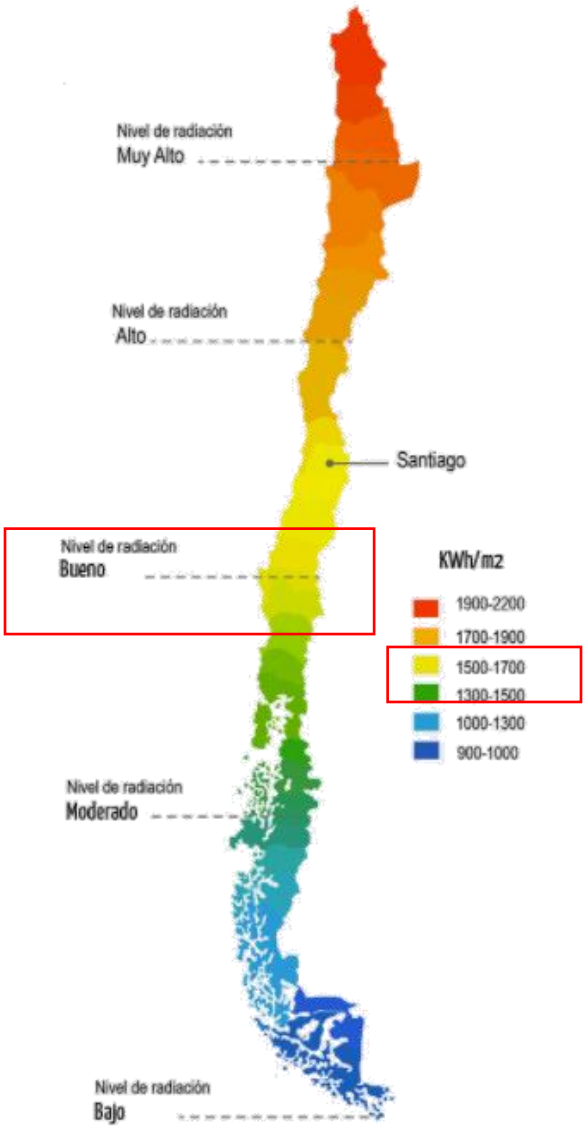


FIG. 23 MAPA SOLAR DE CHILE, REGION DEL MAULE [FUENTE : WWW.APPSOL.CL]

Por otra parte, considerando el terreno de las instalaciones del complejo deportivo con el que se cuenta para implementar el proyecto, este posee la ventaja de ser un campo abierto, con proyecciones de sombra prácticamente nulas que pudieran afectar al proyecto, y con una zona de exposición directa a la radiación solar durante las Horas Solar Pico (H.S.P) del día, un criterio de aceptación con amplia ventaja para el máximo aprovechamiento de la radiación solar.

En esta sección se muestran las características topográficas del sitio escogido por el usuario.

Tabla 1: Ubicación del sitio seleccionado

Nombre	Mi Sitio
Latitud	35.4173 °S
Longitud	71.6367 °O
Elevación	119 m

FIG. 24 UBICACION GEOGRAFICA Y COORDENADAS [FUENTE : HTTPS://SOLAR.MINENERGIA.CL]

2.3 INGENIERIA DE PROYECTO

2.3.1 **Metodología.**

Para comprender los análisis de este estudio, se procederá a obtener un perfil de la demanda, el cual entregará los datos necesarios para establecer la demanda actual del Complejo Deportivo en kWh.

Según la “Norma Técnica de Calidad De Servicio Para Sistemas de Distribución.”, emitido por la Comisión Nacional de Energía, una medición por 7 días corridos y durante 24 horas, será representativo y aceptable como un perfil de demanda del Centro Deportivo, para cualquier tipo de estudio y/o valorización.
En el lugar de la muestra se acudirá con personal técnico calificado en electricidad para instalar un equipo analizador de red en el tablero principal de energía eléctrica del complejo deportivo.

FIG. 25 FOTOGRAFIA INSTALACIÓN ANALIZADOR DE RED FLUKE [FUENTE : ELABORACION PROPIA]

El equipo que tomará la muestra de datos será un analizador de Red marca Fluke modelo 435-2

FIG. 26 ANALIZADOR DE RED FLUKE [FUENTE : HTTPS://ISOTEST.NET/COMPRA/FLUKE-435-2]

Una vez concluido el tiempo de muestra, el equipo entregará un informe digital del perfil de la demanda eléctrica que tiene el complejo deportivo.

Este perfil de la demanda es necesario para extrapolar los datos obtenidos con la estimación de generación de energía solar fotovoltaica, observando el comportamiento de ambos y lograr una comparación gráfica entre ambos sistemas de energía eléctrica.

2.3.2 **Conceptos principales de Electricidad.**

- **Potencia eléctrica:** es la proporción por unidad de tiempo, o ritmo, con la cual la energía eléctrica es transferida por un circuito eléctrico, es decir, la cantidad de energía eléctrica entregada o absorbida por un elemento en un momento determinado.

- **Factor de Potencia:** El factor de potencia (FP), es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA) a la hora de convertirlo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico. El factor de potencia sirve para medir la eficiencia de su consumo eléctrico, a la hora de convertirlo en potencia útil, como luz, calor o movimiento mecánico.

- **Potencia Activa**: La potencia activa, es la que representa la capacidad de un circuito para poder realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo.

- **Potencia Reactiva o Aparente**: La potencia reactiva es un tipo de potencia eléctrica, que absorben de la red algunos equipos eléctricos pero que luego la devuelven, por lo que no supone un consumo, aunque sí hay que generarla y transportarla hasta los equipos.

FIG. 27 IMAGEN DIDÁCTICA POTENCIA ELÉCTRICA [FUENTE : WWW.FACTORLED.COM]

- **Energía eléctrica**: es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico. La energía eléctrica puede transformarse en muchas otras formas de energía, tales como la energía Lumínica o luz, la energía mecánica y la energía térmica.

- **Demanda eléctrica:** Se conoce como la cantidad de electricidad que una serie de consumidores necesitan para abastecer sus necesidades. Por tanto, la demanda eléctrica nacional es el resultado de la suma de toda la electricidad necesaria para dar suministro a todos los consumidores del territorio nacional: industrias, empresas, oficinas, comercios, hogares, centros públicos, entre otros.

- **Cliente Regulado**: En este mercado eléctrico se encuentran los consumidores residenciales y algunas empresas, incluso algunas de las compañías más grandes. Actualmente, los clientes regulados no tienen la libertad de elegir a su proveedor de electricidad y están obligados a comprar energía al distribuidor eléctrico de su zona. En el Mercado Regulado eléctrico, se encuentran los consumidores residenciales y algunas empresas, incluso algunas de las compañías más grandes. Por ahora, los clientes regulados no tienen la libertad de elegir a su proveedor de electricidad y están obligados a comprar energía al distribuidor eléctrico de su zona.

- **Cliente Libre**: El Mercado Libre en la electricidad, permite a las empresas elegir a su proveedor de electricidad, y así acceder a condiciones más favorables. De esta manera, hoy las empresas que tienen potencia conectada sobre 500 kW pueden optar a ser Clientes Libres en el mercado

eléctrico nacional. De hecho, las empresas e industrias que se convierten en clientes libres pueden ahorrar hasta un 30% en su cuenta de electricidad. La experiencia de los clientes en el mercado libre a nivel de servicios es más alta, reciben una mejor atención, obtienen una mayor información para conocer qué tipo de energías están consumiendo y entender la facturación, son más eficientes en el consumo eléctrico, y obtienen respuestas mucho más rápidas y oportunas.

2.3.3 **Determinación de la Demanda**

El perfil de demanda o consumo del complejo deportivo es identificado a través de una medición empírica de los parámetros eléctricos relevantes (potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente, corriente y voltaje) realizada en el empalme de suministro de distribución para cliente regulado.

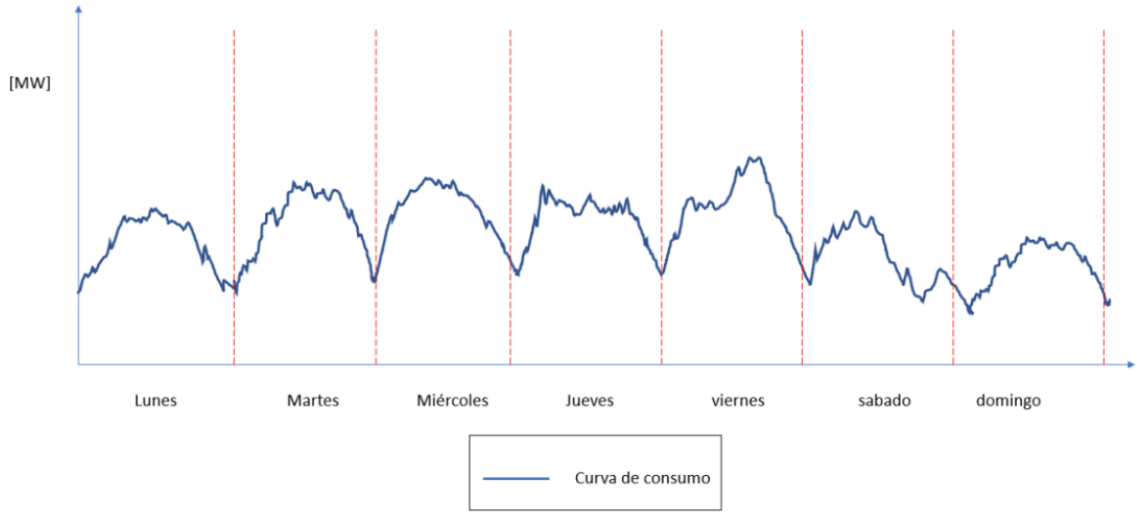


GRÁFICO 8 PERFIL DE LA DEMANDA SEMANAL [FUENTE : ELABORACION PROPIA]

La información obtenida en la medición del empalme eléctrico entregará una muestra suficiente para parametrizar una curva diaria representativa del empalme.

Esta curva, se obtendrá a partir del promedio simple de cada hora de una de las curvas diarias de consumo medidas.

Energía Demandada VS Horas del día

	Analisis
Horas del Dia	**Demanda Actual [kWh]**
0	20,39
1	13,54
2	18,17
3	25,01
4	21,02
5	16,85
6	18,00
7	11,71
8	12,91
9	13,72
10	14,83
11	11,01
12	11,16
13	9,52
14	12,54
15	16,35
16	18,21
17	12,49
18	15,77
19	17,93
20	22,62
21	16,57
22	22,22
23	23,22
Total	**396**

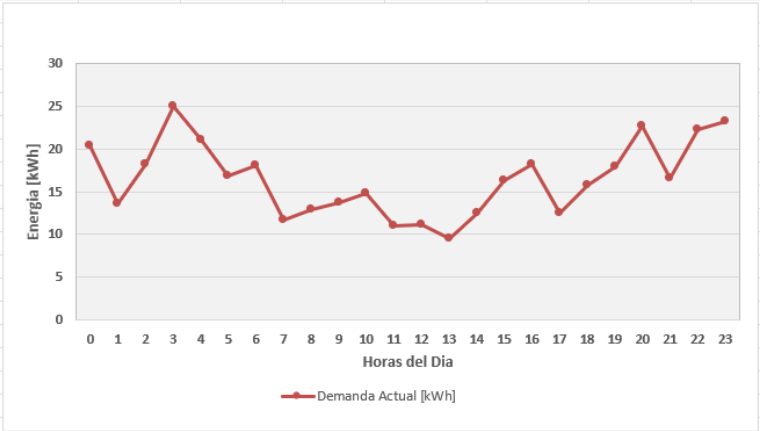


GRÁFICO 9 CURVA REPRESENTATIVA DIARIA DE LA DEMANDA ELECTRICA EN COMPLEJO DEP. [FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA]

Obtenida la curva diaria representativa del empalme, esta será escalada en proporción a los consumos históricos de energía mensual, obteniendo una curva representativa diaria-mensual del punto de suministro eléctrico.

2.3.4 Infraestructura y estimación de superficie para paneles fotovoltaicos

La propuesta de autogeneración busca maximizar la utilización de la infraestructura existente del lugar, considera impactar en la menor forma posible el funcionamiento, protocolo y disposición de los procesos que intervienen en el área.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se define infraestructura de interés para el proyecto:

Area de Estacionamientos.

En base área disponible para estacionamientos en el campo deportivo, se proyectará una capacidad estimada de paneles fotovoltaicos de tal forma de cubrir parcialmente un área de sombras en estacionamientos sin exceder la capacidad máxima de autogeneración que permite la Ley Net Billing, es decir, 300 kVa.

El actual estacionamiento cuenta con una capacidad para 308 vehiculos

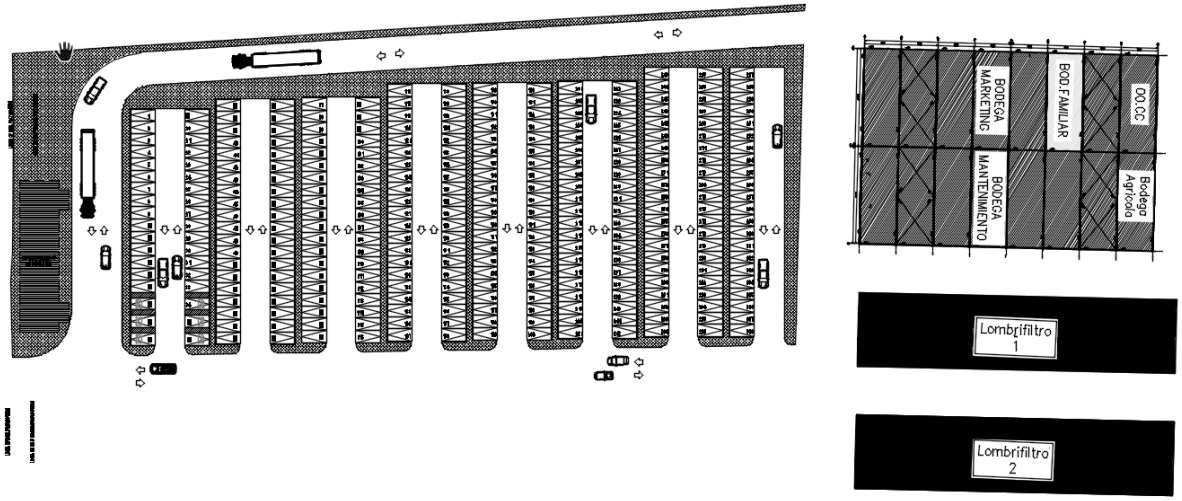


FIG. 28 LAYOUT ACAD ESTACIONAMIENTOS CAMPO DEPORTIVO [FUENTE : ELABORACION PROPIA]

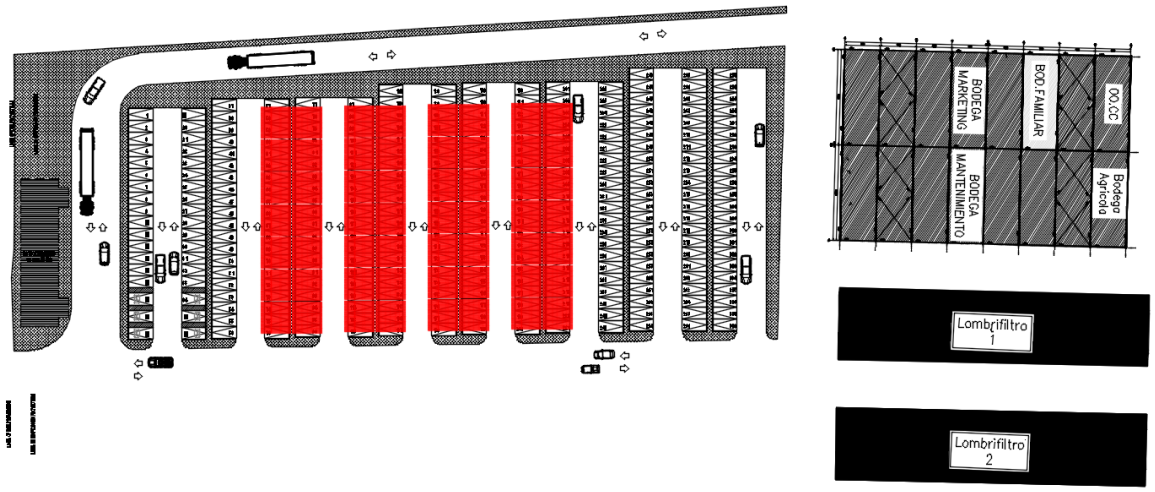


FIG. 29 LAYOUT ACAD ZONA ESTACIONAMIENTOS CON PANELES FOTOVOLTAICOS [FUENTE: ELABORACIÓON PROPIA]

En la imagen se aprecian 4 Islas Rojas de paneles Fotovoltaicos distribuidos en grupos de 18 paneles por lado, cada isla cuenta con 252 paneles, los cuales hacen un total de 1008 Paneles Fotovoltaicos para estimar el proyecto.

FIG. 30 LAYOUT ACAD COBERTURA DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ESTACIONAMIENTOS [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

Distribuidos en grupos de 18 Paneles los cuales darían una sombra estimada para 3 vehículos por grupo.

El proyecto de paneles fotovoltaicos considera aportar con sombra a 168 de los 308 de capacidad de vehículos el resto complementarlo con techo convencional.

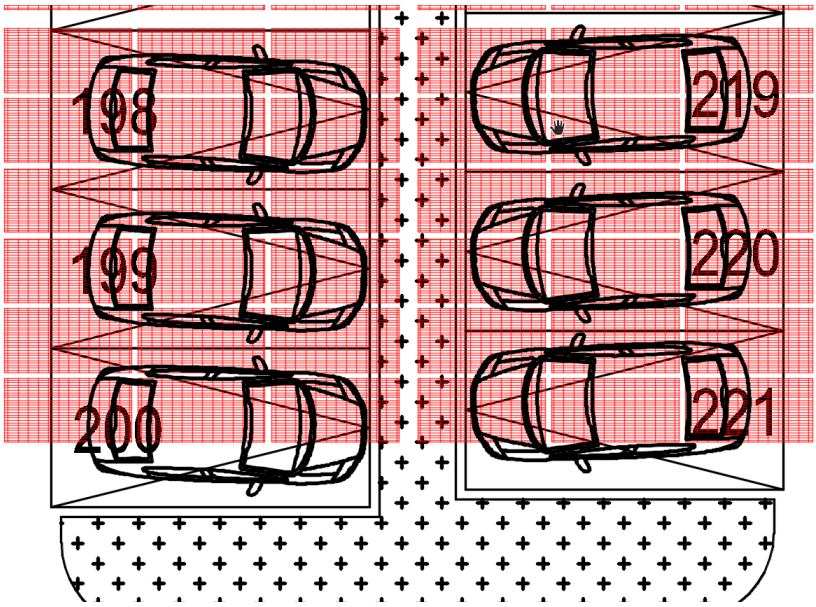


FIG. 31 LAYOUT ACAD GRUPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS EN ESTACIONAMIENTOS [FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA]

Con esta distribución se podría cubrir con sombra para 168 vehículos aproximadamente, cumpliendo con una capacidad de autogeneración permitida por la Ley NetBilling.

FIG. 32 IMAGEN CONCEPTUAL ESTACIONAMIENTOS FOTOVOLTAICOS [FUENTE : WWW.HABITISSIMO.COM.MX]

2.3.5 Estimación de Paneles Fotovoltaicos para cálculo de potencia instalada en Explorador Solar.

Con la capacidad estimada de paneles Fotovoltaicos en base al área disponible en estacionamiento, es decir una capacidad de 1008 paneles, en donde cada panel tiene un rendimiento de generación máxima de de 265Wp se puede estimar una potencia Instalada de:

1008x265 = 267120Wp /1000 = 267 kW

Con capacidad de potencia instalada se presentarán los datos en el software del Explorador solar del Ministerio de Energía, obteniendo la información relevante que se extrapolará con los datos de obtenidos del perfil de la demanda del empalme eléctrico.

Tabla 4: Resultados de la generación fotovoltaica

Capacidad Instalada	267 kW
Total Diario	1.05 MWh
Total Anual	382.13 MWh
Factor de Planta	16.0 %

Tabla 5: Ciclo anual de la generación fotovoltaica.

FIG. 33 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PROYECTO [FUENTE : HTTPS://SOLAR.MINENERGIA.CL]

Tabla 6: Ciclo diario de la generación fotovoltaica.

Hora	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
kWh	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.42	3.22	20.52	56.16	89.58	115.93
Hora	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
kWh	133.06	142.14	138.68	129.13	107.03	75.2	31.13	4.72	0.0	0.0	0.0	0.0

(a) Promedio de la generación para cada hora.

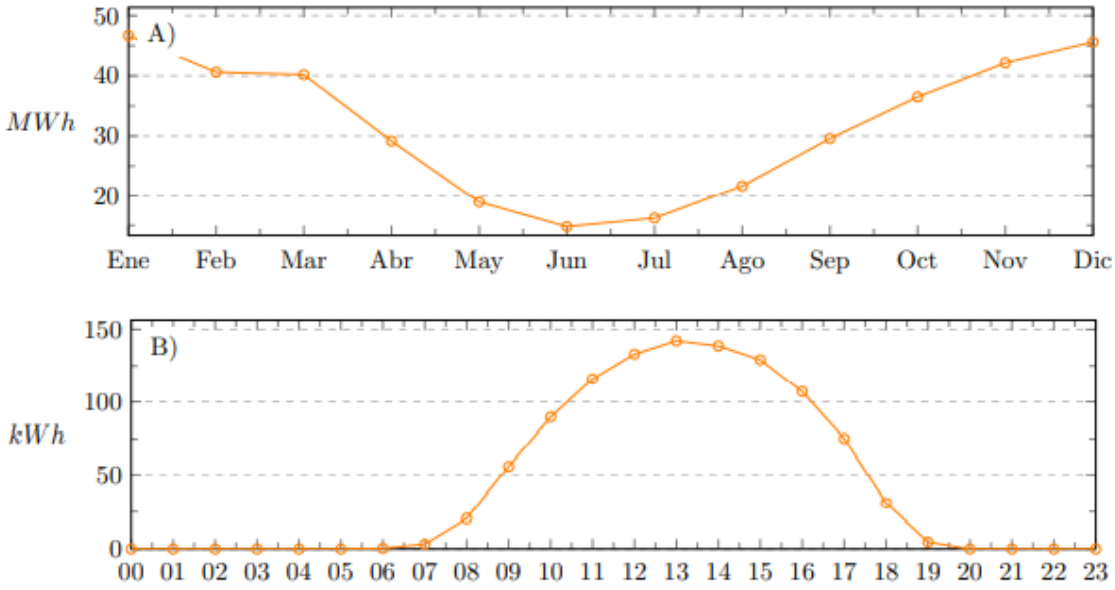


Figura 3: A) Ciclo anual de generación, B) Ciclo diario de generación

GRÁFICO 10 COMPORTAMIENTO ANUAL Y DIARIA GENERACIÓN FOTOVOLTAICA PROYECTO [FUENTE: HTTPS://SOLAR.MINENERGIA.CL]

2.3.1 **Energía solar fotovoltaica**

Su producción energética depende fuertemente del nivel de irradiación solar en la zona, y de la nubosidad del sector. Son requeridos 15.000 m2 por cada MW Instalado. Corresponde a medios de generación variable o no despachable, es decir, depende de la incidencia del recurso primario (energía solar irradiada en la superficie de los paneles) presenta un factor promedio de planta de un 16%.

FIG. 34 IMAGEN SATELITAL RADIACION SOLAR ZONA DE PROYECTO [FUENTE : HTTPS://SOLAR.MINENERGIA.CL]

LATITUD	LONGITUD	ALTURA
-35,42°	-71,63°	119 msnm

RADIACIÓN ANUAL

Global Horizontal (kWh/m²/día)	Global Inclinado 35° (kWh/m²/día)	Directa Normal (kWh/m²/día)	Difusa Horizontal (kWh/m²/día)
5,09	5,48	6,84	1,09

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Frecuencia de Nubes (%)	Temperatura Ambiental (°C)	Velocidad del viento (m/s)
18	14,4	1,6

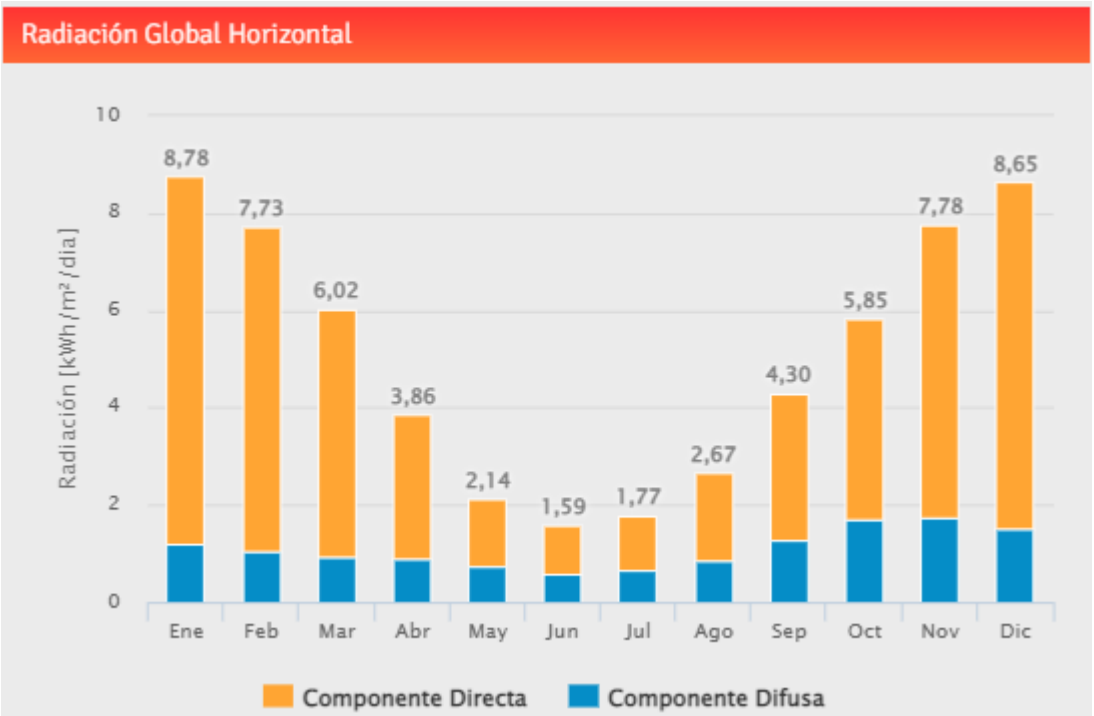


GRÁFICO 11 PARAMETROS DE RADIACIÓN SOLAR ZONA DE PROYECTO [FUENTE: HTTPS://SOLAR.MINENERGIA.CL]

2.3.2 Estimación teórica de la generación fotovoltaica

Los datos obtenidos del explorador solar para una generación fotovoltaica en dicho lugar muestran el promedio día de generación en kWh

	Explorador
Horas del Dia	**Generación Fotovoltaica [kWh]**
0	0,00
1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,42
7	3,23
8	20,56
9	56,29
10	89,79
11	116,19
12	133,34
13	142,45
14	138,99
15	129,40
16	107,27
17	75,37
18	31,31
19	4,77
20	0,00
21	0,00
22	0,00
23	0,00
Total	**1.049**

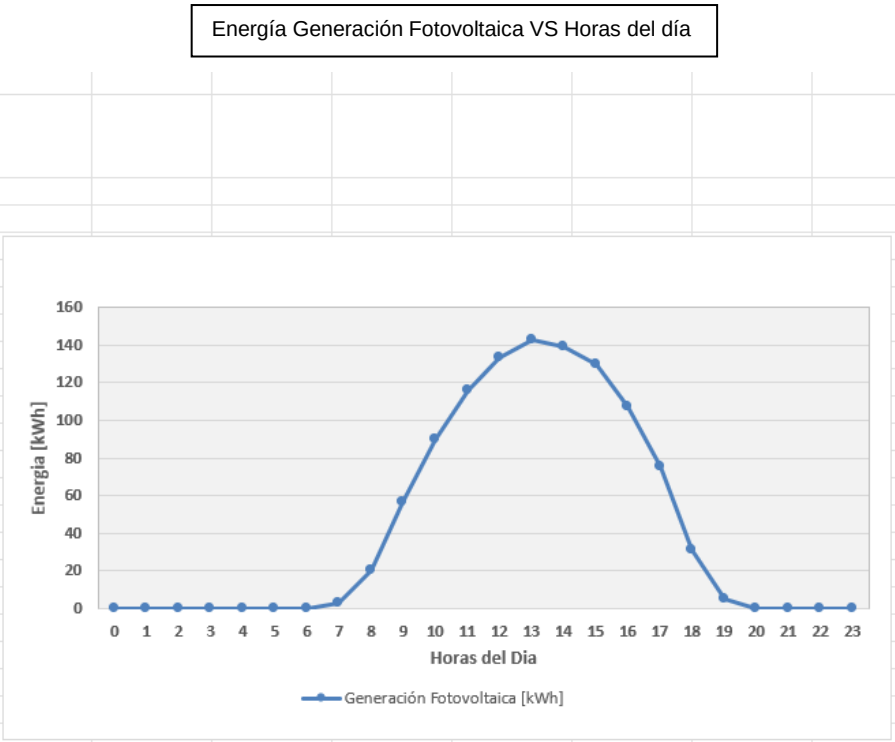


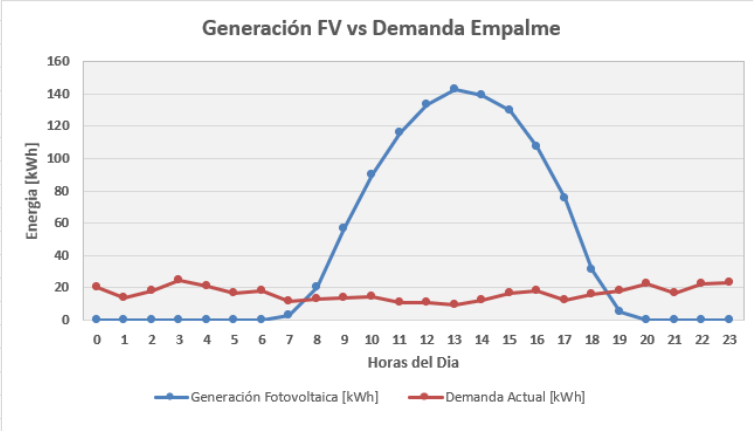
GRÁFICO 12 GENERACION FOTOVOLTAICA PROYECTO ESTIMADA [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

2.3.3 Dimensionamiento de la producción energética.

La producción de energía se calculará considerando el perfil de demanda del empalme eléctrico del campo deportivo, evaluando capacidades máximas de la

infraestructura (transformadores, barras, circuitos en MT y BT), minimizando el vertimiento de energía producto de los excedentes diarios, considerando la disponibilidad y costo de los recursos primarios para la generación.

	Explorador	Analisis	
Horas del Dia	**Generación Fotovoltaica [kWh]**	**Demanda Actual [kWh]**	**Excedentes de Energia [kWh]**
0	0,00	20,39	-20,39
1	0,00	13,54	-13,54
2	0,00	18,17	-18,17
3	0,00	25,01	-25,01
4	0,00	21,02	-21,02
5	0,00	16,85	-16,85
6	0,42	18,00	-17,58
7	3,23	11,71	-8,48
8	20,56	12,91	7,66
9	56,29	13,72	42,57
10	89,79	14,83	74,96
11	116,19	11,01	105,18
12	133,34	11,16	122,18
13	142,45	9,52	132,93
14	138,99	12,54	126,45
15	129,40	16,35	113,05
16	107,27	18,21	89,06
17	75,37	12,49	62,88
18	31,31	15,77	15,54
19	4,77	17,93	-13,16
20	0,00	22,62	-22,62
21	0,00	16,57	-16,57
22	0,00	22,22	-22,22
23	0,00	23,22	-23,22
Total	**1.049**	**396**	**653,6**



238,85	Sumatoria de la demanda de empalme electrico
414,77	Excedente autogeneración fotovoltaica

GRÁFICO 13 SE ILUSTRA UN PERFIL DE CONSUMO VERSUS GENERACIÓN, DONDE EL ÁREA ENTRE LAS CURVAS REPRESENTA LOS EXCEDENTES [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

3 CAPITULO N3: ESTUDIO ECONOMICO

3.1 MATRIZ DE EVALUACION PARA ORIENTAR PROYECTO FOTOVOLTAICO.

A continuación, se presenta una Matriz de evaluación que contempla una cuantificación de algunas variables relevantes. Estas son: Valorización de costos y Valorización ambiental. Para simplificar la matriz se adopta 2 criterios de evaluación; bajo y alto en lo económico, y, positivo y negativo en lo ambiental.

MATRIZ DE EVALUACIÓN PARA TOMA DE DECISIÓN ORIENTADA AL PROYECTO																	
MATRIZ	ENTRADA	SALIDAS	VALORACIÓN DE COSTOS								VALORACIÓN AMBIENTAL						PONDERACIÓN
			INVERSIÓN		OPERACIÓN		COMBSUTIBLE		PRECIO VENTA ENERGIA		IMPACTO SOCIAL		IMPACTO A COMPONENTES		IMAGEN CORPORATIVA		
			BAJA	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	ALTA	BAJA	ALTA	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	NEGATIVO	POSITIVO	
Eolica	Masas de viento	Energía Electrica		1		1	1			1		1		1		1	5
Fotovoltaica	Energia Solar	Energía Electrica		1	1		1			1		1		1		1	6
Combistible Fosil	Combustibles	Energía Electrica	1			1		1	1		1		1		1		1

FIG. 35 MATRIZ DE VALORIZACIÓN DE COSTOS Y AMBIENTAL [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

El resultado obtenido es la suma de todos los puntos evaluados descontando los valores que desfavorecen al proyecto (asignación en color rojo), obteniendo una ponderación final que aporta a visualizar de una mejor manera la toma de decisión del proyecto, estableciendo así que un proyecto fotovoltaico es mayormente recomendable en cuanto a lo económico y ambiental.

3.2 FINANCIAMIENTO

Por las características del proyecto y por no estar ligado directamente a la producción de alimentos, se asume para este tipo de proyecto un financiamiento con capital propio, considerando la inversión 100% con el patrimonio de la empresa.

3.3 COSTOS DE INVERSION

Para determinar la inversión, primero se debe comprender el alcance que tendrá el sistema de generación fotovoltaico propuesto para la evaluación de este proyecto, el cual se detalla a continuación:

- Paneles Fotovoltaicos: Los paneles fotovoltaicos son de tipo monofacial con celdas en tecnología monocristalina, de marca Jinko, modelo JKM265PP-60-V, el cual tiene una potencia nominal de 265 kWp. Para efectos del proyecto se contemplan 1008 unidades de este Panel fotovoltaico.

FIG. 36 FICHA TÉCNICA PANEL FOTOVOLTAICO ESTANDAR PROYECTO [FUENTE: WWW.JINKOSOLAR.COM]

- **Estructura:** Generalmente se contempla una estructura metálica de acero Galvanizado que cumpla con la función de brindar soporte en la orientación de los paneles fotovoltaicos y a su vez, tener la altura suficiente para hacer sombra a los vehículos del estacionamiento. Debe cubrir un área lineal de distribución de 252 paneles en 4 islas de estacionamientos. Por lo anteriormente expuesto, se debe considerar la ingeniería y calculo estructural de obras civiles para fundaciones, estructuras, soldaduras y componentes de techumbre.

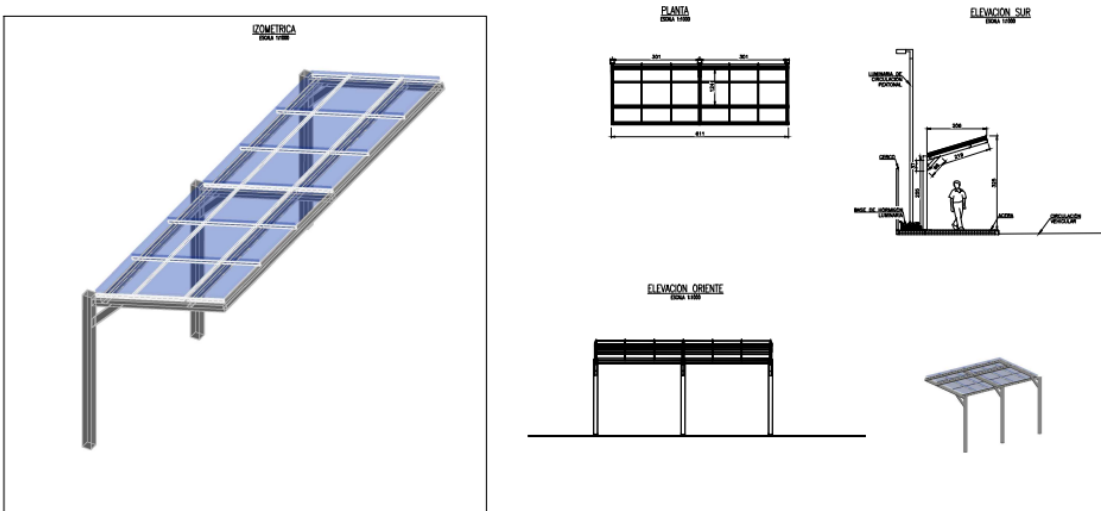


FIG. 37 ISOMETRICO ACAD ESTRUCTURA PANEL FOTOVOLTAICO ESTANDAR [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

- **Inversores**: El proyecto contempla la compra de 4 iversores, es decir uno por cada isla de estacionamiento con capacidad de potencia similar o mayor para 66.7 Kw.

FIG. 38 INVERSOR ESTANDAR PROYECTO FOTOVOLTAICO [FUENTE : WWW.SMA.DE]

- **Canalizaciones y Conductores**: El proyecto contempla toda la canalización eléctrica, de conductores a fin de poder transmitir la electricidad que hay entre el centro de generación fotovoltaica y el empalme a la red eléctrica.

FIG. 39 CANALIZACIONES Y CONDUCTORES ESTANDAR PROYECTO FOTOVOLTAICO [FUENTE: WWW.TOPCABLE.COM]

Por lo anterior, se considera un valor especifico por kW instalado de 595.640 CLP (800 USD), por lo que resulta una inversión total para este proyecto 162.246.242 CLP.

3.4 COSTOS UNITARIOS REFERENCIALES PARA ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA.

Técnologías	Valor de inversión unitario [USD/kW]	Operación y mantenimiento [%]	Costo variable no combustible [USD/MWh]	Costo variable Combustible [USD/ MWh] (*)
Eólica	1.361	3-4	0	0
Solar Fotovoltaica	970	1-2	0	0
Térmico diésel	687	1-2	3-5	144,2
Térmica Gas	1048	1-2	3,5	62,8
Térmico biogás	3.500	3-4	9,3	10

(*) Información obtenida del informe auditado de costos por tecnología de generación del coordinador eléctrico nacional. (https://www.coordinador.cl/operacion/documentos/programas-de-operacion).

FIG. 40 COSTOS POR TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN [FUENTE: WWW.COORDINADOR.CL]

3.5 MONEDA A UTILIZAR

Para la determinación de los ingresos y costos se utilizó la moneda peso chileno (CLP) y para la valorización de la inversión se consideró la moneda dólar (USD), el cual asciende a 744,35 CLP = 1 USD, el cual corresponde al valor promedio diario nominal del dólar observado comprendidos en los años 2019, 2020 y 2021. A continuación, se expone la siguiente, la cual resume los valores promedios de los últimos 3 años.

.

Periodo	Valor
Año 2021	702,63
Año 2020	792,22
Año 2019	738,20
Promedio	**744,35**

FIG. 41 TABLA HISTÓRICA DEL VALOR PROMEDIO DIARIO NOMINAL DEL DÓLAR OBSERVADO. [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE DATOS EXTRAIDOS DEL BANCO CENTRAL DE CHILE]

3.6 DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS

Los ingresos del proyecto serán en gran parte por la generación de energía fotovoltaica generada durante las Horas Solar Pico (HSP), las cuales serán inyectadas a la red generando excedentes, es decir se genera más de lo que se demanda.

3.6.1 **Perfil demanda eléctrica campo deportivo**

A continuación, se expone el resultado del actual perfil de la demanda del consumo eléctrico del campo deportivo.

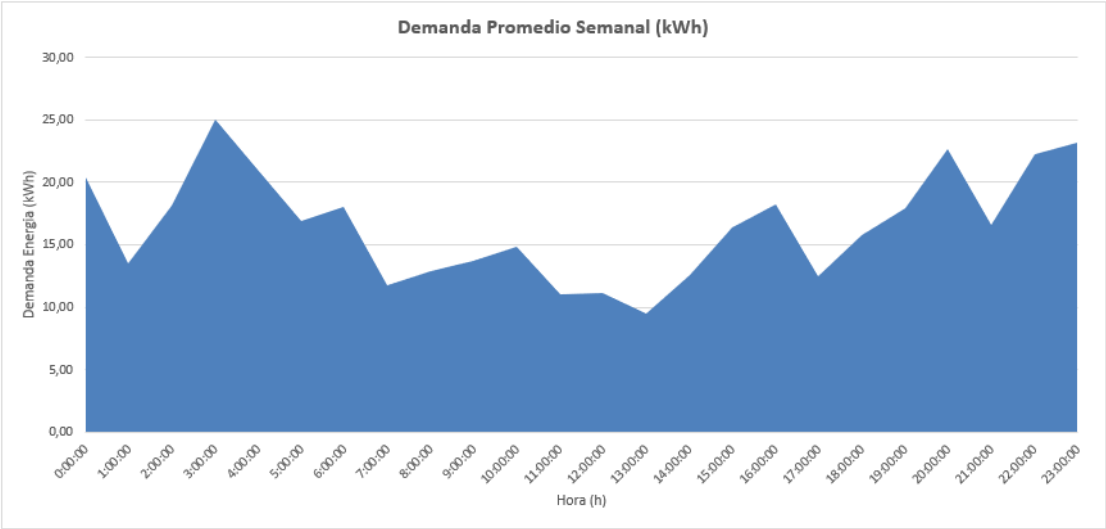


GRÁFICO 14 PERFIL DE LA DEMANDA ELECTRICA COMPLEJO DEPORTIVO [FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A DATOS OBTENIDOS DE ANALIZADOR DE RED]

En el gráfico del perfil de la demanda se aprecia un comportamiento cíclico en el consumo de energía electrica, durante las horas del día, es decir entre las 6:00 am hasta las 17:00 pm tiende a una menor demanda. Desde las 17:00 hasta la 2:00 am se incrementa el consumo ya que son horas designadas para riego, automático de las canchas, uso de camarines, Iuminacion de las instalaciones debido a la realización de actividades deportivas fuera del horario de trabajo entre otros.

Etiquetas de fila	03-12-2021	04-12-2021	05-12-2021	06-12-2021	07-12-2021	08-12-2021	09-12-2021	10-12-2021	Promedio Tota Energía (kWh/día)
0:00:00		22.830	9.401	23.387	27.144	26.665	23.727	9.584	**20,39**
1:00:00		21.892	20.907	6.916	10.727	21.145	6.867	6.321	**13,54**
2:00:00		24.482	6.952	21.914	22.925	21.441	22.415	7.074	**18,17**
3:00:00		27.459	24.069	24.116	35.177	31.495	24.443	8.341	**25,01**
4:00:00		28.632	20.505	23.342	34.484	24.288	8.149	7.722	**21,02**
5:00:00		23.778	12.133	9.969	24.950	14.642	23.232	9.259	**16,85**
6:00:00		22.198	15.122	24.380	16.515	16.942	22.965	7.858	**18,00**
7:00:00		3.768	8.874	18.252	21.204	18.207	7.684	4.000	**11,71**
8:00:00		16.302	13.666	19.248	20.973	4.885	13.208	2.059	**12,91**
9:00:00		18.280	2.977	20.966	20.923	12.989	16.974	2.948	**13,72**
10:00:00		18.728	2.242	24.500	18.346	17.110	19.720	3.197	**14,83**
11:00:00		17.347	1.196	24.499	10.979	1.279	18.795	2.980	**11,01**
12:00:00		1.403	1.233	20.212	21.250	15.809	16.516	1.726	**11,16**
13:00:00	1.891	16.070	9.306	18.683	16.705	1.782	2.180		**9,52**
14:00:00	19.593	16.744	1.288	10.294	5.289	15.952	18.588		**12,54**
15:00:00	18.387	17.862	13.966	21.403	20.203	1.935	20.695		**16,35**
16:00:00	18.170	16.773	1.280	30.464	25.540	16.597	18.649		**18,21**
17:00:00	6.480	16.777	1.521	9.809	17.728	17.046	18.076		**12,49**
18:00:00	15.960	17.655	17.376	21.207	17.331	17.954	2.938		**15,77**
19:00:00	21.528	4.597	49.966	23.399	15.723	4.672	5.653		**17,93**
20:00:00	22.151	22.345	34.817	25.343	14.312	32.202	7.176		**22,62**
21:00:00	23.685	7.366	12.949	24.750	26.309	14.178	6.771		**16,57**
22:00:00	19.952	27.126	10.529	29.986	28.344	27.719	11.903		**22,22**
23:00:00	11.473	26.603	26.576	30.602	28.699	27.572	10.983		**23,22**
Total general									**144.459**

FIG. 42 ENERGÍA POR HORA DURANTE UNA SEMANA [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

En la figura 42 se puede apreciar el promedio total de energía por hora durante una semana (7 días). Resultando una Energía total diaria de 144 kWh/día.

3.6.2 Energía Generación Fotovoltaica Proyectada

En base a las características del sistema de generación fotovoltaica proyectado para el complejo deportivo y el procesamiento de datos en el software del Explorador Solar del ministerio de Energía, se puede observar el comportamiento de la generación en la fotovoltaica diaria en los meses del año.

Meses del Año	Producción Total Diaria [kWh/dia]	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Enero	1.506	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41	6,61	33,66	85,48	131,10	163,39	183,03	191,51	187,78	173,47	149,07	112,62	67,68	20,46	0,00	0,00	0,00	0,00
Febrero	1.450	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,91	24,17	74,28	120,72	156,10	179,39	190,05	187,62	173,44	148,99	110,26	65,13	16,32	0,00	0,00	0,00	0,00
Marzo	1.296	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,64	18,50	64,73	110,37	145,93	166,46	176,94	172,03	159,44	134,16	95,24	49,83	2,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Abril	972	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,79	45,44	79,35	110,70	123,56	140,10	141,81	128,40	105,08	70,01	16,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	611	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,83	21,23	39,18	59,78	81,06	93,71	93,83	94,02	74,03	51,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	494	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	14,29	30,39	44,74	64,91	74,93	75,52	82,17	65,21	41,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Julio	524	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	15,95	34,06	52,75	65,41	76,61	79,92	79,22	65,68	54,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Agosto	699	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,42	28,92	54,45	78,10	95,14	100,46	101,65	95,42	78,04	52,40	8,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	986	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,78	19,16	55,40	89,41	115,10	127,70	139,82	132,77	119,29	96,40	60,91	29,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Octubre	1.177	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	6,15	36,79	78,68	115,37	139,62	153,62	157,23	145,80	129,94	107,56	69,48	37,03	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	1.405	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,97	11,13	49,84	97,19	136,93	163,59	177,67	180,30	171,17	154,15	125,63	86,37	44,52	4,85	0,00	0,00	0,00	0,00
Diciembre	1.471	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,59	9,51	45,22	93,93	136,20	164,51	182,18	187,69	177,95	163,86	137,39	100,06	56,72	13,36	0,00	0,00	0,00	0,00
Promedio	1.049	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,42	3,23	20,56	56,29	89,79	116,19	133,34	142,45	138,99	129,40	107,27	75,37	31,31	4,77	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	12.593	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,99	38,74	246,75	675,53	1.077,51	1.394,30	1.600,13	1.709,34	1.667,87	1.552,83	1.287,24	904,46	375,77	57,24	0,00	0,00	0,00	0,00

FIG. 43 PRODUCCIPON TOTAL DIARIA [KWH/DIA] [FUENTE : ELABORACION PROPIA]

Con el promedio horario semanal de la tabla precedente, es posible desarrollar la gráfica que indicará el comportamiento de la generación solar fotovoltaica durante un día representativo del año.

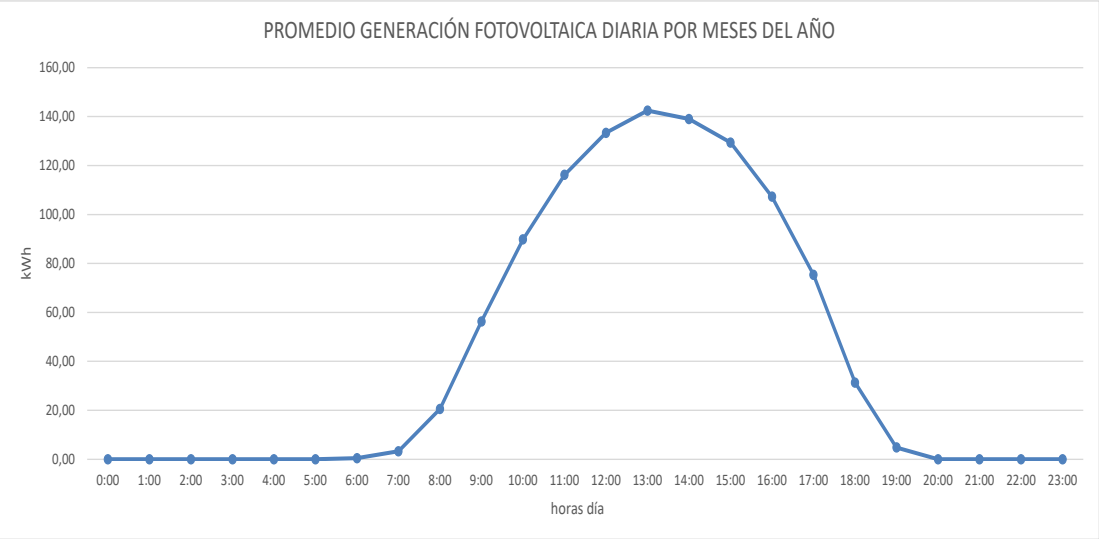


GRÁFICO 15 PRODUCCION FOTOVOLTAICA DIARIA POR MESES DEL AÑO [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

3.6.3 Ingresos

Con los datos previamente analizados, se superpone curvas de generación fotovoltaica y la actual demanda de energía eléctrica para determinar los vertimientos de energía.

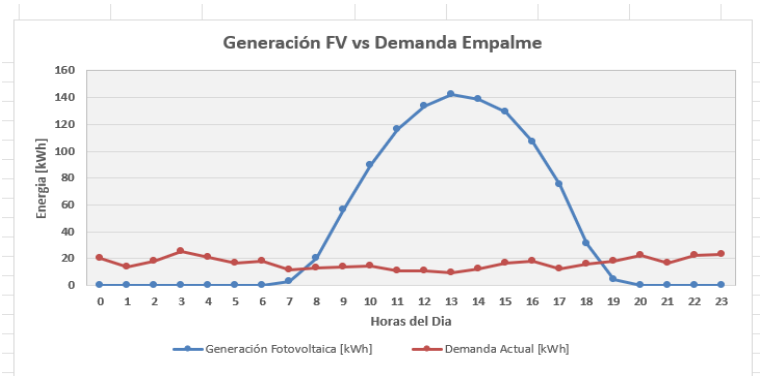


GRÁFICO 16 GENERACIÓN FOTOVOLTAICA VS DEMANDA EMPALME ELECTRICO COMPLEJO DEPORTIVO [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

La demanda de energía del complejo deportivo en los horarios fuera de la hora solar pico es abastecida por la red eléctrica (concesionaria CGE), en cambio, entre las 8 am y 6 pm se genera un excedente de energía los cuales se traducen en una inyección de energía desde el propietario hasta la concesionaria, lo cual se reconoce como un ingreso. A continuación, se valorizará los ingresos mensuales y anuales para próximamente evaluar el proyecto.

a) Precio de Energía

Para valorizar los ingresos se considera que el empalme contratado en la concesión CGE Talca tiene tarifa AT 4.3, por lo que los cargos a utilizar son:

Cargo Tarifa AT 4.3	Precio
Energía [CLP/kWh]	68,4 CLP
Sistema de Transmisión [CLP/kWh]	17 CLP
Total Precio.	85,39 CLP/kWh

FIG. 44 PRECIO DE LA ENERGÍA ELECTRICA DEMANDADA [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

3.7 DETERMINACION DE LOS COSTOS

La composición de los costos del proyecto está definida por la mano de obra, los insumos y el costo de oportunidad, el cual para esta evaluación se contempló el valor de arriendo del terreno. El resultado final de la valorización asciende a 725.585 USD al 100% de ocupación.

	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Mantenimiento																						
Inversión	[MMCLP]	0	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246	162.246
% Mantenimiento	[%]	0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Sub Total	**[MMCLP]**	**0**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**	**1.622**
Costo de Oportunidad																						
Arriendo Terreno Estacionamientos	[CLP]	0	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Sub Total	**[MMCLP]**	**0**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**	**6.000**
Total Costos	**[MMCLP]**	**0**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**

FIG. 45 DETERMINACION DE LOS COSTOS [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

3.8 DETERMINACION DE LA DEPRECIACION

Con relación a la depreciación de la inversión inicial del proyecto se consideró el método de depreciación lineal; conforme a lo establecido por el Servicio de Impuestos Internos (SII) a través de la resolución N°43, de 26-12-2002, con vigencia a partir del 01-01-2003, la cual fija la vida útil para los bienes físicos el activo inmovilizado.

En la siguiente tabla, se resumen los valores de depreciación anual de por cada bien físico de la inversión del proyecto.

Activo	Inversión Total (CLP)	Vida Útil (años)	Depreciación Anual (CLP)
Generador FV	162.246.242	**25**	**6.489.850**

FIG. 46 DEPRECIACION ANUAL PARA UN PROYECTO DE GENERADOR FOTOVOLTAICO [FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A ALCANCES DE DEPRECIACIÓN DEL SII]

3.9 DETERMINACION DEL ESTADO DE RESULTADO

El estado de resultados recoge los ingresos y gastos que ha tenido proyecto durante un periodo de tiempo, en este caso, a 20 años.

Indica como los ingresos se transforman en beneficio en la medida en que se van restando los gastos. Sirve para tener una visión rápida de cuáles han sido los gastos más importantes para la empresa. De esta manera se observa donde sería más fácil recortar para ahorrar costos innecesarios.

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos																					
Ingresos por Excedentes		28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112	28.112
Total Ingresos		**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**	**28.112**
Costos																					
Mantenimiento		1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622	1.622
Costo Oportunidad		6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Total Costos		**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**	**7.622**
Margen Bruto (EBITDA)		**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**	**20.490**
Depreciación (-)		6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	38.939
Utilidad Antes Imp. (EBIT)		**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**14.000**	**-18.449**
Impuestos (27%)		3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	3.780	-4.981
Utilidad Despues de Impuestos	**0**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**10.220**	**-13.468**

FIG. 47 RESUMEN ESTADO DE RESULTADOS [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

Para la inversión se evalúa el estado de resultados como parte del análisis sobre lo que vale el proyecto, mientras que para la deuda el estado de resultados se utiliza para determinar la facilidad que tiene la empresa para devolver el dinero invertido.

Los ingresos por parte de la generación de energía son las cantidades directas de dinero que ha obtenido la empresa por la venta de excedentes inyectados a la red,

mientras que los gastos son las cuantías de dinero en las que ha tenido que incurrir la empresa para conseguir esos ingresos. Un ejemplo podría ser el costo de oportunidad, de mantención, salarios, impuestos, entre otros.

3.10 DETERMINACION DEL FLUJO DE CAJA

A partir de la utilidad después de impuestos se pueden obtener los flujos de caja libre, realizando algunos ajustes adicionales. Básicamente, estos ajustes incluyen, por ejemplo, la depreciación, las inversiones y los cambios en capital de trabajo neto.

Periodo (año)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos de Caja																					
Utilidad Despues Impuestos	0	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	10.220	-13.468
Depreciación (+)	0	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	6.490	38.939
Total Ingresos	**0**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**25.471**
Egresos de Caja																					
Inversión	162.246	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Egresos	**162.246**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
Flujo de Caja Libre	**-162.246**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**16.710**	**25.471**

FIG. 48 RESUMEN FLUJO DE CAJA LIBRE [FUENTE: ELABORACION PROPIA]

3.11 DETERMINACION DE LOS INDICADORES DE RENTABILIDAD

El flujo de caja libre permite aportar los datos necesarios para Calcular el VAN (Valor Actual Neto) del proyecto a evaluar y el resto de los indicadores de rentabilidad.

3.11.1 **Valor Actual Neto (VAN)**

En base al valor actualizado de los cobros y pagos futuros de la inversión el proyecto, se obtiene un valor actual neto de 32.144 CLP evaluado a una tasa de descuento del 6%. Conforme a los criterios de aceptación del indicador financiero el proyecto es aceptable, por lo que, genera beneficios (VAN>0).

Indicador	USD
Valor Actual Neto (VAN)	32.144

FIG. 49 INDICADOR VALOR ACTUAL NETO EN DÓLARES (USD) [FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A LA EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO]

3.11.2 **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

De acuerdo con el criterio de aceptación del indicador, el proyecto resulta aceptable, debido a que la tasa interna de retorno (TIR) es mayor a la tasa de descuento utilizada para evaluar el proyecto (6%).

Indicador	%
Tasa Interna Retorno (TIR)	8,3%

FIG. 50 TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO [FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO]

3.11.3 **Periodo de Recuperación de la Inversión (Payback)**

En el proyecto el periodo de tiempo en el cual la acumulación del flujo de caja libre pronosticado es igual a la inversión inicial es de 9,71 años, lo cual es aceptable ya que está dentro del horizonte de evaluación del proyecto.

Indicador	Tiempo (años)
Periodo Recuperación (PRI)	9,71

FIG. 51 PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN (PRI) [FUENTE: ELABORACION PRPIA EN BASE A LA EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO]

3.11.4 **Índice de Exceso de Valor Actual Neto (IVAN)**

Para esta evaluación del proyecto, el indicador IVAN asciende a 0,20, lo que significa que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de 0,20 dólares.

Indicador	MCLP
Valor Actual Neto (VAN)	32.144
Inversión	162.246
Indice de Exceso de Valor Actual Neto (IVAN)	**0,20**

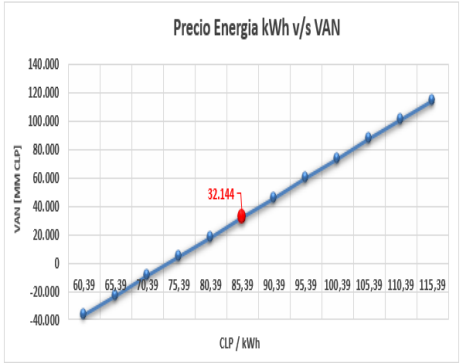
FIG. 52 INDICE DE EXCESO DE VALOR ACTUAL NETO (IVAN) [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA EN BASE A LA EVALUACION ECONÓMICA DEL PROYECTO]

3.12 DETERMINACION DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para determinar la sensibilidad de los indicadores económicos de la evaluación del proyecto (VAN y TIR), se consideraron tres variables a flexibilizar en distintos escenarios, las que corresponden la variación del precio del kWh y la variación del tipo de cambio del dólar. Estas variables críticas se definieron debido a su alto impacto en la rentabilidad del proyecto. En las siguientes tablas se exponen los resultados obtenidos.

Caso N°1: Variación "Precio kWh"

Precio [CLP/kWh]	VAN	TIR
60,39	-36.889	3,1%
65,39	-23.116	4,2%
70,39	-9.343	5,3%
75,39	4.430	6,3%
80,39	18.203	7,3%
85,39	**32.144**	**8,3%**
90,39	45.749	9,2%
95,39	59.522	10,1%
100,39	73.295	11,0%
105,39	87.068	11,9%
110,39	100.841	12,8%
115,39	114.614	13,6%



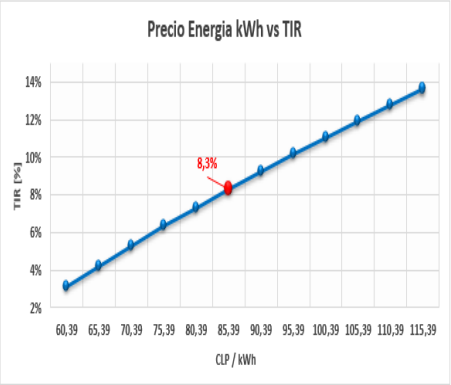
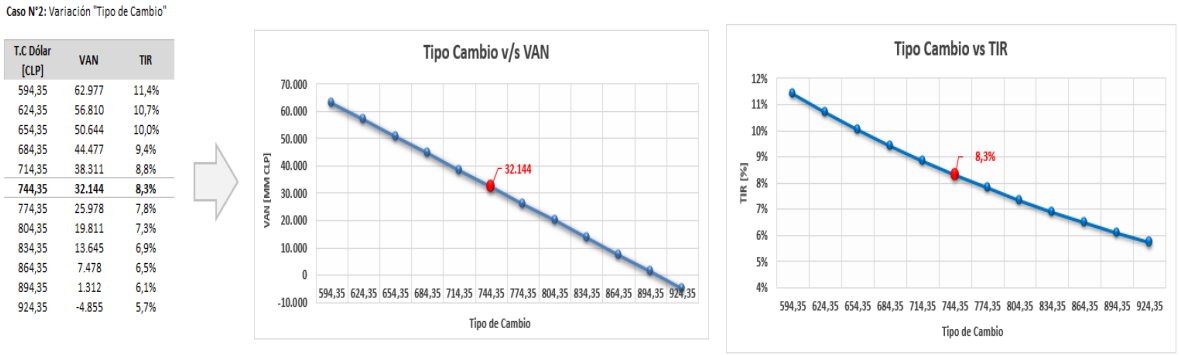


FIG. 53 ANALISIS DE SENSIBILIDAD EN VACE A LA VARIACION DEL PRECIO DEL KWH [FUENTE : ELABORACION PROPIA EN BASE A EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO]



Caso N°2: Variación "Tipo de Cambio"

T.C Dólar [CLP]	VAN	TIR
594,35	62.977	11,4%
624,35	56.810	10,7%
654,35	50.644	10,0%
684,35	44.477	9,4%
714,35	38.311	8,8%
744,35	**32.144**	**8,3%**
774,35	25.978	7,8%
804,35	19.811	7,3%
834,35	13.645	6,9%
864,35	7.478	6,5%
894,35	1.312	6,1%
924,35	-4.855	5,7%

FIG. 54 ANALISIS DE SENSIBILIDAD VARIACION TIPO DE CAMBIO [FUENTE: ELABORACION PROPIA EN BASE A EVALUACIÓN ECONOMICA DEL PROYECTO]

3.13 CONCLUSION ESTUDIO ECONÓMICO

El ahorro se puede percibir en generación diaria de la siguiente forma como se describe gráficamente a continuación.

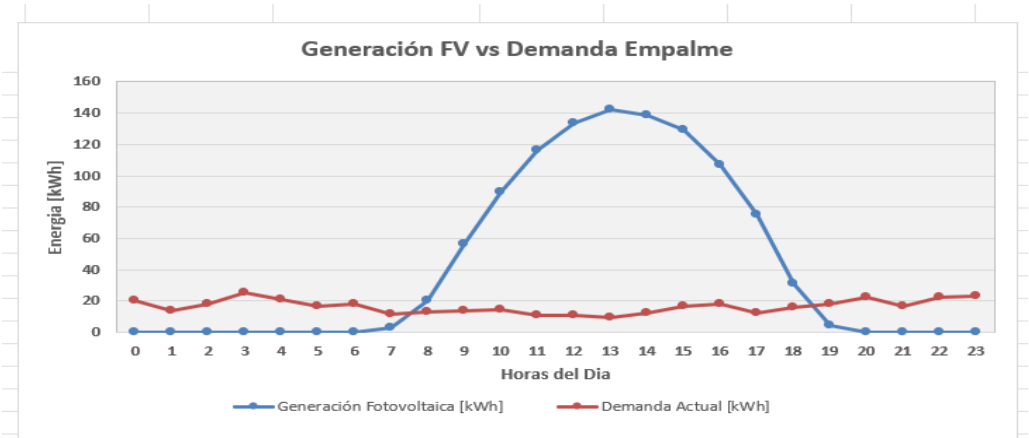


GRÁFICO 17 DELTA OBSERVADO GENERACIÓN FOTOVOLTAICA VS DEMANDA ELECTRICA DEL EMPALME [FUENTE : ELABORACIÓN PROPIA]

	Explorador	Analisis		Ahorro
Horas del Dia	**Generación Fotovoltaica [kWh]**	**Demanda Actual [kWh]**	**Excedentes de Energia [kWh]**	**CLP ($84,39)**
0	0,00	20,39	-20,39	$ -1.721
1	0,00	13,54	-13,54	$ -1.143
2	0,00	18,17	-18,17	$ -1.534
3	0,00	25,01	-25,01	$ -2.111
4	0,00	21,02	-21,02	$ -1.774
5	0,00	16,85	-16,85	$ -1.422
6	0,42	18,00	-17,58	$ -1.484
7	3,23	11,71	-8,48	$ -716
8	20,56	12,91	7,66	$ 646
9	56,29	13,72	42,57	$ 3.593
10	89,79	14,83	74,96	$ 6.326
11	116,19	11,01	105,18	$ 8.876
12	133,34	11,16	122,18	$ 10.311
13	142,45	9,52	132,93	$ 11.218
14	138,99	12,54	126,45	$ 10.671
15	129,40	16,35	113,05	$ 9.540
16	107,27	18,21	89,06	$ 7.516
17	75,37	12,49	62,88	$ 5.306
18	31,31	15,77	15,54	$ 1.311
19	4,77	17,93	-13,16	$ -1.111
20	0,00	22,62	-22,62	$ -1.909
21	0,00	16,57	-16,57	$ -1.399
22	0,00	22,22	-22,22	$ -1.875
23	0,00	23,22	-23,22	$ -1.959
Total	**1.049**	**396**	**653,6**	**$ 55.159**

	Demanda Electrica (Kwh)	CLP ($84,39)
RED	238,85	$ 20.156
GENERACION FV	892,46	$ 75.315
	Excendentes (CLP)	**$ 55.159**
	Excendentes (kWh)	**653,6**

FIG. 55 VISUALIZACION DE AHORRO PROYECTO FOTOVOLTAICO VS DEMANDA ELECTRICA EMPALME [FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA]

El ahorro generado es de 55.159 CLP diario con Excedente de generación de 653,6 kWh de Energía inyectada a la Red.

4 CONCLUSIONES

En base a lo observado en el estudio de mercado, un proyecto fotovoltaico es una propuesta que agrega valor, mejorando la satisfacción y percepción del cliente, renovando su imagen empresarial por una más sustentable En cuanto a Marketing y difusión del proyecto crea contenido para evidenciar la transformación a lideres en sustentabilidad.

Técnicamente se contribuye al medio ambiente del lugar, ya que se promueve la reducción de la huella de carbono mediante la introducción de energía solar fotovoltaica al campo deportivo. Utilizando las facultades que otorga la ley y los conocimientos técnicos del sistema instalado de 276 kW, las emisiones evitadas son de 137,73 tonCO_2/año., alcanzando un Ahorro anual que oscila entre los 28 a 34 millones de pesos.

Por lo anterior, se podría adquirir un Sello Verde, gracias a que la agencia de Sostenibilidad Energética certifica los CO_2 evitados y los ahorros generados.

Con respecto a la evaluación económica del proyecto implementado en el campo deportivo Jaime Fernández García, en la región del Maule, se puede concluir que, bajos los parámetros y supuestos establecidos, los índices de rentabilidad calculados indican que el proyecto es rentable.

La Inversión total del proyecto la cual asciende a 162.246 MCLP, tiene un periodo de recuperación de 9,7 años, un valor actual neto de 32.144 MCLP y una tasa interna de retorno de 8,3% (Calculado a una tasa de descuento de un 6%), resultando aceptable para el proyecto.

Una de las principales amenazas está determinada por un bajo nivel de radiación solar que puede estar condicionado por agentes climáticos como la lluvia, dias nublados, etc., lo cual incide directamente en la energía generada por los paneles fotovoltaicos, que, por consecuencia, gatillara en una disminución de los ingresos del proyecto.

Otra amenaza identificada corresponde a los efectos originados por la pandemia Covid-19, la que a nivel nacional genera escasez de mano de obra, desabastecimiento de insumos y alzas en los costos de producción, mientras que a nivel internacional afecta principalmente la logística de distribución y la demanda de los distintos mercados.

Si bien es cierto, el proyecto será financiado en un 100% con patrimonio de la empresa Productos Fernández S.A, en caso de realizar futuros proyectos con deuda de largo o mediano plazo, se recomienda siempre evaluarlo bajo la moneda de los ingresos dólar, de manera que, al menos en el financiamiento no exista un descalce por el tipo de cambio.

5 BIBLIOGRAFIA

Diario Oficial, 2017, Decreto 103 modifica decreto supremo nº 71, de 2014, del ministerio de energía,que aprueba reglamento de la ley nº 20.571, que regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.

Diario Oficial, 2012, Ley 20.571 Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.

Sapag, N., Sapag, R.2008. Preparación y Evaluación de Proyectos, Quinta edición, Editorial Mc. Graw Hill, Colombia.

Biblioteca del Congreso Nacional,2021, Matriz Energética y Eléctrica en Chile, Asesoria técnica parlamentaria.

Comision Nacional de Energía Chile, 2020, Informe de costos de tecnologías de generación.

Porter, M. 2010. Cadena de Valor.

Vidal K., Gonzalez J. 2014. Proyectos Evaluación y formulación, Primera Edicion, Edit. Alfaomega.

Comision Nacional de Energía, CNE, 2017. Norma técnica calidad de sistemas de servicios de distribución.