



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS  
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**TEMA:**

**Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red de la empresa CEDAL  
Durán**

**AUTOR:**

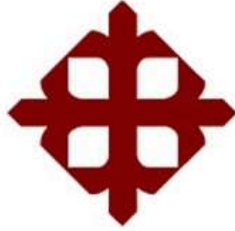
**Lucas Germán Rodríguez Peñafiel**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado Académico de  
**MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS  
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**TUTOR:**

**MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar**

**Guayaquil, 23 de noviembre del 2023**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS  
RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **Lucas Germán Rodríguez Peñafiel** como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de **MAGÍSTER EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**TUTOR**

---

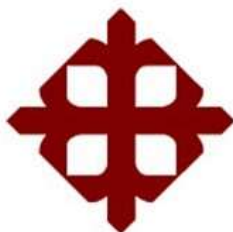
Ph.D. Celso Bayardo Bohórquez Escobar

**DIRECTOR DEL PROGRAMA**

---

Ph.D. Celso Bayardo Bohórquez Escobar

Guayaquil, 23 de noviembre del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo, Lucas Germán Rodríguez Peñafiel**

**DECLARO QUE:**

El trabajo de titulación “**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED DE LA EMPRESA CEDAL DURÁN**”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

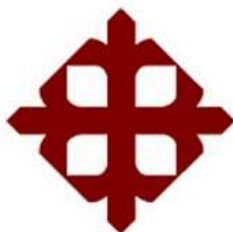
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del trabajo de titulación del Grado Académico en mención.

Guayaquil, 23 de noviembre del 2023

EL AUTOR

---

**Lucas Germán Rodríguez Peñafiel**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, Lucas Germán Rodríguez Peñafiel

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del trabajo de titulación de Maestría titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED DE LA EMPRESA CEDAL DURÁN”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 días del mes de noviembre del año 2023

EL AUTOR

---

Lucas Germán Rodríguez Peñafiel

## INFORME COMPILATIO



Reporte COMPILATIO del Ingeniero Lucas Germán Rodríguez Peñafiel, del Programa de Maestría en Electricidad con mención en energías renovables y eficiencia energética, con el tema “**DISEÑO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO INTEGRADO A LA RED DE LA EMPRESA CEDAL DURÁN**”, mismos que se encuentra al 3% de coincidencias.

**Ing. Bayardo Bohórquez Escobar, PhD**  
**DOCENTE-TUTOR**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a Dios por concederme la vida y permitirme llegar a culminar un logro más en mi formación académica.

A mis Padres: Miguel Rodríguez e Inés Peñafiel por enseñarme a encarar la vida ante cualquier adversidad sin perder la dignidad ni desfallecer en el intento de lograr el éxito en las metas que me he propuesto, me han inculcado valores, principios, perseverancia y empeño todo siempre con amor y paciencia guiándome para ser un hombre de bien.

A mi esposa por su: cariño, apoyo, comprensión y amor para poder culminar mis estudios de posgrado.

A mis pequeños hijos: Lucas Sebastián y José Benjamín que son mi fuente de inspiración para superarme cada día.

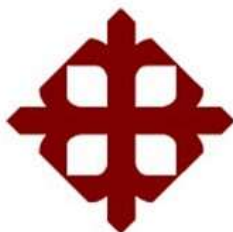
Lucas Germán Rodríguez Peñafiel

## **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a la Universidad Católica “Santiago de Guayaquil” prestigiosa institución de Educación Superior por su trato humano y su visión de formar seres humanos al servicio de la sociedad.

A mis maestros que con mística y paciencia supieron impartir los conocimientos necesarios para el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi familia por el apoyo, la confianza depositada en mi persona y por creer siempre en mi espíritu de superación.




**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
SISTEMA DE POSGRADO  
MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD CON MENCIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES Y  
EFICIENCIA ENERGÉTICA

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.   
\_\_\_\_\_  
Ph.D. Celso Bayardo Bohórquez Escobar  
TUTOR

f.   
\_\_\_\_\_  
MSc. Gustavo Miguel Mazzini Muñoz  
REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_  
MSc. Diana Carolina Bohórquez Heras  
REVISOR

f.   
\_\_\_\_\_  
Ph.D. Celso Bayardo Bohórquez Escobar  
DIRECTOR DEL PROGRAMA



## ÍNDICE

Capítulo 1. Descripción General.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Descripción del problema.....	2
1.3. Justificación del problema.....	2
1.4. Objeto de estudio.....	3
1.5. Hipótesis.....	3
1.6. Objetivos.....	3
1.6.1. Objetivo general.....	3
1.6.2. Objetivos específicos.....	3
1.7. Fundamento Metodológico y Métodos de investigación .....	4
Capítulo 2. Marco Teórico Conceptual.....	5
2.1. El sol como fuente de energía .....	5
2.2. Radiación solar.....	5
2.2.1. Radiación directa .....	6
2.2.2. Radiación difusa.....	6
2.2.3. Radiación reflejada o albedo.....	6
2.2.4. Irradiancia (I) .....	6
2.2.5. Irradiación (G) .....	7
2.3. Análisis de orientación e inclinación .....	8
2.3.1. Orientación ( $\alpha$ ).....	8
2.3.2. Inclinación ( $\beta$ ).....	8
2.4. Efecto fotovoltaico .....	8
2.4.1. Funcionamiento de una célula fotovoltaica .....	10
2.4.2. Clasificación de células fotovoltaicas .....	10
2.5. Curvas características de la célula solar .....	12
2.5.1. Curva característica I-V de la célula solar .....	12
2.5.2. Curva característica P-V de la célula solar .....	14
2.5.3. Formas de asociación de las células solares .....	14
2.6. Panel solar .....	15
2.6.1. Componentes de los paneles solares .....	16
2.7. Tipos de paneles fotovoltaicos .....	18
2.7.1. Panel solar Monocristalino .....	18

2.7.2.	Panel solar Policristalino.....	19
2.7.3.	Panel solar Amorfo .....	19
2.8.	Componentes de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica.....	19
2.8.1.	Paneles fotovoltaicos .....	19
2.8.2.	Inversor de Corriente .....	20
2.8.3.	Medidor bidireccional.....	21
2.8.4.	Protecciones .....	21
2.8.5.	Cableado .....	24
2.8.6.	Conectores enchufables para el cable de corriente directa .....	25
2.9.	Conexión a red para consumo propio de energía solar .....	26
2.10.	Legislación y normativa vigente.....	27
2.11.	Marco normativo .....	30
CAPITULO 3. DISEÑO CONCEPTUAL.....		32
3.1.	Diseño sistema fotovoltaico. ....	32
3.2.	Descripción del procedimiento para evaluar .....	32
3.3.	Estimación del consumo.....	33
3.4.	Instalación geográfica de la empresa cedal Durán .....	34
3.5.	Cálculo de irradiación solar.....	35
3.6.	Temperatura de las células fotovoltaicas .....	36
3.7.	Rendimiento de los paneles solares en función de la temperatura. ....	38
3.8.	Rendimiento del sistema .....	39
3.9.	Dimensionamiento del área y generación energética .....	41
3.10.	Estimación de la producción del sistema fotovoltaico .....	43
3.11.	Dimensionamiento de los Inversores.....	45
3.11.1.	Arreglos por inversor .....	45
3.11.2.	Voltaje de máximo punto de potencia (arreglo de paneles en serie) .....	45
3.11.3.	Corriente de máximo punto de potencia (arreglo de paneles en paralelo).....	46
3.12.	Dimensionamiento del cableado.....	46
3.13.	Dimensionamiento de fusibles de tramos.....	48
3.14.	Interruptor principal de tensión DC y AC .....	49
CAPÍTULO 4. ANALISIS Y RESULTADOS.....		50
4.1.	Resultados instalación fotovoltaica.....	50
4.2.	Beneficio económico de la planta fotovoltaica .....	50
4.3.	Cálculo de la producción de energía solar en 25 años .....	51
4.4.	Lista de precios de proyecto fotovoltaico de cedal Dúran .....	53

4.5. Beneficio Tributario .....	54
4.6. Análisis económico del proyecto fotovoltaico en Cedal Durán .....	54
4.6.1. Valor presente neto (VAN) .....	54
4.6.2. La tasa interna de retorno (TIR).....	55
4.6.3. Plazo de recuperación (PAYBACK) .....	57
4.6.4. Valor presente de los costos de mantenimiento .....	57
4.6.5. Valor presente de todos los costes .....	60
4.6.6. Costo anual nivelado del proyecto .....	60
4.6.7. Costo nivelado de la energía .....	61
CONCLUSIONES. ....	63
RECOMENDACIONES: .....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ANEXOS.....	68
NOMENCLATURA .....	71
SIGLAS .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Radiación solar .....	5
<b>Figura 2.</b> Tipos de radiación .....	6
<b>Figura 3.</b> Irradiancia.....	7
<b>Figura 4.</b> Radiación solar.....	7
<b>Figura 5.</b> Orientación en inclinación de un captador solar .....	8
<b>Figura 6.</b> Celda fotovoltaica.....	9
<b>Figura 7.</b> Generación de portadores + campo eléctrico .....	10
<b>Figura 8.</b> Panel solar monocristalino .....	11
<b>Figura 9.</b> Células amorfas .....	12
<b>Figura 10.</b> Efecto de variación de temperatura .....	13
<b>Figura 11.</b> Efecto de la temperatura e irradiación sobre la curva I-V .....	13
<b>Figura 12.</b> Efecto de la temperatura e irradiación sobre la curva V-P .....	14
<b>Figura 13.</b> Asociación de células fotovoltaicas en serie y en paralelo .....	15
<b>Figura 14.</b> Panel solar .....	15
<b>Figura 15.</b> Componentes de un panel solar.....	16
<b>Figura 16.</b> Diodos de baypass en paneles solares .....	18
<b>Figura 17.</b> Tipo de paneles fotovoltaicos.....	18
<b>Figura 18.</b> Curva corriente vs voltaje de un sistema fotovoltaico .....	20
<b>Figura 19.</b> Inversor de corriente.....	20
<b>Figura 20.</b> Inversor trifásico multitramo.....	21
<b>Figura 21.</b> Medidor bidireccional .....	22
<b>Figura 22.</b> Diagrama de protecciones sistema fotovoltaico .....	23
<b>Figura 23.</b> Cables para instalación fotovoltaica.....	24
<b>Figura 24.</b> Radios de curvatura admisibles para cables .....	25
<b>Figura 25.</b> Conectores enchufables para el cable de corriente directa.....	26
<b>Figura 26.</b> Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red .....	27
<b>Figura 27.</b> Esquema de instalación $\mu$ SFV.....	28
<b>Figura 28.</b> Mapa de la ubicación geográfica Cedal Durán .....	34
<b>Figura 29.</b> Instalaciones de CEDAL Durán .....	41
<b>Figura 30.</b> Instalaciones de CEDAL Durán .....	41
<b>Figura 31.</b> Dibujo de ingeniería CS7L 595 W de la marca CANADIAN SOLAR .....	42
<b>Figura 32.</b> Dimensionamiento de fusibles según DIN 60269-9.....	48
<b>Figura 33.</b> Producción de Energía en 25 años .....	53

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Diagrama de protecciones sistema fotovoltaico .....	23
<b>Tabla 2.</b> Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica .....	29
<b>Tabla 3..</b> Consumo anual de energía Cedal Durán .....	33
<b>Tabla 4.</b> Irradiación Global superficie inclinada programa METEONORM 8 .....	35
<b>Tabla 5..</b> Hora solar pico .....	36
<b>Tabla 6.</b> Especificaciones Panel Solar CS7L 595 W .....	37
<b>Tabla 7.</b> Temperatura ambiente mensual.....	37
<b>Tabla 8.</b> Tabla de temperatura de la célula fotovoltaica .....	38
<b>Tabla 9.</b> Rendimiento de los paneles solares en función a la temperatura .....	39
<b>Tabla 10.</b> Pérdidas sistema fotovoltaico instalación fija.....	40
<b>Tabla 11.</b> Rendimiento del Sistema solar fotovoltaico .....	40
<b>Tabla 12.</b> Irradiación incidente x rendimiento del sistema .....	44
<b>Tabla 13.</b> Cálculo Energía suministrada a la red. ....	44
<b>Tabla 14.</b> Especificaciones de conductores eléctricos. ....	47
<b>Tabla 15.</b> Análisis del beneficio económico.....	51
<b>Tabla 16.</b> Producción de energía solar en 25 años.....	52
<b>Tabla 17.</b> Costo del proyecto para CEDAL Durán .....	53
<b>Tabla 18.</b> Valor presente neto VAN.....	56
<b>Tabla 19.</b> Tiempo del retorno de la inversión PAYBACK.....	58
<b>Tabla 20.</b> Valor presente de los costos de mantenimiento .....	59
<b>Tabla 21.</b> Costos Nivelados de energía .....	62

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Temperatura de la célula fotovoltaica [°C].	38
<b>Ecuación 2.</b> Porcentaje de pérdidas de los paneles solares en función de la temperatura.	39
<b>Ecuación 3.</b> Coeficiente de rendimiento del sistema.	40
<b>Ecuación 4.</b> Energía suministrada a la red	43
<b>Ecuación 5.</b> Voltaje de máximo punto de potencia por tramo	45
<b>Ecuación 6.</b> Corriente de máximo punto de potencia por tramo.	46
<b>Ecuación 7.</b> Dimensionamiento de cables en corriente directa.	46
<b>Ecuación 8.</b> Dimensionamiento de cables en corriente alterna.	47
<b>Ecuación 9.</b> Corriente nominal de funcionamiento del fusible por tramo	48
<b>Ecuación 10.</b> Corriente de disparo del fusible por tramo.	48
<b>Ecuación 11.</b> Beneficio tributario anual.	54
<b>Ecuación 12.</b> Valor presente neto	55
<b>Ecuación 13.</b> Tasa interna de retorno.	55
<b>Ecuación 14.</b> Plazo de recuperación (PAYBACK).	57
<b>Ecuación 15.</b> Valor presente de los costos de mantenimiento	57
<b>Ecuación 16.</b> Valor presente de todos los costes	60
<b>Ecuación 17.</b> Costo anual nivelado del proyecto	60
<b>Ecuación 18.</b> Costo nivelado de la energía	61

## **RESUMEN**

En este proyecto de investigación se integrará energías renovables para la generación de energía eléctrica en plantas industriales, disminuyendo el consumo de la red y la emisión de CO<sub>2</sub>, que beneficiará al medio ambiente al reducir la contaminación.

Se realiza un diseño conceptual de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red, mediante el registro de las horas solares pico en Cedal Durán.

El estudio se efectuará en la empresa Cedal Durán que se especializa en la fabricación de perfiles de aluminio, actualmente su principal problema radica en el alto consumo de energía eléctrica en el proceso productivo, que afecta al costo-beneficio y su competitividad empresarial.

La presente investigación contará con un análisis técnico – económico, al emplear una fuente de energía alternativa como es la energía solar que permitirá disminuir el consumo de energía eléctrica.

La metodología de investigación a emplearse es exploratoria – analítica facilitando de esta manera la elaboración de una proyección de ahorro sobre la generación eléctrica al utilizar una fuente de energía renovable (energía solar).

El análisis económico establece la factibilidad del proyecto a través de los cálculos financieros como: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el tiempo de recuperación del capital (Payback).

### **PALABRAS CLAVE:**

Energías renovables

Energía eléctrica

Conectado a la red

## **ABSTRACT**

In this investigation project will be integrated renewable energy to generate of electric energy in industrial plants, it reducing the consumption of the electrical network and the emission of CO<sub>2</sub>, wich will benefit the enviroment by reducing pollution.

A conceptual design of a photovoltaic solar system connected to the grid is carried out, by recording the peak solar hours in Cedal Durán.

The field work will be caried out in the Cedal Duran company that specializes in the manufacture of aluminum profiles, currently its main problem lies in the high consumption of electrical energy in the production process, which affects the cost-benefit and its business competitiveness.

The present investigation will have a technical - economic analysis, by using an alternative energy source with solar energy that will reduce the consumption of electrical energy.

The research methodology to be used is exploratory - analytical, thus facilitating the preparation of a projection of savings on electricity generation when using a renewable energy source (solar energy).

The economic analysis establishes the feasibility of the project through financial calculations such as: the net present value (VAN), the internal rate of return (TIR), the capital recovery time (Payback).

### **KEY WORDS:**

Renewable energy

Electric energy

connected to the grid.



## **Capítulo 1. Descripción General**

### **1.1. Introducción.**

Desde la Revolución industrial hasta la actualidad las fuentes de energía utilizadas son las de emisión de CO<sub>2</sub>, actualmente el alto consumo de energía ha obligado a buscar nuevas fuentes de energía que satisfagan las demandas de la sociedad (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2018).

En el Ecuador para la generación de energía eléctrica existe un potencial energético no convencional, esto permitirá la producción de energía limpia y amigable con el medio ambiente, el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables (MERNNR), ha implementado procesos de eficiencia energética para los sectores: residenciales, industriales y de transporte. (Ministerio de Energía y Minas, 2020)

El gobierno como medida para incentivar a una matriz energética limpia ha propuesto a través de la REGULACIÓN Nro. ARCONEL - 003/18, la micro generación para autoabastecimiento.

El directorio del ARCONEL mediante Resolución Nro. ARCONEL-057/18 modificó la regulación transitoria Nro. ARCONEL - 003/18 para generación fotovoltaica para el autoabastecimiento de consumidores residenciales hasta 300 kW de capacidad nominal instalada, para los consumidores comerciales o industriales hasta de 1000kW de capacidad nominal instalada.

La ley orgánica de régimen tributario interno presenta beneficios como una depreciación y amortización en los sistemas de generación de energía renovable y reducción de gases de efecto invernadero, se deducirá con el 100% adicional, se aplicará un beneficio tributario que es el reintegro del 50 % de la inversión a través de la deducción del impuesto a la renta. (LEY ORGANICA DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO -LORTI, 2004)

## **1.2. Descripción del problema.**

La empresa CEDAL DURÁN se encuentra ubicada en el Parque Industrial de Durán, se especializa en la fabricación de perfiles de aluminio, actualmente es un gran consumidor al tener una demanda superior a los 1000 kW y un consumo anual de energía mayor a 7000 MWh, presenta un desequilibrio en las fases y una gran cantidad de perturbaciones debido a la mala calidad energética existente en el sector donde desarrolla sus actividades industriales.

El presente trabajo de investigación se desarrolla en la empresa Cedal Durán que actualmente enfrenta una problemática debido al alto consumo de energía eléctrica en el proceso productivo, disminuyendo el costo-beneficio y la competitividad empresarial.

El alto consumo de electricidad de la red contribuye a la generación de gases de efecto invernadero CO<sub>2</sub> originando el calentamiento global, Cedal busca contribuir con el cuidado medioambiental.

## **1.3. Justificación del problema.**

Debido a la demanda energética, Cedal Durán, clasifica como gran consumidor de energía eléctrica. El autoabastecimiento de energía eléctrica, constituye una solución que permitirá a la empresa tener un ahorro eficaz y eficiencia energética, a través de una generación que además es limpia.

El autoabastecimiento por generación de energía renovable tiene la finalidad de obtener un ahorro económico al poder obtener deducciones sobre el impuesto a la renta y evitar tener pago de peajes y transmisión, de esta forma nos permite tener tarifas muy económicas con costos de 0.06 \$/kWh y 0.07 \$/kWh, el ahorro económico tiene la finalidad de reducir el costo-

beneficio en la fabricación de perfiles de aluminio y así incrementar la competitividad empresarial.

El beneficio medioambiental se reflejará en la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se producen indirectamente por la generación de electricidad y de calor, el objetivo es combatir el cambio climático con energía limpia y asequible.

#### **1.4. Objeto de estudio**

El Objeto del estudio desarrollado, es aportar con una solución energética que es sustentable y amigable con el medio ambiente, que consienta a la empresa CEDAL Durán, contar con una solución rentable y aplicable que le permita desarrollar sus actividades productivas.

#### **1.5. Hipótesis**

La instalación de un sistema fotovoltaico permitirá disminuir un 10 % el consumo total de energía eléctrica de la empresa Cedal Durán.

#### **1.6. Objetivos.**

##### **1.6.1. Objetivo general.**

Diseñar un sistema solar fotovoltaico mediante el registro de las horas solares pico en Cedal Durán, para la disminución del consumo de energía eléctrica.

##### **1.6.2. Objetivos específicos.**

- Analizar la irradiación para encontrar el promedio de las horas solar pico con la ubicación geográfica de la empresa Cedal Durán.
- Diseñar un sistema solar fotovoltaico conectado a la red para simular la producción mensual durante la vida útil del proyecto y estimar la disminución del consumo de energía eléctrica.

- Analizar el porcentaje de ahorro energético con la generación del sistema fotovoltaico para realizar una evaluación técnica económica y determinar la factibilidad del proyecto.

### **1.7. Fundamento Metodológico y Métodos de investigación**

El presente diseño del sistema fotovoltaico conectado a la red, está basado en la resolución Nro. ARCONEL-057/18 que reformó la Regulación Nro. ARCONEL- 003/18. La resolución facilita condiciones de diseño y conexión a la red, las obligaciones y requisitos del consumidor, obligaciones de la empresa distribuidora.

Este proyecto tiene un enfoque **cuantitativo**, se analizan los valores de irradiación y temperatura utilizando el programa METEONORM 8, análisis estructural del área física del techo en donde serán instalados los paneles solares utilizando el programa sketchup, análisis de consumo anual de la fábrica para el cálculo y cuantificación de la cantidad de producción de energía eléctrica del sistema fotovoltaico utilizando las planillas del CNEL EP.

Se aplica una investigación experimental, se estima el porcentaje proyectado de ahorro de energía con la implementación del sistema fotovoltaico en CEDAL DURÁN.

La información recopilada permite realizar un análisis de las posibles alternativas para el diseño del sistema fotovoltaico, se considera el espacio físico del techo para el diseño, tomado en cuenta la inclinación de 15° y los limitantes como las áreas de los sobre techos y chimeneas, la ubicación geográfica se utilizara para obtener los datos de irradiación y temperatura para obtener la máxima producción de energía eléctrica para la empresa CEDAL DURAN que se cataloga como un consumidor industrial con una capacidad instalada hasta de 1000 kW.

## Capítulo 2. Marco Teórico Conceptual

### 2.1. El sol como fuente de energía

La tierra recibe cada año grandes cantidades de energía proveniente del sol, es una de las fuentes principales de energía renovable. Mediante la luz solar con el efecto fotovoltaico se obtendrá electricidad con las células fotovoltaicas.

Constante solar:

$$G_0 = 1.367 \pm 2 \frac{W}{m^2}$$

Dada la órbita elíptica que describe la Tierra alrededor del Sol, la radiación solar incidente (insolación) varía ligeramente durante el año:

$$G = 1.325 \frac{W}{m^2} \text{ hasta } 1.420 \frac{W}{m^2}$$

### 2.2. Radiación solar

Se define como la radiación electromagnética que alcanza la atmosfera terrestre, es originada por reacciones nucleares de fusión en el sol. Refiérase a la figura 1.



**Figura 1.** Radiación solar  
**Fuente** (siberianart, 2022)

### 2.2.1. Radiación directa

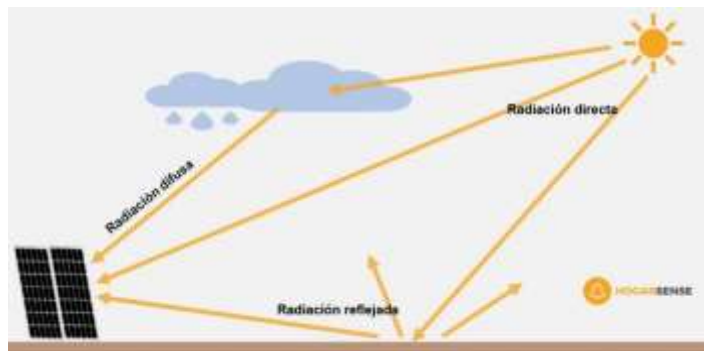
Radiación que no presenta cambios por dispersión en la dirección hasta la tierra. Refiérase a la figura 2.

### 2.2.2. Radiación difusa

Corresponde a la radiación que se dispersa que proviene de la atmosfera. Refiérase a la figura 2.

### 2.2.3. Radiación reflejada o albedo

Corresponde a la radiación reflejada por la superficie de la tierra, este coeficiente de reflexión es conocido como albedo. Refiérase a la figura 2



**Figura 2.** Tipos de radiación  
**Fuente:** (HOGARSENSE, 2023)

### 2.2.4. Irradiancia (I)

La irradiancia es la medida de la potencia solar incidente por unidad de superficie terrestre, luego del paso por la atmosfera, se mide en  $\text{kW/m}^2$ . Refiérase a la figura 3.



**Figura 3. Irradiancia**  
**Fuente:** (AEREATECNOLOGIA, AEREATECNOLOGIA)

### 2.2.5. Irradiación (G)

La irradiación es la medida de la densidad de energía solar incidente por unidad de superficie en un periodo de tiempo, las unidades de medición son kWh/ m<sup>2</sup>. (Roldán Viloría, 2011). Refiérase a la figura 4.



**Figura 4. Radiación solar**  
**Fuente:** (HGIngenieria, 2018)

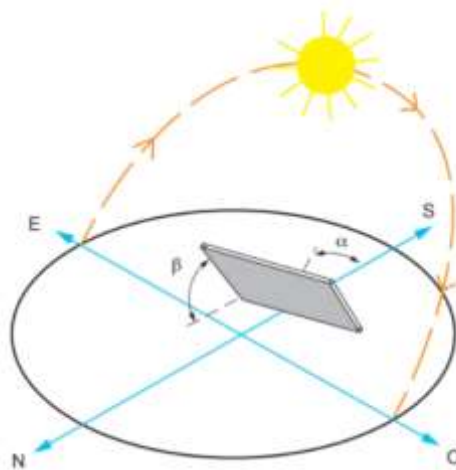
## 2.3. Análisis de orientación e inclinación

### 2.3.1. Orientación ( $\alpha$ )

La orientación es el ángulo formado entre la perpendicular de la superficie del panel solar con respecto a la horizontal proyectada.

### 2.3.2. Inclinación ( $\beta$ )

La inclinación de un panel solar depende de la latitud donde se encuentra ubicado geográficamente, tenemos que a mayor latitud mayor inclinación. Refiérase a la figura 5.



**Figura 5.** Orientación e inclinación de un captador solar  
Nota: (Serrano J. C., 2016)

## 2.4. Efecto fotovoltaico

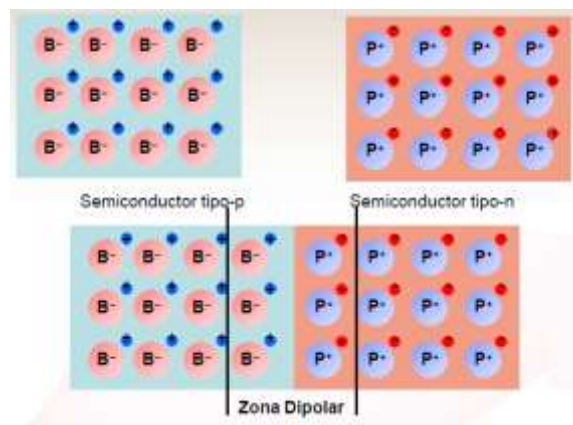
El físico francés Alexander Bequerel descubrió en 1839 el efecto fotovoltaico, la definición de efecto fotovoltaico, es la generación de corriente eléctrica en cierto tipo de materiales cuando están expuestos a la radiación electromagnética, sin que intervenga algún proceso físico o mecánico.

La generación de electricidad de los paneles solares y las células fotovoltaicas son las aplicaciones más comunes para el efecto fotoeléctrico. La radiación solar contiene fotones con una energía determinada por la frecuencia de la onda de luz que es dirigida hacia la superficie



semiconductora, donde los fotones son absorbidos cediendo su energía a la capa externa de los electrones presentes en el material semiconductor, que forman enlaces para que puedan ser expulsados a la superficie del metal, este proceso es conocido con el nombre de fotoemisión.

Es necesaria la presencia de voltaje para que los electrones puedan ser direccionados, la forma más común es unir dos semiconductores con características diferentes uno con exceso de electrones denominado como tipo n y el otro con deficiencia de electrones denominado como tipo p, la unión de dichos semiconductores, n y p, forma una celda solar, (Rodríguez, Moure, & Quiñonez, 2020). Refiérase a la figura 6.

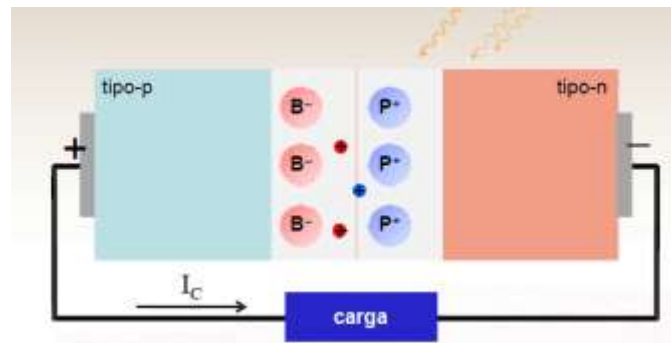


**Figura 6.** Celda fotovoltaica  
**Fuente** (IndustrySurfer)

El silicio es el componente principal para la fabricación de las celulares solares fotovoltaicas tiene una estructura atómica de 14 electrones y su última capa tiene 4 electrones, los átomos de silicio busca la estabilidad con 8 electrones, para la formación del silicio tipo n se introduce átomos con 5 electrones en su última capa al formarse los 4 enlaces covalentes le sobrara un electrón para alcanzar la estabilidad, para la formación del silicio tipo p se introduce un átomo de tres electrones en la última capa entonces faltara un electrón para alcanzar la estabilidad.

### 2.4.1. Funcionamiento de una célula fotovoltaica

Si unimos las dos estructuras tendremos como resultado la captación de energía de los fotones procedentes del sol en el silicio tipo n, se absorberá esta energía produciendo un electrón libre que a través del bus ira hasta el hueco libre de los átomos del silicio tipo p, como se puede observar en la figura 7, las células fotovoltaicas producen aproximadamente 0.5 voltios es por esto que se conectan en serie para incrementar la tensión.



**Figura 7.** Generación de portadores + campo eléctrico  
**Fuente:** (Hetpro, 2021)

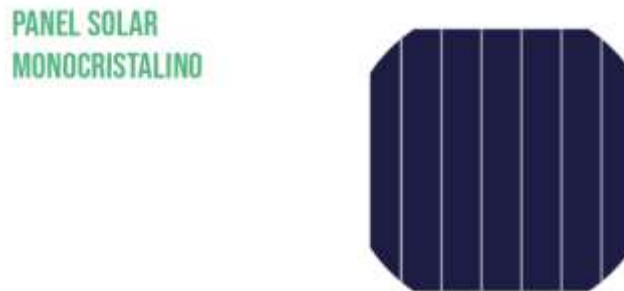
### 2.4.2. Clasificación de células fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas se clasifican según la estructura interna se puede realizar la siguiente clasificación: (Martín Álvarez)

#### 2.4.2.1. Células monocristalinas

Son las células realizadas con materiales monocristalinos donde la red cristalina del sólido es continua, los materiales como el silicio de alta pureza tienen una composición química de un solo cristal. A este material monocristalino se lo corta en obleas de 200 micras ( $\mu\text{m}$ ) y se dopa mediante la adición de materiales como boro y fósforo para así conseguir una unión p – n lo que le permite actuar como semiconductor.

Las células monocristalinas tienen una alta eficiencia absorbiendo los fotones a  $20 \mu\text{m}$  de la superficie incidente, la conversión registrada en el laboratorio es de 26.7%. Refiérase a la figura 8.



**Figura 8.** Panel solar monocristalino  
**Fuente:** (AUTOSOLAR)

#### **2.4.2.2. Células multicristalinas**

Células realizadas con materiales que contienen pequeños cristales de silicio, el silicio policristalino tiene un nivel de impureza de 1 parte por billón o menos. Las células policristalinas tienen una eficiencia menor a los monocristalinos que varía de 12 a 21%.

#### **2.4.2.3. Células híbridas.**

Las células formadas por diversos materiales se las denomina como híbridas, este diseño de células ayuda a la absorción y transporte de electrones mejorando las características eléctricas, este tipo de células están formadas por sustratos o capas monocristalinas a las que se les añade una capa de otro material policristalino.

#### **2.4.2.4. Células amorfas**

Las células amorfas están formadas por una fina capa de silicio amorfo ya que la disposición de su estructura interna no sigue un patrón de orden atómico, estas células presentan una baja eficiencia. Refiérase a la figura 9



**Figura 9.** Células amorfas  
**Fuente:** (China)

## **2.5. Curvas características de la célula solar**

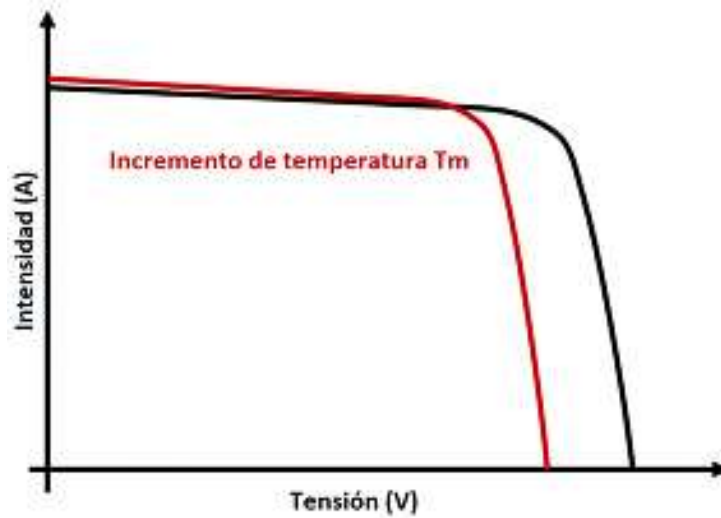
Las curvas características de una célula fotovoltaica dependiendo de las condiciones medioambientales y diferentes puntos de funcionamiento son la curva I-V y la curva P-V.

### **2.5.1. Curva característica I-V de la célula solar**

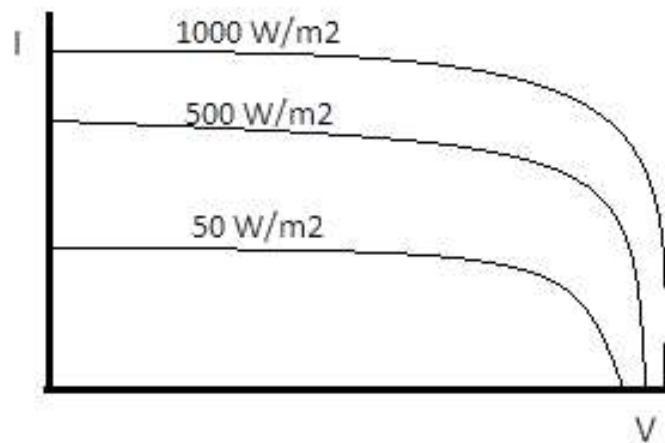
La curva de intensidad-voltaje es la representación del funcionamiento de la célula como generador de energía entregando corriente a una carga, en condiciones constantes de irradiación y temperatura. Para graficar la curva se varia la resistencia externa de cero al infinito la cual realizaría la función de la carga, se toman los valores resultantes y se grafica la curva.

La influencia de la temperatura en la tensión de la célula de silicio en un circuito abierto va a decremento 2.3 mV por cada grado que se incremente la temperatura.

La influencia del incremento de la irradiación en una célula de silicio en un circuito abierto va a incrementar la tensión y la corriente fotogenerada, el rendimiento del dispositivo aumentará según el incremento de la irradiación. Refiérase a la figura 10 y figura 11.



**Figura 10.** Efecto de variación de temperatura  
**Fuente** (HelioEsfera, 2021)

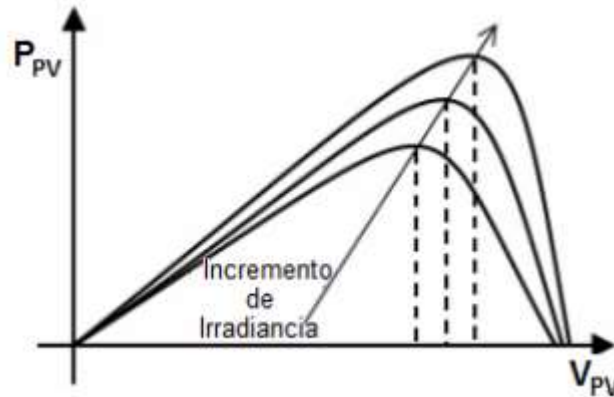


Efecto de la variación de la intensidad radiante sobre una panel fotovoltaico

**Figura 11.** Efecto de la temperatura e irradiación sobre la curva I-V  
**Fuente** (UTOPIA)

### 2.5.2. Curva característica P-V de la célula solar

En la curva P-V se representa la potencia generada en función a la tensión de célula que se tiene en cada momento. Refiérase a la figura 12.



**Figura 12.** Efecto de la temperatura e irradiación sobre la curva V-P  
**Fuente:** (Energetika, 2011)

### 2.5.3. Formas de asociación de las células solares

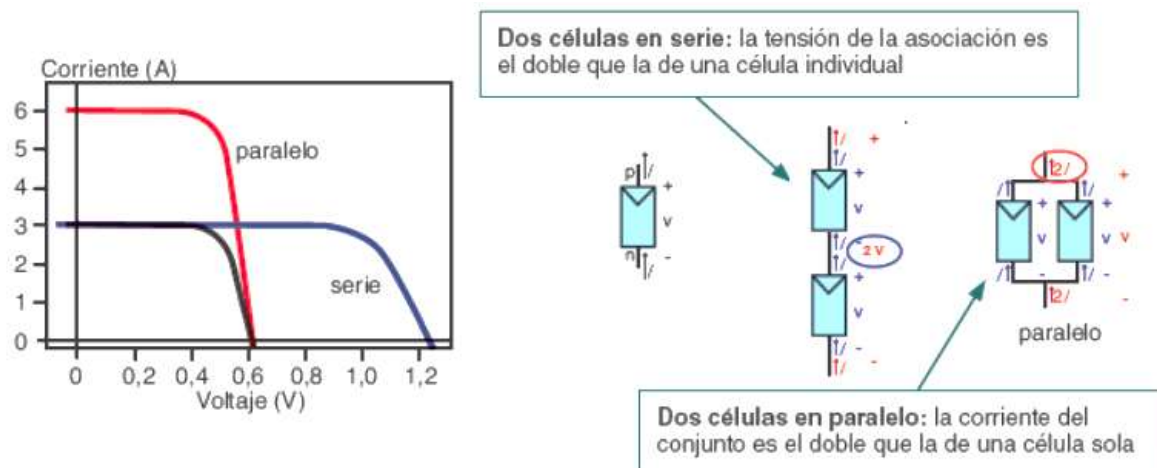
El conjunto de células fotovoltaicas conectadas eléctricamente en paralelo o en serie y encapsuladas dentro de un marco metálico conforman un panel solar, un módulo solar trabaja a valores de tensión de 6v, 12v o 24v.

#### 2.5.3.1. Asociación de células solares en paralelo

La asociación de células fotovoltaicas en paralelo da como resultado la suma de la corriente generada por cada una de las células mientras que la tensión será la característica de cada una de las células fotovoltaicas.

#### 2.5.3.2. Asociación de células en serie

La asociación de células fotovoltaicas en serie da como resultado la suma del voltaje generado por cada una de las células mientras que la corriente será la característica de cada una de las células fotovoltaicas. Refiérase a la figura 13.



**Figura 13.** Asociación de células fotovoltaicas en serie y en paralelo  
**Fuente:** (Martín Álvarez, 2019)

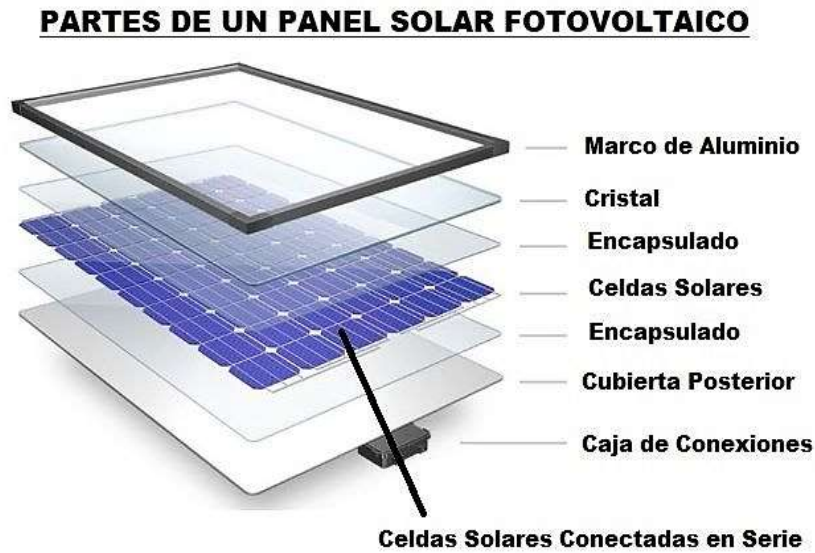
## 2.6. Panel solar

Los paneles fotovoltaicos son dispositivos que están formados por células fotovoltaicas conectadas eléctricamente para obtener voltajes de tensión de 6v, 12v o 24v dependiendo de la necesidad del sistema en el cual va a ser instalados, se necesitan de 30 a 40 células dependiendo la eficiencia de las mismas. Refiérase a la figura 14 y figura 15.



**Figura 14.** Panel solar  
**Fuente:** (NOTICIAS, 2013)

### 2.6.1. Componentes de los paneles solares



**Figura 15.** Componentes de un panel solar  
**Fuente** (AEREATECNOLOGIA, AEREATECNOLOGIA)

#### 2.6.1.1. Cubierta exterior.

La función es proteger los elementos internos del panel solar de los impactos y agentes atmosféricos, se utiliza vidrio templado por su resistencia y por sus cualidades de transmisor de radiación solar. (Planas, 2016) Refiérase a la figura 15.

#### 2.6.1.2. Capas encapsulantes.

La función que cumple es adherir las cubiertas frontal y trasera ayudando amortiguar a posibles vibraciones e impactos. Se utiliza materiales que tengan buena transmisión de la radiación solar y que no se degraden, se utiliza silicona, etil-vinilo-acetileno (EVA) o polivinilo butiral. Refiérase a la figura 15.



### **2.6.1.3. Marco de soporte.**

Es el que brinda la robustez mecánica al conjunto de elementos del módulo por lo general es de aluminio anodizado o acero inoxidable para evitar el deterioro. Refiérase a la figura 15.

### **2.6.1.4. Protección posterior.**

Es un polímero termoplástico, acrílico o silicona que brinda una protección a la humedad en la parte posterior de panel fotovoltaico, por lo general es de color blanco para favorecer al rendimiento del panel. Refiérase a la figura 15.

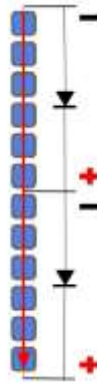
### **2.6.1.5. Células fotovoltaicas**

Se tratan de los dispositivos semiconductores encargados de la generación de electricidad mediante el flujo de electrones por el efecto fotoeléctrico originado a partir de la radiación solar.

### **2.6.1.6. Conexiones eléctricas**

En una caja de conexiones eléctricas tenemos los conductores que permiten obtener la energía generada por el panel, un conducto positivo y otro negativo de tensión directa obtenida, el tercer cable es la tierra que se utiliza en instalaciones de potencia elevada.

Lo paneles solares tienen diodos de bypass para proteger en caso de que existan sombras parciales, cuando las células dejan de generar tensión se comportan como resistencias invirtiendo la polaridad del diodo que se abre para no tener flujo de corriente por las células afectadas. Refiérase a la figura 16.



**Figura 16.** Diodos de baypass en paneles solares  
**Fuente:** (AUTOMATISMOINDUSTRIAL)

## 2.7. Tipos de paneles fotovoltaicos

Los paneles solares más comercializados son los de silicio, que van evolucionando en su eficiencia y costo dependiendo del tipo de células. Existen tres tipos de paneles solares monocristalino, policristalino y amorfo. (Serrano, 2017) Refiérase a la figura 17.



**Figura 17.** Tipo de paneles fotovoltaicos  
**Fuente:** (TRITEC, 2018)

### 2.7.1. Panel solar Monocristalino

El panel solar monocristalino es el de mayor eficiencia con un rendimiento comercial que oscila desde 17% hasta el 20%, por esta razón es el de mayor costo.

### **2.7.2. Panel solar Policristalino**

El panel solar policristalino es el más utilizado en la actualidad por su bajo costo, tiene una eficiencia que oscila desde 13 hasta el 15%.

### **2.7.3. Panel solar Amorfo**

Los paneles solares amorfos tienen una eficiencia que oscila desde 7% hasta 9%, tiene un costo bajo, pero son poco utilizados por su baja eficiencia.

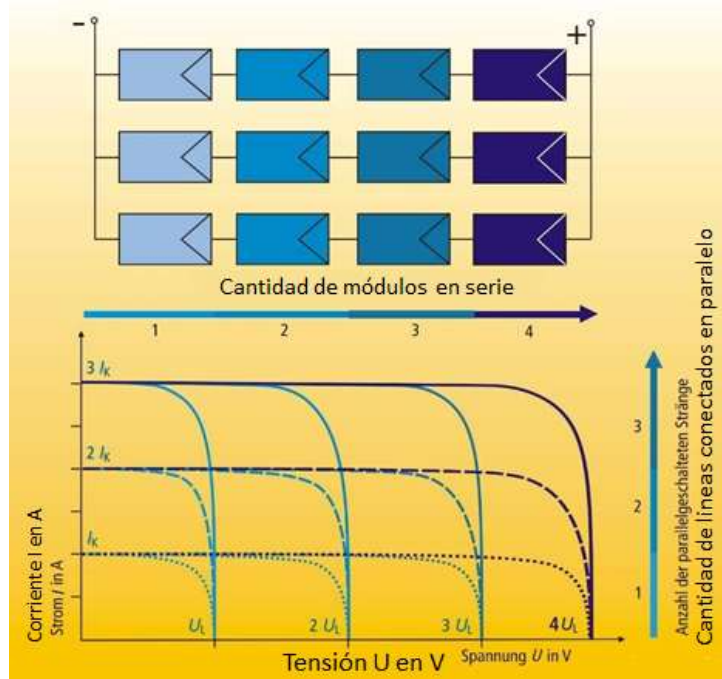
## **2.8. Componentes de un sistema fotovoltaico interconectado a la red eléctrica**

Un sistema solar fotovoltaico interconectado a la red eléctrica conocido como ON GRID está regulado con aspectos técnicos y económicos por instituciones públicas para incentivar la utilización de energías renovables, los componentes de un sistema fotovoltaico interconectado a la red son:

### **2.8.1. Paneles fotovoltaicos**

Los paneles fotovoltaicos son los encargados de generar electricidad a partir del fenómeno conocido como fotoeléctrico por la captación de radiación solar, la corriente directa es obtenida de los paneles fotovoltaicos de células de silicio y conectadas eléctricamente.

La cantidad total de módulos determina la potencia del sistema fotovoltaico, la cantidad de módulos de un tramo determina la tensión del generador y la cantidad de tramos determina la corriente. Refiérase a la figura 18.



**Figura 18.** Curva corriente vs voltaje de un sistema fotovoltaico  
**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)

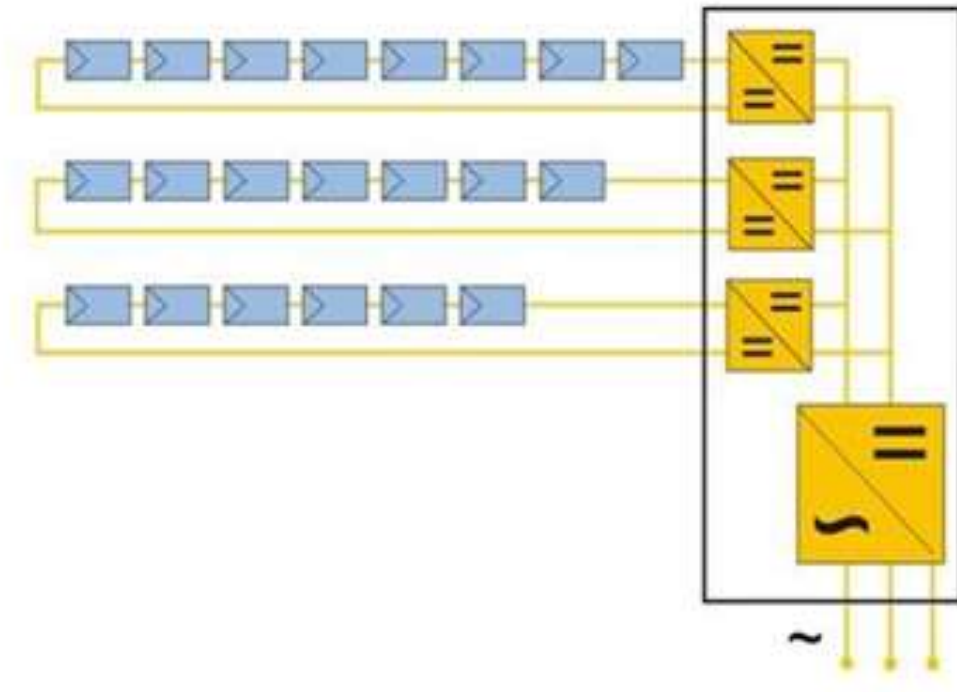
### 2.8.2. Inversor de Corriente

Es el equipo encargado de recibir la energía de los módulos fotovoltaicos, para convertir la corriente continua en corriente alterna monofásica o trifásica dependiendo de las características de la red y la potencia instalada. Refiérase a la figura 19.



**Figura 19.** Inversor de corriente  
**Fuente** (SOLIS)

Con las características del inversor SOLIS 100 kW - CS7L 595 W de la marca Canadian Solar tenemos el concepto de inversor multitramo, los tramos pueden tener diferentes configuraciones y orientaciones. Refiérase a la figura 20.



**Figura 20.** Inversor trifásico multitramo  
**Fuente** (Haselhuhn, 2013)

### 2.8.3. Medidor bidireccional

Es el equipo encargado de cuantificar la energía consumida e inyectada a la red eléctrica, con estas dos lecturas se realizará el proceso de facturación del consumo mensual. La distribuidora de energía eléctrica será la responsable de la adquisición, calibración e instalación del medidor bidireccional para el registro del consumo y generación de electricidad del sistema fotovoltaico. Como se puede observar en la figura 21.



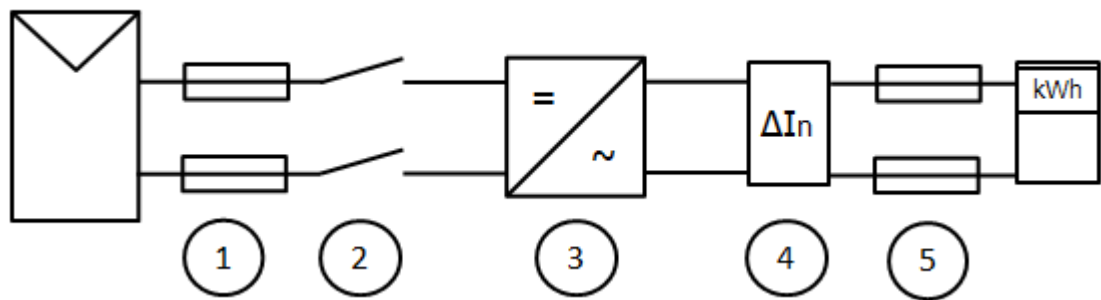
**Figura 21** Medidor bidireccional

(INGENIERIA, 2023)

#### **2.8.4. Protecciones**

Las protecciones son importantes para salvaguardar de sobrecargas, sobretensiones y cortocircuitos a las personas y a los equipos que conforman las instalaciones fotovoltaicas. Las protecciones se diseñarán dependiendo del tipo de corriente del circuito eléctrico y a las descargas atmosféricas. (Chavez López, 2019)

La protección en corriente alterna se utilizan a la salida del inversor, se instalan interruptores termomagnéticos AC. Las protecciones en corriente continua se utilizan a la salida de los paneles fotovoltaicos o a la entrada del inversor se utilizan fusibles o interruptores termomagnéticos para corriente directa. Refiérase a la figura 22 y tabla 1.



**Figura 22.** Diagrama de protecciones sistema fotovoltaico

**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)

#	Dispositivo de seguridad	Emplear
1	Fusibles de tramos	Protección de conductores de módulos ante corrientes de retorno en el generador FV
2	Interruptor principal. DC	Desconexión del generador FV
3	Protección NA	Desconexión del equipo de la red al incumplir parámetros de red Evitar formación de redes en isla
4	Interruptor protección corriente reactiva (RCD)	Tipo A: sensitivo a corriente de pulso Typ B: sensitivo a toda corriente
5	Interruptor protección. conductor CA	Protección de conductores ante sobrecarga y cortocircuito

**Tabla 1.** Diagrama de protecciones sistema fotovoltaico

**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)

Las protecciones que se utilizan para las descargas atmosféricas son los supresores picos que mandaran directamente la sobretensión al sistema de tierra. La puesta tierra describe todos los recursos y medidas para conducir las corrientes eléctricas a la tierra con el objetivo de realizar una compensación de potencial para poner en cortocircuito una eventual tensión.

Todas las protecciones deben ser correctamente dimensionadas según el cálculo correspondiente para seleccionar los equipos de protección que cumplan con las características adecuadas para proteger la instalación eléctrica en corriente continua y corriente alterna.

### 2.8.5. Cableado

Los cables y conductores del lado de corriente continua se deben elegir y tender de modo que el riesgo de descargas a tierra y cortocircuitos.

Es un conductor individual formado de cobre y estaño para mejorar la conductividad eléctrica, posee un doble aislamiento para soportar las condiciones ambientales originadas por el clima y rayos UV. Como se indica en la norma de especificación de cable DIN EN 50618 describe cables y conductores aptos para el uso del lado de corriente continua de equipos FV. Refiérase a la figura 23.

- Resistencia UV
- Resistencia química
- Doble aislamiento
- Resistencia mecánica y flexible
- Resistencia térmica, antinflama



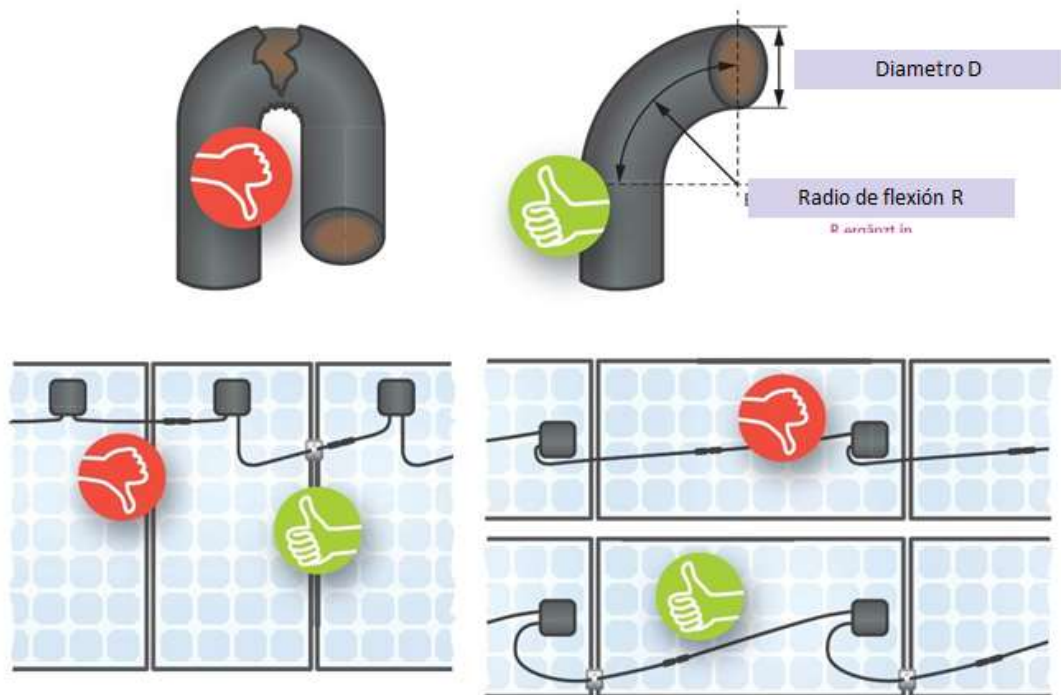
**Figura 23.** Cables para instalación fotovoltaica

**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)



Preste atención a los radios de curvatura deben respetarse los radios de curvatura especificados por los fabricantes. De lo contrario el aislamiento se puede estresar demasiado o se puede romper, especialmente a bajas temperaturas. Refiérase a la figura 24.

Sobre los radios de curvatura admisibles según VDE 0100-520 o VDE 0298-565A1 instalar las líneas en cajas de conexiones, cajas de conexiones del generador (GAK), enchufes y distribuidores, también se debe prestar atención a radios de curvatura admisibles.



**Figura 24.** Radios de curvatura admisibles para cables  
**Fuente:** (Bundesverband Solarwirtschaft e.V. - BSW-Solar, 2017)

### 2.8.6. Conectores enchufables para el cable de corriente directa

Los conectores enchufables para cable de corriente directa de un sistema fotovoltaico brindan seguridad, buena conexión mecánica y mayor transferencia de energía. Refiérase a la figura 25.

- Seguros al contacto
- Baja resistencia duradera
- Resistencia UV y a la intemperie
- Fácil enchufado, seguro contra desconexión por descuido
- Selección según secciones de los conductores
- Norma DIN IEC 62852 (antes EN 50521) Requisitos de seguridad y ensayos
- Crimp en parte con herramientas especiales, hacerlo profesionalmente

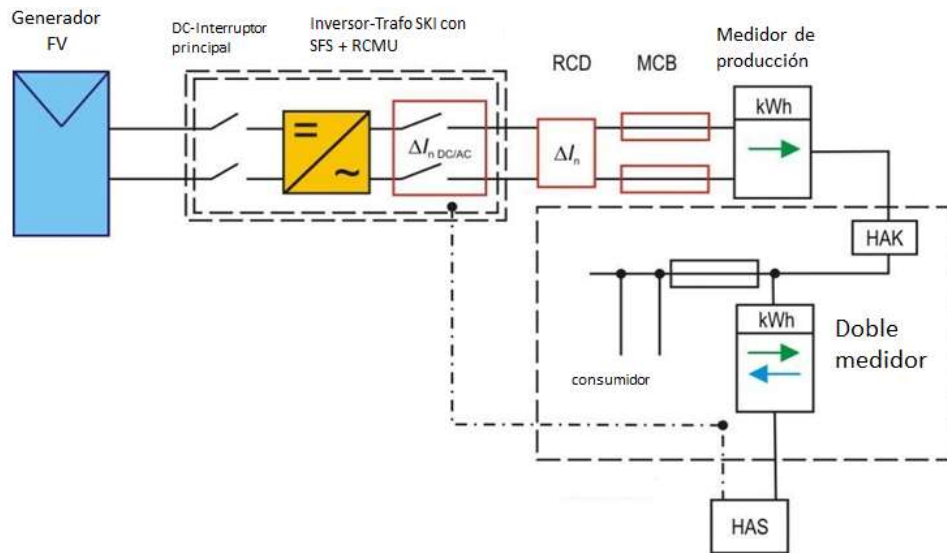


**Figura 25.** Conectores enchufables para el cable de corriente directa  
**Fuente:** (PHOENIX CONTACT, 2023)

## **2.9. Conexión a red para consumo propio de energía solar**

Un sistema fotovoltaico conectado a la red por medio de los paneles solares genera electricidad en corriente continua, mediante los inversores se convierten a corriente alterna que se inyecta en paralelo a la red pública, el sistema fotovoltaico conectado nos permite cogenerar electricidad o inyectar en paralelo ya sea para el autoconsumo o despacho al sistema interconectado.

En la figura se presenta una representación del diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red con las protecciones. Refiérase a la figura 26.



**Figura 26.** Diagrama eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a la red

**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)

## 2.10. Legislación y normativa vigente

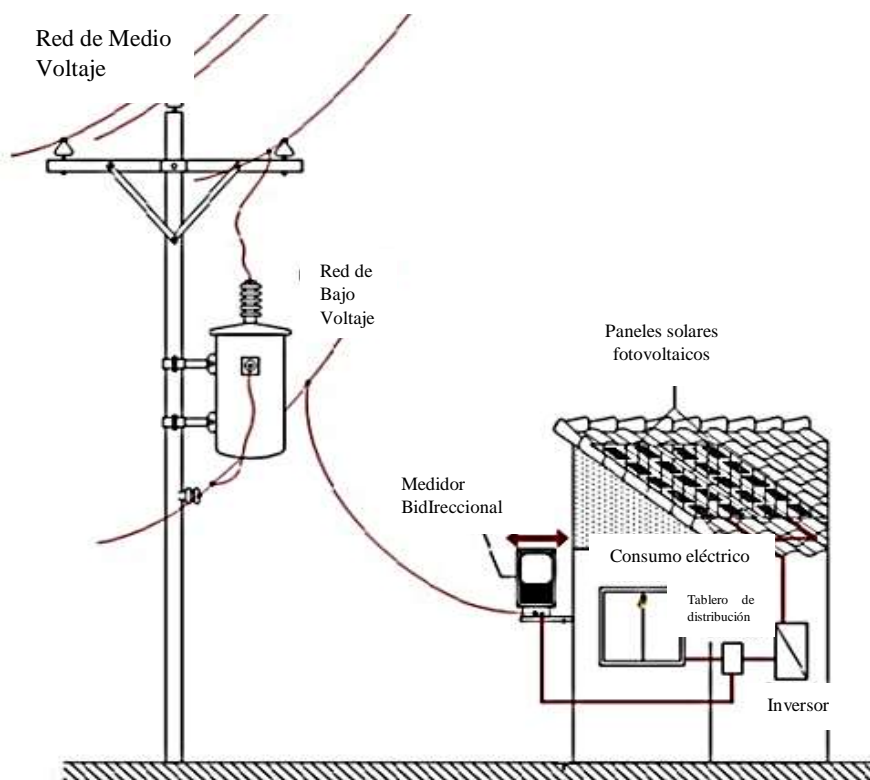
El gobierno como medida para incentivar a una matriz energética limpia ha propuesto a través de la REGULACIÓN Nro. ARCONEL - OO3/18 la micro generación para autoabastecimiento de los consumidores finales de energía eléctrica.

El directorio del ARCONEL mediante Resolución Nro. ARCONEL-057/18 modificó la regulación transitoria Nro. ARCONEL - OO3/18 para generación fotovoltaica para el autoabastecimiento de consumidores residenciales hasta 300 kW de capacidad nominal instalada, para los consumidores comerciales o industriales con una capacidad nominal instalada de hasta de 1000 kW. (ARCONEL, 2015), en abril del el 2019 el ARCERNNR 001-

2021 modifica la capacidad nominal con un límite 1MW de potencia para para uso industrial y 100 kW para uso residencial.

Las características generales que debe tomar en consideración el consumidor para la instalación de un sistema fotovoltaico son: Refiérase a la figura 27.

- El proyecto debe conectarse según un esquema establecido a las redes de bajo o medio voltaje.
- El inmueble debe ser propiedad del interesado en la instalación del proyecto.
- La instalación del proyecto está condicionada a la factibilidad de conexión de la empresa distribuidora.
- La capacidad nominal instalada no puede ser mayor a lo establecido por la regulación dependiendo del tipo de consumidor.



**Figura 27.** Esquema de instalación  $\mu$ SFV  
Fuente: (ariae, 2019)

La empresa de distribución realizara mensualmente el balance económico de la energía entregada y consumida para la facturación, para los que se toma en consideración el flujo de energía inyectada y consumida a través del medidor bidireccional.

Los aspectos más relevantes de la normativa son el crédito de la energía eléctrica a favor por la generación, el balance energético, la instalación del medidor bidireccional que provee el distribuidor.

Sobre la base con la vigente Resolución Nro. ARCERNNR-013/2021 donde se establece la vida útil de cada tecnología.

<b>Tecnología Vida Útil</b>	<b>(años)</b>
Fotovoltaica	25
Eólica	25
Biomasa	20
Biogás	20
Hidráulica	30

**Tabla 2.** Vidas útiles aplicables a cada tecnología de generación eléctrica

Además, hacer referencia a las otras Normativas y Regulaciones emitidas por la ex ARCONEL actual ARCERNNER (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales no Renovables); se deben considerar específicamente para la implementación de este sistema fotovoltaico a las disposiciones y reglamentaciones asociadas a las normativas vigentes que exige el marco legal del país, esto es las Resoluciones Nro. ARCONEL-042/18 y la Nro. ARCERNNR-013/2021, respectivamente, así como la regulación Nro. ARCONEL 003/18

La agencia de regulación y control ha emitido ciertas regulaciones garantizadas que las empresas de Generación y distribución cumplan con las mismas, por ello, se cita las normativas más importantes.

ARCONEL 005/18.- Calidad del Servicio Eléctrico de Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica

La CONELEC 003/08.- Que hace referencia a la calidad del transporte de electricidad como del servicio de transición y conexión en el Sistema Nacional de Interconectado

(Regulación No. CONELEC - 003/08)

ARCONEL 003/18.- La generación fotovoltaica es para el autoabastecimiento para el consumo final de energía eléctrica.

ARCONEL 001/18.- Franjas de servidumbre y distancias de Seguridad

La Resolución ARCONEL 003/18, será la que vamos a utilizar en nuestro proyecto de sustentación, esta es una norma registrada el 22 de Febrero del 2019, que tiene como objetivo principal es el establecimiento de las condiciones para el desarrollo, implementación y participación se debe tener en cuenta la instalación de un sistema de micro generación Sfv hasta 100kW de capacidad nominal consumidores residenciales o que tengan interés en instalar sistemas fotovoltaicos de hasta 300 KW de capacidad nominal instalada; y, de hasta menos de 1000 kW, para consumidores comerciales o industriales.

## **2.11. Marco normativo**

- **Para normas VDE de instalaciones FV: DKE K 373 / IEC TC 82 (internacional)**

Módulos FV

IEC 61215 (cristal.) y IEC 61646 (capa delgada): homologación, STC, parámetros técnicos

IEC 61730 partes 1 y 2: Seguridad (incluye clase de protección II – Certificación)

Indicaciones de hoja de datos DIN EN 50380

- **Inversores**

Determinación de rendimiento según DIN EN 50530, Norma de seguridad EN 62109 parte 1 y

2 Indicaciones de hoja de datos según DIN EN 50524

- **Normas de instalación**

IEC/VDE 0100 parte 712: Sistemas FV + todas las otras partes relevantes de VDE 0100

VDE 0282 y VDE 0298: cableado de alta tensión

EN 50618: „Conductores para sistemas FV “(Identificación H1Z2Z2-K) antes: VDE-AR 2283-4 (Identificación PV1-F) Anexo 5 de DIN EN 62305-3: Protección contra rayos y sobretensión para sistemas eléctricos FV

- **Bastidor de montaje**

Absorción de carga y estática según serie de normas Eurocode especialmente EN DIN 1991-1-3 y -4.

## **CAPITULO 3. DISEÑO CONCEPTUAL**

### **3.1. Diseño sistema fotovoltaico.**

Cuando la Generación fotovoltaica (FV) del sistema fotovoltaico conectado a la red, exceda a la demanda eléctrica de la empresa, dicha energía será devuelta a la red y facturada bajo el esquema de balance neto del acuerdo a Reg. Arconel 001/21.

La energía eléctrica del sistema fotovoltaico será inyectada al tablero de distribución del área de extrusión en la empresa CEDAL DURAN, la conexión se la realizara mediante barras tomando en consideración el diagrama unifilar. Observa en los anexo

### **3.2. Descripción del procedimiento para evaluar**

Para el sistema solar fotovoltaico de la empresa Cedal Durán se realiza un procedimiento para la evaluación previa antes del diseño. Cedal Durán tiene una subestación con un transformador de 5 MVA de 69000 voltios a 13800 voltios con una medición indirecta en medio voltaje, el uso de la energía consumida es para el funcionamiento de la maquinaria de las áreas de anodizado, extrusión y pintura, se cuenta con 3 cuartos con transformadores de 13800 voltios a 440 voltios.

- Proceso de planificación para equipos FV acoplados a red.
- Determinación de emplazamiento y tamaño de superficie útil del techo.
- Estimación del consumo, estimación de rendimiento.
- Seleccionar módulos: medidas y valores característicos, determinar conceptos de equipos.
- Adaptación de tensión, cantidad de módulos por tramo, adaptación de corriente, cantidad de tramos.
- Tipo y cantidad de inversores, coordinar generador FV e inversor, dimensionamiento de potencia de los inversores.
- Verificar estática del techo, seleccionar y dimensionar bastidor de montaje, ver requisitos de construcción, plano del techo con ubicación de los módulos, diseñar posición de ganchos y tendido de cables.
- Dimensionamiento de cableado de corriente directa, técnica de protección dc.



- Caja de conexión del generador e interruptor principal corriente directa.
- Protección de rayos, puesta a tierra y de sobretensión.
- Técnica de protección SFS y corriente alterna, dimensionar cableado corriente alterna.
- Dimensionamiento de conexión a red, elegir y verificar punto de alimentación a red
- Alimentación plena / Consumo propio FV, lugar de contador con dispositivo de conmutación y protección

### 3.3. Estimación del consumo

Del consumo de energía eléctrica, demanda, alumbrado público, recaudación a terceros se toma de las últimas doce planillas del CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAS LOS RIOS donde el consumo anual es de 7.936 kWh, como se puede observar en la tabla 3. Se realiza una auditoría eléctrica para buscar el lugar más idóneo para la instalación del sistema fotovoltaico con inversores conectados a la red, teniendo como resultado el cuarto del transformador de 1500 kVA del área de extrusión que tiene una carga instalada de 1063,7 kW.

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Facturación CNEL (\$)</b>
<b>2021</b>	<b>ABRIL</b>	512.904	45.831,28
<b>2021</b>	<b>MAYO</b>	641.856	52.894,49
<b>2021</b>	<b>JUNIO</b>	564.677	49.306,37
<b>2021</b>	<b>JULIO</b>	580.370	49.814,36
<b>2021</b>	<b>AGOSTO</b>	680.310	57.046,09
<b>2021</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	658.104	56.864,01
<b>2021</b>	<b>OCTUBRE</b>	685.324	57.618,01
<b>2021</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	625.651	52.972,13
<b>2021</b>	<b>DICIEMBRE</b>	632.692	53.334,69
<b>2022</b>	<b>ENERO</b>	539.905	45.948,05
<b>2022</b>	<b>FEBRERO</b>	605.621	50.894,79
<b>2022</b>	<b>MARZO</b>	631.710	52.754,31
<b>2022</b>	<b>ABRIL</b>	577.624	49.614,66
	<b>TOTAL</b>	7.936.748	674.893,24
	<b>PROMEDIO</b>	610.519	51.914,86

**Tabla 3..** Consumo anual de energía Cedal Durán

Fuente: El Autor

### 3.4. Instalación geográfica de la empresa Cedal Durán

La empresa CEDAL, situada en el cantón Durán provincia del Guayas se encuentra ubicada con las coordenadas geográficas de latitud  $2^{\circ}11'37.78''$  S, Longitud  $79^{\circ}49'44.20''$  O, elevación 2 msnm.

La ubicación de Cedal se puede encontrar en Google Earth, con las coordenadas obtenidas del programa se utiliza el programa METEONORM 8 y se descarga un histórico de la irradiación y temperatura que facilita el análisis de la producción de energía y la viabilidad del proyecto del sistema fotovoltaico conectado a la red. Refiérase a la figura 28.



**Figura 28.** Mapa de la ubicación geográfica Cedal Durán  
Fuente: (GOOGLE EARTH, 2021)

### 3.5. Cálculo de irradiación solar

La irradiación solar se calculó con el programa METEONORM 8, se va a medir la cantidad de kWh producidos por metro cuadrado en un día de acuerdo al punto geográfico obtendremos las Hora sol pico de la zona (HSP). Observar en la tabla 4.

Mes	H_Gh [kWh/m2]	H_Dh [kWh/m2]	H_Gk [kWh/m2]	H_Dk [kWh/m2]	H_Bn [kWh/m2]	Ta [°C]
<b>Enero</b>	145	78	137	76	97	26,5
<b>Febrero</b>	129	78	124	76	70	26,4
<b>Marzo</b>	153	92	151	92	84	26,9
<b>Abril</b>	152	77	154	78	105	27
<b>Mayo</b>	137	74	142	76	92	26,3
<b>Junio</b>	120	74	125	75	72	25
<b>Julio</b>	118	68	122	69	74	24,3
<b>Agosto</b>	117	78	119	79	55	24
<b>Setiembre</b>	117	71	118	71	67	24,4
<b>Octubre</b>	105	74	102	73	44	24,4
<b>Noviembre</b>	112	74	108	72	55	24,9
<b>Diciembre</b>	135	77	128	75	84	26,4
<b>Año</b>	1541	914	1532	912	899	25,5

H\_Gh: Irradiación global horizontal  
H\_Dh: Irradiación difusa horizontal  
H\_Gk: Irradiación de la radiación global, superficie inclinada  
H\_Dk: Irradiación de la radiación difusa, superficie inclinada  
H\_Bn: Irradiación de la radiación directa normal  
Ta: Temperatura del aire

**Tabla 4.** Irradiación Global superficie inclinada programa METEONORM 8

**Fuente:** Programa METEONORM 8

Tomando la radiación global para una superficie inclinada a 15° hallamos la hora solar pico diaria con un promedio de 4.19 kWh/m<sup>2</sup> día para el diseño del sistema fotovoltaico en Cedal Duran. Observar en la tabla 5.

<b>Mes</b>	<b>Días</b>	<b>H_Gk[kWh/m<sup>2</sup>]</b>	<b>(kWh/m<sup>2</sup> día)</b>
<b>Enero</b>	31	137	4,42
<b>Febrero</b>	28	124	4,43
<b>Marzo</b>	31	151	4,87
<b>Abril</b>	30	154	5,13
<b>Mayo</b>	31	142	4,58
<b>Junio</b>	30	125	4,17
<b>Julio</b>	31	122	3,94
<b>Agosto</b>	31	119	3,84
<b>Septiembre</b>	30	118	3,93
<b>Octubre</b>	31	102	3,29
<b>Noviembre</b>	30	108	3,60
<b>Diciembre</b>	31	128	4,13
<b>Año</b>		<b>1532</b>	<b>4,19</b>

**Tabla 5..** Hora solar pico  
**Fuente:** El Autor

### **3.6. Temperatura de las células fotovoltaicas**

Para el cálculo de la temperatura de la célula fotovoltaica del panel solar se consideró los datos del fabricante, refiérase a la tabla 6, de los paneles Fotovoltaicos monocristalinos CS7L 595 W de la marca CANADIAN SOLAR, la selección de este panel está basado en las certificaciones a nivel internacional y reconocimiento como uno de los más grandes fabricantes de paneles fotovoltaicos.

La temperatura ambiente mensual se obtuvo empleando el programa METEONORM 8, este dato es utilizado para encontrar la temperatura de la célula fotovoltaica y ver su comportamiento en un periodo anual, refiérase a la tabla 7.

---

**CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA**

---

<b>Specification</b>	<b>Data</b>
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 %/°C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26% /°C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05%/°C
Nominal Module Operating Temperature (TONC)	41 ± 3°C

---

**Tabla 6.** Especificaciones Panel Solar CS7L 595 W  
Fuente: (CANADIAN SOLAR, 2021)

<b>Mes</b>	<b>Ta</b>	<b>Ta min</b>	<b>Ta dmin</b>	<b>Ta dmax</b>	<b>Ta max</b>	<b>RH</b>	<b>H_Gh</b>	<b>SDm</b>
	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[%]	[kWh/m2]	[h]
<b>Enero</b>	26.5	21.1	23.7	29.7	33.0	70	145	163
<b>Febrero</b>	26.4	22.1	23.7	29.4	32.6	76	129	139
<b>Marzo</b>	26.9	21.9	24.1	30.0	32.1	74	153	153
<b>Abril</b>	27.0	22.3	23.9	29.7	33.5	72	152	143
<b>Mayo</b>	26.3	21.0	23.4	29.6	32.5	71	137	166
<b>Junio</b>	25.0	20.0	21.9	28.0	32.0	72	120	184
<b>Julio</b>	24.3	19.3	21.7	27.5	32.1	71	118	212
<b>Agosto</b>	24.0	19.2	21.2	27.6	31.3	70	117	204
<b>Setiembre</b>	24.4	19.4	21.2	27.5	31.1	68	117	173
<b>Octubre</b>	24.4	19.0	21.4	28.0	32.0	68	105	156
<b>Noviembre</b>	24.9	19.9	21.5	28.3	32.4	66	112	154
<b>Diciembre</b>	26.4	21.0	23.3	30.1	33.9	63	135	166
<b>Año</b>	25.5					70	1541	2013

---

**Tabla 7.** Temperatura ambiente mensual  
Fuente: Programa METEONORM 8

La temperatura de operación nominal de la célula fotovoltaica, permite calcular la temperatura que alcanzará la célula a una irradiación de 800 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1,5, temperatura ambiente 20°C, velocidad del viento 1 m/s.

Para poder realizar la estimación del máximo porcentaje de pérdidas que pueda haber por la temperatura, se tomarán la temperatura ambiental máxima.

**Ecuación 1.**

Temperatura de la célula fotovoltaica [°C].

$$T_C = T_{amb} + \left[ \frac{(TONC-20^{\circ}C)}{800 \frac{W}{m^2}} \right] [G] \quad (1)$$

Dónde:

T<sub>c</sub>= temperatura de la célula fotovoltaica [°C].

T<sub>amb</sub>= temperatura ambiente [°C].

TONC= Temperatura de operación nominal de la celda [°C].

G= Irradiación promedio [W/m<sup>2</sup>].

Cálculo de temperatura célula fotovoltaica, refiérase a la tabla 8.

Mes	T (°C) ambiente	G(W/m <sup>2</sup> )	TONC	T (°C) célula
<b>Enero</b>	33	1000	41	59,25
<b>Febrero</b>	32,6	1000	41	58,85
<b>Marzo</b>	32,1	1000	41	58,35
<b>Abril</b>	33,5	1000	41	59,75
<b>Mayo</b>	32,5	1000	41	58,75
<b>Junio</b>	32	1000	41	58,25
<b>Julio</b>	32,1	1000	41	58,35
<b>Agosto</b>	31,3	1000	41	57,55
<b>Septiembre</b>	31,1	1000	41	57,35
<b>Octubre</b>	32	1000	41	58,25
<b>Noviembre</b>	32,4	1000	41	58,65
<b>Diciembre</b>	33,9	1000	41	60,15

**Tabla 8.** Tabla de temperatura de la célula fotovoltaica

**Fuente:** El Autor

**3.7. Rendimiento de los paneles solares en función de la temperatura.**

La eficiencia de los paneles solares en función de la temperatura se la calcula utilizando la siguiente fórmula:

## Ecuación 2.

Porcentaje de pérdidas de los paneles solares en función de la temperatura.

$$\% \text{perd. Temp} = [T_C - T_{\text{amb}}][C_t] \quad (2)$$

Dónde:

$T_C$ = temperatura de la célula fotovoltaica [°C].

$T_{\text{amb}}$ = temperatura ambiente [°C].

$C_t$ : Coeficiente de potencia térmico [%/°C].

Cálculo de eficiencia de los paneles solares en función de la temperatura, refiérase a la tabla 9.

T célula [°C]	T ensayo panel [°C]	Pérdidas [%/°C]	%perd.Temp[%]	Rto T[%]
59,25	25	0,34	11,65	88,36
58,85	25	0,34	11,51	88,49
58,35	25	0,34	11,34	88,66
59,75	25	0,34	11,82	88,19
58,75	25	0,34	11,48	88,53
58,25	25	0,34	11,31	88,70
58,35	25	0,34	11,34	88,66
57,55	25	0,34	11,07	88,93
57,35	25	0,34	11,00	89,00
58,25	25	0,34	11,31	88,70
58,65	25	0,34	11,44	88,56
60,15	25	0,34	11,95	88,05

**Tabla 9.** Rendimiento de los paneles solares en función a la temperatura

**Fuente:** El Autor

### 3.8. Rendimiento del sistema

Tomando en cuenta la radiación del emplazamiento, características de nuestros paneles solares e inversores se considerará las pérdidas para hallar el rendimiento del sistema Performance Ratio.

### Ecuación 3.

Coefficiente de rendimiento del sistema.

$$PR = [N(inv)][N(temp)][N(cables)][N(polución)][N(mismatch)][N(seguimiento PMP)] \quad (3)$$

Cálculo del rendimiento del sistema, refiérase a la tabla 10 y tabla 11.

Pérdidas por cableado	1,00%
Pérdidas por polución	3,00%
Pérdidas dispersión/mismatch	1,00%
Pérdidas por error en seguimiento PMP	1,00%
Pérdidas por rendimiento inversor	1,70%
otro	1,00%

**Tabla 10.** Pérdidas sistema fotovoltaico instalación fija  
Fuente (Sana Energy Corp, 2020)

	Rto [%]	Rto cab[%]	Rto pol[%]	Rto dis[%]	Rto pmp[%]	Rto inv[%]	Rto con[%]	Rto otros[%]	PR [%]
<b>Enero</b>	88,36	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,68
<b>Febrero</b>	88,49	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,81
<b>Marzo</b>	88,66	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,96
<b>Abril</b>	88,19	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,53
<b>Mayo</b>	88,53	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,84
<b>Junio</b>	88,70	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	81,00
<b>Julio</b>	88,66	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,96
<b>Agosto</b>	88,93	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	81,21
<b>Septiembre</b>	89,00	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	81,27
<b>Octubre</b>	88,70	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	81,00
<b>Noviembre</b>	88,56	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,87
<b>Diciembre</b>	88,05	99,0	97,0	99,0	99,0	98,3	99,7	99,00	80,41
								<b>PR anual</b>	<b>80,88%</b>

**Tabla 11.** Rendimiento del Sistema solar fotovoltaico  
Fuente: El Autor



### 3.9. Dimensionamiento del área y generación energética

Los planos de la planta determinan un área total en el techo de 9.072 m<sup>2</sup>, utilizando Sketchup y con el Asbuilt arquitectónico se obtiene un área aproximadamente adecuada de 4.233 m<sup>2</sup>, en Cedal Durán, para la instalación de los paneles solares. Se tomarán las áreas más idóneas estructuralmente, descartando las áreas como: claraboyas, sobretechos y lugares afectados por el deterioro del humo de las chimeneas. Refiérase a las Figuras 29 y 30.



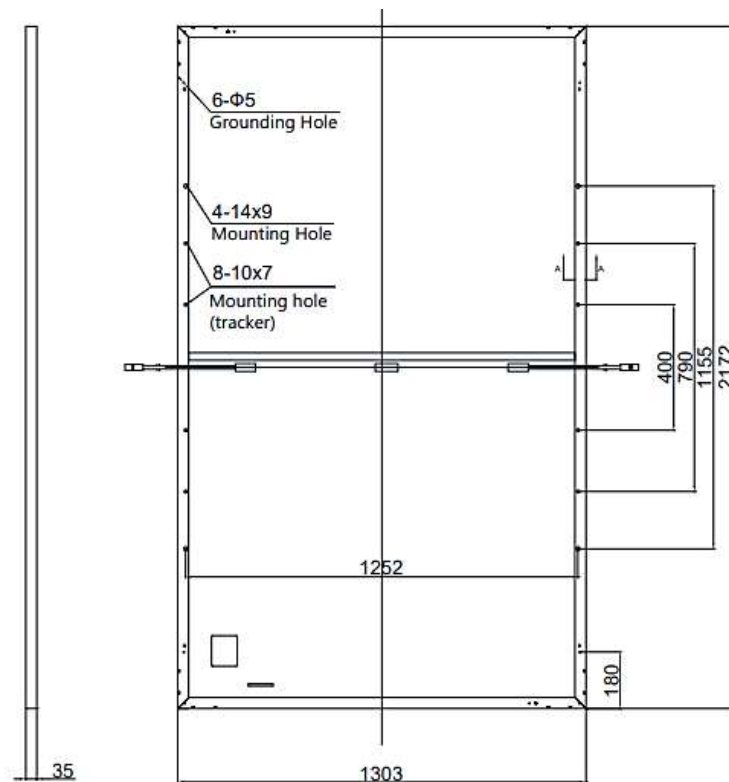
**Figura 29.** Instalaciones de CEDAL Durán  
**Fuente:** El Autor



**Figura 30.** Instalaciones de CEDAL Durán  
**Fuente:** El Autor

Con los datos técnicos mecánicos de los paneles monocristalinos CS7L 595 W, de la marca CANADIAN SOLAR, tenemos que cada panel fotovoltaico tiene un área de 2,83 m<sup>2</sup> y 31,4 kg, se analizará el número de paneles fotovoltaicos para el área disponible existente, tomando en consideración los pasillos técnicos para limpieza y mantenimiento. Refiérase a las Figuras 31.

Para conseguir la máxima producción de energía eléctrica se va analizar la superficie disponible, la orientación del edificio, la carga estructural que puede soportar, la incidencia de sombras que puede tener.



**Figura 31.** Dibujo de ingeniería CS7L 595 W de la marca CANADIAN SOLAR  
**Fuente:** (CANADIAN SOLAR, 2021)

Los paneles fotovoltaicos serán ubicados dependiendo de las restricciones físicas del techo y realizando un análisis en la cubierta de Cedal Durán, según el diseño estructural se calculó cuatro veces la carga del peso correspondiente al techo y vigas con un factor de viento de 30% lo que determina que el peso que soporta esta entre 100 a 120 kg x m<sup>2</sup>, es viable la

instalación de los paneles solares escogidos para el estudio porque con su peso ejercen una carga de 10,46 kg x m<sup>2</sup>, con el área disponible y con la carga que soporta la cubierta se determina la instalación de 1411 paneles fotovoltaicos, colocando el respectivo pasillo técnico de 50 cm para limpieza y mantenimiento.

### 3.10. Estimación de la producción del sistema fotovoltaico

Se realiza la estimación de energía producida por la planta fotovoltaica de 839,545 kWp con la instalación de 1411 paneles fotovoltaicos, teniendo en cuenta el rendimiento del sistema y el área física para la instalación por superposición en el techo de Cedal Durán. Refiérase a la tabla 12 y tabla 13. Se utiliza para el cálculo de energía inyectada a la red la siguiente fórmula:

#### Ecuación 4.

Energía suministrada a la red

$$PR = \frac{E_{AC}}{\frac{[H_a(\alpha,\beta)][P_{GFV}]}{G^*}} \quad (4)$$

Dónde:

$E_{AC}$  = Energía suministrada a la red [kWh]

$H_a(\alpha,\beta)$  = Irradiación anual incidente en el plano inclinado del generador [kWh/m<sup>2</sup>]

$P_{GFV}$  = Potencia máxima del generador fotovoltaico [kW]

$G^*$  = Irradiancia de referencia [1kW/m<sup>2</sup>], término que permite simplificar unidades y obtener PR adimensional.

PR= Coeficiente de rendimiento [%]

Mes	H_Gk[kWh/m <sup>2</sup> ]	PR[%]	H_Gk[kWh/m <sup>2</sup> ][PR]
<b>Enero</b>	137	80,68	110,54
<b>Febrero</b>	124	80,81	100,2
<b>Marzo</b>	151	80,96	122,26
<b>Abril</b>	154	80,53	124,02
<b>Mayo</b>	142	80,84	114,79
<b>Junio</b>	125	81,00	101,24
<b>Julio</b>	122	80,96	98,78
<b>Agosto</b>	119	81,21	96,64
<b>Septiembre</b>	118	81,27	95,9
<b>Octubre</b>	102	81,00	82,62
<b>Noviembre</b>	108	80,87	87,34
<b>Diciembre</b>	128	80,41	102,92

**Tabla 12.** Irradiación incidente x rendimiento del sistema  
Fuente: El Autor

	H_Gk[kWh/m <sup>2</sup> ] [PR]	P <sub>GFV</sub> [kW]	G* [kW/m <sup>2</sup> ]	EAC [kWh/día]	EAC [kWh/mes]
<b>Enero</b>	110,54	839,55	1	2993,61	92801,9
<b>Febrero</b>	100,2	839,55	1	3004,47	84125,17
<b>Marzo</b>	122,26	839,55	1	3310,95	102639,55
<b>Abril</b>	124,02	839,55	1	3470,56	104116,75
<b>Mayo</b>	114,79	839,55	1	3108,84	96373,9
<b>Junio</b>	101,24	839,55	1	2833,3	84999,1
<b>Julio</b>	98,78	839,55	1	2675,07	82927,32
<b>Agosto</b>	96,64	839,55	1	2617,3	81136,28
<b>Septiembre</b>	95,9	839,55	1	2683,87	80515,98
<b>Octubre</b>	82,62	839,55	1	2237,4	69359,26
<b>Noviembre</b>	87,34	839,55	1	2444,22	73326,61
<b>Diciembre</b>	102,92	839,55	1	2787,26	86405,14
<b>Promedio</b>				<b>2847,24</b>	<b>86560,58</b>
<b>Producción anual (kWh)</b>				<b>1038726,96</b>	

**Tabla 13.** Cálculo Energía suministrada a la red.  
Fuente: El Autor

### 3.11. Dimensionamiento de los Inversores

Se realizará el arreglo de los paneles fotovoltaicos para obtener los rangos de operación del inversor Inversores SOLIS 100 kW, la potencia total en inversores es de 800 kW.

Para los 1411 paneles CS7L 595 W de la marca CANADIAN SOLAR se instalarán 8 inversores de 100 kW, 5 inversores con 176 paneles y 3 inversores con 177 paneles.

#### 3.11.1. Arreglos por inversor

Cada inversor tiene 10 MPPTS con 2 entradas, lo que nos da un total de 20 entradas, solo utilizaremos 1 entrada de cada máximo punto de potencia por Tramo [MPPT], para obtener el punto máximo de eficiencia de una sección de paneles.

##### **Inversores con 176 paneles**

6 MPPTS llevarán 18 paneles en serie

4 MPPTS llevarán 17 paneles en serie

##### **Inversores con 177 paneles**

7 MPPTS llevarán 18 paneles en serie

3 MPPTS llevarán 17 paneles en serie

#### 3.11.2. Voltaje de máximo punto de potencia (arreglo de paneles en serie)

##### **Ecuación 5.**

Voltaje de máximo punto de potencia por tramo

$$V_{mppt} = [V_{oc \text{ panel}}][\text{Número de paneles en serie}] \quad (5)$$

$$V_{mppt} = [41,1 \text{ V}][18]$$

$$V_{mppt} = 739,8 \text{ V}$$

### 3.11.3. Corriente de máximo punto de potencia (arreglo de paneles en paralelo)

#### Ecuación 6.

Corriente de máximo punto de potencia por tramo

$$I_{mppt} = [I_{sc \text{ panel}}][\text{Número de paneles en paralelo}] \quad (6)$$

$$I_{mppt} = [18,42 \text{ A}][1]$$

$$I_{mppt} = 18,42 \text{ A}$$

### 3.12. Dimensionamiento del cableado

Para el dimensionamiento del cableado en el sistema fotovoltaico se dividirá en dos tramos característicos de un sistema conectado a la red, con el correcto dimensionamiento se prolonga la vida útil del sistema y no se excede en costos.

- **Tramo 1:** Conexión de los módulos fotovoltaicos al inversor en corriente directa, donde se toma la corriente de cortocircuito ( $I_{sc \text{ panel}}$ ) como la corriente nominal ( $I_n$ ).

Conexión de los módulos fotovoltaicos al inversor en corriente directa

**Ecuación 7.** Dimensionamiento de cables en corriente directa

$$I_{nDC} = 1,25[I_{mppt}] \quad (7)$$

$$I_{nDC} = [1,25][18,42]$$

$$I_{nDC} = 23,02 \text{ A}$$

- **Tramo 2:** Conexión inversor al tablero de distribución en corriente alterna, donde se toma la corriente máxima de salida del inversor.

Conexión inversor al tablero de distribución en corriente alterna

**Ecuación 8.** Dimensionamiento de cables en corriente alterna

$$I_{nAC} = [1,25][I_{m\acute{a}x salida}] \quad (8)$$

$$I_{nAC} = [1,25][167,1 A]$$

$$I_{nAC} = 208,87 [A]$$

Se selecciona para el cableado del tramo 1 un conductor de 12 AWG que tiene una capacidad de corriente de 30 amperios, para el tramo número 2 se selecciona un conductor 3/0 AWG con una capacidad de corriente de 225 amperios. Refiérase a la tabla 14.

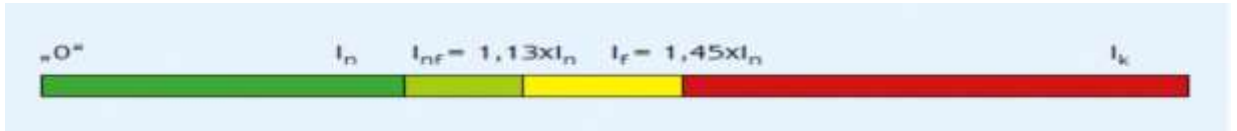
Conductor de cobre para 600 V. aislado con policloruro de vinilo (PVC) 90°C, resistente a la humedad y calor elevado.

CALIBRE [AWG]	No. Hilos	Espesor de Aislamiento	Diámetro externo Aprox.[mm]	Peso total Aprox. [kg / km]	Capacidad de Corriente [A]
14	19	0,76	3,32	27,58	25
12	19	0,76	3,82	40,6	30
10	19	0,76	4,41	60,56	40
8	19	1,14	5,9	100,61	55
6	19	1,52	7,6	162,56	75
4	19	1,52	8,79	242,88	95
2	19	1,52	10,29	367,85	130
1	19	2,03	12,2	480,4	150
1/0	19	2,03	13,21	591,62	170
2/0	19	2,03	14,33	730,21	195
3/0	19	2,03	15,59	903,58	225
4/0	19	2,03	17,01	1120,73	260

**Tabla 14.** Especificaciones de conductores eléctricos.  
Fuente (ELECTRO CABLE, 2018)

### 3.13. Dimensionamiento de fusibles de tramos

Los fusibles deben asegurar el tramo positivo y negativo de la tensión DC, deben ser aptos para uso en equipos fotovoltaicos. Refiérase a la figura 32.



**Figura 32.** Dimensionamiento de fusibles según DIN 60269-9

**Fuente:** (Haselhuhn, 2013)

**Ecuación 9.** Corriente nominal de funcionamiento del fusible por tramo

$$I_{\text{nominal fusible de tramo}} = [1,13][I_{\text{nominal tramo}}] \quad (9)$$

$$I_{nf} = [1,13][I_n]$$

$$I_{nf} = [1,13][18,42A]$$

$$I_{nf} = 20,81 A$$

**Ecuación 10.** Corriente de disparo del fusible por tramo

$$I_{\text{disparo fusible de tramo}} = [1,4][I_{\text{nominal tramo}}] \quad (10)$$

$$I_{f \text{ fusible de tramo}} = [1,4][I_{K \text{ tramo stc}}]$$

$$I_{f \text{ fusible de tramo}} = [1,4][18,42A]$$

$$I_{f \text{ fusible de tramo}} = 25,78 A$$



### **3.14. Interruptor principal de tensión DC y AC**

Dimensionamiento del interruptor principal de tensión CC debe ser a 125% de la corriente de cortocircuito del generador FV, la capacidad de conmutación del interruptor debe ser apta para corriente continua por defectos sensitivos a corrientes universales. Con la corriente de  $I_{nDC \text{ tramo}} = 23,02 \text{ A}$  seleccionamos un breaker diferencial de 2 polos clase B de 25 amperios.

Dimensionamiento del interruptor principal de tensión CA debe ser a 125% de la corriente del inversor. Con la corriente de  $I_{nAC} = 208,87 \text{ [A]}$ , seleccionamos un disyuntor trifásico de rápido accionamiento de 100 a 250 amperios regulable.

## **CAPÍTULO 4. ANALISIS Y RESULTADOS**

### **4.1. Resultados instalación fotovoltaica**

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico se realiza considerando el área de la instalación, la ubicación, la inclinación del techo, la radiación global en una superficie inclinada, rendimiento de la instalación, hora solar pico.

- Hora Sol Pico (HSP): 4,19
- Rendimiento de la instalación fotovoltaica: 80,88%
- Potencia a Instalar: 839,545 kW.
- Potencia módulo solar: 595 W marca CANADIAN SOLAR Monocristalino PERC.
- Número de módulos: 1411 paneles.
- Potencia Total en Inversores: 800 kW con 8 inversores de 100kW
- Área requerida: 4.233 m<sup>2</sup> aproximadamente.
- Ubicación: Sobre cubierta.

Con la potencia instalada se halla la producción mensual estimada para el tiempo de vida útil del proyecto, con la producción mensual se encontrará el ahorro de energía y el beneficio económico realizando un análisis en función a las 12 planillas eléctricas de CNEL EP UNIDAD DE NEGOCIO GUAYAS LOS RIOS.

### **4.2. Beneficio económico de la planta fotovoltaica**

Podemos obtener el ahorro considerando la producción energética mensual del sistema solar fotovoltaico, se toma el valor del 0,0678 USD/kWh del pliego tarifario para consumidor industrial con demanda diferenciada.

Realizando un análisis económico se obtiene un Ahorro promedio mensual: \$ 5.868,81, Ahorro promedio anual: \$70.425,69, Porcentaje de ahorro energético: 14%, Porcentaje de ahorro económico: 11,19%. Refiérase a la tabla 15.

MES	SIN ENERGÍA SOLAR		CON ENERGÍA SOLAR			
	CONSUMO (kWh)	FACTURA CNEL(\$)	ENERGÍA PRODUCIDA kWh	CONSUMO (kWh)	FACTURA CNEL 2 (\$)	AHORRO ECONÓMICO(\$)
MAYO	641.856	52.894,49	96373,9	545.482	\$46.360,34	6.534,15
JUNIO	564.677	49.306,37	84999,1	479.678	\$43.543,43	5.762,94
JULIO	580.370	49.814,36	82927,32	497.443	\$44.191,89	5.622,47
AGOSTO	680.310	57.046,09	81136,28	599.174	\$51.545,05	5.501,04
SEPTIEMBRE	658.104	56.864,01	80515,98	577.588	\$51.405,03	5.458,98
OCTUBRE	685.324	57.618,01	69359,26	615.965	\$52.915,45	4.702,56
NOVIEMBRE	625.651	52.972,13	73326,61	552.324	\$48.000,59	4.971,54
DICIEMBRE	632.692	53.334,69	86405,14	546.287	\$47.476,42	5.858,27
ENERO	539.905	45.948,05	92801,9	447.103	\$39.656,08	6.291,97
FEBRERO	605.621	50.894,79	84125,17	521.496	\$45.191,10	5.703,69
MARZO	631.710	52.754,31	102639,55	529.070	\$45.795,35	6.958,96
ABRIL	577.624	49.614,66	104116,75	473.507	\$42.555,54	7.059,12
<b>TOTAL</b>	<b>7.423.844</b>	<b>629.061,96</b>	<b>1.038.727</b>	<b>6.385.117</b>	<b>558.636,27</b>	<b>70.425,69</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>618.654</b>	<b>52.421,83</b>	<b>86.561</b>	<b>532.093</b>	<b>46.553,02</b>	<b>5.868,81</b>

**Tabla 15.** Análisis del beneficio económico  
**Fuente:** El Autor

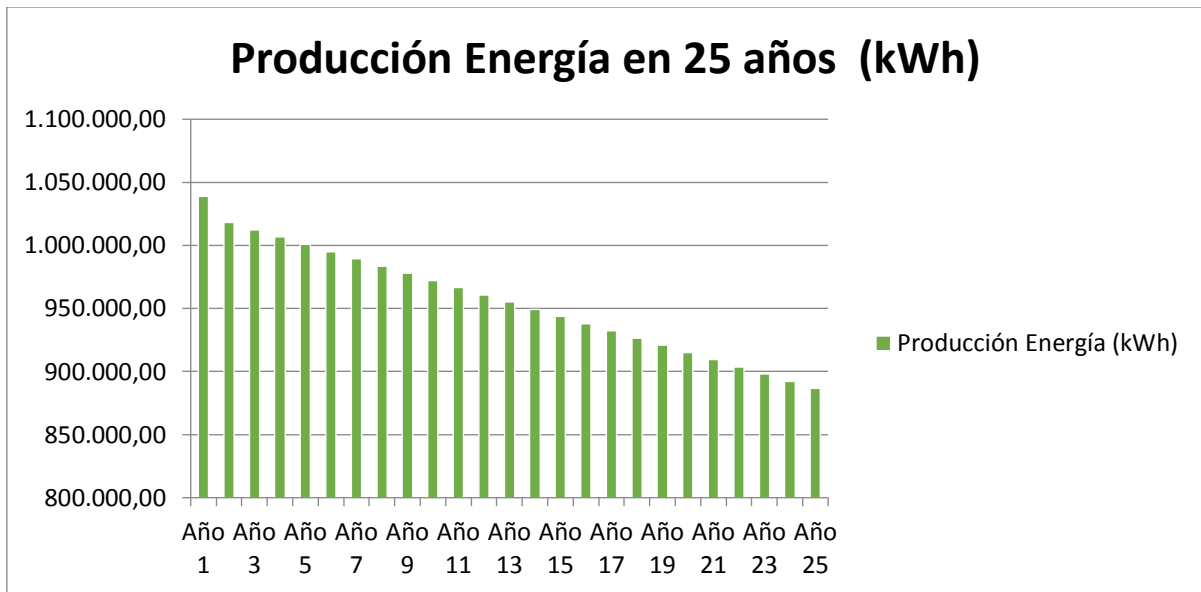
### 4.3. Cálculo de la producción de energía solar en 25 años

Para el sistema solar tenemos una garantía de rendimiento de potencia lineal, el primer año la degradación de generación de energía no más del 2% y la degradación de potencia anual posterior no más del 0,55%, como se muestra en la tabla 16 y en la figura 33.

<b>Año</b>	<b>Índice de degradación</b>	<b>Producción Energía (kWh)</b>	<b>Ahorro Anual (\$)</b>
Año 1		1038726,96	70.425,69
Año 2	0,980	1017952,42	69.017,17
Año 3	0,975	1012239,42	68.629,83
Año 4	0,969	1006526,42	68.242,49
Año 5	0,964	1000813,43	67.855,15
Año 6	0,958	995100,427	67.467,81
Año 7	0,953	989387,429	67.080,47
Año 8	0,947	983674,431	66.693,13
Año 9	0,942	977961,433	66.305,79
Año 10	0,936	972248,434	65.918,44
Año 11	0,931	966535,436	65.531,10
Año 12	0,925	960822,438	65.143,76
Año 13	0,920	955109,439	64.756,42
Año 14	0,914	949396,441	64.369,08
Año 15	0,909	943683,443	63.981,74
Año 16	0,903	937970,445	63.594,40
Año 17	0,898	932257,446	63.207,05
Año 18	0,892	926544,448	62.819,71
Año 19	0,887	920831,45	62.432,37
Año 20	0,881	915118,452	62.045,03
Año 21	0,876	909405,453	61.657,69
Año 22	0,870	903692,455	61.270,35
Año 23	0,865	897979,457	60.883,01
Año 24	0,859	892266,458	60.495,67
Año 25	0,854	886553,46	60.108,32
<b>TOTAL</b>		<b>23892797,5</b>	<b>1.619.931,67</b>

**Tabla 16.** Producción de energía solar en 25 años

**Fuente:** El Autor



**Figura 33.** Producción de Energía en 25 años

**Fuente:** El Autor

#### 4.4. Lista de precios de proyecto fotovoltaico de cedal Dúran

Se realiza una cotización y un estimado de los valores para encontrar el presupuesto necesario para la instalación de un sistema fotovoltaico conectado a la red para la empresa Cedal Durán, como se muestra en la tabla 17.

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO(\$)	PRECIO TOTAL(\$)
1	1411	und	Paneles solares	268,36	378.650,00
2	8	und	Inversor	5.100,00	40.800,00
3	1	glb	Estructura	35.300,00	35.300,00
4	1	glb	Materiales para instalación	197.890,00	197.890,00
5	1	glb	Instalación y mano de obra	60.973,00	60.973,00
<b>VALOR TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>\$713.613,00</b>

**Tabla 17.** Costo del proyecto para CEDAL Durán

**Fuente:** El Autor

#### 4.5. Beneficio Tributario

De acuerdo al artículo #10 literal 7 del código orgánico de la producción, comercio e inversiones (COPCI) dice:

El SRI permite depreciar, con un 100% adicional, todas las inversiones relacionadas con mecanismos de producción más limpia mediante la generación con energías renovables (solar, eólica o similares) o a la reducción del impacto ambiental de la actividad productiva, lo cual es equivalente al descuento del 50% en el precio de su planta fotovoltaica.

Este gasto adicional no podrá superar un valor equivalente al 5% de los ingresos totales. El reglamento a esta ley establecerá los parámetros técnicos y formales, que deberán cumplirse para acceder a esta deducción adicional. Este incentivo no constituye depreciación acelerada. (Servicio de Rentas Internas)

#### Ecuación 11.

Beneficio tributario anual

$$\text{Beneficio tributario Anual} = \left[ \frac{\text{Costo del proyecto} \times 2}{10} \right] [25\%] \quad (11)$$

$$\text{Beneficio tributario Anual} = \$ 35680,65$$

#### 4.6. Análisis económico del proyecto fotovoltaico en Cedal Durán

Para el proyecto se tomará inversión de los recursos de la empresa Cedal Durán se calculará el TIR, VAN y PAYBACK con la finalidad de analizar el costo / beneficio del proyecto para la empresa.

##### 4.6.1. Valor presente neto (VAN)

Para calcular el valor presente neto es necesario pasar a valor presente los costos de mantenimiento para cada año, una vez obtenidos se suman todos los valores y se le resta el costo de inversión con una tasa de descuento del 8%. Refiérase a la tabla 18.

### **Ecuación 12.**

Valor presente neto

$$VPN = \sum_{P=1}^{25} \left( \frac{INA_P}{(1+R)^P} \right) - CI \quad (12)$$

$$VPN = 218675,42(\$)$$

VPN = Valor presente neto

CI = Inversión inicial

INA<sub>P</sub> = Flujo de efectivo

R = Tasa de descuento

P = Número de periodos.

#### **4.6.2. La tasa interna de retorno (TIR)**

Es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión, es la rentabilidad. Para calcular el TIR se hace uso de la formula anterior con la excepción que ahora se determina la tasa de descuento cuando el VPN es igual a cero. Si el TIR es superior a la tasa de descuento el proyecto es viable.

### **Ecuación 13.**

Tasa interna de retorno

$$\sum_{P=1}^{25} \left( \frac{INA_P}{(1+TIR)^P} \right) - CI = 0 \quad (13)$$

$$TIR = 12,04\%$$

TIR= Tasa interna de retorno

CI= Inversión inicial

INA<sub>P</sub> =Flujo de efectivo

P= Número de periodos.

<b>Año</b>	<b>Inversión Capital(\$)</b>	<b>Ingresos por ahorro(\$)</b>	<b>Beneficio tributario(\$)</b>	<b>Costos Mtto(\$)</b>	<b>Flujo de efectivo(\$)</b>	<b>Valor presente(\$)</b>
0	-713613				-713613	-713613,00
1		70425,69	35680,65	-1400	104706,34	96950,31
2		69017,17	35680,65	-1400	103297,82	88561,23
3		68629,83	35680,65	-1400	102910,48	81693,66
4		68242,49	35680,65	-1400	102523,14	75357,57
5		67855,15	35680,65	-1400	102135,8	69511,91
6		67467,81	35680,65	-1400	101748,46	64118,79
7		67080,47	35680,65	-1400	101361,12	59143,24
8		66693,13	35680,65	-1400	100973,78	54552,99
9		66305,79	35680,65	-1400	100586,44	50318,26
10		65918,44	35680,65	-1400	100199,09	46411,57
11		65531,1		-1400	64131,1	27504,73
12		65143,76		-1400	63743,76	25313,52
13		64756,42		-1400	63356,42	23296,02
14		64369,08		-1400	62969,08	21438,52
15		63981,74		-1400	62581,74	19728,37
16		63594,4		-1400	62194,4	18153,95
17		63207,05		-1400	61807,05	16704,53
18		62819,71		-1400	61419,71	15370,22
19		62432,37		-1400	61032,37	14141,94
20		62045,03		-1400	60645,03	13011,28
21		61657,69		-1400	60257,69	11970,54
22		61270,35		-1400	59870,35	11012,58
23		60883,01		-1400	59483,01	10130,87
24		60495,67		-1400	59095,67	9319,35
25		60108,32		-1400	58708,32	8572,47
					<b>Total:</b>	<b>218675,42</b>

**Tabla 18.** Valor presente neto VAN

**Fuente:** El Autor



#### 4.6.3. Plazo de recuperación (PAYBACK)

Es el periodo de tiempo del retorno de la inversión del proyecto se utiliza como indicador requerido para recuperar el capital. Refiérase a la Tabla 19.

#### Ecuación 14.

Plazo de recuperación (PAYBACK)

$$\text{PAYBACK} = \frac{\text{VALOR DEL PROYECTO}}{\text{AHORRO ANUAL+BENEFICIO TRIBUTARIO}} \quad (14)$$

$$\text{PAYBACK} = \frac{713613,00(\$)}{76476,67(\$/\text{AÑOS}) + 35680,65(\$/\text{AÑOS})}$$

$$\text{PAYBACK} = 6,36 \text{ AÑOS}$$

#### 4.6.4. Valor presente de los costos de mantenimiento

Se calcula el valor presente por costos de mantenimiento, para cada año de los 25 años de la vida útil del proyecto y se procede a realizar la sumatoria total. Refiérase a la Tabla 20.

#### Ecuación 15.

Valor presente de los costos de mantenimiento

$$\text{VPM} = \sum_{P=1}^{25} \left( \frac{\text{Costo de mantenimiento}}{(1+R)^P} \right) \quad (15)$$

$$\text{VPM} = 14.944,69(\$)$$

VPM=Valor presente costos mantenimiento

P= Número de periodos.

R=Tasa de descuento anual (%)

Años	Ingresos por ahorro(\$)	Beneficio tributario(\$)	Costos mantenimiento(\$)	Flujo de efectivo(\$)	RECUPERACIÓN INVERSION (\$)
0				-713613	-713613
1	70425,69	35680,65	-1400	104706,34	-608906,66
2	69017,17	35680,65	-1400	103297,82	-505608,84
3	68629,83	35680,65	-1400	102910,48	-402698,36
4	68242,49	35680,65	-1400	102523,14	-300175,22
5	67855,15	35680,65	-1400	102135,8	-198039,42
6	67467,81	35680,65	-1400	101748,46	-96290,96
7	67080,47	35680,65	-1400	101361,12	5070,16
8	66693,13	35680,65	-1400	100973,78	106043,94
9	66305,79	35680,65	-1400	100586,44	206630,38
10	65918,44	35680,65	-1400	100199,09	306829,47
11	65531,1		-1400	64131,1	370960,57
12	65143,76		-1400	63743,76	434704,33
13	64756,42		-1400	63356,42	498060,75
14	64369,08		-1400	62969,08	561029,83
15	63981,74		-1400	62581,74	623611,57
16	63594,4		-1400	62194,4	685805,97
17	63207,05		-1400	61807,05	747613,02
18	62819,71		-1400	61419,71	809032,73
19	62432,37		-1400	61032,37	870065,1
20	62045,03		-1400	60645,03	930710,13
21	61657,69		-1400	60257,69	990967,82
22	61270,35		-1400	59870,35	1050838,17
23	60883,01		-1400	59483,01	1110321,18
24	60495,67		-1400	59095,67	1169416,85
25	60108,32		-1400	58708,32	1228125,17

**Tabla 19.** Tiempo del retorno de la inversión PAYBACK

**Fuente:** El Autor

<b>Año</b>	<b>Costos Mtto(\$)</b>	<b>Valor Presente Costos O&amp;M (\$)</b>
1	1.400,00	1.296,30
2	1.400,00	1.200,27
3	1.400,00	1.111,37
4	1.400,00	1.029,04
5	1.400,00	952,82
6	1.400,00	882,24
7	1.400,00	816,89
8	1.400,00	756,38
9	1.400,00	700,35
10	1.400,00	648,47
11	1.400,00	600,44
12	1.400,00	555,96
13	1.400,00	514,78
14	1.400,00	476,65
15	1.400,00	441,34
16	1.400,00	408,65
17	1.400,00	378,38
18	1.400,00	350,35
19	1.400,00	324,40
20	1.400,00	300,37
21	1.400,00	278,12
22	1.400,00	257,52
23	1.400,00	238,44
24	1.400,00	220,78
25	1.400,00	204,43
		<b>\$ 14.944,69</b>

**Tabla 20.** Valor presente de los costos de mantenimiento

**Fuente:** El Autor

#### 4.6.5. Valor presente de todos los costes

El valor presente de todos los costos consiste en la suma de los costos de inversión, valor de todos los costos de mantenimiento.

**Ecuación 16.** Valor presente de todos los costes

$$VPC = CI + VPM \quad (16)$$

$$VPC = \$713.613 + \$14.944,69$$

$$VPC = 728.557,69(\$)$$

VPC=Valor presente de todos los costes

CI= Inversión capital

VPM= Valor presente de los costos de mantenimiento

#### 4.6.6. Costo anual nivelado del proyecto

Para determinar el costo nivelado se utiliza la inversión de capital, los costos de mantenimiento, utilizando la amortización nos permite distribuir a lo largo del tiempo de la vida útil del proyecto.

**Ecuación 17.** Costo anual nivelado del proyecto

$$LAC = \frac{-VPC \cdot R}{(1 - (1+R)^{-P})} \quad (17)$$

LAC= Coste anual nivelado

VPC=Valor presente de todos los costes

P= Número de periodos.

R=Tasa de descuento anual (%)

$$LAC = \frac{728.557,69 \times 0,08}{(1 - (1 + 0,08)^{-25})}$$

$$LAC = 68.250,39(\$)$$

#### 4.6.7. Costo nivelado de la energía

El costo nivelado de energía LCoE se obtiene mediante la relación entre el costo anual nivelado y la energía anual producida, se encuentra el costo nivelado de la energía con la producción mensual. Refiérase a la Tabla 21.

**Ecuación 18.** Costo nivelado de la energía

$$LCoE = \frac{LAC}{EPA} \quad (18)$$

$$LCoE = 0,07 \frac{\$}{\text{kWh}}$$

LCoE= Coste de la energía nivelado

LAC= Coste anual nivelado

EPA= Producción anual de energía

<b>Año</b>	<b>Producción Energía (kWh)</b>	<b>Costo anual nivelado proyecto LAC (\$)</b>	<b>Costo nivelado energía LCoE (\$)</b>
Año 1	1038726,96	68.250,39	0,066
Año 2	1017952,42	68.250,39	0,067
Año 3	1012239,42	68.250,39	0,067
Año 4	1006526,42	68.250,39	0,068
Año 5	1000813,43	68.250,39	0,068
Año 6	995100,427	68.250,39	0,069
Año 7	989387,429	68.250,39	0,069
Año 8	983674,431	68.250,39	0,069
Año 9	977961,433	68.250,39	0,070
Año 10	972248,434	68.250,39	0,070
Año 11	966535,436	68.250,39	0,071
Año 12	960822,438	68.250,39	0,071
Año 13	955109,439	68.250,39	0,071
Año 14	949396,441	68.250,39	0,072
Año 15	943683,443	68.250,39	0,072
Año 16	937970,445	68.250,39	0,073
Año 17	932257,446	68.250,39	0,073
Año 18	926544,448	68.250,39	0,074
Año 19	920831,45	68.250,39	0,074
Año 20	915118,452	68.250,39	0,075
Año 21	909405,453	68.250,39	0,075
Año 22	903692,455	68.250,39	0,076
Año 23	897979,457	68.250,39	0,076
Año 24	892266,458	68.250,39	0,076
Año 25	886553,46	68.250,39	0,077
		<b>Promedio</b>	<b>0,07</b>

**Tabla 21.** Costos Nivelados de energía

**Fuente:** El Autor

## CONCLUSIONES.

- Para el estudio del sistema fotovoltaico conectado a la red ubicado en Cedal Durán, se toma en consideración la inclinación del techo de 15°, este dato es obtenido del plano arquitectónico, dando como resultado la consideración de la radicación global mensual para obtener una hora solar pico diaria con un promedio de 4.19 kWh/m<sup>2</sup> día.
- Para la implementación de este sistema fotovoltaico se consideró regirse a las disposiciones y reglamentaciones asociadas a las normativas vigentes que exige el marco legal del país, esto es las Resoluciones Nro. ARCONEL-042/18 y la Nro. ARCERNNR-013/2021, respectivamente, así como la regulación Nro. ARCONEL 003/18.
- Tomado en consideración las condiciones más adversas para la producción de energía, se encuentra un rendimiento del sistema fotovoltaico del 80,88%, con el rendimiento se halla la producción mensual promedio dependiendo de las horas solar pico y se obtiene una producción mensual promedio de 86.561 kWh mes, esta cantidad de energía producida equivale al 11,19% del consumo total de la planta Cedal Durán.
- Luego de realizar un análisis del consumo mensual promedio de **618.654 kWh** y del área disponible de 4.233 m<sup>2</sup> con una capacidad de carga de 120 kg x m<sup>2</sup>, se determina que se puede instalar 1411 paneles monocristalinos CS7L 595 W de la marca CANADIAN SOLAR que equivale a la potencia instalada de la planta de 839,545 kWp. Con la potencia del sistema fotovoltaico se determina instalar 8 inversores marca SOLIS de 100 kW.
- El periodo de retorno de la inversión es de 6,36 años para un proyecto con una vida útil de 25 años, se tiene un VAN positivo y un TIR de 12,04% superior a la tasa de descuento del 8%, se tiene un costo nivelado de energía de **\$0,07** esto indica que el proyecto es aceptable.

## **RECOMENDACIONES:**

- Tomar en consideración la inclinación, sombras, temperatura y polución del lugar de la instalación del sistema fotovoltaico debido a que son los porcentajes de pérdidas que más afecta al rendimiento del sistema.
- Tomar en consideración la capacidad de carga de la infraestructura y área disponible, para la instalación de los paneles solares.
- Considerar el índice de degradación anual en la producción de la vida útil en el sistema fotovoltaico de potencia instalada de 839,545 kWp.
- El montaje e implementación de los equipos deben ser realizados y supervisados por personal calificado, especialista en el tema y con experiencia.
- Es necesario realizar un mantenimiento integral desde lo preventivo hasta lo correctivo de ser necesario, lo que permitirá garantizar la funcionalidad y operatividad basado en la resolución ARCERNNR-013/2021 para el ciclo de vida útil de generadores renovables. Se recomienda implementar un programa de mantenimiento con todas las consideraciones técnicas y tiempos de uso, además de controlar algún incremento de la demanda eléctrica y del consumo a futuro.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (s.f.). Obtenido de <https://www.vde-verlag.de/standards/0100188/din-en-50530-vde-0126-12-2013-12.html>
- AEREATECNOLOGIA. (s.f.). *AEREATECNOLOGIA*. Recuperado el 2023, de AEREATECNOLOGIA: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/irradiancia-irradiacion.html>
- AEREATECNOLOGIA. (s.f.). *AEREATECNOLOGIA*. Obtenido de AEREATECNOLOGIA: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/paneles-solares.html>
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (22 de 10 de 2018). Resolución Nro.ARCONEL-042/18. *REGULACIÓN Nro.ARCONEL-003/18*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- ARCONEL. (16 de 01 de 2015). *Resolución Nro. ARCONEL-057/18*. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Reforma-a-la-Regulacion-Microgeneracion.pdf>
- ARCONEL. (22 de 10 de 2018). *Agencia de Regulación y Control de Electricidad*. Obtenido de Agencia de Regulación y Control de Electricidad: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/01/Codificacion-Regulacion-No.-ARCONEL-003-18.pdf>
- ariae. (7 de mayo de 2019). *ARCONEL*. Obtenido de ARCONEL: <file:///C:/Users/Ximena/Downloads/14%20Santiago%20Espinosa%20Presentaci%C3%B3n%20ARCONEL-ARIAE%20mayo%202019.pdf>
- AUTOMATISMOINDUSTRIAL. (s.f.). *AUTOMATISMOINDUSTRIAL*. Obtenido de AUTOMATISMOINDUSTRIAL: <https://automatismoindustrial.com/curso-energia-solar-fotovoltaica/componentes-energia-solar-fotovoltaica/diodo-de-bypass-modulo-fotovoltaico/>
- AUTOSOLAR. (s.f.). *AUTOSOLAR*. Obtenido de AUTOSOLAR: <https://autosolar.es/placas-fotovoltaicas/que-es-el-silicio-monocristalino>
- BERLIN, DGS. (abril de 2023). Instalador/a de energía fotovoltaica. *Curso de Instalación de sistemas fotovoltaicos*, 15. Guayaquil, Guayas, Ecuador.
- Bundesverband Solarwirtschaft e.V. - BSW-Solar. (1 de julio de 2017). *solarwirtschaft*. Obtenido de solarwirtschaft: [www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user\\_upload/hinweise\\_vermeidung\\_lichtb.pdf](http://www.solarwirtschaft.de/fileadmin/user_upload/hinweise_vermeidung_lichtb.pdf)
- CANADIAN SOLAR. (abril de 2021). *static.csisolar*. Obtenido de static.csisolar: [https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/10/02101505/Canadian\\_Solar-Datasheet-CS7L-MS-575-605-V1.6C1\\_AU.pdf](https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/10/02101505/Canadian_Solar-Datasheet-CS7L-MS-575-605-V1.6C1_AU.pdf)
- Chavez López, R. (2019). *CCEEA*. Obtenido de Equipos que conforman un Sistema Interconectado a la Red: <https://ccea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/equipos-que-conforman-un-sistema-interconectado-a-la-red>
- China, M. i. (s.f.). *Aj Power Co*. Obtenido de Aj Power Co: [https://es.made-in-china.com/co\\_ajpower/product\\_Flexible-Foldable-Mono-Monocrystalline-Silicon-PV-](https://es.made-in-china.com/co_ajpower/product_Flexible-Foldable-Mono-Monocrystalline-Silicon-PV-)

Amorphous-Photovoltaic-Solar-Panel-for-Inverter-System-Widely-Use-in-Cell-Water-Heater-Light-Generator\_uouyeeuiou.html

ELECTRO CABLE. (2018). *ELECTRO CABLE*. Obtenido de ELECTRO CABLE: <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>

Energetika. (2011). *Energetika*. Obtenido de Energetika: <http://www.energetika.com.ar/Curva%20I-V.html>

GOOGLE EARTH. (21 de 04 de 2021). *GOOGLE EARTH*. Obtenido de GOOGLE EARTH: <https://earth.google.com/web/search/cedal+druan/@-2.19125827,-79.82921846,2.90207163a,1055.51937093d,35y,48.71560007h,44.80032451t,0r/data=CnYaTBJGCIUweDkwMmQ2ZWfHyZQ5NGM1MjE6MHg3MDRiYjkyMTJjOGJhZDhkGZoGRfMAhgHAiffM7bkn9VPAKgtjZWRhbCBkdXJhbhgCIAEijgokCZe7>

Haselhuhn, R. (2013). *DGS Leitfaden Photovoltaische Anlagen*. Berlín: DGS Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie.

HelioEsfera. (2021). *HelioEsfera*. Obtenido de HelioEsfera: <https://www.helioesfera.com/dependencia-de-la-temperatura-y-la-irradiancia-sobre-el-modulo-fotovoltaico/>

Hetpro. (2021). *Hetpro*. Obtenido de Hetpro: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/diodo/>

HGIIngenieria. (22 de 10 de 2018). *HGIIngenieria*. Obtenido de HGIIngenieria: <https://hgingenieria.com.co/radiacion-solar-en-colombia/>

HOGARSENSE. (2023). *HOGARSENSE*. Obtenido de HOGARSENSE: <https://www.hogarsense.es/placas-solares/radiacion-solar-directa-e-indirecta>

<https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>. (2020). *Ministerio de Energía y Minas del Ecuador*. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas del Ecuador: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>

IndustrySurfer. (s.f.). *IndustrySurfer*. Obtenido de IndustrySurfer: <https://industrysurfer.com/blog-industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/como-hacer-una-celda-solar-simple-como-funcionan-las-celdas-solares/>

INGENIERIA, I. (2023). <https://ineldec.com/>. Obtenido de <https://ineldec.com/producto/medidor-bidireccional-contador-trifasico-iskra/>

Intelligent Energy Europe. (s.f.). *Estimación de la Energía Generada*. Obtenido de Balance energético: [http://www.ujaen.es/investiga/solar/documentacion\\_pv\\_in\\_bloom/Seminarios%20PV%20in%20Bloom.%20Estimacion%20de%20la%20energia%20generada..pdf](http://www.ujaen.es/investiga/solar/documentacion_pv_in_bloom/Seminarios%20PV%20in%20Bloom.%20Estimacion%20de%20la%20energia%20generada..pdf)

LEY ORGANICA DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO -LORTI. (17 de 11 de 2004). *LEY ORGANICA DE REGIMEN TRIBUTARIO INTERNO -LORTI*. Obtenido de Registro Oficial Suplemento 463 : <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:IHQb1VucskMJ:https://www.sri.gob.ec/BibliotecaPortlet/descargar/cbac1cfa-7546-4bf4-ad32-c5686b487ccc/20151228%2BLRTI.pdf+%&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec>

Martín Álvarez, S. (junio de 2019). *CORE.AC*. Obtenido de CORE.AC: <https://core.ac.uk/download/pdf/222807916.pdf>

- Martín Álvarez, S. Estudio de las células y paneles de una. *Estudio de las células y paneles de una*. Universidad de Valladolid, Valladolid.
- Ministerio de Energía y Minas. (2020). *Ministerio de Energía y Minas*. Obtenido de ECUADOR CONSOLIDA LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES: <https://www.recursoyenergia.gob.ec/ecuador-consolida-la-produccion-electrica-a-partir-de-fuentes-renovables/>
- NOTICIAS, U. (10 de JULIO de 2013). *UNIVISION NOTICIAS*. Obtenido de UNIVISION NOTICIAS: <https://www.univision.com/explora/como-funciona-un-panel-solar>
- PHOENIX CONTACT. (2023). *PHOENIX CONTACT*. Obtenido de PHOENIX CONTACT: <https://www.phoenixcontact.com/es-cl/productos/conectores/conectores-para-fotovoltaica>
- Planas, O. (25 de 02 de 2016). *ENERGÍA SOLAR*. Obtenido de Partes de un panel solar, componentes y estructura: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/estructura-de-un-panel-fotovoltaico>
- Rodriguez, K., Moure, F. d., & Quiñonez, J. (09 de 2020). *Energía Solcar Fotovoltaica*. Obtenido de [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/X1\\_71\\_3\\_1267\\_EnergiaSolar.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/online/X1_71_3_1267_EnergiaSolar.pdf)
- Roldán Vilorio, J. (2011). *Estudios de viabilidad de instalaciones solares. Determinación del potencial solar*. Obtenido de [https://books.google.com.ec/books?id=JiMLjISA-kwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=JiMLjISA-kwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Sana Energy Corp. (2020). *Diseño de Sistema Solar en Guayaquil-Ecuador*. Guayaquil: Sana Energy Corp.
- Serrano, J. C. (2016). *Configuración de instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Paraninfo.
- Serrano, R. (18 de 08 de 2017). *TRITEC INTERVENTO*. Obtenido de TIPOS DE PANELES FOTOVOLTAICOS: <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Servicio de Rentas Internas. (s.f.). *Extracto Arts. 10 al 15 Ley Orgánica de Régimen Tributario Interno y Arts. 26 al 31 y Art. 36 Reglamento para la aplicación Ley de Régimen Tributario Interno*. Obtenido de Impuesto a la Renta: <https://www.sri.gob.ec/DocumentosAlfrescoPortlet/descargar/b1055d62-8021-4a3c-9679-58f9c8cd38f7/Art.+10+Deducciones.pdf>
- siberianart. (10 de 08 de 2022). *123RF*. Obtenido de 123RF: Nota: [https://es.123rf.com/photo\\_105164210\\_ilustraci%C3%B3n-de-vector-de-diagrama-de-efecto-invernadero.html?vti=nglyqqzbw293zf4w33-1-108](https://es.123rf.com/photo_105164210_ilustraci%C3%B3n-de-vector-de-diagrama-de-efecto-invernadero.html?vti=nglyqqzbw293zf4w33-1-108)
- SOLIS. (s.f.). *GINLONG*. Obtenido de SOLIS: [https://www.ginlong.com/5g\\_3p\\_inverter5/33198.html](https://www.ginlong.com/5g_3p_inverter5/33198.html)
- TRITEC. (18 de Agosto de 2018). *TRITEC*. Obtenido de TRITEC: <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- UTOPIA, E. E. (s.f.). *EFICIENCIA ENERGETICA Y UTOPIA*. Obtenido de EFICIENCIA ENERGETICA Y UTOPIA: <https://juanfrancisco207.wordpress.com/tag/caracteristicas-panel-fotovoltaico/>

ANEXOS

DIAGRAMA UNIFILAR CEDAL DURÁN

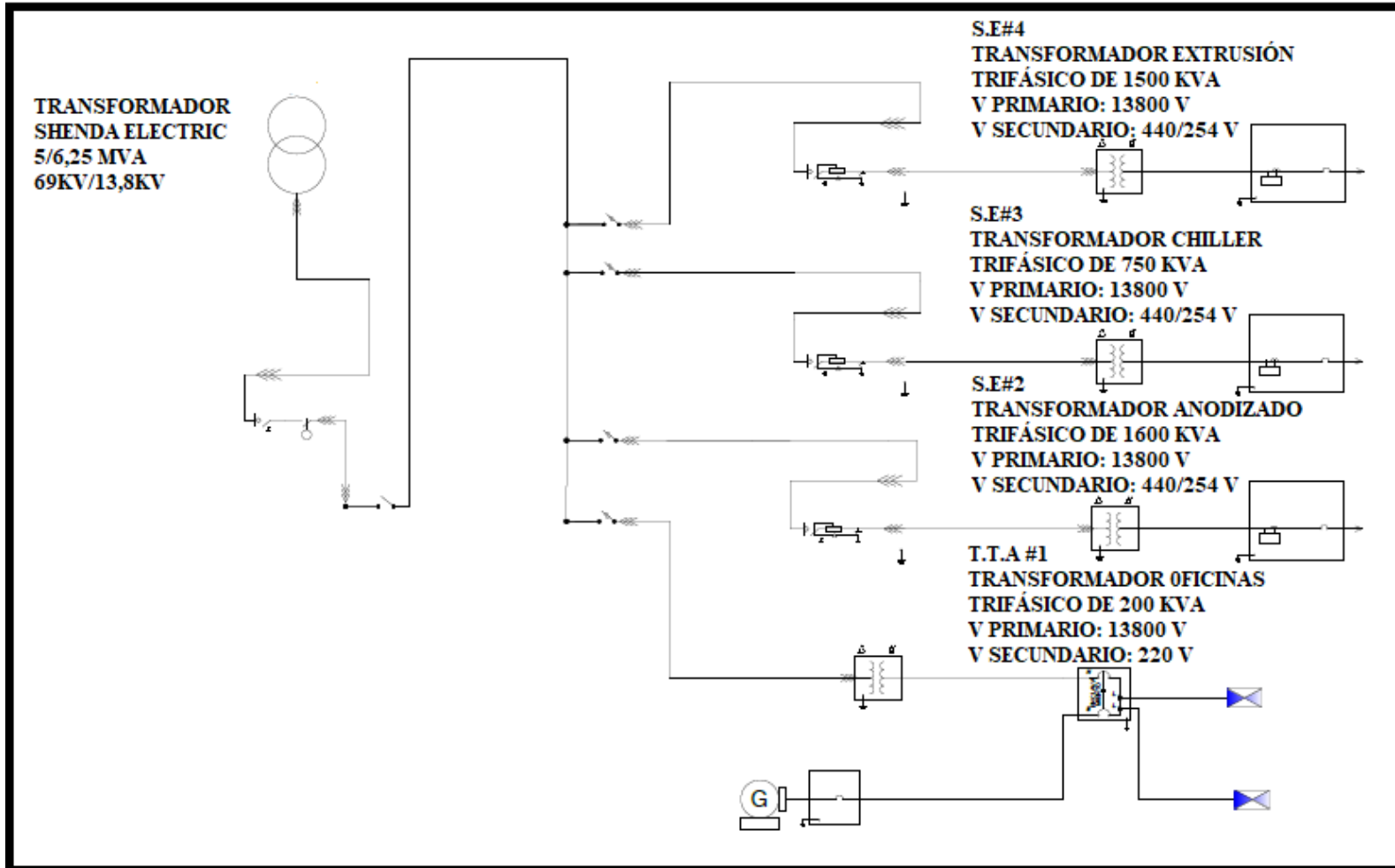


DIAGRAMA UNIFILAR CEDAL DURÁN CON SISTEMA FOTOVOLTAICO

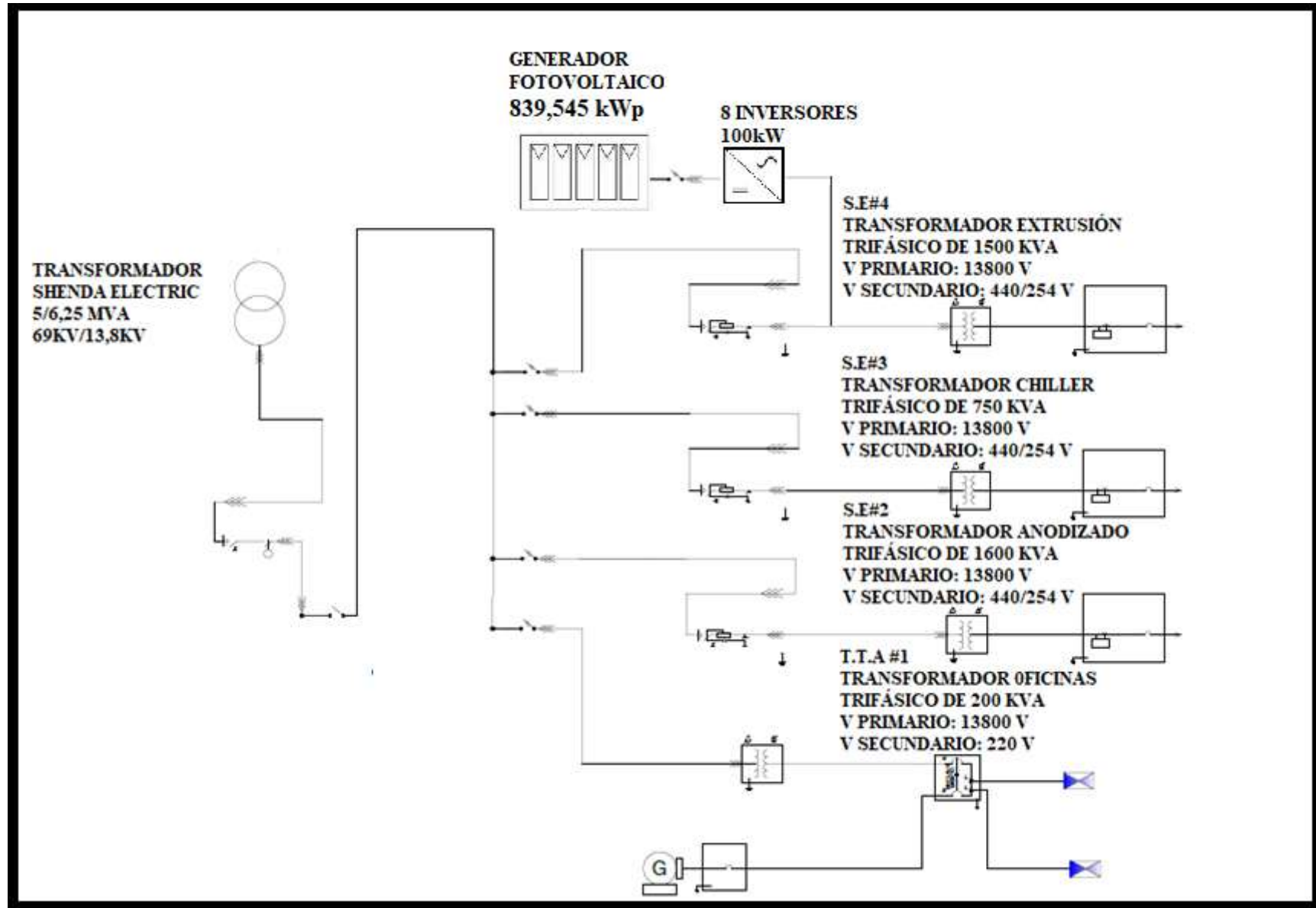
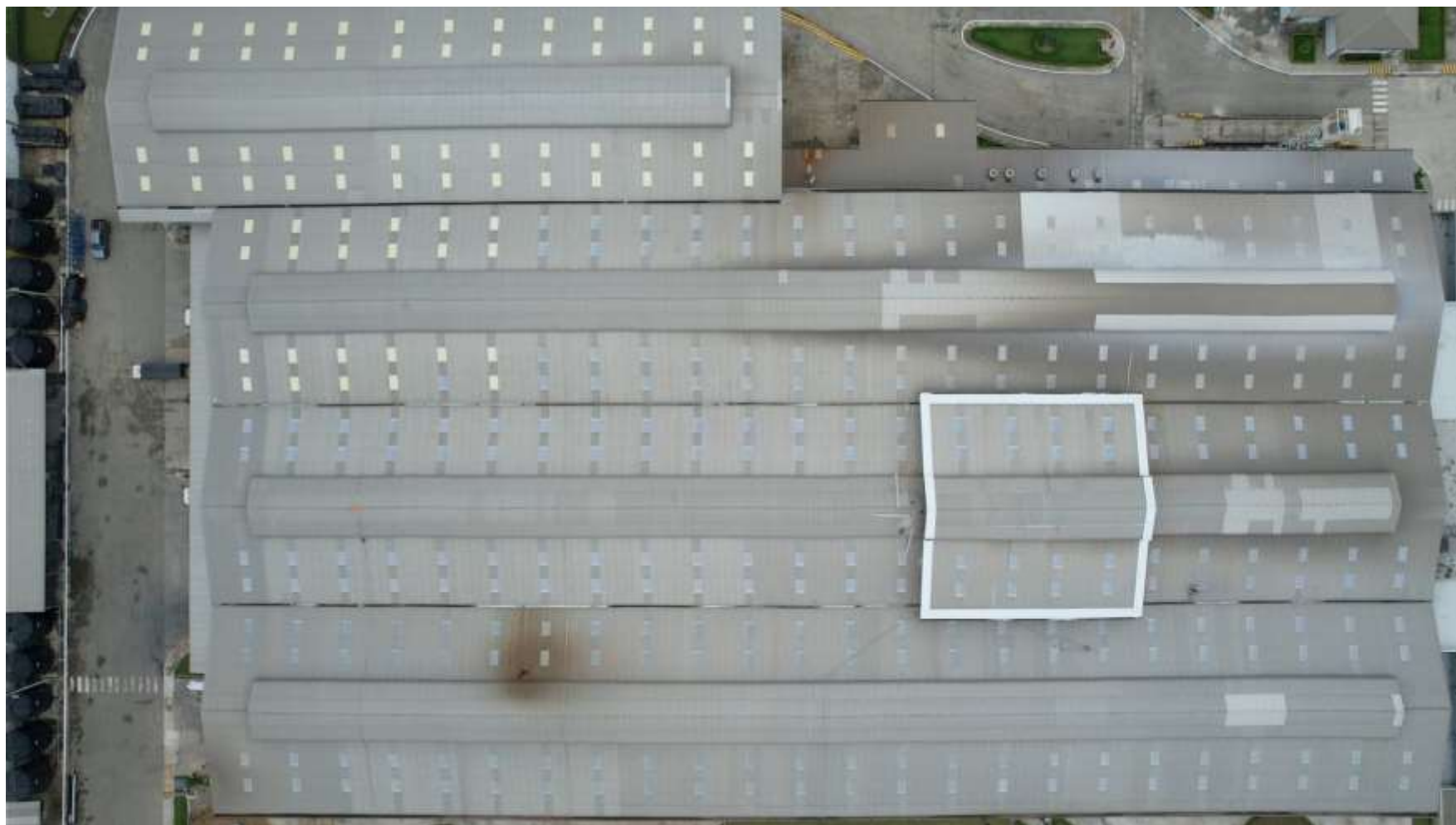
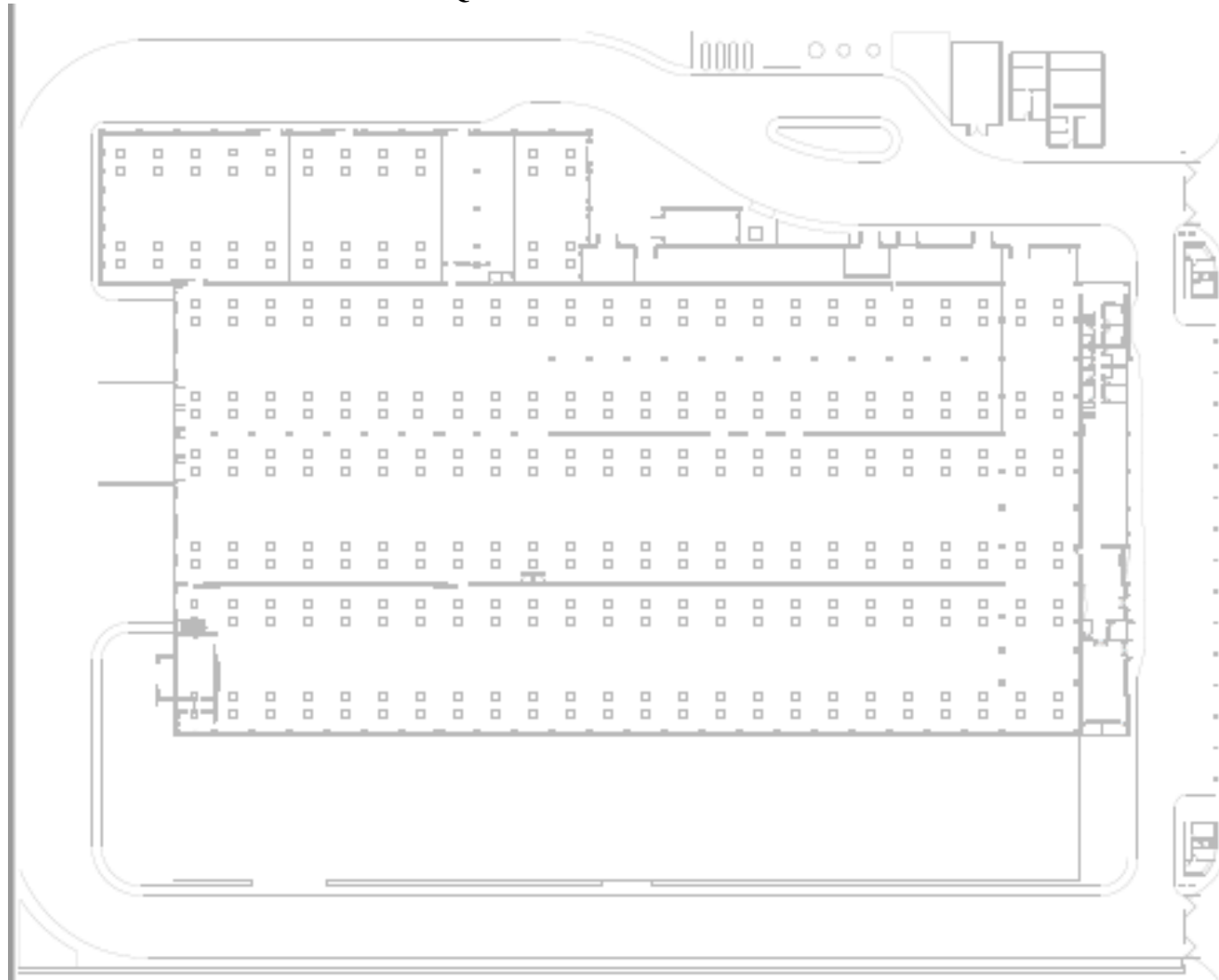


IMAGEN DEL TECHO DE CEDAL DURAN



## PLANO ARQUITECTONICO DE CEDAL DURAN





PERIODO: ENERO - DICIEMBRE \*

EMPRESAS ELÉCTRICAS:

CNEL EL ORO - CNEL ESMEERALDAS - CNEL GUA YAS LOS RÍOS - CNEL LOS RÍOS - CNEL MANABÍ - CNEL MILAGRO - CNEL SANTA ELENA - CNEL SANTO DOMINGO - CNEL SUCUMBIÓS - GALÁPAGOS

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

JUNIO - NOVIEMBRE \*\*

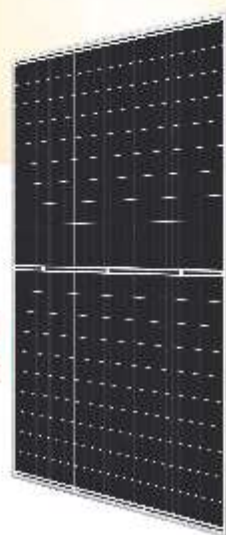
RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGIA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,080	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,081		
<b>E. OFICIALES, EBC. DEPORTIVOS</b>				
<b>SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
08:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,065	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,059		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
08:00 hasta 22:00 horas	4,400	0,055		
22:00 hasta 08:00 horas		0,049		
<b>ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA</b>				
08:00 hasta 22:00 horas	3,000	0,065	1,414	
22:00 hasta 08:00 horas		0,054		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA</b>				
<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>				
L-V 08h00 hasta 18h00	2,100	0,039	1,414	
L-V 18h00 hasta 22h00		0,065		
L-V 22h00 hasta 08h00***		0,031		
S,D 18h00 hasta 22h00		0,039		
<b>ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,050	0,069	1,414	
L-D: 18:00 hasta 22:00 horas		0,086		
L-D: 22:00 hasta 08:00 horas		0,043		
SyD: 08:00 hasta 18:00 horas				
<b>INDUSTRIALES</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	4,400	0,0837	1,414	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,0967		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas***		0,0501		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0837		
<b>NIVEL VOLTAJE</b>				
<b>ALTO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA (Grupo - AV2)</b>				
<b>INDUSTRIALES</b>				
L-V 08:00 hasta 18:00 horas	3,940	0,0678	7,066	
L-V 18:00 hasta 22:00 horas		0,0814		
L-V 22:00 hasta 08:00 horas***		0,0543		
S,D,F 18:00 hasta 22:00 horas		0,0678		

\* Se aplicará desde el 01 de enero hasta el 31 de diciembre de 2020

\*\* Conforme el Numeral 4 de la Resolución No. 043/11.

\*\*\* El valor de este cargo tarifario se aplica para el periodo complementario de los días S,D,F.





## HiKu7 Mono PERC

575 W ~ 605 W

CS7L-575 | 580 | 585 | 590 | 595 | 600 | 605MS (IEC1000 V)

CS7L-575 | 580 | 585 | 590 | 595 | 600 | 605MS (IEC1500 V)

### MORE POWER

- Module power up to 605 W  
Module efficiency up to 21.4 %
- Up to 3.5 % lower LCOE  
Up to 5.7 % lower system cost
- Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
- Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
- Better shading tolerance

### MORE RELIABLE

- 40 °C lower hot spot temperature, greatly reduce module failure rate
- Minimizes micro-crack impacts
- Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa\*



Linear Power Performance Warranty\*

12 Years Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship\*

1<sup>st</sup> year power degradation no more than 2%

Subsequent annual power degradation no more than 0.55%

\*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

### MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES\*

ISO 9001:2015 / Quality management system  
ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system  
ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

### PRODUCT CERTIFICATES\*

IEC 61215 / IEC 61730 / INMETRO  
UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716

Take-e-way  
Canadian Solar recycles panels at the end of life cycle



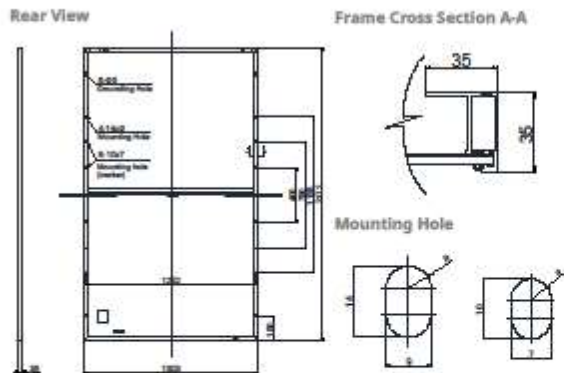
\* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. Canadian Solar was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey, and is a leading PV project developer and manufacturer of solar modules, with over 52 GW deployed around the world since 2001.

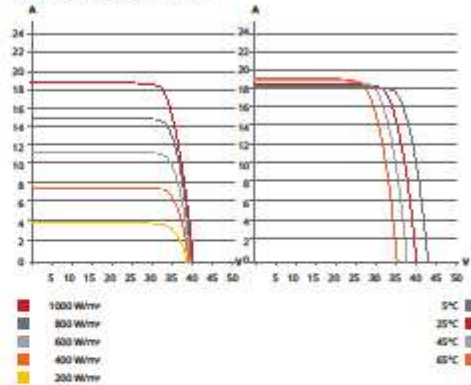
\* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

Canadian Solar MSS (Australia) Pty Ltd.  
44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia, sales.au@csisolar.com, www.csisolar.com/au

## ENGINEERING DRAWING (mm)



## CS7L-590MS / I-V CURVES



## ELECTRICAL DATA | JTC\*

CS7L	575MS	580MS	585MS	590MS	595MS	600MS	605MS
Nominal Max. Power (Pmax)	575 W	580 W	585 W	590 W	595 W	600 W	605 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	33.9 V	34.1 V	34.3 V	34.5 V	34.7 V	34.9 V	35.1 V
Opt. Operating Current (Imp)	16.97 A	17.02 A	17.06 A	17.11 A	17.15 A	17.20 A	17.25 A
Open Circuit Voltage (Voc)	40.3 V	40.5 V	40.7 V	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V
Short Circuit Current (Isc)	18.22 A	18.27 A	18.32 A	18.37 A	18.42 A	18.47 A	18.52 A
Module Efficiency	20.3%	20.5%	20.7%	20.8%	21.0%	21.2%	21.4%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C						
Max. System Voltage	1500V (IEC) or 1000V (IEC)						
Module Fire Performance	CLASS C (IEC 61730)						
Max. Series Fuse Rating	30 A						
Application Classification	Class A						
Power Tolerance	0 ~ + 5 W						

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C. Measurement uncertainty: ±3 % (Pmax).

## ELECTRICAL DATA | NMOT\*

CS7L	575MS	580MS	585MS	590MS	595MS	600MS	605MS
Nominal Max. Power (Pmax)	431 W	435 W	439 W	442 W	446 W	450 W	454 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	31.8 V	32.0 V	32.2 V	32.3 V	32.5 V	32.7 V	32.9 V
Opt. Operating Current (Imp)	13.56 A	13.60 A	13.64 A	13.70 A	13.73 A	13.77 A	13.80 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.1 V	38.3 V	38.5 V	38.7 V	38.8 V	39.0 V	39.2 V
Short Circuit Current (Isc)	14.68 A	14.73 A	14.77 A	14.80 A	14.85 A	14.88 A	14.93 A

\* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

## MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	120 [2 x (10 x 6)]
Dimensions	2172 x 1303 x 35 mm (85.5 x 51.3 x 1.38 in)
Weight	31.4 kg (69.2 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy, crossbar enhanced
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC)
Cable Length (including Connector)	460 mm (18.1 in) (+) / 340 mm (13.4 in) (-) or customized length*
Connector	PV-KST4/xy-UR, PV-KBT4/xy-UR (IEC 1000 V) or T4-PC-1 (IEC 1500 V) or PV-KST4-EVO2/XY, PV-KBT4-EVO2/XY (IEC 1500 V) or UTXCFA4AM, UTXCMA4AM (IEC 1500 V)
Per Pallet	31 pieces
Per Container (40' HQ)	527 pieces

\* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

## TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	41 ± 3°C

## PARTNER SECTION



\* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSJ Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

## Canadian Solar MSS (Australia) Pty Ltd.

44 Stephenson St, Cremorne VIC 3121, Australia, sales.au@csisolar.com, www.csisolar.com/au

April 2021. All rights reserved, PV Module Product Datasheet V1.6C1\_AU

\* Manufactured and assembled in China, Thailand and Vietnam.

## Solis-(75-100)K-5G-US

Inversores Solis trifásicos



### Modelo:

480V: Solis-75K-5G-US Solis-80K-5G-US Solis-90K-5G-US Solis-100K-5G-US



#### Eficiente

- ▶ 8,9/10 MPPT, 99% de eficiencia máxima (CEC efficiency 98,5%)
- ▶ > relación CC/CA del 150 %
- ▶ Compatible con módulos bifaciales



#### Seguro

- ▶ IP66
- ▶ Cumplimiento con UL 1741, IEEE1547
- ▶ Recuperación PID incorporada para un mejor rendimiento del módulo
- ▶ Componentes de marca reconocidos mundialmente para una mayor vida útil



#### Inteligente

- ▶ Función nocturna SVG
- ▶ Monitorización inteligente de strings. Exploración inteligente de curvas I-V
- ▶ Actualización a distancia del firmware con un funcionamiento sencillo



#### Económico

- ▶ Comunicación de línea de potencia (PLC) (opcional)
- ▶ Admite conexión tipo «Y» en el lado de CC
- ▶ Posibilidad de acceder con cable de aluminio para reducir el gasto

**Tabla de datos**

Modelo	Solis-75K-SG-US	Solis-80K-SG-US	Solis-90K-SG-US	Solis-100K-SG-US
<b>Entrada (CC)</b>				
Voltaje máxima de entrada	1000 V			
Voltaje de nominal	600 V			
Voltaje de arranque	195 V			
Rango de voltaje MPPT	180-1000 V			
Corriente máxima de entrada	8*26 A	9*26 A	10*26 A	
Corriente máxima de cortocircuito	8*40 A	9*40 A	10*40 A	
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	8/16	9/18	10/20	
<b>Salida (CA)</b>				
Potencia nominal de salida	75 kW	80 kW	90 kW	100 kW
Potencia máxima de salida aparente	75 kVA	80 kVA	90 kVA	100 kVA
Potencia máxima de salida	75 kW	80 kW	90 kW	100 kW
Voltaje nominal de la red	3Ø/PE, 480 V			
Frecuencia nominal de la red	60 Hz			
Corriente máxima de salida	90.2 A	96.2 A	108.3 A	120.3 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)			
THDi	<3%			
<b>Eficiencia</b>				
Eficiencia máxima	98.7%		99.0%	
Eficiencia EU	98.3%		98.5%	
<b>Protección</b>				
Protección contra polaridad inversa DC	SI			
Monitoreo de fallos a tierra	SI			
Detección Anti-Isa	SI			
Monitoreo de cadenas	SI			
Escaneo de curvas I/V	SI			
Función anti-PID	Opcional			
AFCI Integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	SI			
Interruptor de CA Integrado	Opcional			
<b>Datos generales</b>				
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	1065*567*344.5 mm			
Peso	85 kg			
Topología	Sin Transformador			
Consumo propio (noche)	<2 W			
Humedad relativa	0-100%			
Rango de temperatura de funcionamiento	-25°C-60°C			
Entorno de almacenamiento	-40°C-80°C			
Nivel de protección	TYPE 4X			
Enfriamiento	Ventilador redundante Inteligente			
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m			
Conformidad	UL 1741, IEEE 1547, UL 1699B, UL 1998, FCC, UL 1741SA			
<b>Características</b>				
Conexión de CC	Conector MC4			
Conexión de CA	Terminal DT (máxima 185 mm <sup>2</sup> )			
Pantalla	LCD			
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS, Ethernet, PLC			

AUDITORIA ELÉCTRICA CEDAL						
ÁREA	MÁQUINA	DATOS DE PLACA				
		TIPO	Marca	Potencia nominal	Unidades	Voltaje
EXTRUSIÓN	EMPUJADOR DE BILETS	TRIFASICO	ABB	4	KW	440
EXTRUSIÓN	EMPUJADOR DE BILETS	TRIFASICO	ABB	7,5	KW	440
<b>HORNO DE BILETS</b>						
EXTRUSIÓN	TURBINA	TRIFASICO	ECHTOP	15	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA DE CHUMACERA	TRIFASICO	ECHTOP	0,18	KW	440
EXTRUSIÓN	MOTOR CENTRO CZALLA CALIENTE	TRIFASICO	SIEMENS	25	KW	440
EXTRUSIÓN	POSICIONADOR DE BILETS	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	0,75	KW	440
<b>PRENSA</b>						
EXTRUSIÓN	PILOTO	TRIFASICO	SIEMENS	22	KW	440
EXTRUSIÓN	SOBRECARGA	TRIFASICO	SIEMENS	51	KW	440
EXTRUSIÓN	BOMBA 1	TRIFASICO	C.O.M.E.R S.A	160	KW	440
EXTRUSIÓN	BOMBA 2	TRIFASICO	C.O.M.E.R S.A	160	KW	440
EXTRUSIÓN	BOMBA 3	TRIFASICO	C.O.M.E.R S.A	160	KW	440
<b>CAMARA DE ENERBIAMIENTO</b>						
EXTRUSIÓN	TURBINA 1	TRIFASICO		15	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA 2	TRIFASICO		15	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA 3	TRIFASICO		15	KW	440
EXTRUSIÓN	CORTINA DE VIENTO 1	TRIFASICO		2	KW	440
EXTRUSIÓN	CORTINA DE VIENTO 2	TRIFASICO		2	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA INFERIOR	TRIFASICO		15	KW	440
EXTRUSIÓN	CENTRAL MESA BASCULANTE RODILLO ESCAMOTABLE	TRIFASICO	ABB	3	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA RODILLO ESCAMOTABLE	TRIFASICO		0,55	KW	440
<b>PULLER</b>						
EXTRUSIÓN	PULLER SIERRA	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	1,5	KW	440
EXTRUSIÓN	PULLER SIERRA DISCO	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	4	KW	440
EXTRUSIÓN	PULLER SIERRA CENTRAL	TRIFASICO	HYDAC	2,3	KW	440
EXTRUSIÓN	PULLER PULLER	TRIFASICO	HYDAC	1,5	KW	440
<b>PUNTA DE MOTORES</b>						
EXTRUSIÓN	PULLER SIERRA	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	22	KW	440
EXTRUSIÓN	PULLER PULLER	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	22	KW	440
EXTRUSIÓN	CADENA BARRA DE TRANSPORTE	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	1,1	KW	440
EXTRUSIÓN	CENTRAL HIDRAULICA MESA 2	TRIFASICO		1,26	KW	440
EXTRUSIÓN	MESA VASCULANTE RODILLO-CENTRAL	TRIFASICO		4,8	KW	440
EXTRUSIÓN	VENTILADORES	TRIFASICO	ABB	0,37	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA 1	TRIFASICO		4	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA 2	TRIFASICO		4	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA 3	TRIFASICO		4	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA 4	TRIFASICO		4	KW	440
EXTRUSIÓN	ESTRADORA FISA	TRIFASICO	MEB	30	KW	440
EXTRUSIÓN	ESTRADORA MOVIL	TRIFASICO	MEB	3,45	KW	440
EXTRUSIÓN	MESA VASCULANTE 5-CENTRAL	TRIFASICO		4,8	KW	440
EXTRUSIÓN	RODILLOS /MESA 5	TRIFASICO		1,7	KW	440
<b>SIERRA DE PERFILES</b>						
EXTRUSIÓN	DISCO	TRIFASICO		5,5	KW	440
EXTRUSIÓN	AVANCE DE DISCO	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	0,37	KW	440
EXTRUSIÓN	ELEVAR DISCO	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	0,75	KW	440
EXTRUSIÓN	EXTRACTOR DE SIERRA PERFIL	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	7,5	KW	440
EXTRUSIÓN	RODELO MESA 6	TRIFASICO		1,1	KW	440
EXTRUSIÓN	RODELO MESA 7	TRIFASICO		1,1	KW	440
EXTRUSIÓN	RODELO MESA 7.1	TRIFASICO		1,1	KW	440
EXTRUSIÓN	TOPE DE PERFILES	TRIFASICO		2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	CENTRAL MESA BASCULANTE	TRIFASICO	ABB	4,8	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA DE EXTRUSION 1,2,3	TRIFASICO	ROSSI	0,75	KW	440
<b>ENCESTADORA</b>						
EXTRUSIÓN	SUBIR Y BAJAR	TRIFASICO		15	KW	440
EXTRUSIÓN	TRASLACCION	TRIFASICO		4	KW	440
EXTRUSIÓN	MOTOR BANDAS ENCESTADORA	TRIFASICO		2,2	KW	440
<b>BARRITAS</b>						
EXTRUSIÓN	SUBIR BARRITAS	TRIFASICO		2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	CINTA BARRITA 1,2	TRIFASICO	ROSSI	0,18	KW	440
EXTRUSIÓN	CADENA DE BARRITA	TRIFASICO	ROSSI	0,75	KW	440
EXTRUSIÓN	MOTOR PLATAFORMA BAJO ENCESTADORA	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	MOTOR TRASLACIÓN CADENA CANASTA	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	0,7	KW	440
<b>APILADOR</b>						
EXTRUSIÓN	SUBIR BAJAR	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	15	KW	440
EXTRUSIÓN	TRASLACCION	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	PLATAFORMA DE ENTRADA 1.1,1.2,2,1.2,2	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	2,2	KW	440
<b>DESAPILADOR</b>						
EXTRUSIÓN	SUBIR BAJAR	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	15	KW	440
EXTRUSIÓN	TRASLACCION	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	PLATAFORMA DE ENTRADA 1.1,1.2,2,1.2,2	TRIFASICO	LS LEROY SOMER	2,2	KW	440
<b>HORNO DE MADURACION</b>						
EXTRUSIÓN	TURBINA 1	TRIFASICO	WOOT	42,5	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA 2	TRIFASICO	WOOT	42,5	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA 3	TRIFASICO	WOOT	42,5	KW	440
EXTRUSIÓN	TURBINA 4	TRIFASICO	WOOT	42,5	KW	440
EXTRUSIÓN	ABRIR PUERTA	TRIFASICO	WOOT	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	CERRAR PUERTA	TRIFASICO	WOOT	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	AVANCE CANASTA	TRIFASICO	VOLT	2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	SALIDA DE HORNO DE MADURACION 1.1,1.2,2,1.2,2	TRIFASICO		2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	PLATAFORMA SALIDA DE DESAPILADORA	TRIFASICO		2,2	KW	440
EXTRUSIÓN	PLATAFORMA CANASTA VACIA	TRIFASICO	KAUTEK	0,37	KW	440
EXTRUSIÓN	MOTOR MÓDULO 10- CESTA VACIA	TRIFASICO	KAUTEK	0,37	KW	440
			POTENCIA TOTAL	1062,7	KW	

## NOMENCLATURA

DC	Corriente continua
CA	Corriente alterna
HSP	Hora solar pico
MPPT	Máximo punto de potencia por Tramo
TIR	Tasa Interna de Retorno
PAYBACK	Plazo de recuperación
VPN	Valor presente neto
$\mu\text{m}$	micrómetro
AWG	Calibre de cable Americano
CI	Inversión inicial
$\text{INA}_p$	Flujo de efectivo
P	Número de periodos.
CI	Inversión inicial
R	Tasa de descuento
LCoE	Coste de la energía nivelado
LAC	Coste anual nivelado
EPA	Producción anual de energía
VPM	Valor presente de los costos de mantenimiento
VPC	Valor presente de todos los costes

## **SIGLAS**

CEDAL	Corporación Ecuatoriana de Aluminio
ARCONEL	Agencia de Regulación y Control de Electricidad
MERNNR	Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables
LORTI	Ley organica de regimen tributario interno
COPCI	Codigo organico de la produccion, comercio e inversiones
CNEL EP	Corporación Nacional de Electricidad
ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos



**Presidencia  
de la República  
del Ecuador**



**Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes**



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Lucas Germán Rodríguez Peñafiel**, con C.C: # **0603659335** autor del trabajo de titulación:

**Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red de la empresa Cedal Durán** previo a la obtención del título de **Magister en Electricidad** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 23 de Noviembre de 2023

f. 

**Lucas Germán Rodríguez Peñafiel**

**C.C: 0603659335**





Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

**REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Diseño de un sistema fotovoltaico integrado a la red de la empresa Cedal Durán		
<b>AUTOR(ES)</b>	Lucas Germán Rodríguez Peñafiel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	MSc. Gustavo Mazzini Muñoz, MSc. Diana Bohórquez Heras / MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Sistema de Posgrado		
<b>CARRERA:</b>	Maestría en Electricidad		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Magister en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	23 de Noviembre de 2023	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	78
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistemas fotovoltaicos, uso de la radiación solar, energía solar en Ecuador		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Energías renovables, Energía eléctrica, Conectado a la red.		

**RESUMEN/ABSTRACT:**

En este proyecto de investigación se integrará energías renovables para la generación de energía eléctrica en plantas industriales, disminuyendo el consumo de la red y la emisión de CO<sub>2</sub>, que beneficiará al medio ambiente al reducir la contaminación.

Se realiza un diseño conceptual de un sistema solar fotovoltaico conectado a la red, mediante el registro de las horas solares pico en Cedal Durán.

El estudio se efectuará en la empresa Cedal Durán que se especializa en la fabricación de perfiles de aluminio, actualmente su principal problema radica en el alto consumo de energía eléctrica en el proceso productivo, que afecta al costo-beneficio y su competitividad empresarial.

La presente investigación contará con un análisis técnico – económico, al emplear una fuente de energía alternativa con es la energía solar que permitirá disminuir el consumo de energía eléctrica.

La metodología de investigación a emplearse es exploratoria – analítica facilitando de esta manera la elaboración de una proyección de ahorro sobre la generación eléctrica al utilizar una fuente de energía renovable (energía solar).

El análisis económico establece la factibilidad del proyecto a través de los cálculos financieros como: el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR), el tiempo de recuperación del capital (Payback).

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	Teléfono: +593-984436445	E-mail: luks_rodriguezp@hotmail.com
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::</b>	Nombre: MSc. Celso Bayardo Bohórquez Escobar	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

**SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	