



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## DIRECCIÓN DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

#### MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**Título:**

---

**Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” En la ciudad de Santo Domingo.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Magíster en Electricidad  
mención sistemas eléctricos de potencia

**Autores:**

Cherres Coca Ángel Fabricio  
Suarez Chanchay Felix Wilmer

**Tutor:**

Pesantez Palacios Gabriel Napoleón Msc.

**LATACUNGA –ECUADOR  
2023**

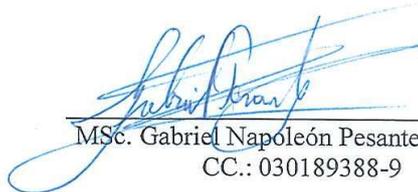
## AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” en la ciudad de Santo Domingo.**” presentado por Ángel Fabricio Cherres Coca y Felix Wilmer Suarez Chanchay, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

## CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, marzo, 20, 2023

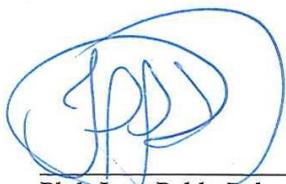


MSc. Gabriel Napoleón Pesantez Palacios  
CC.: 030189388-9

## AVAL DEL TRIBUNAL

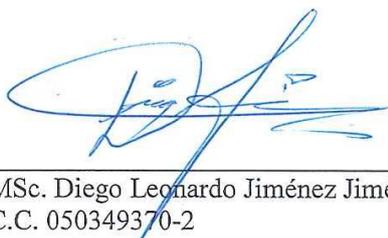
El trabajo de Titulación: “**Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” en la ciudad de Santo Domingo.**”, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del Título de Magister en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que los estudiantes puedan presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, mayo, 29, 2023



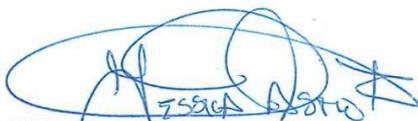
---

Phd. Juan Pablo Palacios Solórzano  
C.C. 130688632-4  
Presidente del tribunal



---

MSc. Diego Leonardo Jiménez Jiménez  
C.C. 050349370-2  
Lector 2



---

MSc. Jessica Nataly Castillo Fiallos  
C.C. 060459021-6  
Lector 3

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto, fruto del esfuerzo y dedicación a mi familia, mi esposa Virginia y mi hija Luciana quienes son mi inspiración para seguir avanzando y superándome cada día, siempre con la bendición de Dios en cada etapa y nuevo proyecto que decido emprender.

Ángel Fabricio Cherres C.

## **DEDICATORIA**

Esta dedicatoria es para Noemí, esposa comprensible, ayuda idónea y para Josué, mi hijo que ha comprendido a su corta edad las razones de mi ausencia en su vida. Gracias a su comprensión y apoyo como familia, han hecho posible que las metas propuestas se vayan cumpliendo.

Felix Wilmer Suarez Ch.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por su amor infinito y misericordia, a mi amada esposa Virginia por ser la mejor compañera de vida y por su apoyo incondicional, a mi hija Luciana que con su noticia ha llegado a llenar de ilusión y esperanza nuestras vidas, a mi familia por la motivación, a mi tutor por la guía y la predisposición y colaboración para llegar a buen fin con este proyecto de investigación para el aporte a la sociedad del conocimiento, así como mi desarrollo personal.

Ángel Fabricio Cherres C.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque todo lo que somos es por él y para él, para él sea toda la gloria, a mi esposa Noemí por su sacrificio, apoyo y entrega a nuestro núcleo familiar, a mi hijo Josué por comprender el motivo de mis ausencias, a mis padres por los valores inculcados que han trazado mi vida, a mis suegros por el ejemplo de humildad y trabajo, a mi tutor por su colaboración desinteresada para con nosotros para cumplir con esta etapa de vida profesional.

Felix Wilmer Suarez Ch.

## RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quienes suscriben, declaran que asumen la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, mayo, 29, 2023



---

Ángel Fabricio Cherres Coca  
C.C. 180423645-1



---

Felix Wilmer Suarez Chanchay  
C.C. 172495985-1

## RENUNCIA DE DERECHOS

Quienes suscriben, ceden los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, mayo, 29, 2023



Ángel Fabricio Cherres Coca

C.C. 180423645-1



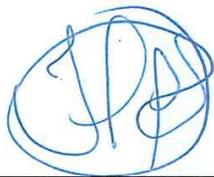
Félix Wilmer Suárez Chanchay

C.C. 172495985-1

## **AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: **“Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” en la ciudad de Santo Domingo.”** Contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, mayo, 29, 2023



---

Phd. Juan Pablo Palacios Solórzano

C.C. 130688632-4

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD  
MENCION SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**

**Título: “Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa “Rhinoplast S.A” en la ciudad de Santo Domingo.”**

**Autores:** Cherres Coca Ángel Fabricio  
Suarez Chanchay Felix Wilmer

**Tutor:** Pesantes Palacios Gabriel Napoleón MSc.

**RESUMEN**

El presente trabajo de investigación establece la aplicación del método de “Peak Shaving” como una alternativa de gestión energética en la Empresa Rhinoplast S.A. que pese a sus 10 años de vida esta industria de fabricación de fundas plásticas de alta y baja densidad presenta un crecimiento acelerado en su planta industrial, por ende, se vio la necesidad de realizar un estudio para mejorar su gestión en el ámbito eléctrico. Para poder implementar el método de Peak Shaving en esta industria primero se debió realizar un estudio de carga instalada mediante inspección de campo y utilizando un analizador de calidad de energía para poder obtener la curva de demanda diaria e identificar las horas pico. Durante el estudio se evidencio que esta empresa presenta demanda pico en los horarios de 08h00 a 18h00 y de 18h00 a 22h00 y que esta industria tiene una tarifa de medio voltaje con demanda horaria diferenciada que significa que según horarios el costo del kilovatio-hora oscila entre 0,08 a 0,10 centavos de dólar. En base a todos estos antecedentes hemos propuesto tres casos de estudio para la implementación del método de Peak Shaving. Los casos de estudio son: Peak Shaving por autogeneración usando un generador fotovoltaico, Peak Shaving por sistema de almacenamiento de energía y Peak Shaving aplicando autogeneración y almacenamiento de energía. Estos tres casos de estudio han sido simulados y validado mediante el software ETAP. Finalmente mostramos un análisis de viabilidad económica por cada caso de estudio.

**PALABRAS CLAVE:** Peak Shaving; gestión energética; eficiencia energética; optimización; generación fotovoltaica.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**GRADUATE SCHOOL**  
**MASTER IN ELECTRICITY**  
**MENTION ELECTRICAL POWER SYSTEMS**

**Title:** "Energy management through the application of the Peak Shaving method in the company "Rhinoplast S.A" in the city of Santo Domingo."

**Authors:** Cherres Coca Ángel Fabricio  
Suarez Chanchay Felix Wilmer

**Tutor:** Pesantez Palacios Gabriel Napoleón MSc.

**ABSTRACT**

This research establishes the application of the "Peak Shaving" method as an energy management alternative in the Company Rhinoplasty S.A. Despite its ten years of life, this industry for the manufacture of high and low-density plastic covers presents an accelerated growth in its industrial plant, consequently, a study was developed to improve management in the electrical field. To implement the Peak Shaving method in this industry, we developed a study of the installed load through field inspection and using a power quality analyzer, where we obtained the daily demand curve and the peak hours. Along the study, we evidenced that this company presents peak demand between 08:00 a.m. to 06:00 p.m. and from 06:00 p.m. to 10:00 p.m. This industry has a medium voltage rate with differentiated hourly demand, which means that depending on the schedule, the cost per kilowatt-hour ranges from 0.08 to 0.10 cents. Based on all this background we have proposed three case studies for the implementation of the Peak Shaving method. The case studies are Peak Shaving by self-generation using a photovoltaic generator, Peak Shaving by the energy storage system, and Peak Shaving applying self-generation and energy storage. These three case studies have been simulated and validated using the ETAP software. Finally, we show an economic feasibility analysis for each case study.

**KEYWORDS:** peak shaving; energy management; energy efficiency; optimization; photovoltaic generation.

Yo, Tania Elizabeth Alvear Jiménez con cédula de identidad número: 0503231763 MAGÍSTER EN LINGÜÍSTICA APLICADA A LA ENSEÑANZA DEL INGLÉS COMO LENGUA EXTRANJERA con número de registro de la SENESCYT: 1020-2021-2354185.; CERTIFICO haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título "Gestión energética mediante la aplicación del método de Peak Shaving en la empresa "Rhinoplast S.A" en la ciudad de Santo Domingo." De Cherres Coca Ángel Fabricio y Suarez Chanchay Felix Wilmer, aspirantes a Magister en Electricidad Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.



Tania Elizabeth Alvear Jiménez  
ID. 0503231763

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes: .....	1
Planteamiento del problema .....	2
Formulación del problema.....	4
Objetivo General .....	4
Justificación.....	6
Hipótesis.....	7
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
1.1.    Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte..	8
1.2.    Fundamentación Teórica.....	11
1.2.1.    Definiciones Básicos.....	11
1.2.2.    Demanda de Energía Eléctrica.....	14
1.2.3.    Análisis de las Curvas de Demanda.....	15
1.2.4.    Gestión de Demanda de Energía Eléctrica.....	16
1.2.5.    Control de Cargas Industriales .....	17
1.2.6.    Análisis de la curva de carga.....	18
1.2.7.    Tipos de curvas de carga de clientes industriales.....	19
1.2.8.    Acciones de Eficiencia Energética en las Industrias.....	23
1.2.9.    Eficiencia energética en motores eléctricos .....	26
1.2.10.    Corrección del factor de potencia .....	27
1.2.11.    Analizador trifásico de calidad eléctrica y energética Fluke 435	
Serie II .....	28
1.2.12.    Método del Peak Shaving.....	29
1.2.13.    Movimiento de Procesos Productivos.....	31

1.2.14. Grupo Electrógeno Prime (Principal) .....	33
1.2.16. Grupo Electrógeno Continuous (Continuo).....	34
1.2.17. Cogeneración .....	34
1.2.17. Almacenamiento con Banco de Baterías.....	36
1.2.18. Alternativas de Ajuste de Forma de Carga.....	38
1.2.19. Tarifa Horaria en el Ecuador .....	40
1.3. Fundamentación Metodológica .....	41
1.3.1. Modalidad de Investigación. ....	41
1.3.2. Tipos de Investigación. ....	42
1.3.3. Métodos de Investigación .....	43
CAPÍTULO II. PROPUESTA.....	46
2.1. Título del proyecto .....	46
2.2. Objetivo del proyecto .....	46
2.3. Descripción del proyecto .....	46
2.4. Metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos planteados .....	46
2.5. Conclusiones del capítulo II. ....	52
CAPITULO III. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	53
3.1. Descripción general del suministro eléctrico de la Industria.....	53
3.1.1. Levantamiento de Carga. ....	54
3.1.2. Curva de Carga de la Industria “Rhinoplast S.A”.....	56
3.2. Caso 1: Peak Shaving por autogeneración usando un generador fotovoltaico.....	59
3.2.1. Ubicación Geográfica de la empresa Rhinoplast S.A .....	59
3.2.2. Determinación del potencial de generación fotovoltaico.....	59
3.2.3. Demanda promedio de la empresa Rhinoplast S.A.....	60

3.2.4.	Área disponible en la empresa para la instalación de los paneles...	63
3.2.5.	Configuración del generador fotovoltaico. ....	63
3.2.6.	Operación del generador Fotovoltaico .....	65
3.2.7.	Simulación en Etap con Sistema Fotovoltaico.....	67
3.3.	Caso 2: Peak Shaving por sistema de almacenamiento de Energía.....	68
3.3.1.	Potencia del sistema de almacenamiento .....	69
3.3.2.	Operación del BESS.....	71
3.4.	Caso 3: Peak Shaving aplicando autogeneración y almacenamiento de energía. ....	73
3.4.1.	Configuración del generador Fotovoltaico.....	74
3.5.	Evaluación económica.....	77
3.5.1.	Análisis Económico caso 1 .....	77
3.5.2.	Análisis Económico caso 2 .....	79
3.5.3.	Análisis Económico caso 3 .....	81
3.6.	Evaluación de un experto. ....	82
3.7.	Conclusiones del capítulo III.....	83
	Conclusiones Generales .....	84
	Recomendaciones.....	85
	Bibliografía .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de Carga de usos permanentes .....	19
Figura 2. Curva de Carga de usos modulados. ....	20
Figura 3. Curva de Carga de usos ligeramente modulado. ....	20
Figura 4. Curva de Carga de usos muy modulados.....	21
Figura 5. Curva de Carga de usos en dos o cuatro horas. ....	22
Figura 6. Curva de Carga con desconexión en hora pico.....	22
Figura 7. Curva de Carga de usos fuera de pico. ....	23
Figura 8. Analizador Fluke 435 II. ....	28
Figura 9. Conexión del analizador en una red industrial. ....	29
Figura 10. Peak Shaving. ....	30
Figura 11. Esquema de las estrategias Peak Shaving.....	31
Figura 12. Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Standby – 3MW. ....	33
Figura 13. Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Prime – 2,7 MW.....	34
Figura 14. Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Continuo – 2,5 MW. ....	34
Figura 15. Batería de plomo – ácido .....	37
Figura 16. Batería de Litio. ....	37
Figura 17. Recorte de Pico.....	39
Figura 18. Desplazamiento de Carga. ....	39
Figura 19. Llenado del período valle .....	40
Figura 20. Tarifas según Pliego tarifario ARCERNNR 2023 .....	41
Figura 21. Flujograma para determinar el perfil de la demanda. ....	47
Figura 22. Metodología utilizada para la estrategia Peak Shaving. ....	48
Figura 23. Modelo propuesto para la implementación de “Peak Shaving”. ....	49
Figura 24. Procedimiento para el desarrollo del método “Peak Shaving”. ....	50
Figura 25. Diagrama para dimensionamiento de la potencia nominal del SGDA. ....	51
Figura 26. Carga total Instalada. ....	56
Figura 27. Curva promedio semanal de Carga del transformador 1 .....	57
Figura 28. Curva semanal de Carga del transformador 2.....	58
Figura 29. Ubicación geográfica Rhinoplast S.A.....	59
Figura 30. Irradiación Solar en el punto de interés .....	60

Figura 31. Curva promedio de consumo de potencia del transformador 1. ....	61
Figura 32. Curva de consumo de potencia promedio transformador 2. ....	62
Figura 33. Curva de demanda agregada. ....	62
Figura 34. Producción normalizada (por cada kWp instalado). ....	66
Figura 35. Energía diaria a la salida del sistema. ....	66
Figura 36. Peak Shaving con el generador FV. ....	67
Figura 37. Diagrama unifilar de conexión generador FV. ....	67
Figura 38. Simulación con Sistemas Fotovoltaico. ....	68
Figura 40. Curva de Peak Shaving con BESS. ....	72
Figura 41. Simulación con BESS. ....	73
Figura 41. Peak Shaving con generación FV y BESS. ....	77

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Sistema de tareas en relación a los Objetivos Planteados .....	5
<b>Tabla 2:</b> Tabla comparativa de las baterías solares. ....	38
<b>Tabla 3:</b> Tarifas según Pliego tarifario ARCERNNR 2023.....	41
<b>Tabla 4.</b> Datos de placa del transformador 1. ....	53
<b>Tabla 5.</b> Datos de placa del transformador 2. ....	54
<b>Tabla 6.</b> Levantamiento de Carga por Transformador.....	55
<b>Tabla 7.</b> Consumo de potencia transformador 1.....	56
<b>Tabla 8.</b> Datos de placa del transformador 2. ....	58
<b>Tabla 9.</b> Principales características técnicas del panel fotovoltaico.....	64
<b>Tabla 10.</b> Principales características técnicas del inversor.....	64
<b>Tabla 11.</b> Resultados de la Simulación.....	65
<b>Tabla 12.</b> Datos principales de las baterías.....	70
<b>Tabla 13.</b> Datos principales del regulador de carga.....	70
<b>Tabla 14.</b> Datos principales del inversor .....	71
<b>Tabla 15.</b> Principales características técnicas del panel fotovoltaico.....	74
<b>Tabla 16.</b> Principales características técnicas del inversor.....	75
<b>Tabla 17.</b> Datos principales de las baterías.....	75
<b>Tabla 18.</b> Datos principales del regulador de carga.....	75
<b>Tabla 19.</b> Resultados de la Simulación.....	76
<b>Tabla 20.</b> Datos de Inversión del Proyecto.....	78
<b>Tabla 21.</b> Datos de Costo de Operación .....	78
<b>Tabla 22.</b> Datos de Financiamiento. ....	78
<b>Tabla 23.</b> Datos de Financiamiento .....	79
<b>Tabla 24.</b> Datos de Inversión del Proyecto.....	80
<b>Tabla 25.</b> Datos de Costo de Operación .....	80
<b>Tabla 26.</b> Datos de Financiamiento. ....	80
<b>Tabla 27.</b> Datos de Financiamiento .....	80
<b>Tabla 28.</b> Datos de Inversión del Proyecto.....	81
<b>Tabla 29.</b> Datos de Costo de Operación .....	81
<b>Tabla 30.</b> Datos de Financiamiento. ....	82
<b>Tabla 31.</b> Datos de Financiamiento .....	82

## INTRODUCCIÓN

### **Antecedentes:**

El sector industrial es un importante consumidor de energía en Ecuador, ya que necesita una gran cantidad de electricidad para su funcionamiento. La planificación del sistema eléctrico se enfoca en inversiones en generación a gran escala para cumplir con la creciente demanda de energía, como resultado, el usuario final se ve como un elemento pasivo en el sistema eléctrico. Existen diversos patrones de consumo de energía por parte de las industrias y las maneras de facturación consideradas en las diferentes partes de la región y del mundo han constituido uno de los principales problemas que afecta el aumento de producción en las mismas. Las industrias son cobradas por el consumo de energía y un cargo por su demanda máxima durante el día, que normalmente es la media de su consumo máximo en intervalos de 15 minutos. En muchos casos, los costos asociados con la demanda máxima representan hasta el 50% del costo total de energía de la industria [1].

Los costos facturados para las industrias son elevados, debido a que los picos de demanda afectan la planificación, ya que las redes eléctricas de los sistemas de distribución y transmisión deben ser diseñadas para soportar la demanda máxima a la cual es sometido el sistema, también se puede mencionar que los consumos de los picos causan grandes oscilaciones en la potencia consumida, durante el transcurso de horas, días y meses, esto constituye un gran problema para las empresas operadoras de energía debido a que es necesario reestructurar el sistema eléctrico para solventar la demanda pico. Para los usuarios comerciales e industriales es importante reducir los costos de potencia y energía que son los rubros más representativos de las tarifas totales; sin disminuir el consumo de energía.

En Ecuador, el 17,4% del consumo de energía final tiene lugar en el sector industrial, según datos del último balance energético nacional del 2020 [2]. De este

consumo, cerca del 43% es electricidad, que ha disminuido un 4,5% respecto a 2019. El consumo medio mensual en 2021 para clientes industriales alcanzó los 11.737,78 kWh/cliente, lo que lo convierte en uno de los sectores con mayor consumo medio [3].

El perfil de demanda de energía se determina por todas las cargas conectadas al sistema, y su comportamiento depende de estas cargas [4]. Se puede describir por los períodos de "carga pico" y "carga base". Los "tiempos de carga pico" son momentos de corta duración en los que se requiere una gran cantidad de energía, mientras que los "tiempos de carga base" son períodos en los que se requiere una cantidad pequeña de energía. Estos picos pueden ocurrir en diferentes momentos del día, dependiendo de la época del año y de la composición de la carga (residencial, comercial o industrial).

En el país, el precio de energía consumida por el sector industrial es recaudado por las empresas distribuidoras de energía a través de tarifas horarias, distribuidas en base, medio y pico y se cobran según el momento del día en que se consume la electricidad. La tarifa más alta y costosa es la de horario pico y tiene un impacto económico significativo en la factura eléctrica, resultando en mayores gastos por consumo de energía eléctrica. Ante lo mencionado anteriormente, se plantean mecanismos para así reducir el consumo de la energía eléctrica durante el periodo de demanda máxima, entre estas tenemos el "Peak Shaving" que se encuentra enfocado en el recorte del periodo pico y llenar el periodo base, con el propósito del aplanamiento de la curva de carga de la industria.

### **Planteamiento del problema**

Las instalaciones industriales y comerciales son importantes consumidores de energía eléctrica, ya que necesitan una cantidad significativa de electricidad para su funcionamiento [5]. Sin embargo, su consumo de energía puede variar con el tiempo, produciendo fluctuaciones en la demanda a lo largo del día, mes o año.

La infraestructura eléctrica de las instalaciones industriales está diseñada para soportar la demanda máxima de electricidad. Normalmente la potencia

consumida por una instalación industrial muestra fluctuaciones y los periodos de consumo bajo son frecuentes es decir típicamente presentaran una periodicidad horaria, diaria, anual o mensual. Sin embargo, la potencia contratada es para tratar de suplir la máxima demanda energética, pero en los periodos de bajo consumo (valle) el suministro eléctrico contratado será claramente sobredimensionado, ya que la potencia real consumida será inferior a la contratada.

Para poder ajustar la curva de demanda de energía de una instalación industrial con la potencia pico, es indispensable reducir las fluctuaciones es decir tener una curva de demanda de energía lo más plana que se pueda. Sin embargo, la demanda de una industria o servicio está determinada en gran medida por la naturaleza de su actividad, lo que dificulta actuar sobre ella. En consecuencia, las industrias y los servicios deben pagar los excedentes de potencia contratada, que solo utilizan durante determinados períodos [6].

El presente estudio se lo realizara en la empresa “Rhinoplast S.A”, donde la principal actividad económica de esta empresa es la fabricación de fundas plásticas de polietileno de alta y baja densidad en todas las medidas y además cucharas plásticas. Debido a la alta demanda de tipos de fundas plásticas la empresa se ha visto obligada a ampliar su variedad de productos, implicando un acelerado crecimiento en adquisición de maquinarias y ampliación de espacio físico.

La problemática identificada en la empresa “Rhinoplast S.A” es el elevado consumo de energía en horarios que se produce una mayor demanda y en donde la energía eléctrica es tarifada de acuerdo a horarios. Debido a lo mencionado anteriormente, es necesario realizar un estudio de Eficiencia Energética, enfocada a emplear estrategias que reduzcan el consumo de energía eléctrica en horarios pico, con el objetivo de determinar las estrategias para disminuir el pago excesivo de las planillas eléctricas.

Lo que se pretende con este estudio es aplanar la curva de demanda de energía de la Industria, sin alterar el proceso de producción de la Industria, para esto es necesario determinar el estado actual de la industria, y así establecer las mejores

alternativas técnicas y económicas que permita mejorar la gestión energética de la misma.

### **Formulación del problema**

¿Determinar cómo la aplicación del método de Peak Shaving incide en la disminución del consumo de energía eléctrica en horas pico en la empresa “Rhinoplast SA”?

### **Objetivo General**

Evaluar el método de reducción de demanda de energía en horas pico “Peak Shaving” a través del análisis del comportamiento de los procesos productivos de la empresa “Rhinoplast S.A”

### **Objetivos Específicos**

- Describir el estado del arte sobre la estrategia Peak Shaving y la importancia de la aplicación que tiene en el sistema eléctrico industrial.
- Especificar las características operativas y técnicas de los procesos productivos que intervienen en la elaboración de los productos finales de la industria.
- Establecer la potencia y energía consumida de la industria “Rhinoplast S.A” a través del levantamiento de carga y de consumo típico que esta presenta.
- Realizar un análisis técnico y económico del Peak Shaving mediante una simulación para así determinar la factibilidad de aplanar la curva de demanda en la industria.

**Sistemas de tareas con relación a los objetivos específicos:**

**Tabla 1:** Sistema de tareas en relación a los Objetivos Planteados

<b>OBJETIVO</b>	<b>ACTIVIDADES (TAREAS)</b>	<b>RESULTADO DE LA ACTIVIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)</b>
Describir el estado del arte sobre la estrategia Peak Shaving y la importancia de la aplicación que tiene en el sistema eléctrico industrial.	Recopilar toda la información relacionada con la técnica Peak Shaving que han sido utilizados por empresas distribuidoras a nivel nacional e internacional	Descripción de las ventajas y desventajas del uso de la estrategia Peak Shaving.	Para evaluar la efectividad de esta técnica en el sistema eléctrico industrial es crucial analizar la demanda del sistema que será suministrado
Especificar las características operativas y técnicas de los procesos productivos que intervienen en la elaboración de los productos finales de la industria.	Analizar que componentes eléctricos intervienen en el área de producción de la industria.	Establecer la potencia consumida en cada una de las áreas que intervienen en los procesos productivos de la industria.	Se utiliza el diagrama unifilar para determinar la localización de cada área y maquinaria a intervenir en la producción de la industria  La técnica de observación se utiliza para identificar la maquinaria y su uso específico
Establecer la potencia y energía consumida de la industria “Rhinoplast S.A” a través del levantamiento de carga y de consumo típico que esta presenta.	Realizar un levantamiento de carga y los consumos específicos de cada carga.	Demanda de carga del sistema en kW  Consumo de energía en el sistema kWh  Voltajes	A través de una visita de campo se puede determinar las especificaciones eléctricas de la carga que se encuentra instalada en la empresa.

		Corrientes Factor de Potencia	
Realizar un análisis técnico y económico del Peak Shaving mediante una simulación para así determinar la factibilidad de aplanar la curva de demanda en la industria.	<p>Modificar la curva de demanda a través de la ejecución del Peak Shaving, para la reducción de consumo de energía en los horarios pico.</p> <p>Establecer el ahorro obtenido por parte de la empresa al aplanar la curva.</p>	Se obtiene los resultados de aplanar la curva de carga diaria mediante una simulación utilizando un software de diseño eléctrico.	Análisis de la curva de carga resultante de la simulación, al aplicar el método Peak Shaving

Elaborado por o fuente: Autores/2023

### Justificación

Las soluciones de competitividad son diferentes en cada empresa, van a depender de las diferentes oportunidades de mejora que puedan tener en sus procesos para lograr ser más eficientes y poder producir al menor costo posible y generar el menor desperdicio, pero sin lugar a duda la gestión energética es una de las oportunidades de mejora que está presente en la mayoría de empresas [4].

El uso eficiente de la electricidad es crucial para el ahorro en el sector industrial, ya que su desperdicio o mala utilización resulta en facturas costosas durante los picos de demanda de energía. Las empresas de servicios públicos a menudo establecen precios variables que afectan tanto a pequeños como a grandes consumidores, y durante las horas de demanda máxima, los precios son típicamente los más altos. Se debe considerar que los equipos son diseñados para la demanda

máxima y no para la consumida, por lo que existe un sobredimensionamiento de la red [5].

Es importante considerar que el sector Industrial es el más afectado por las tarifas eléctricas tomando en consideración los picos máximos de consumo de energía, esto es motivo para que las Industrias busquen estrategias para disminuir la demanda de energía en especial en horarios pico, evitando un gasto innecesario de electricidad y garantizando el ahorro económico por parte de la empresa.

La presente investigación tiene como objetivo aplicar el método de reducción de demanda de energía en horas pico “Peak Shaving” en la empresa “Rhinoplast S.A” que garantice la disminución del pago de la planilla eléctrica. Desde un enfoque energético, se busca reducir el consumo durante las horas de máxima demanda de energía, lo que se determina mediante un análisis detallado de la demanda y el consumo de electricidad, identificando los patrones de uso de maquinarias y momentos que pueden ser utilizados durante horas con menor demanda sin interferir en la producción de la empresa [2].

### **Hipótesis**

Al aplicar el método de Peak Shaving se logrará aplanar la curva de consumo de la Industria “Rhinoplast S.A” y a la vez se permitirá disminuir los costos asociados al consumo de energía en horas pico.

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **1.1. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte.**

Actualmente existe un breve crecimiento en la economía y la diferencia pico – valle de las cargas eléctricas presentan un comportamiento creciente, esto ocasiona una mayor inversión en la expansión de la capacidad de la red eléctrica para así poder satisfacer la demanda pico de corta duración. De acuerdo a lo mencionado, la reducción de la carga máxima es un objetivo que se pretende llegar en la planificación y operación de las redes de distribución eléctrica activas como lo es el sector industrial, para esto es necesario profundizar el tema, realizando diversas investigaciones que se describe en los siguientes párrafos [1].

De acuerdo con [2], la generación de energía autónoma durante las horas de mayor demanda es crucial en la industria, ya que disminuir la demanda de energía a la empresa distribuidora mejora la fiabilidad del sistema y, en consecuencia, la calidad de la energía suministrada en el mismo. Esto, a su vez, genera beneficios económicos para las empresas al reducir el costo de la factura de consumo de energía

La disminución de los costos de producción y operación ha sido un tema de gran importancia durante varios años. De acuerdo con un estudio realizado por [3] en el año 2005, se plantea una investigación para lograr reducir los costos de los picos en horarios punta, para esto se plantea el uso de mecanismos eficientes como lo es el “Peak Shaving” para el cumplimiento de esta técnica se utiliza sistemas de autogeneración que se lo aplica en una Industria en la ciudad de México. Esta tesis de maestría propone la autogeneración en los horarios punta, utilizando dos generadores de energía, uno que es de diésel y el otro de biodiésel, luego de plantear dicha propuesta, se concluyó que al usar sistemas de autogeneración en los horarios picos es económicamente viable. Además, se sugiere qué para la implementación

del sistema Peak Shaving se puede usar sistemas de generación renovable fotovoltaico que puede tener un gran impacto económico.

En la publicación realizada por [4] que fue publicado en el año 2007, donde se presenta una estrategia para el dimensionamiento y la operación eficaz de un sistema de almacenamiento de baterías para lograr reducir el consumo en horas pico, "Peak Shaving". Para la realización de esta Investigación se aplica la metodología basada en la programación dinámica del almacenamiento de energía en baterías con el propósito de disminuir la inversión económica en energía. Para el diseño del tamaño apropiado de las baterías, la potencia y la capacidad, se realiza una evaluación del perfil de carga del cliente con el propósito de poder reducir la factura económica. Para la ejecución de esta investigación se realiza una simulación de datos reales de una empresa industrial, donde se puede verificar que el sistema de almacenamiento de energía carga las baterías en los horarios valle (de menor costo) y descarga en horas pico (de mayor costo).

En el año 2017, de acuerdo con [4] se indica un estudio técnico económico del empleo de un sistema solar fotovoltaico y un sistema de almacenamiento de energía por medio de batería en Palestina. Este sistema es analizado a través de una simulación, usando el perfil de carga del Hospital Universitario An – Najah. El estudio destacó varios resultados importantes, entre los cuales se incluye una comparación de la viabilidad económica del uso de sistemas fotovoltaicos, excluyendo el almacenamiento. Esta comparación resultó prometedora, ya que los costos de implementación se recuperan en un período de 8 años. Sin embargo, si se utiliza un sistema de almacenamiento, la recuperación de los costos tarda entre 10 y 15 años. Como parte de las soluciones propuestas, se realizaron cálculos de los precios de la capacidad de almacenamiento, así como del costo inicial de inversión del sistema de almacenamiento.

En el año 2017, se presentó un estudio en [5] que examina los diferentes métodos de reducción de demanda eléctrica en horarios pico y su viabilidad en Ecuador. En una tesis desarrollada como parte de la titulación de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional, se presentó un estudio sobre las diversas estrategias de "Peak Shaving" implementadas en el

ámbito internacional y regional. Además, se llevó a cabo un análisis normativo para evaluar la posibilidad de implementar estas estrategias en Ecuador. La implementación de la respuesta de demanda como una estrategia de "Peak Shaving" fue evaluada en la curva de demanda del Sistema Nacional Interconectado y un perfil de carga típico del sector industrial. El desplazamiento de la demanda desde el período de mayor consumo al período de menor consumo base permitió una reducción del 20% de la carga, lo que se logra mediante el uso de controladores de carga.

En la tesis presentada en [6] demuestra la viabilidad de reducir los costos en la facturación de energía eléctrica a través de la generación propia mediante el uso de generadores diésel. También señala que uno de los factores más influyentes en la facturación por consumo de energía y potencia es el valor de la potencia contratada, el cual depende de la máxima demanda registrada en el medidor.

En la tesis de Juan Andrés Lucio Cruz, presentada como requisito para obtener su título de Magíster en Ingeniería Eléctrica en Distribución por la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, se describe una metodología para pronosticar la demanda de un alimentador primario con clientes industriales utilizando herramientas computacionales y generación distribuida para aplanar la curva de demanda. Se consideraron sistemas fotovoltaicos y motores de combustión interna, y se analizaron diversos métodos de pronóstico para determinar el más adecuado, lo que permitió evaluar la factibilidad técnica y económica de implementar sistemas de generación distribuida. En el estudio realizado por [7], se realizaron análisis de carga y cortocircuito para evaluar las variaciones de voltaje y las pérdidas en la línea en cada uno de los escenarios presentados. Este trabajo resalta la importancia de la implementación de sistemas de generación distribuida no convencionales en la industria.

Según [8], se puede utilizar grupos electrógenos para nivelar la curva de demanda eléctrica, y, además, estos pueden funcionar como una fuente de energía de reserva para cubrir las necesidades energéticas reducidas que se obtengan de los proveedores debido a una cláusula de carga interrumpible en el contrato de suministro o en caso de interrupción del servicio eléctrico. De esta manera, se

pueden aprovechar mejor los grupos electrógenos que se encuentran en la mayoría de las industrias. Las empresas que utilizan esta estrategia presentan un perfil de carga más uniforme en la red, lo que les permite reducir los cargos por demanda y disminuir los costos de compra de energía a la empresa distribuidora de energía, obteniendo así beneficios económicos.

Según se describe en [9], se presentan diversos métodos de autogeneración que se pueden emplear como estrategias de Peak Shaving con el fin de garantizar la fiabilidad de los grupos electrógenos y reducir los costos de energía dentro del proceso industrial. Es decir, existen diversos tipos de grupos electrógenos que se pueden utilizar durante ciertos periodos de tiempo y que pueden proporcionar energía de reserva, dependiendo de las características de la carga y las demandas del proceso productivo.

Según [10], la estrategia Peak Shaving también se conoce como estrategia de Gestión de Demanda o Gestión de Carga, y se enfoca en modificar el consumo de energía de manera estratégica. Esto implica un proceso de planificación que incluye la integración de recursos que involucran alternativas de ahorro de energía en el lado de la demanda.

## **1.2. Fundamentación Teórica.**

### **1.2.1. Definiciones Básicas**

#### **Consumidor Industrial**

Es una empresa o industria que utiliza grandes cantidades de energía eléctrica en sus procesos de producción o en sus operaciones diarias. Este tipo de consumidores tienen necesidades de energía específicas y, a menudo, requieren una cantidad constante de energía para mantener sus procesos en funcionamiento [11].

Los consumidores industriales también pueden tener opciones de suministro de energía más amplias que los consumidores residenciales, como la posibilidad de

elegir entre diferentes proveedores de energía o de generar su propia energía a través de fuentes renovables, como paneles solares o turbinas eólicas.

### **Carga Instalada**

Se refiere a la cantidad máxima de energía eléctrica que un sistema eléctrico puede suministrar a una instalación o edificación en un momento dado, se mide en (kW o kVA) y se utiliza para determinar el tamaño del sistema eléctrico necesario para suministrar la energía eléctrica requerida por la instalación. Es importante destacar que la carga instalada no es lo mismo que el consumo real de energía eléctrica en una instalación [12].

Se utiliza comúnmente en la planificación y diseño de sistemas eléctricos, y es esencial para garantizar que la instalación tenga la capacidad adecuada para satisfacer las necesidades de energía eléctrica de manera segura y eficiente.

### **Demanda Eléctrica**

Es la cantidad de energía eléctrica que se requiere en un momento determinado en un sistema eléctrico, varía constantemente a lo largo del día y la noche, y está influenciada por diversos factores, como la hora del día, la estación del año, el clima, los patrones de consumo de potencia y las características de la red eléctrica, se mide en kilovatios (kW) y es un factor importante ya que los sistemas eléctricos deben estar diseñados para satisfacer la demanda máxima esperada en cualquier momento. En exceso puede provocar cortes de electricidad, mientras que una demanda insuficiente puede provocar un desperdicio y una sobrecarga en el sistema [12].

### **Demanda Máxima**

Es la cantidad máxima de energía eléctrica que se necesita en un momento dado para satisfacer las necesidades de los consumidores conectados al sistema

eléctrico, se registra generalmente durante un período de tiempo específico, como una hora o un día. Si el sistema eléctrico no está diseñado para satisfacer la demanda máxima, se pueden producir cortes de energía eléctrica y otros problemas.

### **Demanda Promedio**

Es el nivel medio de demanda eléctrica que se produce en un sistema eléctrico durante un período de tiempo determinado, como un día, una semana, un mes o un año. Es la cantidad media de energía eléctrica que se necesita en un momento dado para satisfacer las necesidades de los consumidores conectados al sistema eléctrico. Es un factor importante en la planificación y diseño de sistemas eléctricos, ya que ayuda a determinar la capacidad que debe tener el sistema para satisfacer las necesidades de energía de los consumidores a lo largo del tiempo [12].

Se calcula dividiendo la cantidad total de energía eléctrica consumida durante un período de tiempo determinado por la duración de ese período, se mide en kilovatios (kW).

$$\bar{D} = \frac{\text{Energía Total}}{\text{Duración del Período}} \quad (1.1)$$

### **Factor De Carga (Fc)**

Es una medida que indica la relación entre la carga real y la capacidad disponible en un sistema eléctrico en un período de tiempo determinado, generalmente expresado en porcentaje. Se utiliza para evaluar la eficiencia de un sistema eléctrico y su capacidad para satisfacer la demanda eléctrica. Un factor de carga alto indica que está funcionando eficientemente y utilizando la capacidad instalada de manera efectiva en cambio sí está bajo indica que el sistema eléctrico no está utilizando toda su capacidad y que se puede aumentar la carga sin tener que aumentar la capacidad instalada.

$$Fc = \frac{\text{Demanda Promedio}}{\text{Capacidad Instalada}} \quad (1.2)$$

### **Factor De Demanda (Fd)**

Es una medida que indica la relación entre la demanda máxima y la carga instalada de un sistema eléctrico en un período de tiempo determinado, generalmente expresado en porcentaje. Se utiliza para evaluar la capacidad de un sistema eléctrico para satisfacer la demanda eléctrica en momentos de mayor consumo. Un factor de demanda alto indica que el sistema eléctrico tiene una capacidad instalada adecuada para satisfacer la demanda eléctrica en momentos de mayor consumo y un factor de demanda bajo indica que no puede tener suficiente capacidad instalada para satisfacer la demanda en momentos de mayor consumo, lo que puede dar lugar a problemas como apagones, cortes de energía y sobrecargas en el sistema eléctrico.

$$Fd = \frac{\text{Demanda Máxima}}{\text{Carga Instalada}} \quad (1.3)$$

### **Factor De Potencia (Fp)**

Indica la eficiencia en la utilización de la energía eléctrica en un sistema de corriente alterna (AC). Se define como la relación entre la potencia activa (o real) y la potencia aparente consumida por un dispositivo eléctrico, y se expresa como un número entre 0 y 1. Un factor de potencia bajo indica que el dispositivo eléctrico está utilizando una gran cantidad de energía reactiva, lo que puede causar pérdidas de energía y aumentar los costos de energía eléctrica, en cambio un factor de potencia alto indica que el dispositivo eléctrico está utilizando una mayor proporción de energía activa, lo que significa que está utilizando la energía eléctrica de manera más eficiente.

$$Fp = \frac{\text{Potencia Activa}}{\text{Potencia Aparente}} \quad (1.4)$$

#### **1.2.2. Demanda de Energía Eléctrica**

La demanda eléctrica de un sistema se refiere a la cantidad de corriente o potencia eléctrica consumida por su carga durante un intervalo de tiempo

específico. La demanda eléctrica fluctúa en el tiempo, dependiendo de diversos factores como los hábitos de consumo de los usuarios, la estructura productiva de la economía, las condiciones climáticas y la estación del año, entre otros.

En la mayoría de los casos, los mayores consumidores de energía eléctrica son los sectores minero, industrial y residencial. En el primero y segundo, hay un número reducido de usuarios que demandan grandes cantidades de energía, mientras que, en el tercero, hay una gran cantidad de usuarios que consumen una cantidad de energía relativamente baja. Por último, podemos definir la demanda de energía eléctrica como la cantidad o magnitud de electricidad necesaria para satisfacer las necesidades de uno o varios consumidores. En términos generales, la demanda nacional de energía eléctrica es la suma total de la electricidad requerida para abastecer a todos los usuarios del territorio nacional, incluyendo industrias, empresas, oficinas, comercios, instituciones públicas, hogares, alumbrado público, entre otros [13].

### **1.2.3. Análisis de las Curvas de Demanda**

Es una herramienta importante para el estudio y la gestión de la energía eléctrica en una instalación o sistema eléctrico. Las curvas de demanda son gráficos que muestran la cantidad de energía eléctrica que se consume en una instalación en función del tiempo. El análisis de estas curvas puede proporcionar información valiosa sobre el consumo de energía eléctrica en diferentes periodos de tiempo, lo que puede ayudar a identificar patrones de consumo, realizar ajustes en la operación de los equipos y reducir los costos de energía eléctrica.

A continuación, se presentan algunas consideraciones importantes en el análisis de las curvas de demanda:

- **Identificación de los periodos de máxima demanda:** El análisis de las curvas de demanda permite identificar los periodos de máxima demanda en una instalación, lo que puede ser útil para diseñar estrategias de reducción de la demanda, como el Peak Shaving, y para negociar tarifas eléctricas con las compañías eléctricas.

- Evaluación de los patrones de consumo: El análisis de las curvas de demanda permite evaluar los patrones de consumo de energía eléctrica en diferentes periodos de tiempo, lo que puede ser útil para identificar patrones de consumo atípicos y realizar ajustes en la operación de los equipos.
- Evaluación del factor de carga: El análisis de las curvas de demanda permite evaluar el factor de carga de una instalación, que es la relación entre la demanda máxima y la carga instalada. Un factor de carga bajo puede indicar una operación ineficiente de los equipos y la necesidad de implementar medidas de eficiencia energética.
- Evaluación del factor de potencia: El análisis de las curvas de demanda permite evaluar el factor de potencia de una instalación, que es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Un factor de potencia bajo puede indicar la presencia de cargas inductivas y la necesidad de implementar medidas de corrección del factor de potencia.

#### **1.2.4. Gestión de Demanda de Energía Eléctrica**

El concepto de "Gestión de la Demanda" hace referencia a un conjunto de estrategias diseñadas para gestionar de manera efectiva el consumo de energía en un lugar determinado, con el objetivo de reducir los costos asociados al suministro energético de las tarifas de acceso a la red y al sistema en general, incluyendo los impuestos correspondientes.

Estas estrategias están diseñadas para modificar las características del consumo de energía eléctrica, con respecto al volumen de consumo, el perfil temporal del consumo y los términos del contrato de suministro (como la potencia contratada y los parámetros de conexión a la red), para lograr reducir los costos en la factura [14].

El propósito de la gestión de la demanda es influir al consumidor para que modifique el patrón de demanda, es decir cuándo y cuánto consumen, para así poder lograr un ahorro neto de energía y uso más eficiente del mismo, para esto se emplea

diversas técnicas que se enfoquen en el llenado del período valle, el recorte de la demanda en horas pico y el mejoramiento del factor de carga [15].

Para realizar la Gestión de la Demanda, es necesario en primer lugar realizar un exhaustivo análisis de los patrones de consumo del lugar. De esta manera, se podrá comprender las características únicas de cada lugar y determinar si los hábitos de consumo pueden ser mejorados sin la necesidad de utilizar herramientas adicionales. Si no es factible modificar los hábitos de consumo o si dichas modificaciones no son eficaces para lograr la reducción de costos deseada, se puede evaluar la opción de incorporar diferentes tecnologías de generación de energía en el lugar [14].

#### **1.2.5. Control de Cargas Industriales**

En contraste con las cargas residenciales que pueden operar de forma independiente, la mayoría de los procesos industriales requieren de una coordinación cuidadosa para lograr un producto final. Para tener éxito en los mercados competitivos, es esencial cumplir rigurosamente con las estrictas normas de calidad y los niveles de producción, así como mantener prácticas adecuadas de operación y mantenimiento de equipos en las instalaciones industriales [15].

Es esencial considerar las siguientes medidas para ajustar la curva de carga y aprovechar así el precio más ventajoso de la electricidad:

- Examinar el proceso de creación de la curva de demanda del cliente industrial, que se mide en el punto donde se conecta a la red de distribución, a través de la adición de las cargas de cada equipo en distintas horas del día.
- Identificar las acciones que se pueden implementar para restringir la potencia máxima extraída de la red eléctrica, así como para postergar el consumo de energía hasta los períodos de tarifas más económicas.

### **1.2.6. Análisis de la curva de carga**

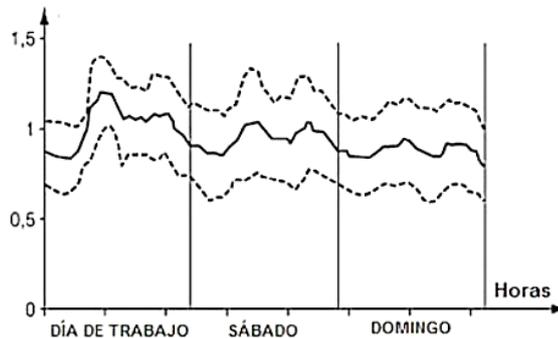
El análisis de la curva de carga es un proceso importante para la gestión de la demanda y la optimización de procesos en la industria. Este análisis implica la definición de objetivos, la comprobación de facturas de electricidad, el registro de las curvas de carga, el análisis técnico de la factibilidad de gestión de demanda y el análisis de las operaciones controlables.

- Es importante identificar los objetivos específicos de la curva de carga en función de los mecanismos de fijación de precios vigentes. La mayoría de los clientes industriales pueden querer reducir la carga durante el período pico del sistema eléctrico y aumentar el consumo fuera del período máximo, pero esto puede variar según el tipo de tarifas que se apliquen.
- Es recomendable comprobar las facturas de electricidad mensuales para determinar si existen oportunidades de gestión de carga y en qué períodos de tiempo. También es importante registrar las curvas de carga total en días en que se va a controlar la instalación, durante varias semanas para tener en cuenta las contingencias que pueden afectar la demanda total de energía.
- Se debe realizar un análisis técnico de la factibilidad de gestión de demanda para asegurar que no existan restricciones para interrumpir o reprogramar cargas, y para identificar las operaciones interrumpibles y los aparatos que se pueden intensificar su uso fuera del período pico.
- El análisis de las operaciones controlables que pueden ser los principales contribuyentes de la carga a controlar es importante, y se puede determinar la cantidad de reducción de carga que se puede conseguir mediante la interrupción o aplazamiento de cada operación.
- Finalmente, es importante tener una estrategia clara de gestión de demanda con la finalidad de obtener un perfil de carga igual al objetivo deseado sin afectar la eficiencia de la industria.

### 1.2.7. Tipos de curvas de carga de clientes industriales

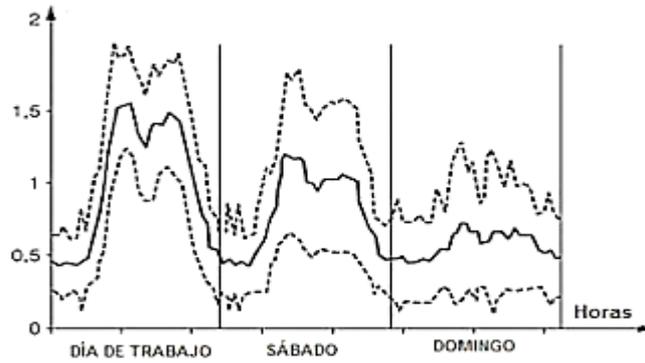
Existen diferentes tipos de curvas de carga de clientes industriales, dependiendo del tipo de industria, el tamaño de la carga, el horario de trabajo, entre otros factores. Algunos ejemplos son:

- **Curva de carga constante:** corresponde a clientes que tienen una carga eléctrica constante a lo largo del día, sin presentar grandes variaciones en la demanda eléctrica [15].



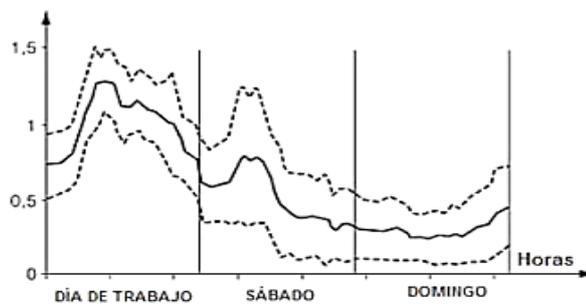
**Figura 1.** Curva de Carga de usos permanentes [15].

- **Curva de carga estacional:** se presenta en clientes cuya demanda eléctrica varía significativamente según la temporada del año. Por ejemplo, una industria de producción de hielo puede tener una alta demanda eléctrica durante el verano y una baja demanda en invierno [15].
- **Curva de carga diaria:** en este caso, la demanda eléctrica varía a lo largo del día, con una carga pico en un momento determinado, como puede ser una industria que utiliza energía eléctrica para operar sus equipos durante un turno específico.
- Los clientes industriales que presentan un uso modulado los siete días de la semana son aquellos que tienen una demanda constante y fluctuante de energía durante todo el día, incluyendo fines de semana y días festivos. Estos clientes pueden tener una demanda de energía relativamente estable durante ciertas horas del día, pero pueden experimentar picos en la demanda durante otros períodos [15].



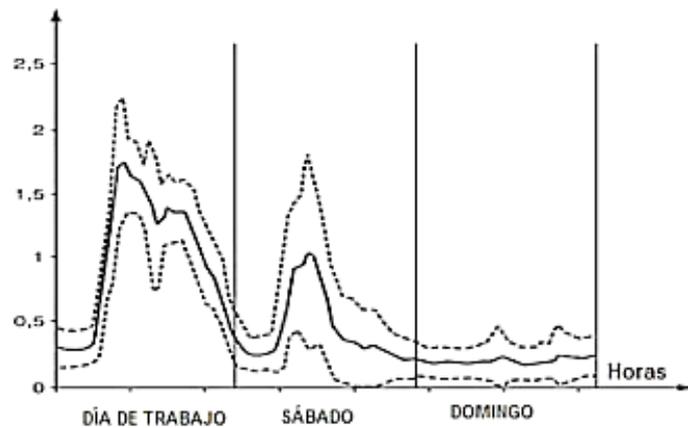
**Figura 2.** Curva de Carga de usos modulados [15].

- **Curva de carga intermitente:** Se presenta en industrias que utilizan maquinaria o equipos que requieren energía eléctrica en momentos específicos del proceso de producción. Por ejemplo, una fábrica de alimentos que utiliza una máquina envasadora que requiere energía eléctrica solo por unos minutos en cada ciclo de producción [15].
- **Los usos ligeramente modulados:** Se refieren a clientes industriales que tienen un perfil de carga en el que se presentan pequeños picos en la curva de demanda, pero en general el consumo de energía es estable y no varía significativamente a lo largo del tiempo. Estos clientes pueden tener una actividad constante durante el día, con pequeñas fluctuaciones en el consumo de energía debido a la variación en la carga de los equipos. También pueden ser clientes que operan en turnos o en horarios específicos, lo que se refleja en su curva de carga con pequeños picos durante los cambios de turno o en los momentos en que se inician o se detienen procesos específicos [15].



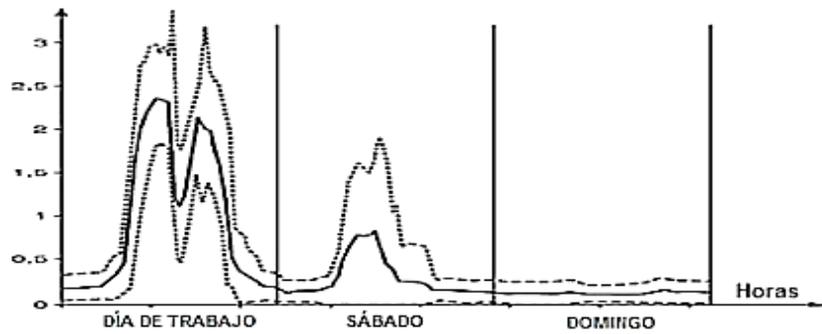
**Figura 3.** Curva de Carga de usos ligeramente modulados [15].

- **Usos muy modulados:** Se presenta una gran variación en la demanda de energía durante un día laboral, con picos pronunciados de potencia en ciertas horas del día, y para los fines de semana y días festivos, la demanda disminuye significativamente. Esto se debe a que los procesos industriales que consumen energía en estos casos están altamente vinculados con la producción y operación de la empresa, lo que conlleva a un alto consumo de energía en momentos específicos [15].



**Figura 4.** Curva de Carga de usos muy modulados [15].

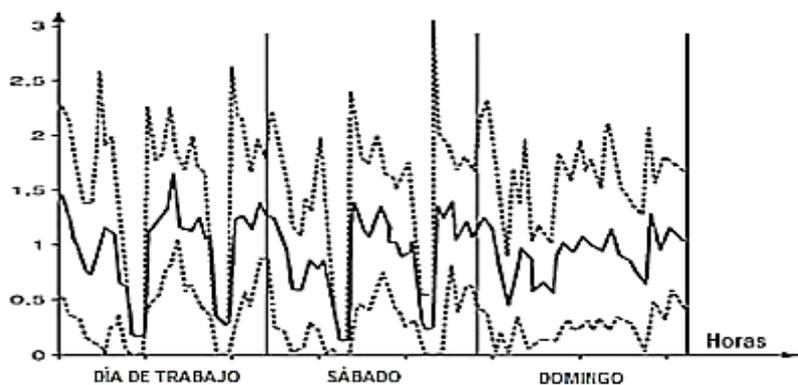
- **Usos de dos o cuatro horas:** Esto puede ser común en procesos industriales que requieren altas temperaturas o para maquinarias que necesitan arrancar y detenerse constantemente. Por lo tanto, durante el resto del día, la carga de energía es mucho menor. Estos clientes industriales suelen ser muy sensibles a los cambios en las tarifas eléctricas y pueden implementar estrategias de gestión de carga para reducir su consumo durante los períodos de mayor demanda y evitar cargos adicionales en sus facturas de electricidad, este tipo de clientes industriales tienen un consumo de energía concentrado en uno o dos períodos del día [15].



**Figura 5.** Curva de Carga de usos en dos o cuatro horas [15].

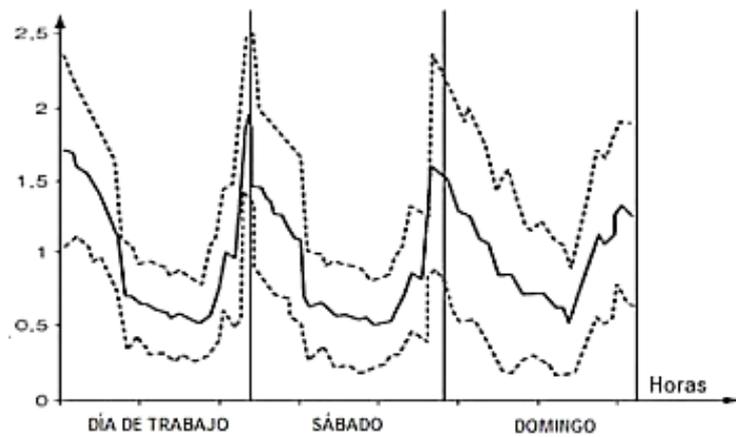
- **Usos con desconexión en hora pico:** En esta clase de clientes industriales, se observa una estrategia de desconexión de cargas en los períodos de mayor demanda, con el objetivo de reducir el consumo de energía en esos momentos. Por lo general, estos períodos de mayor demanda coinciden con las horas pico en la red eléctrica, como lo son las horas de inicio de la noche y las horas del mediodía [15].

Esta estrategia puede ser implementada mediante la desconexión de cargas no esenciales o mediante la utilización de fuentes de energía alternativas. Además, también se pueden implementar medidas de eficiencia energética para reducir la demanda total en estos períodos, como la utilización de equipos más eficientes o la optimización del uso de la iluminación y climatización.



**Figura 6.** Curva de Carga con desconexión en hora pico [15].

- **Usos fuera del periodo pico:** En esta clasificación las industrias tienden a evitar el consumo de energía durante el período pico y prefieren consumir energía durante el período valle, que generalmente se produce durante la noche o temprano en la mañana, cuando la demanda de energía es menor y el costo por kilovatio-hora es más bajo. Esto se logra mediante la programación de las cargas para que se realicen en momentos en los que la demanda es baja, lo que puede incluir el uso de sistemas de automatización y control para gestionar la carga de energía de manera más efectiva. El objetivo es reducir los costos de energía para la empresa y evitar la sobrecarga de la red eléctrica durante los períodos pico [15].



**Figura 7.** Curva de Carga de usos fuera de pico [15].

### 1.2.8. Acciones de Eficiencia Energética en las Industrias

Son aquellas que permiten optimizar el consumo de energía eléctrica y combustibles fósiles, con el objetivo de reducir los costos operativos, aumentar la competitividad de la empresa y reducir su impacto ambiental. A continuación, se presentan algunas de las acciones más comunes que pueden implementarse en las industrias para mejorar su eficiencia energética:

- **Auditorías energéticas:** las auditorías energéticas son evaluaciones detalladas del uso de la energía en las instalaciones de la empresa. Estas evaluaciones permiten identificar oportunidades para mejorar la eficiencia

energética, como la identificación de ineficiencias en el uso de la energía, la determinación de los equipos que consumen más energía, la evaluación de la iluminación y los sistemas de climatización, y la identificación de oportunidades para la generación de energía renovable.

- **Sistemas de gestión energética:** los sistemas de gestión energética son herramientas para la planificación, implementación, medición y control de programas de eficiencia energética. Estos sistemas ayudan a las empresas a establecer objetivos y metas de eficiencia energética, monitorear y controlar el consumo de energía, y evaluar la efectividad de las medidas de eficiencia energética implementadas.
- **Mejoras en el aislamiento térmico:** las mejoras en el aislamiento térmico pueden reducir la cantidad de energía necesaria para mantener una temperatura constante en las instalaciones de la empresa. Algunas medidas comunes incluyen la instalación de paneles aislantes en techos y paredes, la renovación de ventanas y puertas, y la instalación de sistemas de ventilación adecuados.
- **Mejoras en la iluminación:** las mejoras en la iluminación pueden reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la empresa. Algunas medidas comunes incluyen la instalación de iluminación LED de alta eficiencia, el uso de sensores de movimiento y la optimización del diseño de la iluminación en los espacios de trabajo.
- **Mejoras en los sistemas de climatización:** las mejoras en los sistemas de climatización pueden reducir el consumo de energía eléctrica en las instalaciones de la empresa. Algunas medidas comunes incluyen la instalación de sistemas de climatización de alta eficiencia, la programación del uso de los sistemas de climatización de acuerdo a las necesidades de la empresa, y la instalación de sistemas de ventilación adecuados.
- **Disminución de la utilización de electricidad:** al mejorar la eficiencia energética de los equipos y procesos industriales, se puede reducir el

consumo de electricidad, lo que se traduce en una disminución de los costos operativos de la empresa.

- Mejorar los procedimientos productivos: al optimizar el uso de la energía en los procesos productivos, se pueden mejorar los tiempos de producción y reducir los costos de producción.
- Mejorar las condiciones de funcionamiento de los equipos: al optimizar el uso de la energía en los equipos industriales, se pueden mejorar sus condiciones de funcionamiento, lo que se traduce en una reducción del desgaste y una prolongación de su vida útil.
- Prolongar la vida útil de la planta: al reducir las pérdidas de energía y mejorar la eficiencia energética en general, se puede prolongar la vida útil de la planta industrial.
- Reducir las pérdidas de potencia: al optimizar el uso de la energía en los equipos y procesos industriales, se pueden reducir las pérdidas de potencia y mejorar la calidad de la energía eléctrica suministrada a la planta.
- Optimización de los recursos: al optimizar el uso de la energía, se pueden optimizar otros recursos, como el agua, los combustibles fósiles y las materias primas.
- Cumplimiento de normas de calidad: al mejorar la eficiencia energética de los procesos productivos, se pueden cumplir con las normas de calidad requeridas para los productos y servicios que se ofrecen.
- Manejo integral de los residuos: al mejorar la eficiencia energética de los procesos productivos, se pueden reducir los residuos generados por la empresa y mejorar su manejo.
- Impacto provechoso en el ecosistema: al mejorar la eficiencia energética de los procesos industriales, se puede reducir el impacto ambiental de la empresa y contribuir a la sostenibilidad del planeta.

### **1.2.9. Eficiencia energética en motores eléctricos**

Los motores representan una parte significativa del consumo energético en la industria. La eficiencia de un motor eléctrico se mide por su capacidad de convertir la energía eléctrica en energía mecánica de manera eficiente. A continuación, se mencionan algunas de las estrategias para mejorar la eficiencia energética de los motores eléctricos:

- Selección del motor adecuado: elegir el motor adecuado para una aplicación específica es clave para mejorar la eficiencia energética. Los motores de alta eficiencia son diseñados para operar a un alto nivel de eficiencia en una amplia gama de cargas.
- Mantenimiento preventivo: un mantenimiento adecuado y preventivo de los motores eléctricos es fundamental para garantizar un funcionamiento eficiente. Esto incluye la limpieza y lubricación de los componentes del motor, así como la realización de inspecciones y reparaciones regulares.
- Variadores de frecuencia: la instalación de variadores de frecuencia en los motores eléctricos puede mejorar la eficiencia energética al reducir el consumo de energía y minimizar la carga en el motor.
- Reducción de la carga en el motor: reducir la carga en el motor, ya sea mediante el uso de un variador de frecuencia o mediante la reducción de la velocidad, puede mejorar la eficiencia energética y prolongar la vida útil del motor.
- Mejoras en el sistema eléctrico: la mejora de los sistemas eléctricos, como el uso de transformadores de alta eficiencia y la corrección del factor de potencia, puede mejorar la eficiencia energética de los motores eléctricos.
- Uso de motores de imanes permanentes: los motores de imanes permanentes son motores eléctricos de alta eficiencia que utilizan imanes permanentes en lugar de devanados de cobre. Estos motores pueden tener una eficiencia energética significativamente mayor que los motores tradicionales.

La implementación de estas estrategias puede ayudar a mejorar la eficiencia energética de los motores eléctricos, lo que se traduce en una reducción del consumo de energía y de los costos operativos en la industria.

### **1.2.10. Corrección del factor de potencia**

Es una técnica para mejorar la eficiencia energética y reducir los costos de energía eléctrica en las instalaciones industriales. Se realiza mediante la instalación de un banco de capacitores en paralelo con el sistema eléctrico existente. Estos capacitores proporcionan una fuente de energía reactiva que puede compensar el exceso de energía reactiva consumida por la carga inductiva en el sistema eléctrico. Al compensar la energía reactiva, se reduce la cantidad de energía total necesaria para satisfacer las necesidades de energía de la instalación, lo que se traduce en una reducción del consumo de energía eléctrica y de los costos de energía.

La corrección del factor de potencia puede tener varios beneficios en la industria, incluyendo:

- Reducción de los costos de energía eléctrica
- Aumento de la eficiencia energética
- Reducción de las pérdidas de energía en el sistema eléctrico
- Mejora de la estabilidad del sistema eléctrico
- Reducción de la carga en los transformadores y en otros equipos eléctricos

Es importante señalar que la corrección del factor de potencia debe realizarse de forma cuidadosa y profesional, para evitar posibles riesgos eléctricos y garantizar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

Por otro la presencia de un bajo factor de potencia puede ocasionar varios inconvenientes en las instalaciones eléctricas, entre los que se incluyen los siguientes:

- Aumento de los costos de energía eléctrica: Un bajo factor de potencia puede resultar en un aumento de los costos de energía eléctrica debido a que las compañías eléctricas pueden cobrar cargos adicionales por el uso de energía reactiva.
- Sobrecarga de los equipos eléctricos: Un bajo factor de potencia puede generar una sobrecarga en los equipos eléctricos, como transformadores, generadores y motores eléctricos, lo que puede disminuir su vida útil y aumentar el riesgo de fallas y cortocircuitos.

- Pérdidas de energía eléctrica: Un bajo factor de potencia puede generar pérdidas de energía eléctrica en el sistema, ya que una cantidad significativa de la energía eléctrica se consume en forma de energía reactiva, en lugar de ser utilizada de forma efectiva.
- Problemas de voltaje: Un bajo factor de potencia puede generar problemas de voltaje, como fluctuaciones o caídas en el voltaje, que pueden afectar la operación de los equipos eléctricos y disminuir la calidad del servicio eléctrico.
- Reducción de la capacidad de suministro: Un bajo factor de potencia puede reducir la capacidad de suministro de energía eléctrica en una instalación, lo que puede limitar su capacidad de producción y afectar su rentabilidad.

#### **1.2.11. Analizador trifásico de calidad eléctrica y energética Fluke 435 Serie II**

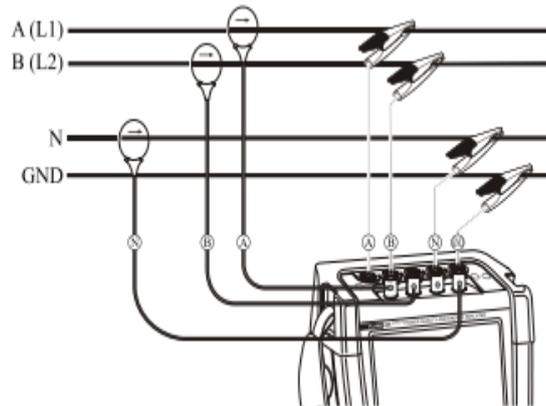
El analizador de carga es un instrumento que es capaz de medir los parámetros eléctricos fundamentales como voltaje, corriente, potencia, energía, factor de potencia, armónicos, etc. El equipo Fluke 435 II que se indica en la Figura 8 permite obtener el comportamiento de la industria y así obtener los costos de la pérdida energética causando deficiencias energéticas.



**Figura 8.** Analizador Fluke 435 II [16].

La conexión del analizador de redes es importante, para eso se debe conectar de forma correcta las cinco entradas tipo banana usadas en la medición para el

voltaje y 5 entradas para las pinzas amperimétricas. En la Figura 9 se puede visualizar las conexiones del equipo.



**Figura 9.** Conexión del analizador en una red industrial [16].

### 1.2.12. Método del Peak Shaving.

Se refiere a la estrategia de reducir la demanda máxima de energía eléctrica durante las horas pico, que son los momentos del día en que hay una mayor demanda de energía eléctrica. Al reducir la demanda eléctrica durante estas horas pico, las empresas pueden reducir sus costos de energía eléctrica y evitar sobrecargas en el sistema eléctrico.

Existen varios métodos para reducir la demanda eléctrica en horas pico, entre los que se incluyen:

- Cambio de horarios de trabajo: las empresas pueden cambiar los horarios de trabajo de sus empleados para que no coincidan con las horas pico de demanda eléctrica. Esto puede reducir la demanda eléctrica en las horas pico y reducir los costos de energía eléctrica.
- Generación distribuida: las empresas pueden utilizar la generación distribuida de energía eléctrica mediante la instalación de paneles solares o turbinas eólicas en sus instalaciones. Esto les permitirá producir su propia energía eléctrica durante las horas pico, reduciendo su demanda eléctrica de la red eléctrica.

- Almacenamiento de energía: las empresas pueden utilizar sistemas de almacenamiento de energía para almacenar energía durante las horas de baja demanda y utilizarla durante las horas pico. Esto les permitirá reducir su demanda eléctrica de la red eléctrica durante las horas pico.
- Reducción de la carga eléctrica: las empresas pueden reducir su carga eléctrica mediante el apagado de equipos que no estén en uso durante las horas pico, lo que puede reducir la demanda eléctrica y los costos de energía eléctrica.

El método Peak Shaving que se traduce en español como “recorte de picos” son empleadas para disminuir el consumo eléctrico en momentos de demanda máxima por parte de las compañías generadoras y distribuidoras de energía. La finalidad es reducir el punto máximo de la curva de carga eléctrica, logrando así una distribución más uniforme de la misma. Esto se lleva a cabo con el fin de evitar sobrecargas en el sistema eléctrico, disminuir los costos de generación de energía y mejorar la eficiencia energética. Con el propósito de reducir el pico de la curva de carga, para así obtener el aplanamiento de la curva.

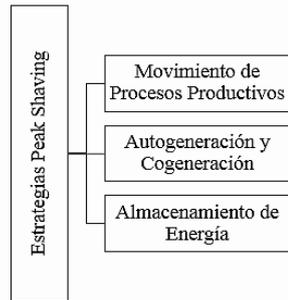
Para alcanzar este objetivo, se emplean diversas estrategias, como la gestión de la demanda, la generación distribuida, el almacenamiento de energía, las fuentes de energía renovable y la automatización del consumo eléctrico. En la Figura 10 se puede observar las diferentes estrategias Peak Shaving [15].



**Figura 10.** Peak Shaving [15].

Aunque las medidas de eficiencia energética logran reducir el consumo de energía durante todo el período de demanda, no son tan efectivas para lograr las grandes reducciones de demanda que se desean durante los picos máximos. Sin embargo, son una parte fundamental para lograr el éxito de la estrategia Peak Shaving.

En la Figura 11 se presentan las diferentes estrategias Peak Shaving aplicadas [8].



**Figura 11.** Esquema de las estrategias Peak Shaving [8].

### **1.2.13. Movimiento de Procesos Productivos**

Es una técnica de eficiencia energética que consiste en el reordenamiento o reorganización de las actividades y procesos productivos de una empresa o industria, con el fin de reducir el consumo de energía. Esta técnica busca optimizar la secuencia de los procesos productivos, reducir la distancia y tiempo que se necesitan para llevar a cabo las actividades, y minimizar el tiempo de inactividad de las maquinarias, los beneficios pueden ser ahorro de energía, costos, mejoras en la calidad de los productos y/o servicios, aumento de la productividad y eficiencia de la empresa o industria.

Este movimiento puede incluir la reubicación de maquinarias, la eliminación de procesos innecesarios, la automatización de procesos, la mejora del mantenimiento y la gestión de la energía, entre otras medidas. Además, se puede aprovechar esta técnica para optimizar el uso de la luz natural y mejorar la ventilación y climatización de los espacios de trabajo, reduciendo así el consumo de energía eléctrica.

#### **1.2.14. Autogeneración**

La autogeneración es una figura de participación en el sector eléctrico en la que las empresas generan su propia energía eléctrica a través de plantas de generación de energía, en lugar de comprar a una empresa de servicios públicos. Esta técnica se utiliza a menudo en situaciones en las que la conexión a la red eléctrica es difícil o costosa, o cuando el suministro eléctrico es poco fiable o inestable.

Se puede realizar mediante la instalación de paneles solares, turbinas eólicas, generadores diésel o de gas natural, o cualquier otra fuente de energía renovable o no renovable.

Entre las ventajas se encuentran la reducción de la dependencia de la red eléctrica en horas pico o Peak Shaving y la capacidad de controlar los costos de la energía, especialmente en situaciones en las que la energía eléctrica comprada a una empresa de servicios públicos es cara o inestable. Sin embargo, la autogeneración también tiene sus desventajas, incluyendo los altos costos de inversión inicial, el mantenimiento continuo de la planta de generación de energía y la necesidad de cumplir con las regulaciones ambientales y de seguridad.

#### **1.2.15. Autogeneración en Horario Pico**

Es una estrategia que consiste en generar energía eléctrica en el momento en que se produce la demanda máxima de energía eléctrica en una zona determinada. Esta técnica permite a los usuarios industriales y comerciales satisfacer la demanda de energía eléctrica de sus instalaciones durante los periodos de mayor demanda, evitando tener que comprar energía eléctrica a los proveedores de energía eléctrica a precios más altos durante estos periodos.

Este tipo de autogeneración puede ser una forma de evitar cargos por capacidad, que son cargos adicionales que las empresas de servicios públicos pueden cobrar a los usuarios por el uso de energía eléctrica durante los periodos de mayor demanda. En algunos casos, los usuarios que autogeneran energía eléctrica

durante los periodos de mayor demanda pueden ser elegibles para recibir incentivos o créditos de los proveedores de energía eléctrica [8].

#### 1.2.16. Emergency Standby Power (Potencia en espera de emergencia).

La clasificación de Emergency Standby Power es similar a la de Standby Power, pero con la diferencia de que el tiempo máximo de funcionamiento anual es de 200 horas en lugar de 500 horas. Esto significa que el grupo electrógeno se utiliza principalmente como una fuente de energía de reserva para emergencias, como cortes de energía prolongados, y no para uso continuo. El factor de carga medio también es del 70% con carga variable, lo que indica que el grupo electrógeno debe tener una capacidad suficiente para proporcionar energía a cargas variables durante emergencias, pero no se espera que se utilice al máximo de su capacidad durante largos períodos de tiempo.

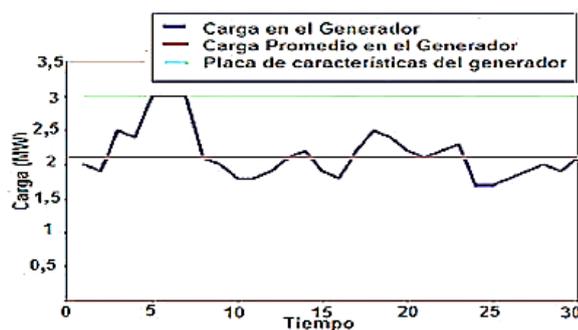
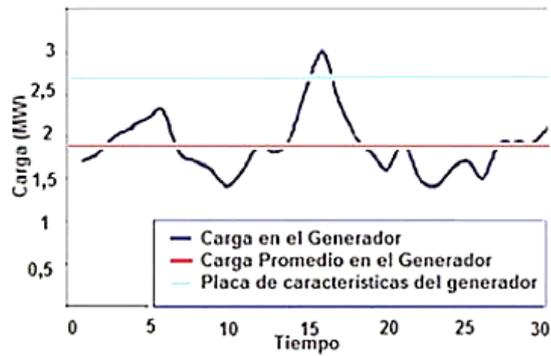


Figura 12. Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Standby – 3MW [2].

#### 1.2.14. Grupo Electrónico Prime (Principal).

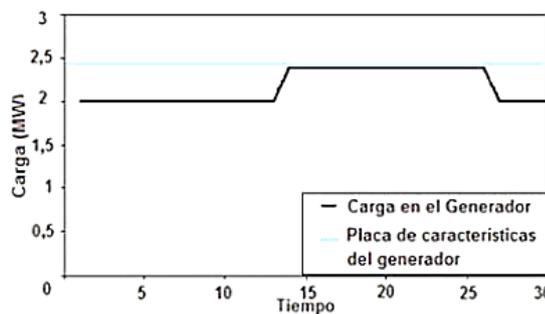
El grupo electrógeno Prime se utiliza como fuente de energía principal para cargas continuas, en lugar de como fuente de respaldo o de emergencia como en las clasificaciones Standby o Emergency Standby Power. Esto significa que está diseñado para proporcionar energía constante y continua a cargas variables durante períodos prolongados de tiempo, es decir en situaciones de emergencia, pero se espera que su carga promedio se mantenga por debajo del 70% de su capacidad nominal.



**Figura 13.** Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Prime – 2,7 MW [2].

### 1.2.16. Grupo Electrógeno Continuous (Continuo)

A diferencia de los grupos electrógenos de clasificación Standby, Emergency Standby y Critical Standby, los grupos electrógenos de clasificación Continuous están diseñados para suministrar energía de forma constante, sin interrupciones ni fluctuaciones significativas en la carga, lo que los hace ideales para aplicaciones de energía continua, como la generación de energía para plantas industriales, hospitales y centros de datos. También deben ser capaces de operar a carga completa continuamente, y se espera que tengan un mantenimiento programado y un plan de servicio regular para garantizar su capacidad de operación continua.



**Figura 14.** Ejemplo de Perfil de carga Clasificación Continuo – 2,5 MW [2].

### 1.2.17. Cogeneración

Es una tecnología que permite aprovechar el calor generado en la generación de energía eléctrica y utilizarlo para la producción de calor o vapor útil en procesos

industriales. Esto permite un uso más eficiente de la energía y una reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero.

En la cogeneración, el proceso de generación de energía eléctrica se basa en la combustión de combustibles fósiles (como gas natural, diésel o carbón), energías renovables (como biomasa o biogás) o energía residual (como calor de proceso o energía solar). El calor generado en este proceso se utiliza para producir vapor o agua caliente, que a su vez se utiliza en procesos industriales, calefacción o refrigeración.

Se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde pequeñas instalaciones en edificios comerciales y residenciales hasta grandes centrales eléctricas. Además de ser más eficiente y reducir las emisiones, la cogeneración también puede proporcionar un suministro más seguro y confiable de energía, ya que no depende de la red eléctrica externa [2].

#### **1.2.17.1. Ventajas de los Sistemas de Cogeneración**

Los sistemas de cogeneración ofrecen varias ventajas, entre las cuales se pueden destacar:

- **Eficiencia energética:** la cogeneración permite un uso más eficiente de la energía, ya que aprovecha el calor residual que se genera en la producción de electricidad para producir vapor o agua caliente, lo que reduce la cantidad de energía que se pierde.
- **Reducción de costos:** al utilizar el calor residual para producir vapor o agua caliente, se reduce la cantidad de combustible necesario para generar la misma cantidad de energía, lo que se traduce en una reducción de los costos de energía.
- **Reducción de emisiones:** la cogeneración produce menos emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes que la generación convencional de energía, lo que la convierte en una opción más amigable con el medio ambiente.

- Aumento de la seguridad energética: al contar con un sistema de cogeneración, se tiene una fuente de energía de respaldo que puede funcionar en caso de una interrupción en el suministro eléctrico, lo que aumenta la seguridad energética del lugar donde se encuentra instalado.
- Mejora de la calidad de energía: la cogeneración puede mejorar la calidad de la energía eléctrica suministrada, ya que reduce las caídas de voltaje y las interrupciones en el suministro eléctrico.

### **1.2.17. Almacenamiento con Banco de Baterías**

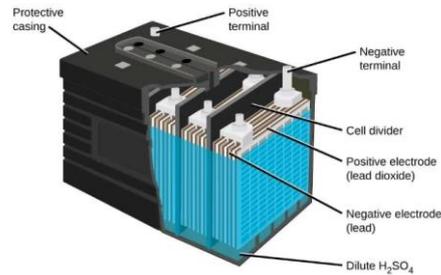
El almacenamiento con banco de baterías es una forma de almacenar energía eléctrica y utilizarla en momentos de alta demanda o cuando no hay suministro de energía. Las baterías de ciclo profundo son ideales para este propósito, ya que están diseñadas para soportar descargas profundas y recargas frecuentes sin afectar su vida útil. Además, el almacenamiento con baterías permite una mayor flexibilidad en la gestión de la energía, ya que se pueden programar las cargas y descargas para optimizar el uso de la energía y reducir los costos. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el almacenamiento con baterías todavía puede ser costoso en comparación con otros métodos de almacenamiento de energía y que la tecnología de las baterías está en constante evolución.

El uso de un banco de baterías permite cargar las baterías durante los periodos de menor demanda de energía y descargarlas durante los periodos de alta demanda, lo que ayuda a reducir los costos de electricidad y a optimizar el consumo de energía. Además, las baterías pueden actuar como respaldo en caso de interrupciones en la red eléctrica, lo que aumenta la seguridad del suministro de energía.

### a) Baterías de plomo – ácido.

La batería de plomo – ácido es de las baterías recargable más antiguas y confiable, por la trayectoria a través de los años, esto además que es una batería de simple y barata fabricación.

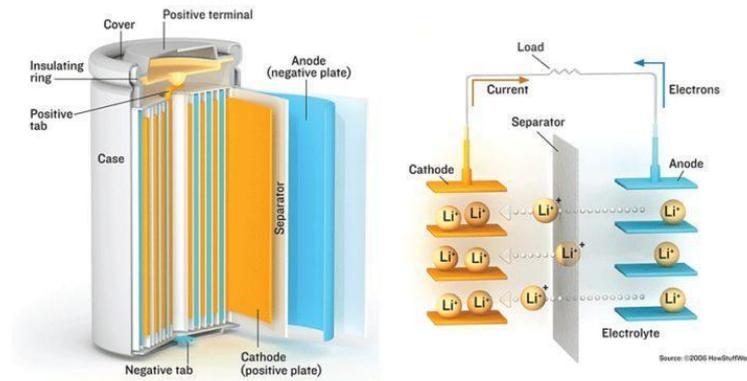
A pesar de ello las baterías de plomo – ácido presentan algunas desventajas como un periodo de vida más corta comparado con otras tecnologías como la Litio y además el problema medio ambiental para poder desecharlas.



**Figura 15.** Batería de plomo – ácido [7]

### b) Baterías de Litio

Las baterías de Litio ó Li-ion presentan la principal ventaja sobre las otras tecnologías que son de libre mantenimiento. Además, tienen la mejor relación capacidad de almacenamiento versus peso.



**Figura 16.** Batería de Litio. [8]

**Tabla 2:** Tabla comparativa de las baterías solares.

<b>Tipo</b>	<b>DoD</b>	<b>N° de ciclos DoD</b>	<b>MTTO</b>	<b>Precio</b>	<b>Vida útil (años)</b>
Ácido – plomo FLA	30%	2400	SI	Muy bajo	6.5
Ácido – plomo VRLA	30%	1200	NO	Bajo	3.3
Ácido – plomo VRLA de gel	30%	1500	NO	Bajo	4.1
Litio fosfato de hierro	80%	3000	NO	Elevado	8.2

Comparativa de los tipos de batería en función de profundidad de descarga DoD y la vida útil. [9]

### **1.2.18. Alternativas de Ajuste de Forma de Carga**

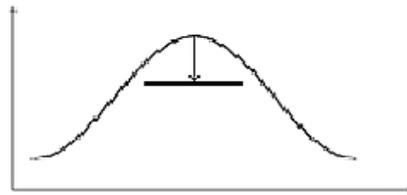
Existen cinco métodos distintos para adaptar la forma de carga, los cuales pueden ser utilizados en diversas aplicaciones y condiciones, dependiendo del tipo de carga que se vaya a emplear. Cada método tiene su propia utilidad en función de la carga que se desea ajustar [16].

#### **a) Peak Clipping (Recorte de pico)**

La técnica de Peak Clipping es una estrategia de gestión de carga que busca reducir la demanda pico en un intervalo de tiempo determinado, sin tener que trasladar las cargas a un período de tiempo de menor demanda. El recorte de la demanda se realiza mediante el control directo sobre las cargas usadas por el consumidor en el momento de la demanda máxima, y para ello se utilizan generadores alternativos a la fuente principal de energía, como los generadores a diésel para grandes empresas, o paneles solares para usuarios residenciales o comerciales.

El uso de paneles solares y baterías no solo reduce la demanda en momentos de alta demanda, sino que también puede reducir el consumo de energía en general y generar ahorros significativos a largo plazo. Además, la energía generada por paneles solares es una fuente de energía renovable y sostenible, lo que reduce la

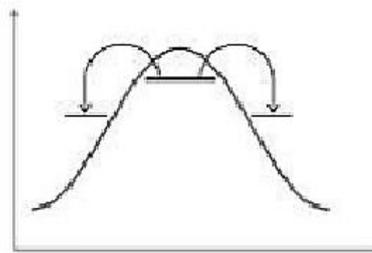
dependencia de fuentes de energía no renovables y ayuda a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.



**Figura 17.** Recorte de Pico [16].

### **b) Load Shifting (Desplazamiento de carga)**

Consiste en trasladar el uso de cargas eléctricas a horarios de menor demanda y menor costo de la energía eléctrica, lo que permite disminuir la demanda pico y aplanar la curva de carga del alimentador. Esta técnica suele ser utilizada por empresas e industrias que cuentan con procesos productivos flexibles que permiten ajustar los horarios de uso de la energía eléctrica. También puede ser aplicada por usuarios residenciales mediante la programación de los electrodomésticos y equipos eléctricos para su uso en horarios de menor demanda, como por ejemplo durante la noche.

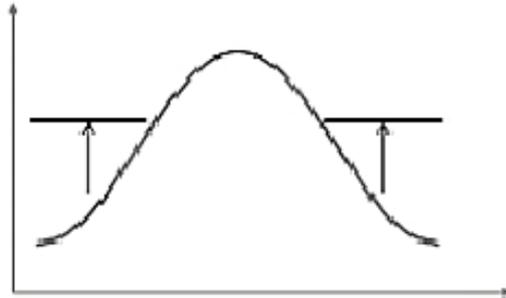


**Figura 18.** Desplazamiento de Carga [16].

### **c) Load Valley Filling (Llenado del período valle)**

El llenado del valle de carga es una técnica complementaria al load shifting que busca distribuir la carga a lo largo del día, en lugar de concentrarla en un horario específico. De esta manera, se aprovecha la capacidad excedente en las horas de menor actividad para aumentar la producción y reducir el costo promedio de la carga. Este método también puede ser utilizado por empresas y usuarios

residenciales para reducir su demanda máxima y evitar cargos adicionales por consumo en horarios pico. Además, el llenado del valle de carga puede mejorar la eficiencia energética al aprovechar mejor los recursos disponibles y reducir las pérdidas por sobrecarga en las instalaciones eléctricas.



**Figura 19.** Llenado del período valle [16].

#### **1.2.19. Tarifa Horaria en el Ecuador**

Es esencial para el progreso de un país contar con un sector eléctrico sólido y, por lo tanto, las normas que lo regulan deben ser transparentes, fáciles de aplicar y orientadas al bien común. En su mayor parte, el sector eléctrico se caracteriza por ser un monopolio natural, particularmente en las áreas de transmisión y distribución, aunque la generación de energía no encaja en esta clasificación. Un monopolio natural se produce cuando los costos de producción son más bajos con un solo productor que con varios productores que ofrecen el mismo bien o servicio.

El consumidor deberá pagar los cargos bajo la siguiente estructura.

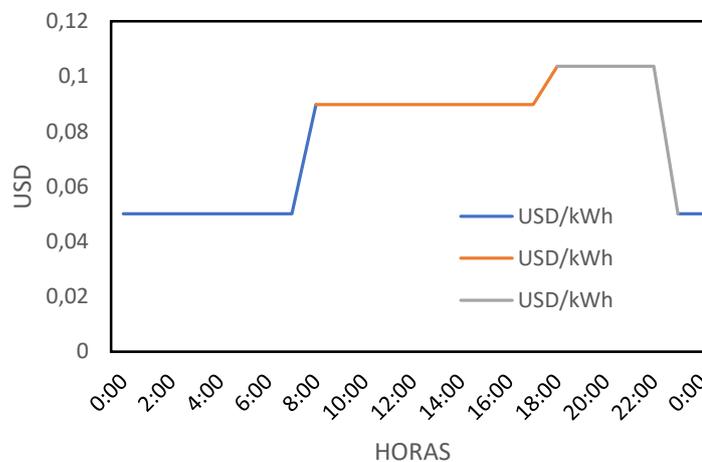
- Un cargo por comercialización en USD/consumidor-mes, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda en USD/kW-mes, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, afectado por factor de gestión de demanda (FC)
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 08h00 hasta las 18h00.

- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 18h00 hasta las 22h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de lunes a viernes de 22h00 hasta las 08h00, incluyendo la energía de sábados, domingos y feriados de 22h00 a 18h00.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el periodo de sábados, domingos y feriados de 18h00 hasta las 22h00. [7]

**Tabla 3:** Tarifas según Pliego tarifario ARCERNNR 2023.

NIVEL DE VOLTAJE	MEDIO VOLTAJE CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
	CLIENTES INDUSTRIALES		
L-V 08h00 a 18h00	Demanda	\$ 0.0897	Comercialización
L-V 18h00 a 22h00	(\$/Kw-mes)	\$ 0.1037	(\$/consumidor)
L-V 22h00 a 08h00	4.576	\$ 0.0501	1.414
S,D,F 18h00 a 22h00		\$ 0.0897	

Fuente: ARCERNNR 2023 [7]



**Figura 20.** Tarifas según Pliego tarifario ARCERNNR 2023

### 1.3. Fundamentación Metodológica

#### 1.3.1. Modalidad de Investigación.

La presente Investigación contempla analizar la factibilidad de evaluar la gestión energética de la empresa “Rhinoplast S.A” donde se empleó una

investigación cuantitativa, para poder plantear métodos de solución con el propósito de aplanar la curva de la demanda y así gestionar la demanda eléctrica.

### **1.3.2. Tipos de Investigación.**

Los tipos de investigación empleados son: documental, descriptiva, campo y experimental. Para el desarrollo de la Investigación se utiliza el análisis de diferentes fuentes bibliográficas en base al método Peak Shaving.

#### ***Investigación Documental***

Es necesario aplicar una investigación documental para así poder adquirir nuevos fundamentos teóricos, criterios y nociones básicas relacionados con el Método de Gestión Energética Peak Shaving aplicados a una Industria, basándose en fuentes bibliográficas como tesis, libros, artículos, revistas, normativas nacionales e internacionales, manuales, reportes técnicos, etc.

#### ***Investigación de Campo***

Este tipo de Investigación tiene el propósito de recolectar datos e información técnica relevante que permita el análisis de la gestión energética a través de la aplicación del método Peak Shaving. La Investigación de campo permite el levantamiento de la información de la carga, además este tipo de investigación permite realizar el diseño de planos del sistema eléctrico de la Industria. También, al utilizar un analizador de carga FLUKE 435 ii, se determina la curva de carga eléctrica.

#### ***Investigación descriptiva***

La Investigación permite detallar los componentes de la industria y el estado actual del sistema eléctrico de la misma para así lograr identificar los problemas

actuales de la Industria y la curva de demanda, para así lograr una gestión energética eficaz.

### **1.3.3. Métodos de Investigación**

#### ***Método deductivo – inductivo***

La aplicación de este tipo de método se empleó para determinar el plan de gestión energético que permita un incremento en el ahorro económico por parte de la Industria, mediante las diferentes mediciones realizadas.

#### ***Método analítico – sintético***

Este método se utilizó para facilitar la unión de la documentación bibliográfica recopilada sobre el método de Peak Shaving, Gestión energética, demanda eléctrica y curva de carga; las mismas que ayudaron a conocer el sistema actual de la industria y así plantear estrategias para mejorar el sistema energético.

#### ***Método descriptivo***

Mediante este método de Investigación se podrá determinar la causa – efecto de la reducción de la demanda pico de un usuario, con el propósito de aplanar la curva de energía.

#### ***Método estadístico***

Con la utilización del método estadístico se logró tabular y observar de manera ilustrativa los resultados obtenidos a partir del analizador de carga, así como el de la demanda energética.

#### **1.3.4. Técnicas e instrumentos de investigación**

La recolección de datos para el análisis de gestión de energía en la Industria “Rhinoplast S.A” se realizó el registro en Excel. También se realiza la modelación del sistema eléctrico de la industria, mediante la herramienta de simulación ETAP y los planos eléctricos realizados AutoCAD. Para el dimensionamiento del generador fotovoltaico se usará PVsyst y para la ubicación geográfica del proyecto se usará Google Earth.

##### ***Observación***

La técnica de la observación ayuda a la adquisición de la información sobre los hábitos de consumo eléctrico y así establecer la curva de carga real del sistema eléctrico de la Industria para así evaluar el comportamiento de los parámetros eléctricos de la misma, a través de las mediciones del analizador FLUKE 435 – ii

##### ***Medición***

Esta técnica se utiliza con el propósito de obtener los parámetros eléctricos de la Industria por un periodo de medición de siete días en intervalos de 10 minutos a través del uso del equipo de medición de carga FLUKE – 435 ii.

##### ***Cálculo***

Para el presente desarrollo es importante aplicar la técnica del cálculo, con los distintos parámetros adquiridos y las ecuaciones que se señalan en los documentos bibliográficos a través de esto se logra conocer la demanda máxima, el consumo eléctrico, la energía eléctrica, el diseño del generador fotovoltaico, el sistema BESS, de igual manera el análisis financiero.

##### ***Simulación***

Para realizar la Gestión Energética aplicando el método Peak Shaving de la Industria “Rhinoplast S.A”, se requirió realizar la simulación en el programa ETAP

que permitirá evaluar el método mediante el análisis, planeamiento y operación de redes eléctricas a nivel industrial, el cual proporciona realizar estudios con perfil de carga que se ajusta a las necesidades de los procesos dentro de la fábrica. De igual manera el programa PVsyst nos ayuda a obtener los elementos necesarios desde paneles y baterías hasta inversores y controladores del generador fotovoltaico.

#### **1.4. Conclusiones capítulo I**

- La Gestión de la Demanda se refiere al conjunto de estrategias que se encuentran diseñadas para gestionar de manera controlada y efectiva el consumo de energía eléctrica en la Industria, para lograr la reducción de los costos energéticos de consumo por parte del usuario.
- La estrategia del Peak Shaving es utilizada para la reducción del consumo de electricidad durante el periodo de demanda máxima del usuario, esto se logrará aplanando la curva de demanda energética a través de la reducción de los picos de la curva de carga.
- Los Instrumentos de medida son indispensables para la gestión de la demanda mediante la aplicación del método de Peak Shaving, ya que el propósito es obtener el comportamiento de los parámetros eléctricos de la Industria.

## **CAPÍTULO II. PROPUESTA**

### **2.1. Título del proyecto**

Gestión Energética del sistema eléctrico para disminuir el Consumo Energético a través de la aplicación del método de Peak Shaving.

### **2.2. Objetivo del proyecto**

Reducir la demanda eléctrica en horario punta mediante el uso del Método de Peak Shaving para lograr la disminución del consumo eléctricos y el pago de la planilla eléctrica.

### **2.3. Descripción del proyecto**

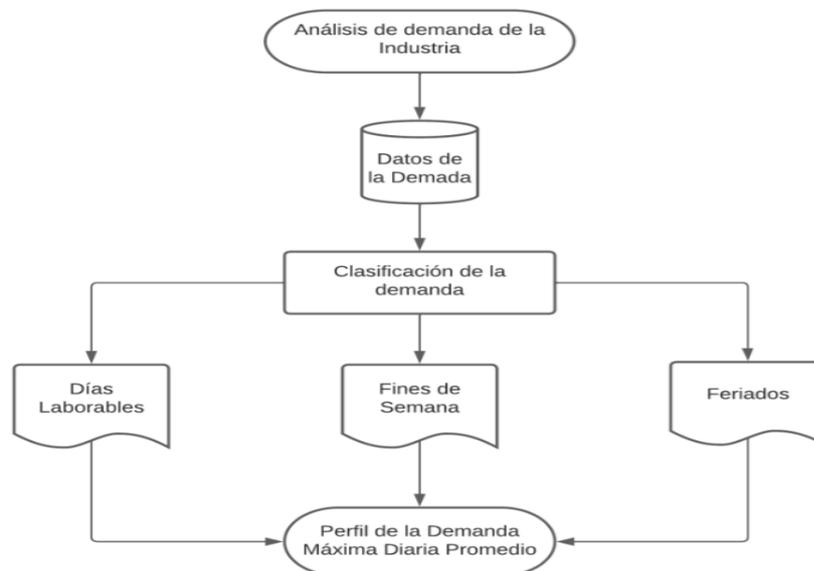
El propósito del método Peak Shaving es reducir la demanda eléctrica en horario pico con el objetivo que el pago por energía eléctrica reduzca. Este método se diseñará en la empresa “Rhinoplast S.A” se encuentra ubicada en el Km 10 de la Vía a Quevedo en Santo Domingo de los Colorados, es una industria dedicada a la fabricación de artículos de plástico para el envasado de productos: bolsas, sacos, cajones, cajas, garrafrones, botellas, etc.

La empresa tiene una producción continua durante las 24 horas del día, los 7 días a la semana, los 365 días del año. La empresa dispone de diversas áreas las mismas que son: Extrusoras, Selladoras, Papel, Inyección, Soplado, Impresión, Mezcladora, Paletizado, Servicios Individuales, Oficinas, Iluminación. Todas estas áreas son necesarias para la producción y funcionamiento principal de la Industria.

### **2.4. Metodología empleada para el cumplimiento de los objetivos planteados**

Para el desarrollo de la presente investigación se deberá aplicar la siguiente metodología descrita a continuación:

Se deberá iniciar con la identificación de los momentos del día en el que la demanda eléctrica es más alta, con el propósito de disminuir o reducir la carga pico. Para esto es necesario realizar un perfil de la demanda, para que posteriormente se pueda determinar la potencia óptima del sistema de generación fotovoltaica y el almacenamiento de baterías. La metodología se especifica en la Figura 21.



**Figura 21.** Flujograma para determinar el perfil de la demanda.

**Fuente:** Autores.

Una vez identificado los tiempos en el que se produce la carga pico, se procede a evaluar las opciones que ofrece la estrategia de Peak shaving, entre estas tenemos el sistema de Gestión de la Demanda (DMS), Sistema de almacenamiento de energía y la generación de energía a través de sistemas de energía renovables como energía fotovoltaica, eólica, etc., en esta investigación se consideró la energía fotovoltaica.

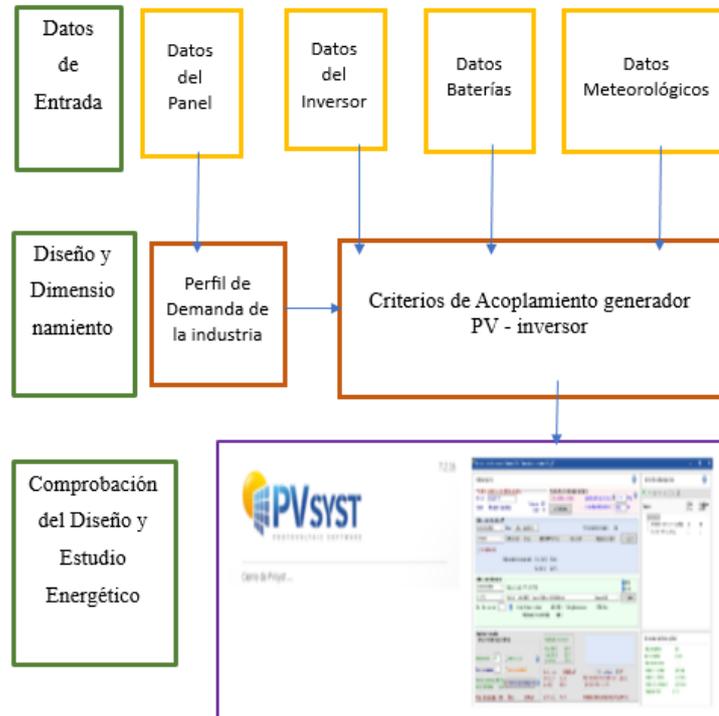
Al identificar los mecanismos empleados por el Peak Shaving, se debe seleccionar la estrategia más adecuada para el desarrollo del proyecto. Para dicha selección se debe considerar los diferentes factores que influyen tales como el presupuesto disponible por parte del usuario, la disponibilidad tecnológica y en base a las necesidades que presentan los usuarios finales, como lo es la demanda máxima que requiere ser abastecida por el sistema fotovoltaico. Finalmente, después de

seleccionar la estrategia de Peak Shaving se debe realizar el diseño de este sistema para poder así implementarlo.

Para la presente Investigación no se ejecutará la implementación del sistema Peak Shaving, solo se realizará el diseño del sistema de Peak Shaving, para el cual se deberá incluir la selección de equipos y las tecnologías con lo que se va a ejecutar el proyecto, también se deberá considerar la integración de los diferentes componentes del sistema. En esta sección se deberá considerar el análisis técnico económico, que demuestre la factibilidad de la ejecución del proyecto.

Para validar el diseño del sistema se hace uso del software PVsyst, que se enfoca en el diseño fotovoltaico, que facilita el análisis energético de la propuesta. En función a los datos energéticos obtenidos en PVsyst, se realiza un análisis estocástico del comportamiento general sobre el comportamiento del sistema fotovoltaico con almacenamiento durante todo el año.

En la Figura 22 se presenta la metodología de Peak Shaving establecido.

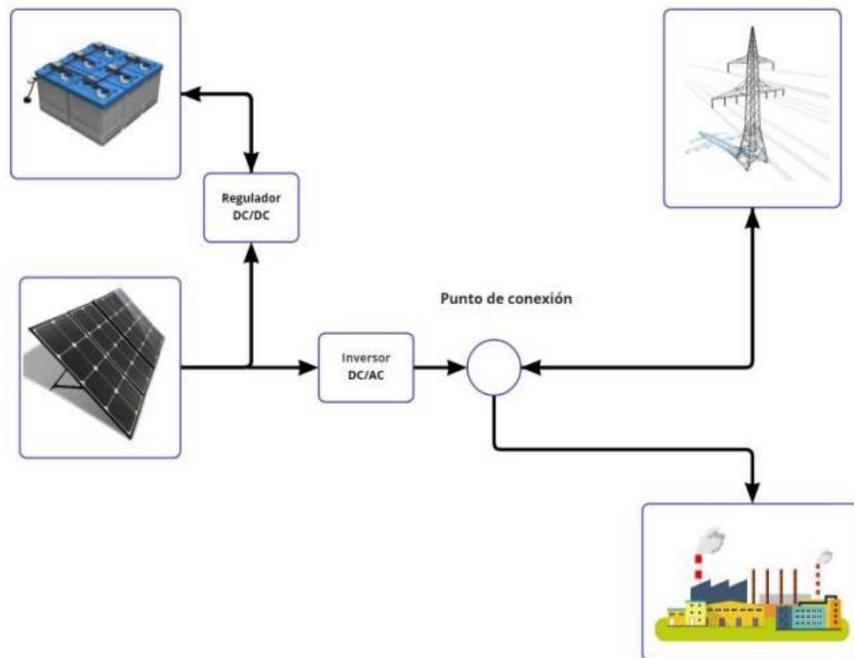


**Figura 22.** Metodología utilizada para la estrategia Peak Shaving.

**Fuente:** Autores.

La estrategia de "Peak Shaving" para un consumidor industrial de media tensión se basa en la implementación de un sistema de autogeneración fotovoltaico con almacenamiento en baterías. Este sistema utiliza un enfoque de autogeneración distribuida, denominado SGDA, que consta de una conexión en corriente continua, un punto de conexión a la red eléctrica y una carga industrial estándar.

El sistema de almacenamiento y generación se desarrolla siguiendo las pautas establecidas por la regulación ARCENNER 001/2021, la cual establece los criterios para la generación distribuida de autogeneración con una capacidad nominal que no excede 1 MW. En la Figura 23 se describe la metodología para la implementación del modelo Peak Shaving.



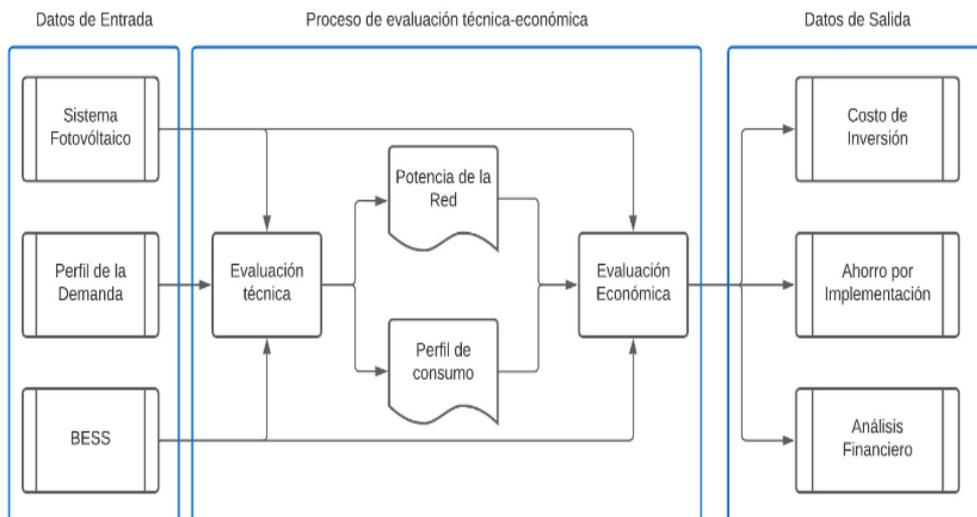
**Figura 23.** Modelo propuesto para la implementación de "Peak Shaving".

**Fuente:** Autores.

La propuesta se enfoca en evaluar la factibilidad técnica y financiera de un sistema de "Peak Shaving" que emplea energía solar fotovoltaica y un sistema de almacenamiento con baterías. El objetivo es maximizar el valor de la energía

autogenerada y determinar el tamaño óptimo de la batería para asegurar la viabilidad económica del proyecto.

El enfoque metodológico del sistema de "Peak Shaving" propuesto consiste en dos componentes principales. El primer componente es el módulo de evaluación técnica, el cual se utiliza para examinar la viabilidad técnica del sistema de generación fotovoltaica y almacenamiento de baterías basado en el perfil de demanda de la industria en cuestión. El segundo componente es el módulo de evaluación económica, que se enfoca en determinar la viabilidad financiera del sistema propuesto de "Peak Shaving" a través de un análisis económico exhaustivo. En la Figura 24 se indica el procedimiento que se debará ejecutar el método Peak Shaving.



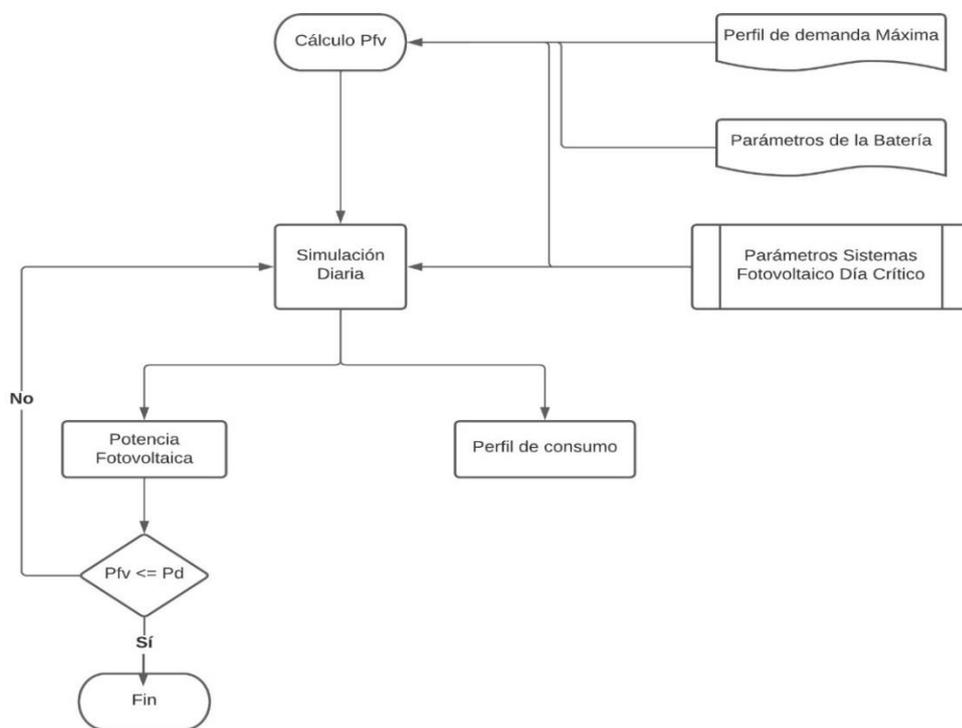
**Figura 24.** Procedimiento para el desarrollo del método “Peak Shaving”.

**Fuente:** Autores.

Para llevar a cabo la evaluación técnica del sistema de "Peak Shaving" propuesto, es necesario determinar los patrones de consumo eléctrico de la industria objeto de estudio, lo que permitirá dimensionar adecuadamente tanto el sistema fotovoltaico como el sistema de almacenamiento de energía. Para obtener los datos necesarios para el módulo técnico de evaluación, se realizan las siguientes actividades:

- Análisis y determinación del perfil de la demanda
- Dimensionado del sistema de generación fotovoltaica con BESS
- Optimización del sistema de generación fotovoltaica con BESS

La Figura 25 muestra el esquema de cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico, que debe ser igual o menor que la demanda anual de energía del consumidor, con el fin de cumplir con los requisitos y condiciones establecidos en la regulación Nro. ARCERNNR-001/2021.



**Figura 25.** Diagrama para dimensionamiento de la potencia nominal del SGDA.

**Fuente:** Autores.

Como se muestra en el diagrama de flujo para el cálculo de la potencia nominal del SGDA, es necesario considerar las siguientes variables de entrada:

- El perfil de demanda máxima
- Parámetros del sistema Fotovoltaico
- Parámetros de la batería

## **2.5. Conclusiones del capítulo II.**

- Para el desarrollo de la propuesta planteada se utiliza una metodología que se enfoca en una investigación de Campo donde se aplica la incorporación de equipos de medición para obtener los parámetros eléctricos que permitan obtener los perfiles de demanda, que faciliten determinar la potencia en los horarios Pico y Valle y el análisis de la curva de carga de los dos transformadores que poseen la Industria.
- La calidad de los datos del perfil de demanda es un aspecto crucial en el diseño de estaciones fotovoltaicas con almacenamiento, y es necesario caracterizarlos adecuadamente para obtener una base sólida. Además, el uso de herramientas informáticas especializadas para el dimensionado de instalaciones solares ayuda a respaldar la información de los datos meteorológicos utilizados en el proceso de diseño. Sin embargo, debido a la gran cantidad de fabricantes de componentes disponibles en el mercado, resulta crítico contar con referencias de elementos validados en operación para asegurar la fiabilidad de los sistemas desarrollados.
- Como casos de estudios se establece tres escenarios, el primero es el que indica el sistema eléctrico actual sin la aplicación de ningún método de eficiencia energética, el segundo que es el diseño de un sistema fotovoltaico para la alimentación de la demanda y el tercer escenario es el autoconsumo a través del almacenamiento de la energía en un sistema de baterías.

### CAPITULO III. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA

Se inicia con la recopilación de la información de la industria “Rhinoplast S.A”, se puede utilizar para el diseño del método del Peak Shaving en la Industria de plásticos “Rhinoplast S.A”, donde se utiliza el analizador de redes Fluke 435 serie II para así obtener la curva de demanda diaria e identificar las horas pico donde se deberá disminuir el consumo de energía eléctrica en horarios picos, reducir los costos por el consumo de energía en horarios, evitando afectar la producción diaria.

#### 3.1. Descripción general del suministro eléctrico de la Industria

El suministro eléctrico de la Industria “Rhinoplast S.A” proviene de la red perteneciente a la Empresa CNEL EP Santo Domingo. Actualmente la industria dispone de dos transformadores con una potencia de 500 kVA cada uno, con un nivel de voltaje de 440 / 220 V y de 220 / 127 V respectivamente. La Tabla 4 y tabla 5 indica las características de cada uno de los transformadores.

**Tabla 4.** Datos de placa del transformador 1.

<b>Datos del Transformador</b>			
<b>Tipo</b>	Trifásico	<b>Impedancia (%)</b>	3,2
<b>Número de serie</b>	440722017	<b>Alto Voltaje (V)</b>	13,800
<b>Marca</b>	Ecuatran	<b>Bajo Voltaje (V)</b>	440 / 254
<b>Potencia (kVA)</b>	500	<b>Frecuencia (Hz)</b>	60

**Fuente:** Autores.

**Tabla 5.** Datos de placa del transformador 2.

<b>Datos del Transformador</b>			
<b>Tipo</b>	Trifásico	<b>Impedancia (%)</b>	8,6
<b>Número de serie</b>	1291113	<b>Alto Voltaje (V)</b>	13,200
<b>Marca</b>	Ecuatran	<b>Bajo Voltaje (V)</b>	220 / 127
<b>Potencia (kVA)</b>	500	<b>Frecuencia (Hz)</b>	60

**Fuente:** Autores

### **3.1.1. Levantamiento de Carga.**

Se realizó el levantamiento de carga, tomando en consideración las diferentes áreas de la industria, se registra la diferente maquinaria, equipos eléctricos e iluminación, así se puede conocer el valor de la potencia total instalada.

Esto se hace posible mediante los datos de placa de cada uno de los equipos y maquinaria, también se realizó mediciones; con lo que se puede determinar el estado actual de la Industria, así como el consumo promedio mediante las horas de uso de las diferentes máquinas.

La información del levantamiento de carga ha sido obtenida a través de una base de datos por parte del departamento de mantenimiento de la Industria que abarca cada una de las áreas de proceso, se debe considerar que la mayoría de las cargas son de tipo inductivo debido a que la mayoría de equipos utilizan motores.

Toda la información recolectada es muy importante debido a que se puede determinar el nivel de influencia de cada maquinaria con el propósito de determinar la potencia que necesita cada equipo dentro de cada proceso de la Industria. Con el levantamiento de carga se diseñó el diagrama unifilar, que permitirá conocer la ubicación de las cargas y componentes eléctricos de la industria, la misma se encuentra en el Anexo 4 y 5.

En la Tabla 6, se puede observar el levantamiento de carga de los diferentes procesos de la Industria, donde se indica la potencia total instalada en cada una de las áreas por cada transformador. En el Anexo 4, se detalla cada una de la

maquinaria y su potencia de las diferentes áreas de la Industria. Cabe indicar que la potencia detallada en la tabla 6 son los datos de placa, por lo tanto, no es la potencia utilizada en el dimensionamiento.

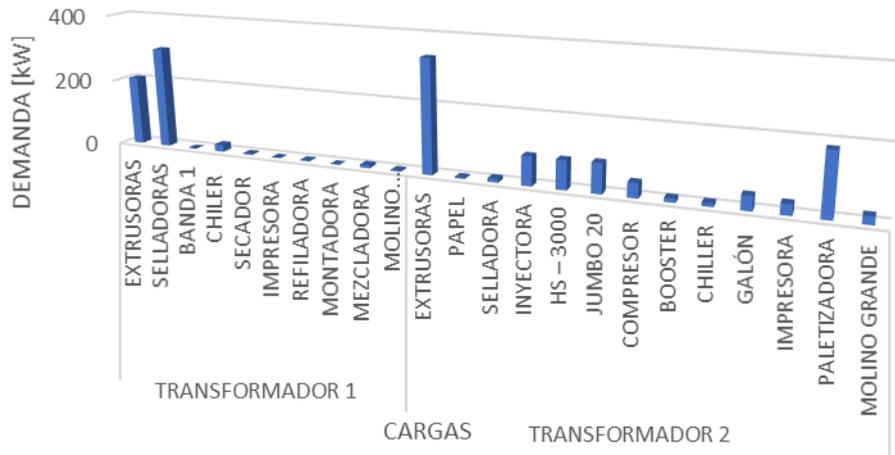
**Tabla 6.** Levantamiento de Carga por Transformador

<b>TRANSFROMADOR</b>	<b>ÁREA</b>	<b>POTENCIA ACTIVA [kW]</b>
<b>TRANSFORMADOR 1</b>	EXTRUSORAS	205,57
	SELLADORAS	301,19
	BANDA 1	0,2
	CHILER	21,00
	SECADOR	2,5
	IMPRESORA	0,51
	REFILADORA	2,6
	MONTADORA	0,24
	MEZCLADORA	8,92
	MOLINO PEQUEÑO	3,7
	<b>TOTAL</b>	<b>546,43</b>
<b>TRANSFORMADOR 2</b>	EXTRUSORAS	337,20
	PAPEL	3,48
	SELLADORA	11
	INYECTORA	86
	HS – 3000	85
	JUMBO 20	88
	COMPRESOR	43,24
	BOOSTER	11,5
	CHILLER	10,41
	GALÓN	41,75
	IMPRESORA	31,71
	PALETIZADORA	183
	MOLINO GRANDE	23
	<b>TOTAL</b>	<b>961,29</b>
<b>TOTAL, DE CARGA INSTADA</b>		<b>1507,72</b>

**Fuente:** Autores.

Con los datos registrados se puede considerar que, la carga instalada en la fábrica es de 1507,72 kW. Para visualizarlo de manera más clara se establece la

Figura 26 que indica la diferencia de la potencia instalada en cada proceso de la Industria. En el Anexo 5 se presenta las gráficas detallando la carga instalada de los diferentes equipos que se encuentran en la Industria.



**Figura 26.** Carga total Instalada.

**Fuente:** Autores.

### 3.1.2. Curva de Carga de la Industria “Rhinoplast S.A”

De acuerdo con los datos por el analizador de carga FLUKE 435 – II, se pudo obtener los datos de consumo, de los dos transformadores de distribución de la empresa. En la Tabla 7 se puede observar el comportamiento del transformador de 500kVA con un nivel de voltaje de 440 / 254 V, obteniendo los valores mínimos, promedios y máximos de Potencia Activa.

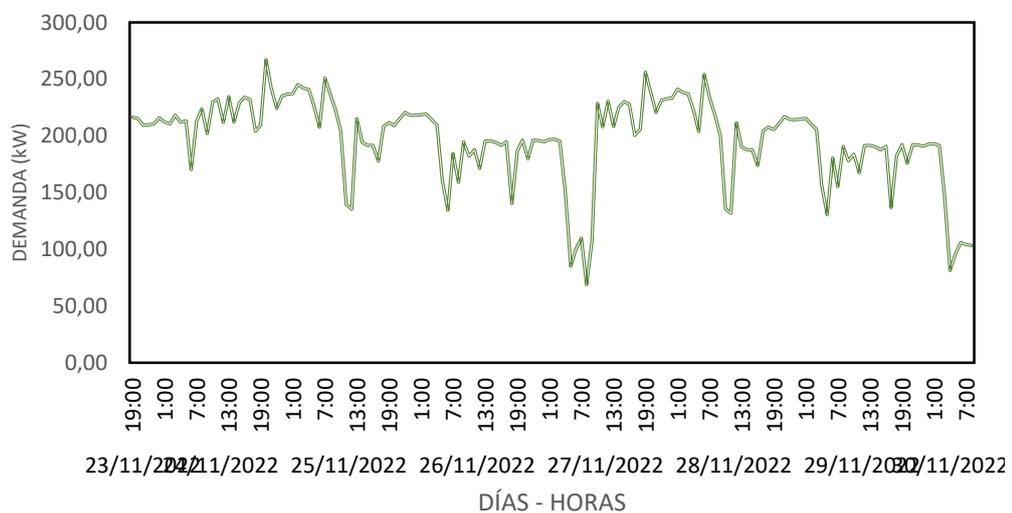
**Tabla 7.** Consumo de potencia transformador 1.

Potencia	Máximo	Promedio	Mínimo
FECHA	24/11/2022		27/11/2022
HORA	20:55		8:15
kW <sub>A</sub>	79,85	58,14	19,73
kW <sub>B</sub>	97,51	69,67	25,24
KW <sub>C</sub>	89,80	70,90	23,99
<b>TOTAL</b>	<b>267,16</b>	<b>198,71</b>	<b>68,96</b>

**Fuente:** Autores.

En la Figura 27, se puede visualizar la curva de carga del Transformador 1 registrada por el analizador de redes en los siete días de la semana en qué se realizó las mediciones. Se puede visualizar las variaciones que se producen en la demanda es visiblemente considerable ya que los procesos de la industria son de manera continua, esto es debido a que el consumo de la industria des de 24 horas continuas.

La mayor actividad se da el 24 de noviembre del 2022 a partir de las 20:55 de la noche con una potencia máxima total de 267,16 kW y existe una potencia mínima total de 68,96 kW a las 08:15 el 27 de noviembre del 2022, a partir de las 11:00 de la mañana la potencia de trabajo se normaliza en un promedio total de 198,71 kW.



**Figura 27.** Curva promedio semanal de Carga del transformador 1

**Fuente:** Autores.

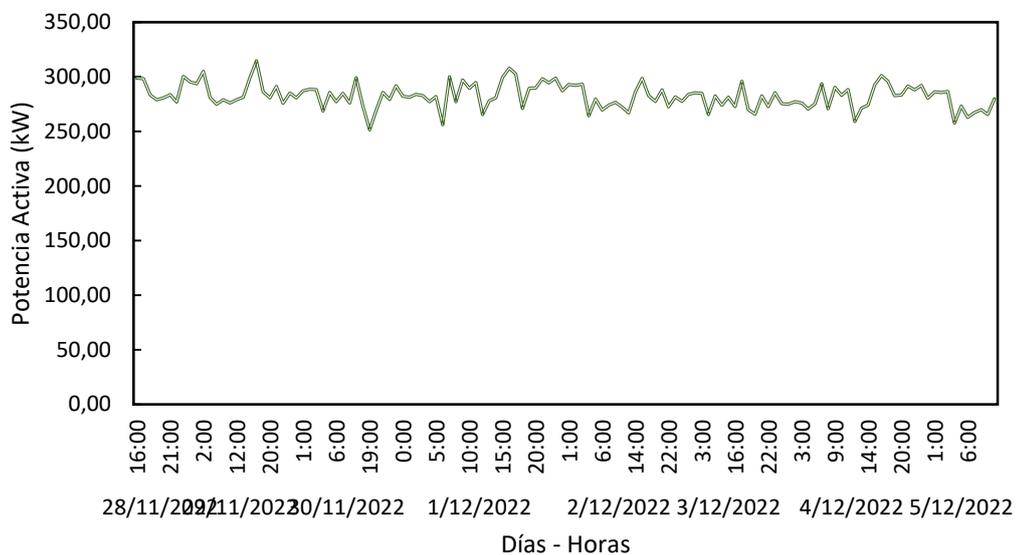
En la Tabla 8 se puede observar el comportamiento del transformador de 500kVA con un nivel de voltaje de 220 / 127 V, obteniendo los valores mínimos, promedios y máximos de Potencia Activa.

**Tabla 8.** Datos de placa del transformador 2.

Potencia	Máximo	Promedio	Mínimo
FECHA	30/11/2022		29/11/2022
HORA	19:17		17:42
kW <sub>A</sub>	91,60	79,28	70,33
kW <sub>B</sub>	112,91	102,73	90,14
KW <sub>C</sub>	110,19	112,91	90,97
TOTAL	314,70	281,06	251,44

**Fuente:** Autores.

En la Figura 28, se puede visualizar la curva de carga del Transformador 2 registrada por el analizador de redes en los siete días de la semana en que se realizó las mediciones. La mayor actividad se da el 29 de noviembre del 2022 a partir de las 17:42 de la tarde con una potencia máxima total de 314,70 kW y existe una potencia mínima total de 251,44 kW a las 19:17 el 30 de noviembre del 2022, a partir de las 21:00 de la mañana la potencia de trabajo se normaliza en un promedio total de 281, 06 kW.



**Figura 28.** Curva semanal de Carga del transformador 2.

**Fuente:** Autores.

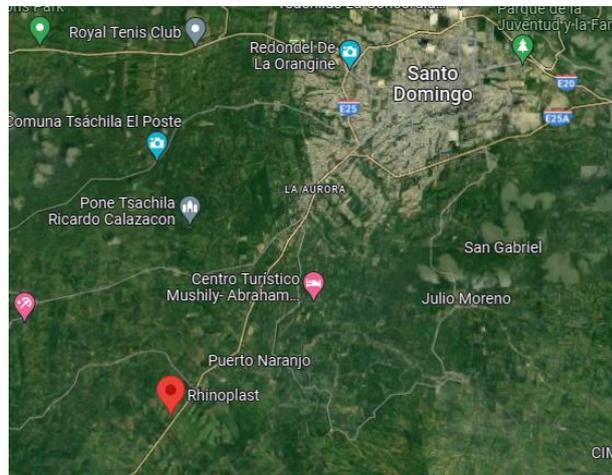
### 3.2. Caso 1: Peak Shaving por autogeneración usando un generador fotovoltaico.

Para el dimensionamiento del generador Fotovoltaico se usarán las siguientes consideraciones:

- Se dimensionará un generador fotovoltaico para la carga agregada de los transformadores 1 y 2.
- El generador fotovoltaico servirá para aplicar el método Peak Shaving en el rango horario 08h00 a 18h00, según pliego tarifario ARCERNNR 2023.

#### 3.2.1. Ubicación Geográfica de la empresa Rhinoplast S.A

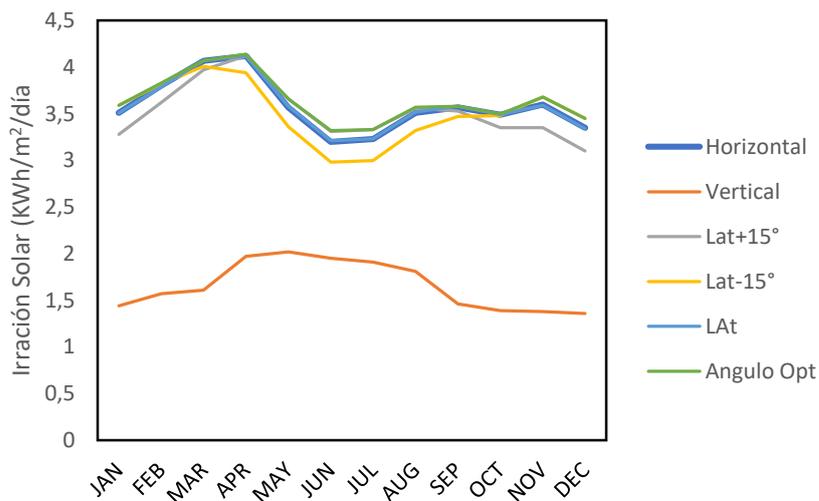
La presente investigación se realiza para ser aplicada en la empresa Rhinoplast S.A ubicada en la provincia de Santo Domingo, sector del peaje Cóngoma. Con la ayuda del programa Google Earth se obtienen las siguientes coordenadas  $0^{\circ}21'26.46''S - 79^{\circ}15'29.98''O$ , Altitud 327 msnm.



**Figura 29.** Ubicación geográfica Rhinoplast S.A.

#### 3.2.2. Determinación del potencial de generación fotovoltaico.

Usando el programa PVSyst y la base de datos de la NASA, se estima una Irradiación Solar promedio anual de  $3.59 \text{ kW/m}^2/\text{día}$ . Hora solar pico 3.59 [10]



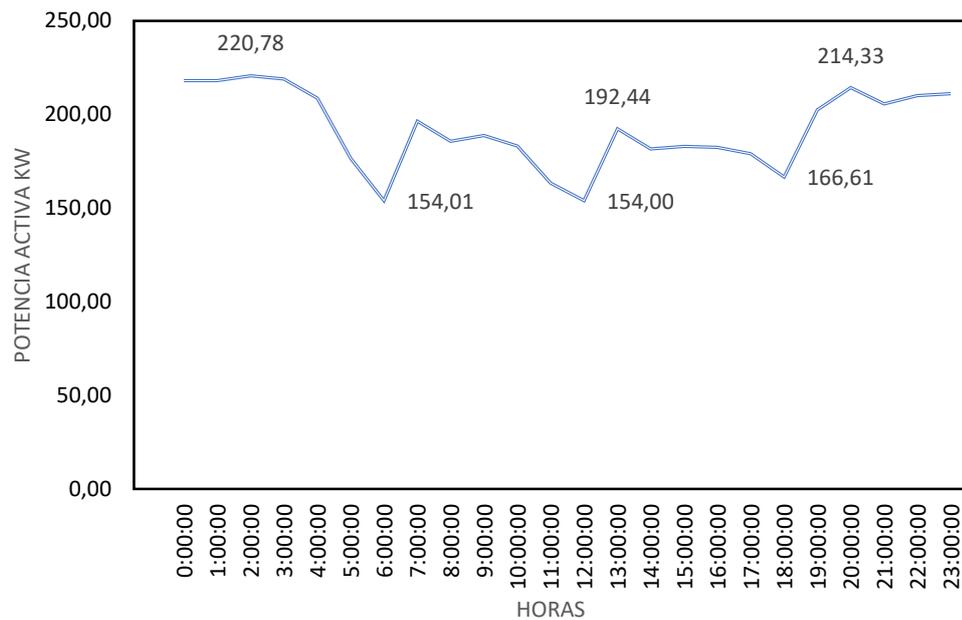
**Figura 30.** Irradiación Solar en el punto de interés

**Fuente:** Autores [10]

En la figura 30 se observa la ventaja de la ubicación geográfica de la empresa de estudio, ya que al encontrarse en el centro del planeta con una inclinación totalmente horizontal se posee una irradiación muy cercana a la irradiación máxima que se conseguiría con el ángulo óptimo.

### 3.2.3. Demanda promedio de la empresa Rhinoplast S.A.

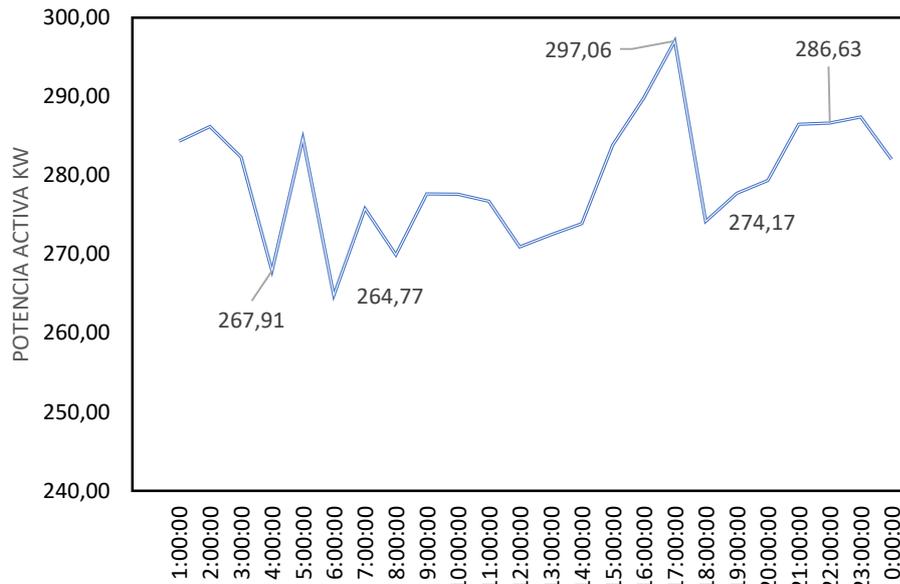
Para el análisis de la energía se contempla el área bajo la curva, correspondiente a la potencia de cada uno de los días que se realizan el análisis. En la Figura 31. se puede apreciar el consumo de potencia promedio de los 7 días, en donde se analiza el horario de mayor consumo de potencia en el transformador 1 de 500 kVA a 440 / 254 V. De acuerdo con la curva, se estima un consumo de potencia que alcanza los 220,78 KW en la zona horaria de 22h00 a 08h00 según pliego tarifario ARCERNNR 2023, sin embargo, para la presente investigación se considera el rango horario 08h00 a 18h00 y de 18h00 a 22h00, por lo que el mayor consumo en estos rangos horarios son 192.44 kW y 214.33 kW respectivamente. De igual manera se puede evidenciar que el consumo mínimo se da en horas de la mañana y es de 154 kW.



**Figura 31.** Curva promedio de consumo de potencia del transformador 1.

**Fuente:** Autores.

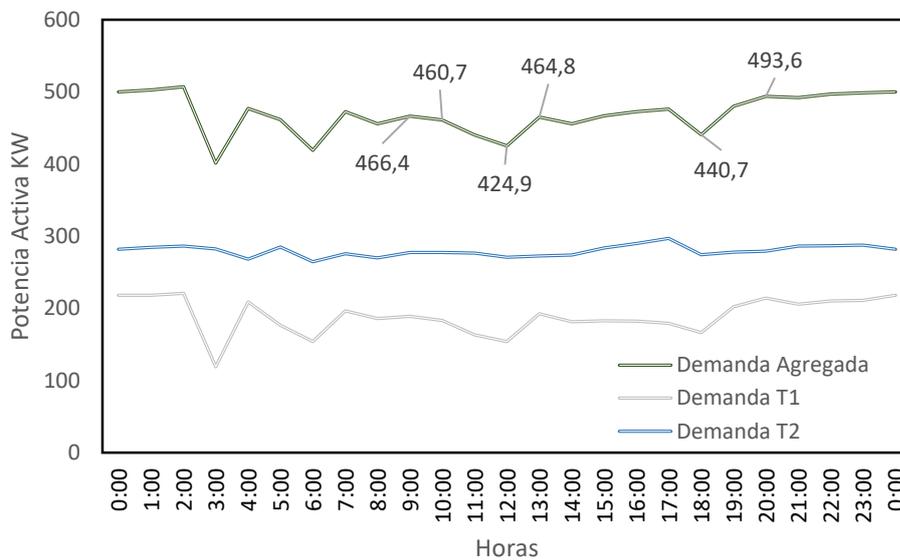
En la Figura 32, se puede apreciar el consumo de potencia promedio de los 7 días, en donde se analiza el horario de mayor consumo de potencia en el transformador 2 de 500 kVA a 220 / 127 V. De acuerdo con la curva, se estima un consumo de potencia que alcanza los 297,06 kW en el rango horario 08h00 a 18h00, y 286.63kW en el rango horario de 18h00 a 22h00. De igual manera se puede evidenciar que el consumo mínimo se da en horas de la madrugada y mañana y es de 264.7 kW.



**Figura 32.** Curva de consumo de potencia promedio transformador 2.

**Fuente:** Autores.

La demanda agregada es el término con el que se denomina a la sumatoria de la demanda del transformador 1 más la demanda del transformador 2. Este último valor se utilizará para estimar el dimensionamiento del generador fotovoltaico.



**Figura 33.** Curva de demanda agregada.

**Fuente:** Autores.

### **3.2.4. Área disponible en la empresa para la instalación de los paneles.**

Este parámetro es muy importante al momento de diseñar un generador fotovoltaico ya que una de las limitantes de estos generadores es justamente el espacio disponible en superficie para poder ser montados, en muchas ocasiones asumir el costo del terreno suele ser un rubro que vuelve inviable el proyecto. La empresa Rhinoplast S.A cuenta con dos naves de producción con un área aproximada en los techos de las dos naves de 8000 m<sup>2</sup>, de esta manera no se usará espacio de suelo para la ubicación de los paneles sino se realizará en los techos, ya que cumplen con la capacidad de soportar el peso que implica el grupo de paneles fotovoltaicos.

### **3.2.5. Configuración del generador fotovoltaico.**

Basados en que la función de los generadores fotovoltaicos es aplicar el método Peak Shaving, es decir cortar los picos de demanda. El generador fotovoltaico es dimensionado con la curva de demanda agregada (Figura 33), tomando como referencia en el rango horario de estudio (08h00 a 18h00) los valores máximos y mínimos para establecer la potencia necesaria para cortar el pico. Como se evidencia en la Figura 33, el valor máximo es de 466.4 kW y el valor mínimo es de 424.9kW, la diferencia entre estos dos valores 41.5 kW, determina la potencia mínima del generador para tener la capacidad de cortar los picos de demanda en el rango horario anteriormente mencionado.

Los paneles considerados en la presente investigación son de 450Wp de la marca Resun Solar Energy y tres inversores de 20kWac de la marca SMA, un inversor por fase para aumentar la confiabilidad del sistema. Estos equipos se pueden encontrar en el mercado ecuatoriano y además se encuentran en el programa de simulación PVsyst. Los detalles de estos equipos se pueden encontrar en la tabla 9 y la tabla 10.

Es esencial realizar un cálculo preciso del número de paneles solares en serie por fila, también llamados "strings", para dimensionar adecuadamente el generador solar fotovoltaico, considerando los límites operativos del inversor.

Usando la metodología de M. Moro y Tobajas se obtiene un arreglo de 15 paneles en serie y 9 paneles en paralelo para una potencia de 41.6kW. [11] [12]

**Tabla 9.** Principales características técnicas del panel fotovoltaico.

<b>Potencia Máxima, Pmax, Wp</b>	450 W
<b>Tensión a Potencia Máxima, VMPP</b>	41,5 V
<b>Tensión de Circuito Abierto, Voc</b>	49,30 V
<b>Intensidad a Potencia Máxima, IMPP</b>	10,85 A
<b>Intensidad de Cortocircuito, Isc</b>	11,6 A
<b>Dimensión (LxAxE)</b>	2100x1052x40 mm
<b>Peso</b>	25 Kg

**Fuente:** Autores.

**Tabla 10.** Principales características técnicas del inversor

<b>Potencia Nominal AC, 45 °C 60 °C</b>	<b>20 kW</b>
<b>Tensión Máxima de Entrada PV</b>	820 V
<b>Tensión Mínima de Entrada PV / Tensión de Entrada de Arranque.</b>	450 – 800 V
<b>Número de Entradas en DC</b>	2
<b>Intensidad Máxima de Entrada PV</b>	30 A

**Fuente:** Autores.

Con el software PVsyst, se puede determinar las características técnicas y económicas del sistema fotovoltaico, paneles solares, baterías y rectificadores. Este utiliza los parámetros garantizados por fabricantes de tecnologías fotovoltaicos utilizando modelos que se encuentran validados en base a mediciones reales, asemejándose mucho a la realidad. Los datos obtenidos del dimensionado se presentan en la Tabla 11, en donde se verifica los resultados del dimensionamiento realizado.

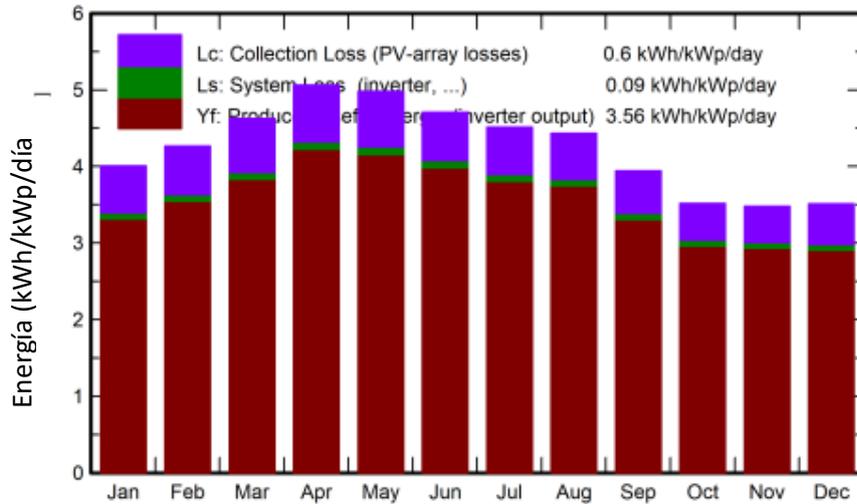
**Tabla 11.** Resultados de la Simulación

<b>Módulos Fotovoltaico</b>	<b>Resun Solar Energy</b>
<b>Número de Módulos</b>	90
<b>Módulos en serie</b>	15
<b>Módulos en paralelo</b>	6
<b>Área total de los módulos</b>	199 m <sup>2</sup>
<b>Inversor</b>	<b>ChintPower</b>
<b>Numero de Inversores</b>	6
<b>Potencia Nominal del generador Fotovoltaico</b>	40.5 kWp

**Fuente:** Autores.

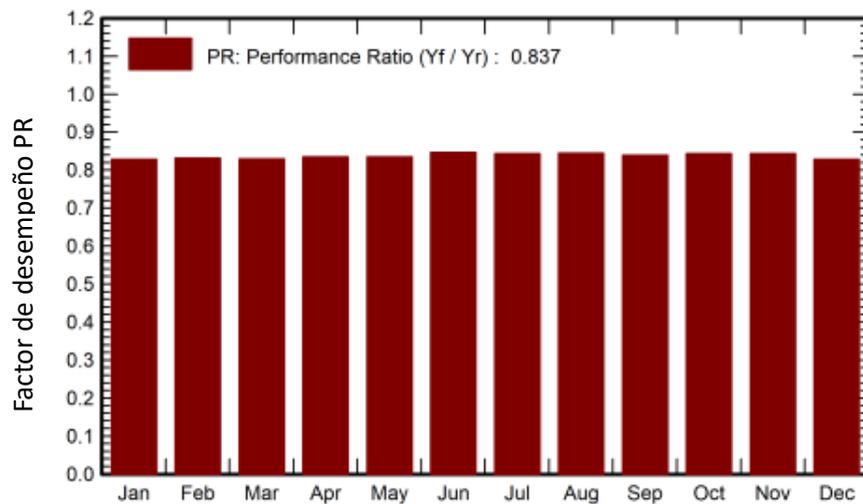
### **3.2.6. Operación del generador Fotovoltaico**

El generador fotovoltaico que va a estar conectado a la red para aplicar el método Peak Shaving, cortando los picos de demanda de la empresa Rhinoplast S.A. Los resultados más relevantes de la simulación realizada para el caso 1 del diseño de la planta fotovoltaica, se presenta en la Figura 34 y 35. Donde se evalúa el comportamiento energético de la industria.



**Figura 34.** Producción normalizada (por cada kWp instalado).

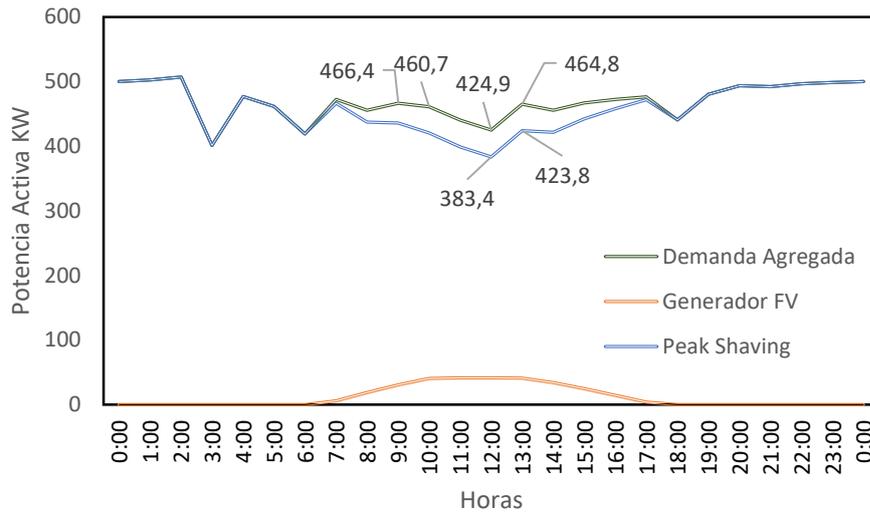
**Fuente:** Autores - PVsyst



**Figura 35.** Energía diaria a la salida del sistema.

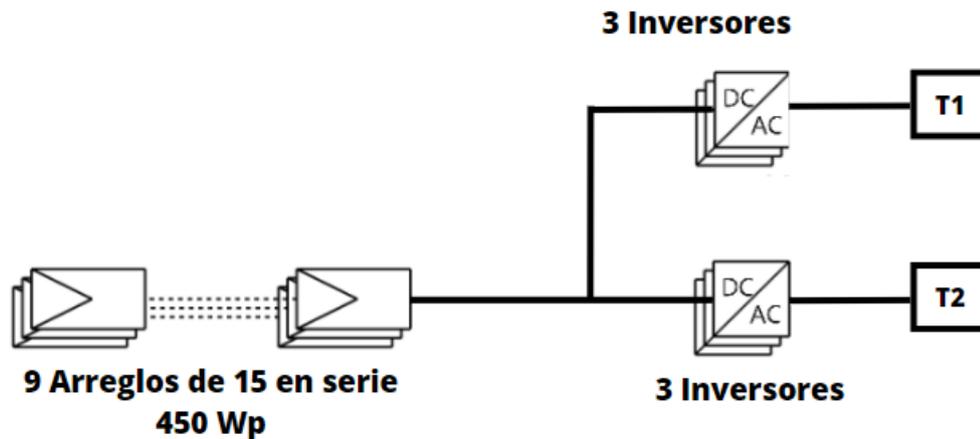
**Fuente:** Autores - PVsyst.

El comportamiento del sistema en el caso 1, aplicación del método Peak Shaving usando la técnica de autogeneración se puede observar en la figura 36 y figura 37 donde el generador fotovoltaico (curva en color tomate) de configuración conectado a la red trabaja de 7 am en la mañana hasta las 7 pm, por lo tanto, únicamente en este periodo se va a aplicar la técnica Peak Shaving cortando los picos de demanda en el horario establecido.



**Figura 36.** Peak Shaving con el generador FV.

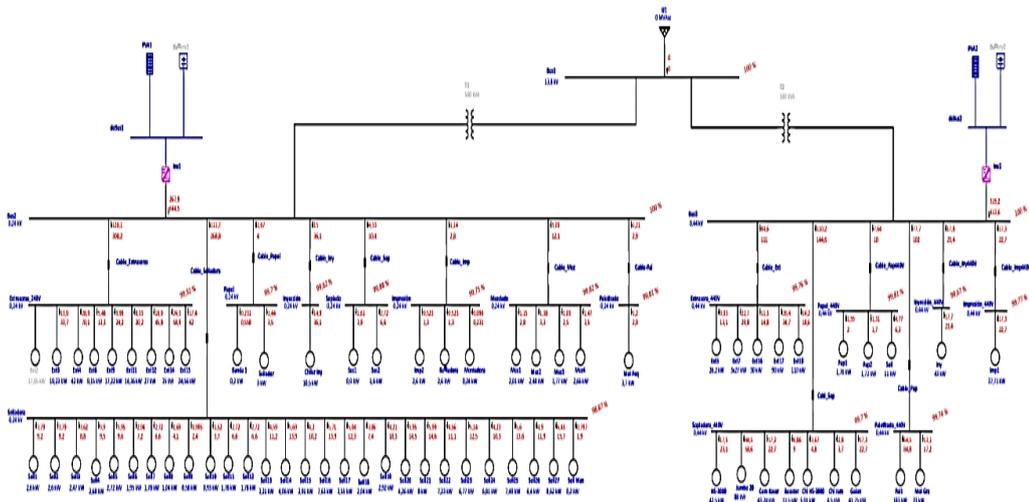
En la figura 37 se observa el diagrama unifilar de la conexión del generador fotovoltaico en diseño conectado a la red y los dos transformadores.



**Figura 37.** Diagrama unifilar de conexión generador FV.

### 3.2.7. Simulación en Etap con Sistema Fotovoltaico

En la figura 38 se puede visualizar el diagrama de simulación con un sistema fotovoltaico para alimentar la energía y potencia necesaria para la alimentación de la Industria.



**Figura 38.** Simulación con Sistemas Fotovoltaico

**Fuente:** Autores

Con esto se puede demostrar que existe la alimentación de la Potencia necesaria para la Industria, la misma que en horas pico se puede alimentar a través de la generación de energía de la Planta Fotovoltaica.

### 3.3. Caso 2: Peak Shaving por sistema de almacenamiento de Energía.

Según el pliego tarifario establecido por ARCENNR 2023, (Tabla 2) se puede visualizar que en el periodo de 22h00 a 08h00 el costo de energía es 0.0501 USD/kWh, mientras que en el periodo de 18h00 a 22h00 el costo de la energía es 0.1037 USD/kWh, dado por esto se crea una gran oportunidad para poder implementar un sistema de almacenamiento que sea cargado durante el periodo donde el costo de la energía es menor y poder usarlo en el periodo donde el costo de la energía mayor.

Para la presente investigación se establecen las siguientes condiciones para aplicar la técnica de almacenamiento de energía en el método Peak Shaving:

- El periodo en el que va a funcionar el sistema de almacenamiento es de 18h00 a 22h00, es decir 4 horas.

- El sistema de almacenamiento deberá ser cargado en el periodo de 22h00 a 08h00.

### 3.3.1. Potencia del sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento que estará compuesto de un regulador de carga, un inversor y el banco de baterías que deberán ser dimensionados para la demanda agregada de los dos transformadores de la empresa Rhinoplast S.A.

Como se estableció en el apartado 3.2.5 la potencia mínima a ser cubierta para realizar Peak Shaving se obtiene de la diferencia del pico máximo de potencia y el pico mínimo de potencia. En el rango horario de 18h00 a 22h00 el pico máximo de potencia de demanda agregada 493.6 kW y el pico mínimo ya establecido es de 440.7 kW, por lo tanto, la potencia mínima para el dimensionamiento del BESS es 52.9 kW para el rango horario de 18h00 a 22h00, es decir 4 horas.

Para este caso de estudio las baterías utilizadas serán de Litio con una capacidad de 144hA a 52.8 V. El arreglo de baterías en serie y en paralelo se determinará según las siguientes ecuaciones:

$$\frac{Ah}{día} = \frac{Consumo\ diario}{Voltaje\ del\ sistema} \quad (3.1)$$

El consumo diario se obtendrá del consumo en el transformador 1 en el periodo de 18h00 a 22h00 y el voltaje del sistema se obtiene del voltaje del inversor.

La capacidad en Ah/día tanto para el transformador 1 como para el transformador 2 será de:

$$Capacidad\ del\ BESS\ (kWh) = \frac{Potencia\ requerida * Duración\ requerida}{Porf.\ de\ descarga}$$

$$Capacidad\ del\ BESS\ (kWh) = \frac{52.9\ kW * 4h}{80\%} = 264.5\ kWh$$

$$\frac{Ah}{día} = \frac{264.5\ kWh}{480V} = 551.04\ Ah$$

La batería utilizada para el dimensionamiento del BESS (Sistema de Almacenamiento de energía en Baterías) serán las detalladas en la tabla siguiente:

**Tabla 12.** Datos principales de las baterías

<b>Fabricante</b>	<b>Weco</b>
<b>V nominal</b>	52.8 V
<b>Capacidad en C10</b>	144 Ah
<b>Peso</b>	10kg/kWh

**Fuente:** Autores

**Tabla 13.** Datos principales del regulador de carga

<b>Potencia Nominal AC, 45 °C 60 °C</b>	<b>5 kW</b>
<b>Tensión Máxima de circuito abierto</b>	150 V
<b>Tensión Máxima de funcionamiento</b>	150 V
<b>Rango de voltaje de operación del lado de la batería</b>	7-68V
<b>Intensidad Máxima de salida</b>	80 A
<b>Número de unidades</b>	7

**Tabla 14.** Datos principales del inversor

<b>Potencia Nominal AC, 45 °C 60 °C</b>	<b>20 kW</b>
<b>Tensión Máxima de Entrada PV</b>	820 V
<b>Tensión Mínima de Entrada PV / Tensión de Entrada de Arranque.</b>	450 – 800 V
<b>Número de unidades</b>	3
<b>Intensidad Máxima de Entrada PV</b>	30 A

El número de baterías en serie y en paralelo se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$Baterías\ en\ paralelo = \frac{Ah/día}{Cap.batería} \quad (3.2)$$

$$Baterías\ en\ paralelo = \frac{551.04\ Ah}{144Ah} = 3.82 \approx 4$$

$$Baterías\ en\ serie = \frac{V_{inversor}}{V_{bateria}} \quad (3.3)$$

$$Baterías\ en\ serie = \frac{480\ V}{52.8\ V} = 9.08 \approx 9$$

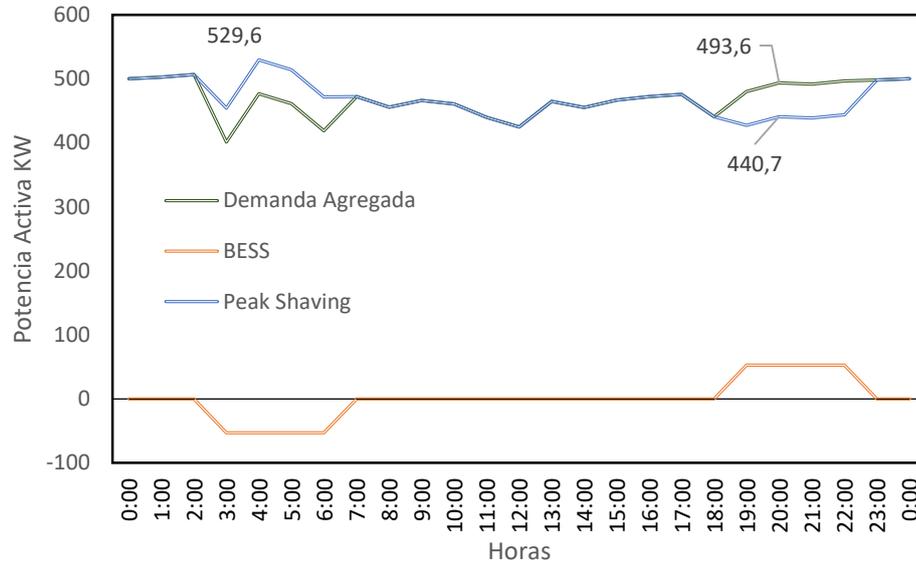
El total de baterías necesarias serán 36 conectadas en 4 arreglos en paralelo de 9 baterías cada uno.

### 3.3.2. Operación del BESS

El BESS va a inyectar la potencia de 52.9 kWh en el periodo de 18h00 a 22h00 cortando de esta manera el pico de demanda de la empresa. De la misma manera estos acumuladores de energía deberán ser cargados, este proceso se

realizará en horas de la madrugada, periodo en el cual el costo de la energía es 50% menos del costo en el periodo de inyección.

En la figura 40 se observa el comportamiento de las curvas de demanda iniciales, curva de inyección y curva resultante.



**Figura 39.** Curva de Peak Shaving con BESS.

**Fuente:** Autores

En la figura 40 se puede visualizar el diagrama de simulación con un sistema de almacenamiento autónomo para alimentar la energía y potencia necesaria para la alimentación de la Industria.



### 3.4.1. Configuración del generador Fotovoltaico

La potencia del generador fotovoltaico se obtiene de la sumatoria de las potencias determinadas para cortar el pico de demanda en el caso de estudio 1 (41.5kW) y en el caso de estudio 2 (52.9 kW).

En términos de energía para el caso 1 es necesario 296.6 kWh/día y para el caso 2 264.5 kWh/día, La energía total en este caso de estudio sería 561.1 kWh/día.

$$Potencia\ generador = \frac{Energía\ necesaria}{Hora\ solar\ pico} \quad (3.4)$$

$$Potencia\ del\ generador = \frac{561.1\ kWh}{3.59} = 156.29\ kWp$$

$$Número\ de\ paneles = \frac{Potencia\ del\ generador}{Potencia\ c/panel} \quad (3.5)$$

$$Número\ de\ paneles = \frac{156.29\ kWp}{450Wp} = 347.3 \approx 348$$

**Tabla 15.** Principales características técnicas del panel fotovoltaico.

<b>Potencia Máxima, Pmax, Wp</b>	450 W
<b>Tensión a Potencia Máxima, VMPP</b>	41,5 V
<b>Tensión de Circuito Abierto, Voc</b>	49,30 V
<b>Intensidad a Potencia Máxima, IMPP</b>	10,85 A
<b>Intensidad de Cortocircuito, Isc</b>	11,6 A
<b>Dimensión (LxAxE)</b>	2100x1052x40 mm
<b>Peso</b>	25 Kg

**Fuente:** Autores.

**Tabla 16.** Principales características técnicas del inversor

<b>Potencia Nominal AC</b>	<b>50 kW</b>
<b>Tensión Máxima de Entrada PV</b>	820 V
<b>Tensión Mínima de Entrada PV / Tensión de Entrada de Arranque.</b>	450 V
<b>Número de Entradas en DC</b>	1
<b>Intensidad Máxima de Entrada PV</b>	73.0 A

**Fuente:** Autores.

**Tabla 17.** Datos principales de las baterías

<b>Fabricante</b>	<b>Weco</b>
<b>V nominal</b>	52.8 V
<b>Capacidad en C10</b>	144 Ah
<b>Peso</b>	10kg/kWh

**Fuente:** Autores

**Tabla 18.** Datos principales del regulador de carga

<b>Potencia Nominal AC, 45 °C 60 °C</b>	<b>5 kW</b>
<b>Tensión Máxima de circuito abierto</b>	150 V

<b>Tensión Máxima de funcionamiento</b>	150 V
<b>Rango de voltaje de operación del lado de la batería</b>	7-68V
<b>Intensidad Máxima de salida</b>	80 A

**Fuente:** Autores

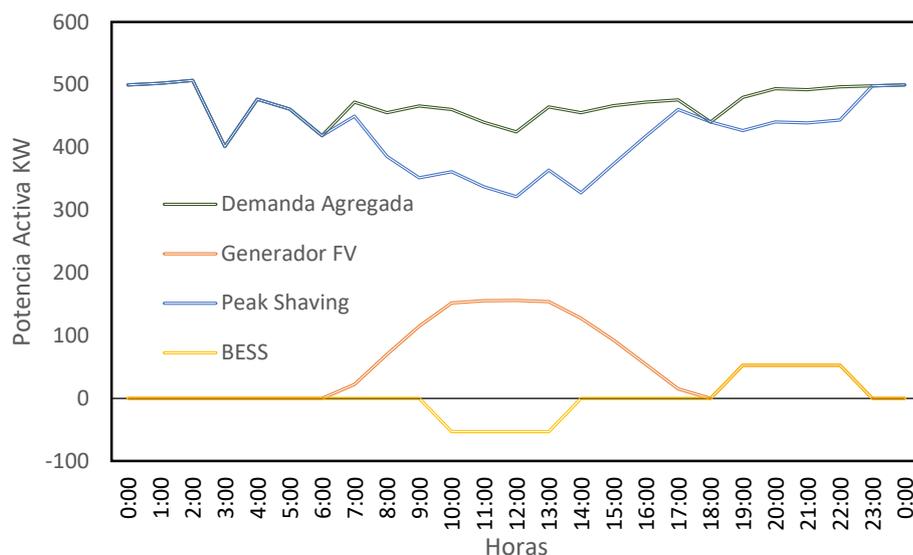
Los datos obtenidos del dimensionado se presentan en la Tabla 19, en donde se verifica los resultados del dimensionamiento realizado.

**Tabla 19.** Resultados de la Simulación

<b>Módulos Fotovoltaico</b>	<b>Resun Solar Energy</b>
<b>Número de Módulos</b>	351
<b>Módulos en serie</b>	13
<b>Módulos en paralelo</b>	27
<b>Área total de los módulos</b>	775 m <sup>2</sup>
<b>Inversor</b>	<b>Power Electric</b>
<b>Numero de Inversores</b>	3
<b>Potencia de CA nominal</b>	50 kWCA
<b>Carga de las Baterías</b>	53 kW
<b>Potencia Nominal del generador Fotovoltaico</b>	156 kWp

**Fuente:** Autores.

En la figura 41 se muestran las curvas del comportamiento de la demanda usando las dos metodologías.



**Figura 41.** Peak Shaving con generación FV y BESS.

**Fuente:** Autores

### 3.5. Evaluación económica

Los costos del sistema fotovoltaico incluyen costos de módulos fotovoltaicos, soportes, inversores, instalación, cables etc. De manera similar, los costos de la batería se consideran directamente proporcionales a la capacidad de la batería. Los gastos generales contienen la parte de los costes que no dependen del tamaño del sistema y son constantes para cada simulación, como por ejemplo permisos o costes de planificación, sin embargo, se consideran los costos de renovación de las baterías

Para el análisis financiero se ha hecho uso de la de la herramienta PVsysts, misma que permite realizar un análisis detallado al incorporar parámetros como el costo de la inversión, mantenimiento, tasa de interés e índices de tasa de inflación, con lo que se obtiene una visión más detallada de la factibilidad del proyecto.

#### 3.5.1. Análisis Económico caso 1

La información requerida para llevar a cabo el análisis financiero del primer escenario se encuentra detallada en las Tablas 20, 21 y 22.

**Tabla 20.** Datos de Inversión del Proyecto.

<b>Costes de instalación</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Unidades de cantidad</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Módulos fotovoltaicos</b>	90	\$ 220,00	\$ 19.800,00
<b>Inversores</b>	3	\$ 5.400,00	\$ 16.200,00
<b>Accesorios, sujetadores</b>	90	\$ 20,00	\$ 1.800,00
<b>Cableado</b>	1	\$ 1000,00	\$ 1.000,00
<b>Caja combinadora</b>	2	\$ 200,00	\$ 400,00
<b>Sistema de monitoreo</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>Sistema de protección</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 42.000,00</b>
		Activo amortizable	\$ 37.800,00

Fuente: Autores.

**Tabla 21.** Datos de Costo de Operación

<b>Costos de operación</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Total (USD/year)</b>
<b>Reparaciones</b>	\$ 1.000,00
<b>Limpieza</b>	\$ 1.000,00
<b>Total (OPEX)</b>	\$ 2.000,00
<b>Incluida la inflación (1,1%)</b>	\$ 2.022,00

Fuente: Autores.

**Tabla 22.** Datos de Financiamiento.

<b>Dato de Financiamiento</b>	
<b>Capital Propio</b>	\$ 20.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 24.022,00
<b>Total</b>	\$ 44.022,00

Fuente: Autores.

Al desarrollar el proyecto bajo la regulación ARCERNR 001/21, no se establece un esquema de venta de energía. En su lugar, se propone un esquema de neteo de energía, donde la energía entregada a la red tiene el mismo costo que la energía consumida durante los horarios establecidos para el consumidor. De esta forma ciertamente no se pretende vender la energía generada a la empresa de distribución sino en su lugar únicamente se cuantificar el ahorro en facturación al disponer de un generador en paralelo para disminuir el pico de demanda en el

horario especificado. Según la tabla el precio de la energía en el horario de 08h00 a 18h00 es de 0.089 USD/kWh.

**Tabla 23.** Datos de Financiamiento

<b>Financiación</b>	
<b>Propios fondos</b>	\$ 20.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 24.022,00
<b>Costo electricidad</b>	
<b>Tarifa de alimentación</b>	0,105 USD/kWh
<b>Duración de la garantía</b>	25 años
<b>Retorno de la inversión</b>	
<b>Ahorro anual</b>	\$ 5.528,78
<b>Mantenimiento anual</b>	(\$ 1.000,00)
<b>Depreciación anual</b>	(\$ 1.000,00)
<b>Flujo neto de Efectivo anual</b>	\$ 3.528,78
<b>Tasa de Descuento</b>	3.2%
<b>Valor actual de todos los flujos (VAN)</b>	\$ 62,525,29
<b>Valor Actual del Retorno neto</b>	\$ 20.525,29
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	7,05%
<b>Periodo de recuperación</b>	11 años, 10 meses

Fuente: Autores

Después de configurar todos los parámetros relevantes, se obtuvo un TIR de 7.05%, lo que indica que el proyecto es viable, tal y como se muestra en la tabla 23.

Donde el periodo de recuperación es de 11 años, 10 meses, 24 días, 18 horas a partir de esta fecha comienza a obtener ganancia económica acumulando un total de \$ 20.525,29.

### 3.5.2. Análisis Económico caso 2

La información requerida para llevar a cabo el análisis financiero del segundo escenario se encuentra detallada en las tablas 24, 25 y 26.

**Tabla 24.** Datos de Inversión del Proyecto

<b>Costes de instalación</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Unidades de cantidad</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Baterías</b>	36	\$ 380,00	\$ 13.680,00
<b>Inversores</b>	3	\$ 5.400,00	\$ 16.200,00
<b>Estructuras, ventilación</b>	4	\$ 450,00	\$ 1.800,00
<b>Cableado</b>	1	\$ 1000,00	\$ 1.000,00
<b>Caja combinadora</b>	2	\$ 200,00	\$ 400,00
<b>Sistema de monitoreo</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>Sistema de protección</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
		<b>Total</b>	<b>\$ 43.880,00</b>
		Activo amortizable	\$ 36.700,00

Fuente: Autores.

**Tabla 25.** Datos de Costo de Operación

<b>Costos de operación</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Total (USD/year)</b>
<b>Provisión para reemplazo de Baterías</b>	\$ 13.680,00
<b>Limpieza</b>	\$ 5000,00
<b>Total (OPEX)</b>	\$ 18.680,00
<b>Incluida la inflación (1,1%)</b>	\$ 18.845.48

Fuente: Autores.

**Tabla 26.** Datos de Financiamiento.

<b>Dato de Financiamiento</b>	
<b>Capital Propio</b>	\$ 20.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 38.060,00
<b>Total</b>	\$ 58.060,00

Fuente: Autores.

La energía del que proviene del BESS se origina de la misma red eléctrica de la empresa de distribución, en periodos diferentes. Como se observa en la figura 40 el periodo de carga de las baterías es de 02h00 a 06h00 y el periodo de inyección de energía es de 18h00 a 22h00.

**Tabla 27.** Datos de Financiamiento

<b>Financiación</b>	
<b>Propios fondos</b>	\$ 20.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 38.060,00
<b>Costo electricidad</b>	

<b>Tarifa de alimentación</b>	0,105 USD/kWh
<b>Duración de la garantía</b>	25 años
<b>Retorno de la inversión</b>	
<b>Ahorro anual</b>	\$ 9.998,10
<b>Costo carga de baterías</b>	(\$ 4.770,72)
<b>Mantenimiento anual</b>	(\$ 1.000,00)
<b>Depreciación anual</b>	(\$ 1.000,00)
<b>Flujo neto de Efectivo anual</b>	\$ 3.227,38
<b>Tasa de Descuento</b>	3.2%
<b>Valor actual de todos los flujos (VAN)</b>	\$ 54,966,72
<b>Valor Actual del Retorno neto</b>	--
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	1,03%
<b>Periodo de recuperación</b>	No se recupera

Fuente: Autores

### 3.5.3. Análisis Económico caso 3

La información requerida para llevar a cabo el análisis financiero del tercer escenario se encuentra detallada en las tablas 28, 29 y 30.

**Tabla 28.** Datos de Inversión del Proyecto

<b>Costes de instalación</b>			
<b>Ítem</b>	<b>Unidades de cantidad</b>	<b>Costo (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
<b>Paneles</b>	<b>351</b>	\$ 220,00	\$ 77.220,00
<b>Baterías</b>	36	\$ 380,00	\$ 13.680,00
<b>Inversores</b>	3	\$ 5.400,00	\$ 16.200,00
<b>Controlador de carga</b>	7	\$ 1,400,00	\$ 9.800,00
<b>Estructuras, ventilación</b>	4	\$ 450,00	\$ 1.800,00
<b>Cableado</b>	1	\$ 1000,00	\$ 1.000,00
<b>Caja combinadora</b>	2	\$ 200,00	\$ 400,00
<b>Sistema de monitoreo</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
<b>Sistema de protección</b>	1	\$ 500,00	\$ 500,00
		Total	\$ 43.880,00
		Activo amortizable	\$ 36.700,00

Fuente: Autores.

**Tabla 29.** Datos de Costo de Operación

<b>Costos de operación</b>	
<b>Ítem</b>	<b>Total (USD/year)</b>
<b>Provisión para reemplazo de Baterías</b>	\$ 13.680,00
<b>MTTO</b>	\$ 1.500,00
<b>Total (OPEX)</b>	\$ 15.180,00
<b>Incluida la inflación (1,1%)</b>	\$ 15.346,98

Fuente: Autores.

**Tabla 30.** Datos de Financiamiento.

<b>Dato de Financiamiento</b>	
<b>Capital Propio</b>	\$ 50.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 84.780,00
<b>Total</b>	\$ 134.780,00

**Fuente:** Autores.

La energía del que proviene del BESS se origina del generador fotovoltaico. Como se observa en la figura 41 el periodo de carga de las baterías es de 10h00 a 14h00 y el periodo de inyección de energía es de 18h00 a 22h00.

**Tabla 31.** Datos de Financiamiento

<b>Financiación</b>	
<b>Propios fondos</b>	\$ 50.000,00
<b>Préstamo</b>	\$ 84.780,00
<b>Costo electricidad</b>	
<b>Tarifa de alimentación</b>	0,105 USD/kWh
<b>Duración de la garantía</b>	25 años
<b>Retorno de la inversión</b>	
<b>Ahorro anual</b>	\$ 15.526,88
<b>Costo carga de baterías</b>	(\$ 4.770,72)
<b>Mantenimiento anual</b>	(\$ 1.500,00)
<b>Depreciación anual</b>	(\$ 1.000,00)
<b>Flujo neto de Efectivo anual</b>	\$ 8.256,16
<b>Tasa de Descuento</b>	3.2%
<b>Valor actual de todos los flujos (VAN)</b>	\$ 143,039,07
<b>Valor Actual del Retorno neto</b>	\$ 8.259,07
<b>Tasa interna de retorno (TIR)</b>	3,74%
<b>Periodo de recuperación</b>	16 años 4 meses

**Fuente:** Autores

### **3.6. Evaluación de un experto.**

La propuesta ha sido revisada y validada por un experto técnico, un profesional de cuarto nivel que aprueba la metodología y recomienda seguir con el diseño del proyecto de investigación, tal como se evidencia en el anexo 1.

### 3.7. Conclusiones del capítulo III.

- El análisis de la calidad de energía en la empresa “Rhinoplast S.A” ha servido para ubicarnos en la actual situación de consumo de energía eléctrica de la empresa, de esta forma poder plantear opciones de gestión como es la metodología Peak Shaving.
- La metodología Peak Shaving abarca un amplio marco referencial sobre las opciones de aplicar la metodología para reducir los picos de demanda de energía eléctrica en las industrias, sin embargo, en la presente investigación se han analizados tres casos de aplicación.
  - El primero con generación fotovoltaica conectada a la red, de 41kW de potencia con una inversión inicial de \$ 57.990,00.
  - El segundo con la implementación de autoconsumo (BESS) de 52.9kW de potencia, almacenando energía en acumuladores de 02h00 a 06h00, energía que luego es utilizada de 18h00 a 22h00, con una inversión inicial de \$ 58.060,00.
  - El tercero fusionando los casos 1 y 2, un generador fotovoltaico conectado a la red y que también carga las baterías, la inversión inicial es de \$ 134.780,00.
- La metodología aplicada en los tres casos de implementación es evaluada su factibilidad mediante un análisis económico de recuperación de la inversión.
  - En el caso 1 se logra obtener un TIR de 7.05%, recuperando la inversión en 11 años 10 meses, tiempo después del cual tendrá una ganancia aproximada de \$ 20.525,29 hasta el final de la vida útil del generador fotovoltaico.
  - En el caso 2 se obtiene un TIR de 1.03%, en este caso no se logra recuperar la inversión hasta el final de la vida útil del banco de baterías.

- En el caso 3 se logra obtener un TIR de 3.74%, recuperando la inversión en 16 años 4 meses, tiempo después del cual tendrá una ganancia aproximada de \$ 8.259,07 hasta el final de la vida útil del generador fotovoltaico.

## **Conclusiones Generales**

- En los últimos años, Ecuador ha hecho grandes esfuerzos para fomentar políticas que promuevan el desarrollo de proyectos de energía renovable. Gracias a regulaciones como ARCONEL 003-18, ARCONEL 057-18, ARCERNNR 001/21 y ARCERNNR 002/21, ahora existen procedimientos adecuados para el desarrollo de proyectos renovables a gran y pequeña escala. En particular, la regulación ARCERNNR 001/21, que establece dos modalidades de micro-redes que se pueden instalar en Ecuador, complementa la regulación ARCONEL 003-18, que a menudo estaba limitada por las superficies de construcción, abriendo una gran oportunidad para el desarrollo de sistemas fotovoltaicos de autoabastecimiento, así como de sistemas conectados a la red de distribución. El desarrollo de estas regulaciones permite proponer diferentes esquemas de control de la demanda para reducir el consumo excesivo en las redes de distribución y generar ahorros a los consumidores mediante estrategias como la propuesta de "reducción de picos de demanda".
- Uno de los aspectos cruciales para el diseño de estaciones fotovoltaicas con almacenamiento es la calidad de los datos del perfil de demanda disponibles y su caracterización adecuada para establecer un punto de partida preciso. Además, el uso de herramientas informáticas especializadas en el diseño y dimensionamiento de instalaciones fotovoltaicas permite validar los modelos matemáticos y respaldar la información de los datos meteorológicos utilizados para el dimensionamiento. Sin embargo, la gran variedad de fabricantes de componentes existentes en la actualidad es uno de los desafíos más críticos en el desarrollo de estos sistemas, por lo que

contar con referencias de elementos validados en operación resulta ser una gran solución.

- Según la evaluación realizada en el proyecto, una alta capacidad de almacenamiento puede duplicar el costo del proyecto debido a los precios elevados de los elementos que integran la instalación. Por lo tanto, proponer un sistema fotovoltaico con almacenamiento para la autogeneración de energía no es rentable en los sectores comercial e industrial debido a los costos de energía en Ecuador. Aunque exista un esquema tarifario con consumos de demanda horaria, los costos de electricidad no son comparables a los costos de energía producida, por lo que la propuesta de "reducción de picos de demanda" mediante un sistema fotovoltaico con almacenamiento óptimo a partir de una potencia límite es una estrategia viable. Sin embargo, según la presente investigación la opción más rentable para aplicar la metodología en la empresa Rhinoplast S.A es la autogeneración planteada en el caso 1.

### **Recomendaciones**

- Es necesario realizar un análisis energético anualmente, ya que a medida que pasa el tiempo, la fábrica puede incrementar la carga instalada. Si se producen cambios en los procesos, la situación puede afectar el consumo de energía y aumentar la demanda en horas pico, lo que conlleva a mayores gastos. Por lo tanto, se requiere una evaluación periódica para garantizar un uso eficiente de la energía y evitar costos innecesarios.
- Es esencial sugerir que, para el análisis del consumo de energía y la gestión de las instalaciones industriales, es necesario disponer de equipos que proporcionen información precisa para aprovechar los períodos de bajo costo y evitar el funcionamiento en momentos de máxima demanda. De esta manera, se busca optimizar los recursos dentro de la fábrica y garantizar una gestión energética eficiente.

- Es aconsejable elegir cuidadosamente los grupos electrógenos o bancos de baterías en función de la capacidad de potencia a ser generada, los precios y la vida útil de cada componente. La factibilidad del proyecto depende en gran medida de esta elección adecuada, por lo que se debe realizar un análisis exhaustivo de las opciones disponibles antes de tomar una decisión final.

## **Bibliografía**

- [1] C. J. Spezia, «Optical Sizing of Peak-Shaving Generators Using Load Duration curves, » Southern Illinois, University Carbondale, 2008.
- [2] C. Dozier, Understanding Genetator Set Ratings, Caterpillar: Caterpillar, 2013.
- [3] G. N. Fenosa, «Manual de Eficiencia Energetica,» [En línea]. Available: [www.gasnaturalfenosa.es](http://www.gasnaturalfenosa.es).
- [4] F. E. R. Commission, Assessment of Demend Respose & Advenced Matering, Staff Report, August 2006.
- [5] E. L. M. i. I. Intenational Union for Electricity, Intenational Union for Electricity, Electric Load Management in Industry, Intenational Union for Electricity, Electric Load Management in Industry, Cooper, 2009., 2009.
- [6] A. R. y. A. Ghia, «Análisis de Respuesta de la Demanda para Mejorar a Eficiencia de Sistemas Electricios,» Fodeco, Buenos Aires, 2011.
- [7] S. A. y. R. BANerjee, Load-management applications for the industrial sector, Bombay Indian: Indian Institute of Technology, s.f...
- [8] FERC, 2008 Assessment of Demand Response and Advanced Metering, Staff Report, 2008.
- [9] FERC, 2010 Assessment of Demand Response and Advanced Metering, Staff Report, 2011.71
- [10] «The "Full Participation" scenario from FERC, » "A National Assessment of Demand Response Potentia", [En línea]. Available: <http://ferc.gov/legal/staffreports/06-09-demandresponse.pdf>.
- [11] FERC, 2012 Assessment of Demand Response and Advanced Metering, Staff Report, 2012.
- [12] FERC, 2009 Assessment of Demand Response and Metering, Staff Report, 2012.

- [13] A. D. R. y. A. Ghia, << Análisis de respuesta de la demanda para mejorar la Eficiencia de Sistemas Eléctricos,>>, Buenos Aires: Fodeco, 2010.
- [14] M. Poveda, Apuntes Planificación de Sistemas de Distribución, Quito: Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [15] «Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución Pliego-Tarifario-SAPG2019,» 2019.
- [16] «Pliego Tarifario para las Empresas Eléctricas de Distribución. Pliego Categoría Industrial Pliego-Tarifario-SPEE-2019,» 2019.
- [17] « Power Quality and Energy Analyzer <<FLUKE 435 II>> FLUKE CORPORATION. Technical data 2012.».
- [18] E. T. y. M. Tipan, Incentivos Tarifarios para clientes Industriales, Quito: Escuela Politécnica Salesiana, septiembre 2010.
- [19] A. Mohamed, << A review of electrical energy management techniques: supply and consumer side (industries),>>, Southem Africa: Journal of Energy, 2009.
- [20] M. e. E. S. Salvador, «Motores eléctricos El Salvador, [En línea] Available: [http://antech-motoreseléctricoselsalvado.blogspot.com/.](http://antech-motoreseléctricoselsalvado.blogspot.com/),» 2012.
- [21] J. L. O. García, <<<Como reducir la Factura de Energía Eléctrica>>,» Facultad de Ingeniería, 2009.
- [22] S. C. Edison, « <<how Much You Save Is Up to You – Hourly Savings – Year Round Benefits.>>, » [En Línea] Available: [hppts://www.sce.com/dop.](https://www.sce.com/dop), 2013. 72
- [23] J.Ordoñez, Optimal Load Management Aplication for Industrial Custumers, Ontario: University of Waterloo, 2015.
- [24] C. Dozier, Understanding Generator Set Ratings, Caterpillar, 2015.

# ANEXOS

**Anexo 1. Informe de verificador del tema del proyecto**  
**CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DEL VERIFICADOR**

En mi calidad de verificador del tema del proyecto de investigación y desarrollo titulado  
“GESTIÓN ENERGÉTICA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO DE  
PEAK SHAVING EN LA EMPRESA RHINOPLAST S.A. EN LA CIUDAD DE  
SANTO DOMINGO” de los posgraduados:

**NOMBRES:** CHERRES COCA ANGEL FABRICIO

**NOMBRES:** SUAREZ CHANCHAY WILMER FÉLIX

**PROGRAMA:** MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD MENCIÓN SISTEMAS  
ELÉCTRICOS DE POTENCIA

**CERTIFICO:**

Que: analizado el tema del proyecto de investigación y desarrollo, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo del trabajo de titulación para optar por el grado de Magister en Electricidad mención sistemas eléctricos de Potencia.

Revisado por: GANÁN PACA PAUL ISRAÉL.

Cédula de ciudadanía N°: 0604111385

Profesión: INGENIERO ELECTROMECAÁNICO

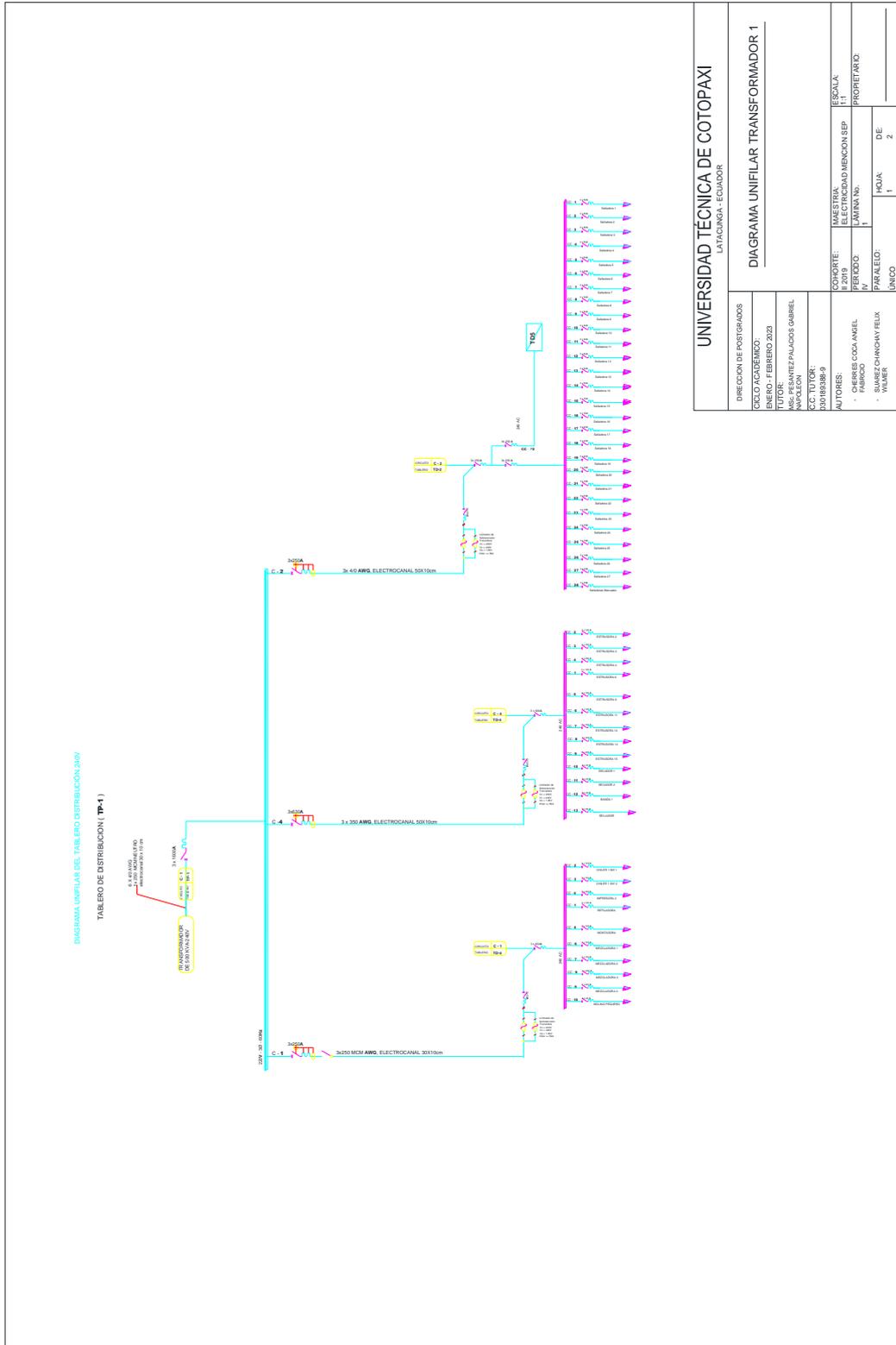
Posgrado: MAGISTER EN ELECTRICIDAD

Sugiero su aprobación y permita continuar con el diseño del proyecto de investigación y desarrollo.

Baños de Agua Santa ,21 de marzo de 2023.

-----  
Ing. Paúl Ganán Paca Mgs.  
CC. 0604111385

## Anexo 2. Diagrama unifilar transformador 1



Fuente: Autores

<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b> LATACUNGA - ECUADOR	
<b>DIAGRAMA UNIFILAR TRANSFORMADOR 1</b>	
DIRECCION DE POSTGRADOS:	
CICLO ACADÉMICO:	ENERO - FEBRERO 2023
TUTOR:	ING. JUAN PABLO SUAREZ PALACIOS GABRIEL
CC. TUTOR:	3301849386-9
AUTORES:	CHERRIS COCA ANSEL FABRICO SUAREZ CHINGAY FELIX WILNER
COHORTE:	IV
MAESTRIA:	ELECTRICIDAD MENCION SEP
ESCALA:	1:1
PARALELO:	UNICO
HOJA:	1 DE 2
PROFETANCO:	



Anexo 4. Detalle de cargas instaladas empresa Rhinoplast S.A.

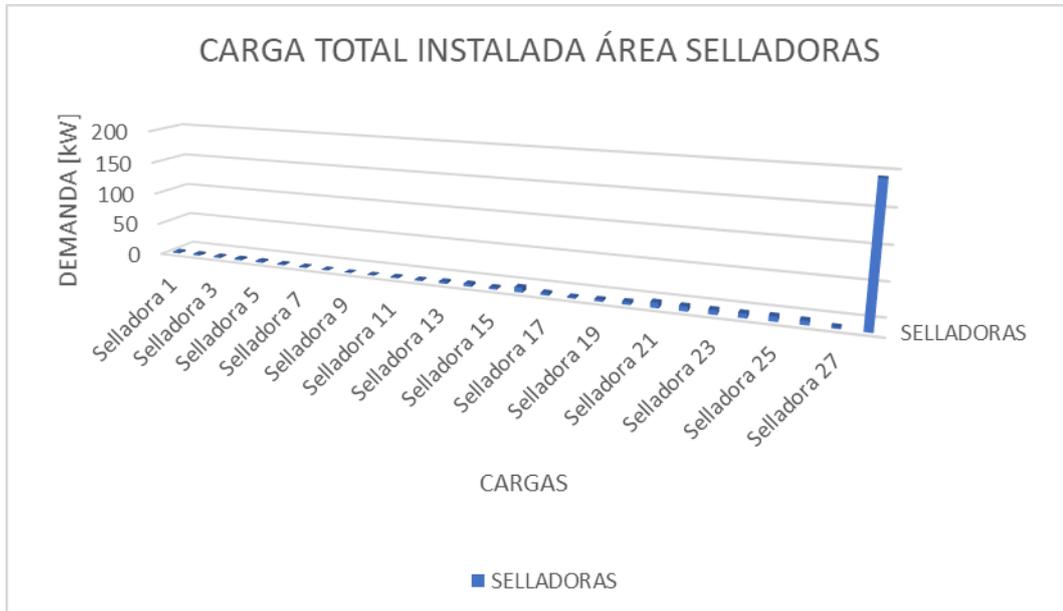
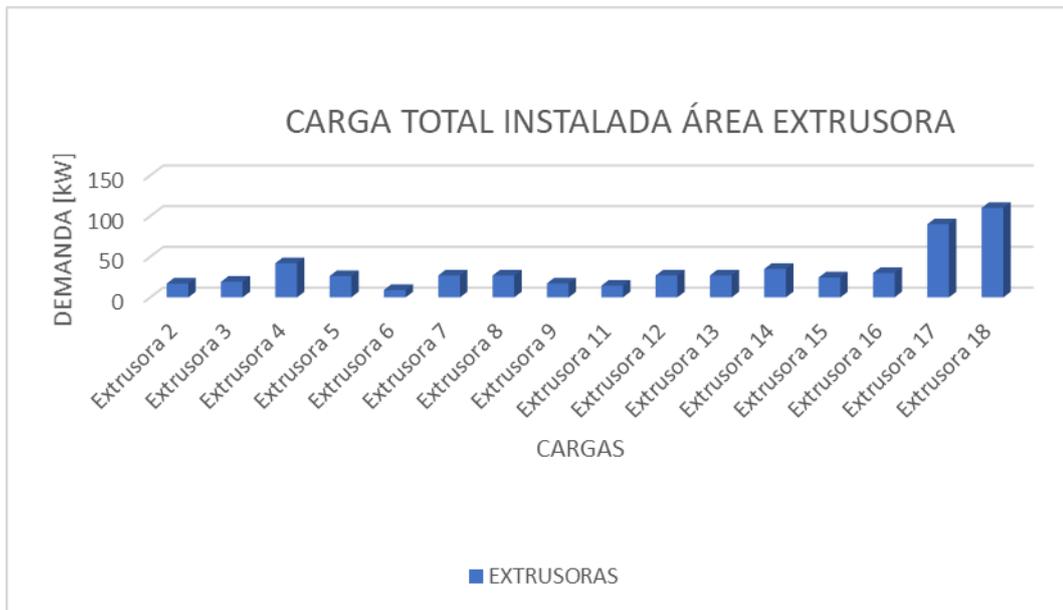
ÁREA	Equipo	Transformador	Voltaje	cos $\varphi$	POTENCIA ACTIVA [kW]	POTENCIA REACTIVA [kVAR]	POTENCIA APARENTE [kVA]	
EXTRUSORAS	Extrusora 2	Transformador 1	220	0,86	17,05	10,12	19,83	
	Extrusora 3	Transformador 1	220	0,84	19,23	12,42	22,89	
	Extrusora 4	Transformador 1	220	0,88	42	22,67	47,73	
	Extrusora 5	Transformador 2	440	0,9	26,2	12,69	29,11	
	Extrusora 6	Transformador 1	220	0,84	9,15	5,91	10,89	
	Extrusora 7	Transformador 2	440	0,89	27	13,83	30,34	
	Extrusora 8	Transformador 2	440	0,88	27	14,57	30,68	
	Extrusora 9	Transformador 1	220	0,89	17,22	8,82	19,35	
	Extrusora 11	Transformador 1	220	0,91	14,36	6,54	15,78	
	Extrusora 12	Transformador 1	220	0,93	27	10,67	29,03	
	Extrusora 13	Transformador 2	440	0,9	27	13,08	30,00	
	Extrusora 14	Transformador 1	220	0,88	35	18,89	39,77	
	Extrusora 15	Transformador 1	220	0,85	24,56	15,22	28,89	
	Extrusora 16	Transformador 2	440	0,88	30	16,19	34,09	
	Extrusora 17	Transformador 2	440	0,88	90	48,58	102,27	
	Extrusora 18	Transformador 2	440	0,88	110	59,37	125,00	
	SELLADORAS	Selladora 1	Transformador 1	220	0,83	2,6	1,75	3,13
		Selladora 2	Transformador 1	220	0,87	2,6	1,47	2,99
Selladora 3		Transformador 1	220	0,87	2,47	1,40	2,84	
Selladora 4		Transformador 1	220	0,82	2,68	1,87	3,27	
Selladora 5		Transformador 1	220	0,87	2,72	1,54	3,13	
Selladora 6		Transformador 1	220	0,88	1,95	1,05	2,22	
Selladora 7		Transformador 1	220	0,88	1,78	0,96	2,02	
Selladora 8		Transformador 1	220	0,81	1,04	0,75	1,28	
Selladora 9		Transformador 1	220	0,87	0,58	0,33	0,67	
Selladora 10		Transformador 1	220	0,85	0,93	0,58	1,09	
Selladora 11		Transformador 1	220	0,91	1,78	0,81	1,96	
Selladora 12		Transformador 1	220	0,91	1,78	0,81	1,96	
Selladora 13		Transformador 1	220	0,82	3,21	2,24	3,91	
Selladora 14		Transformador 1	220	0,83	4,06	2,73	4,89	
Selladora 15		Transformador 1	220	0,83	2,91	1,96	3,51	
Selladora 16		Transformador 1	220	0,88	7,63	4,12	8,67	
Selladora 17		Transformador 1	220	0,8	3,55	2,66	4,44	
Selladora 18		Transformador 1	220	0,91	2,04	0,93	2,24	
Selladora 19		Transformador 1	220	0,85	2,92	1,81	3,44	
Selladora 20		Transformador 1	220	0,8	4,26	3,20	5,33	
Selladora 21		Transformador 1	220	0,87	8	4,53	9,20	

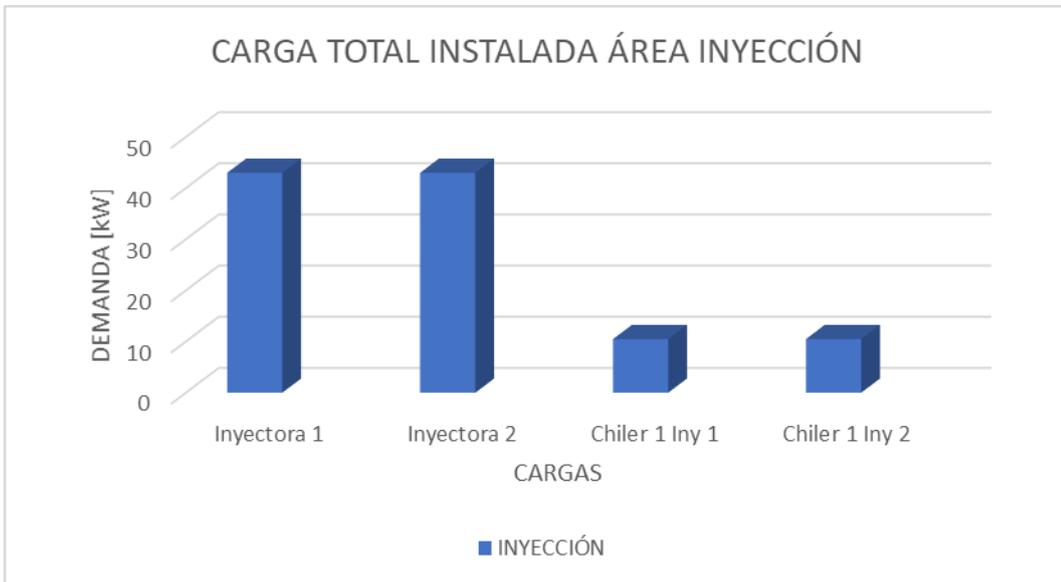
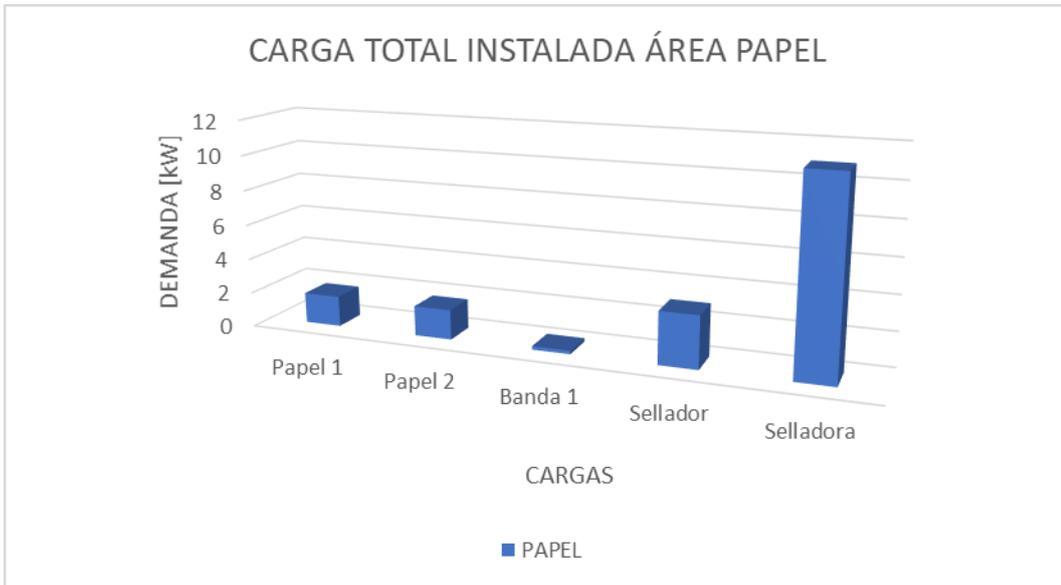
	Selladora 22	Transformador 1	220	0,82	7,23	5,05	8,82
	Selladora 23	Transformador 1	220	0,84	6,77	4,37	8,06
	Selladora 24	Transformador 1	220	0,84	6,81	4,40	8,11
	Selladora 25	Transformador 1	220	0,83	7,49	5,03	9,02
	Selladora 26	Transformador 1	220	0,84	6,4	4,13	7,62
	Selladora 27	Transformador 1	220	0,83	2	1,34	2,41
	Selladoras Manuales	Transformador 1	110	0,84	200	129,19	238,10
PAPEL	Papel 1	Transformador 2	380	0,93	1,76	0,70	1,89
	Papel 2	Transformador 2	380	0,92	1,72	0,73	1,87
	Banda 1	Transformador 1	220	0,91	0,2	0,09	0,22
	Sellador	Transformador 1	220	0,91	3	1,37	3,30
	Selladora	Transformador 2	380	0,91	11	5,01	12,09
INYECCIÓN	Inyectora 1	Transformador 2	440	0,86	43	25,51	50,00
	Inyectora 2	Transformador 2	440	0,87	43	24,37	49,43
	Chiler 1 Iny 1	Transformador 1	220	0,86	10,5	6,23	12,21
	Chiler 1 Iny 2	Transformador 1	220	0,86	10,5	6,23	12,21
SOPLADO	HS-3000	Transformador 2	440	0,89	42,5	21,77	47,75
	HS-3000	Transformador 2	440	0,88	42,5	23,32	48,48
	JUMBO 20	Transformador 2	440	0,86	88	52,22	102,33
	COMPRESOR KASER	Transformador 2	440	0,87	43,24	24,51	49,70
	BOOSTER KASER	Transformador 2	440	0,91	11,5	5,35	12,68
	SECADOR 1	Transformador 1	220	0,89	0,9	0,47	1,02
	SECADOR 2	Transformador 1	220	0,89	1,6	0,82	1,80
	CHILLER HS-3000	Transformador 2	440	0,88	5,91	3,14	6,69
	CHILLER JUMBO	Transformador 2	440	0,90	4,5	2,14	4,98
	GALON	Transformador 2	440	0,88	41,75	22,15	47,26
IMPRESIÓN	Impresora 1	Transformador 2	440	0,89	37,71	19,32	42,37
	Impresora 2	Transformador 1	220	0,91	0,51	0,23	0,56
	Refiladora	Transformador 1	220	0,9	2,6	1,26	2,89
	Montadora	Transformador 1	220	0,92	0,24	0,10	0,26
MEZCLADO	Mezcladora 1	Transformador 1	220	0,93	2,01	0,79	2,16
	Mezcladora 2	Transformador 1	220	0,92	2,48	1,06	2,70
	Mezcladora 3	Transformador 1	220	0,89	1,77	0,91	1,99
	Mezcladora 4	Transformador 1	220	0,9	2,66	1,29	2,96
PALETIZAD O	Paletizadora 1	Transformador 2	440	0,91	183	83,38	201,10
	Molino Grande	Transformador 2	440	0,89	23	11,57	25,75

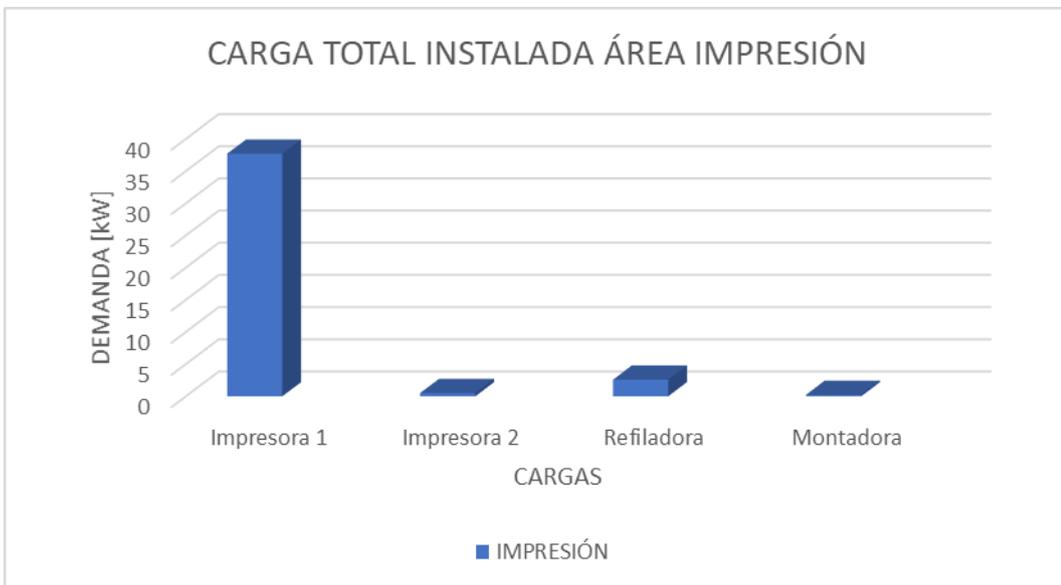
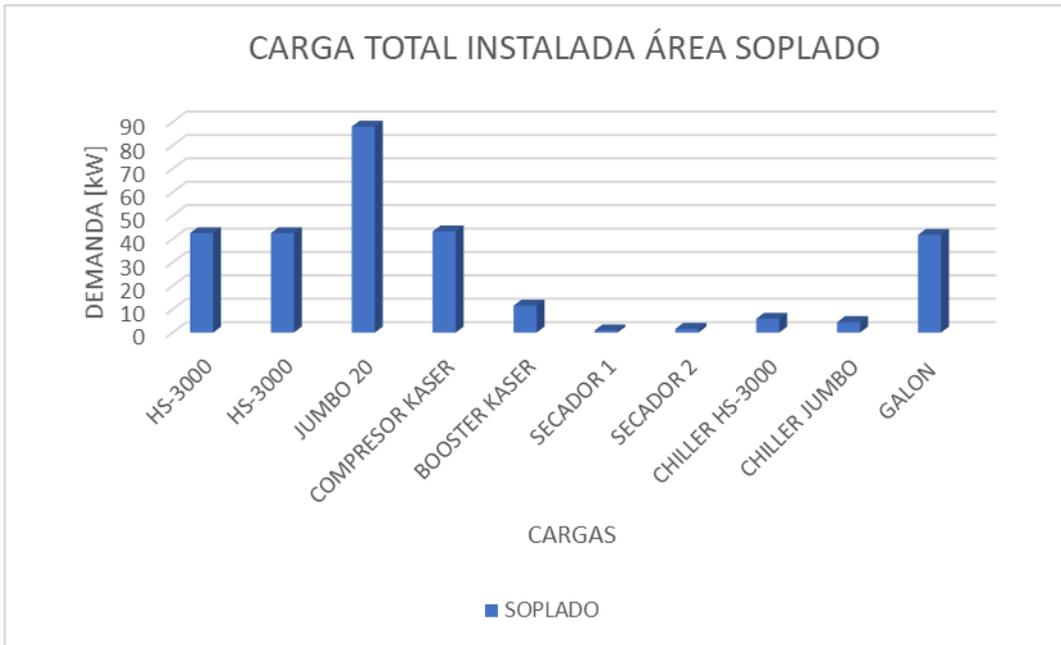
	Molino Pequeño	Transformador 1	220	0,90	3,7	1,79	4,11
SERVICIOS INDIVIDUALES	Compresor 1 SOMAR	Transformador 3	220	0,85	44,04	27,29	51,81
	Compresor 2 FIRSTAR	Transformador 3	220	0,89	55,00	28,18	61,80
	Compresor 3 HANBEL	Transformador 3	220	0,87	76,00	43,07	87,36
	Bomba 1 Trif.	Transformador 3	220	0,84	4,00	2,58	4,76
	Bomba 2 Mono.	Transformador 3	220	0,89	4,00	2,05	4,49
	Torre de enfriamiento	Transformador 3	220	0,88	14,90	8,04	16,93
	Chiller Servicios Ind	Transformador 3	220	0,83	16,00	10,75	19,28
	Secador	Transformador 3	220	0,86	2,54	1,51	2,95
	AS CIO N	OFICINAS	Transformador 3	220	0,92	6,21	2,65
ILU MI NA	LAMPARAS	Transformador 3	220	0,96	18,92	5,52	19,71
<b>TOTAL</b>					1749,33		

Fuente: Autores

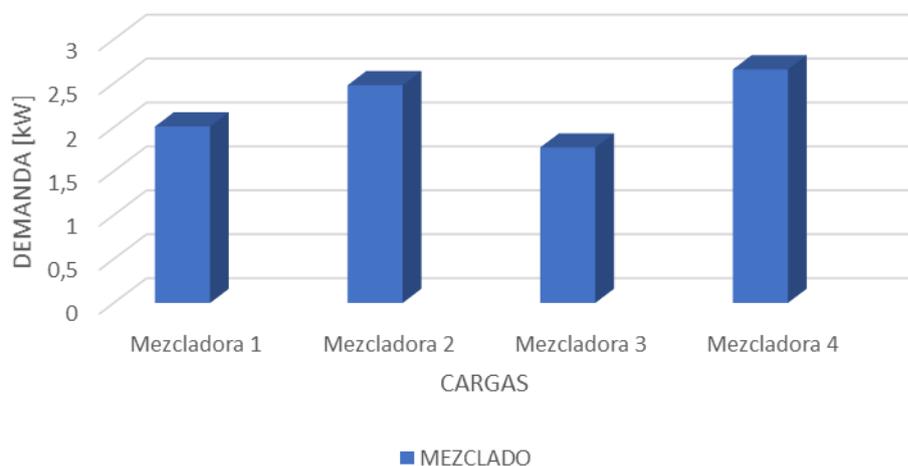
**Anexo 5.** Graficas cargas instaladas de los diferentes equipos de Rhinoplast S.A



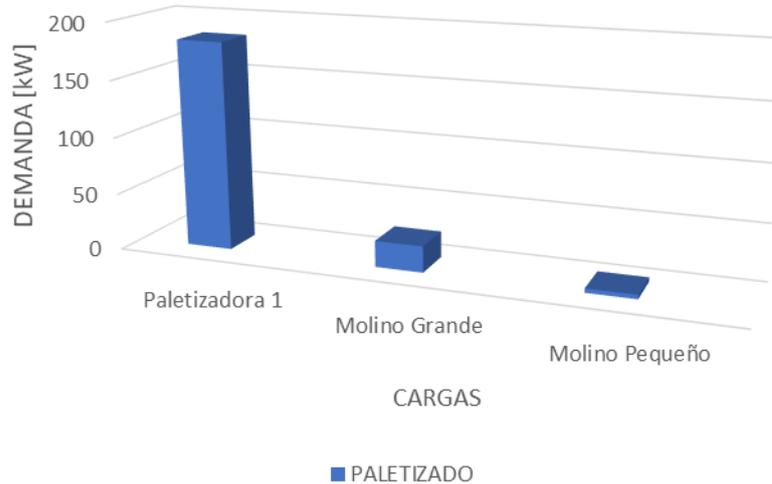




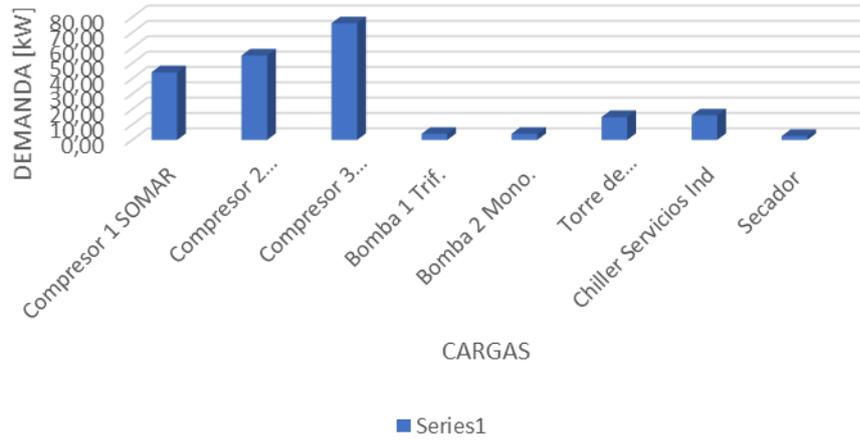
### CARGA TOTAL INSTALADA ÁREA MEZCLADO



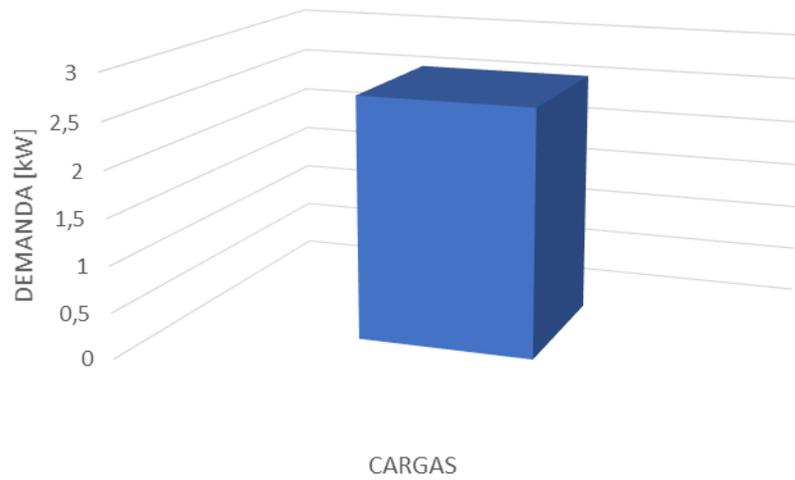
### CARGA TOTAL INSTALADA ÁREA MEZCLADO

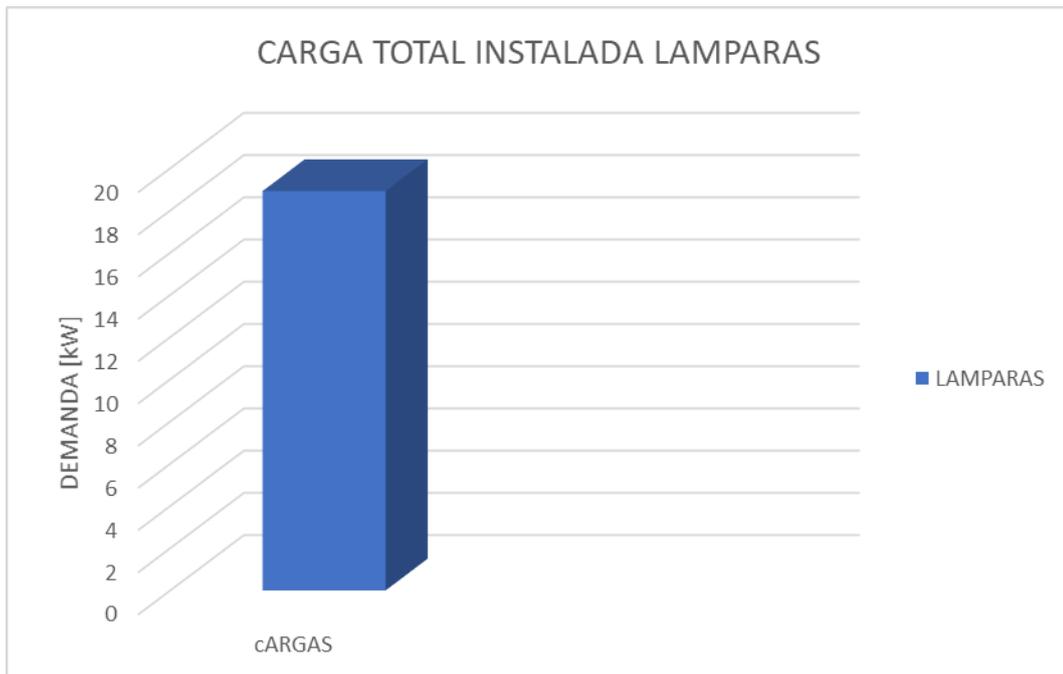


## CARGA TOTAL INSTALADA SERVICIOS INDIVIDUALES



## CARGA TOTAL INSTALADA OFICINAS





Fuente: Autores

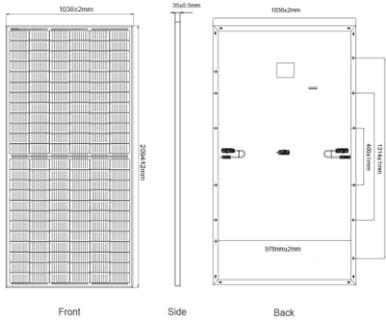
## Anexo 6. Características técnicas panel solar RS7I-M



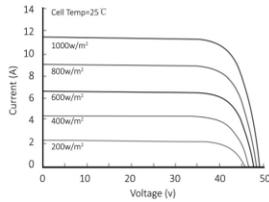
GLOBAL PROFESSIONAL PV PRODUCTS INTEGRATED SOLUTIONS SUPPLIER

WWW.RESTARSOLAR.COM

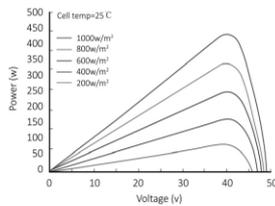
Dimension of PV Modules Unit: mm



Current-Voltage Curve (RT7I-440M)



Power-Voltage Curve (RT7I-440M)



### Partner information



### ELECTRICAL DATA (STC)

	435W	440W	445W	450W	455W	460W
Rated Power in Watts-Pmax(Wp)	435W	440W	445W	450W	455W	460W
Open Circuit Voltage-Voc(V)	48.7V	48.9V	49.1V	49.3V	49.5V	49.7V
Short Circuit Current-Isc(A)	11.39A	11.46A	11.53A	11.6A	11.67A	11.74A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	40.9V	41.1V	41.3V	41.5V	41.7V	41.9V
Maximum Power Current-Imp(A)	10.64A	10.71A	10.78A	10.85A	10.91A	10.98A
Module Efficiency (%)	19.69%	19.91%	20.14%	20.37%	20.60%	20.83%

STC: Irradiance 1000 W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5 according to EN 60904-3.

### ELECTRICAL DATA (NOCT)

	324.9W	328.6W	332.3W	336.1W	339.8W	343.6W
Maximum Power-Pmax (Wp)	324.9W	328.6W	332.3W	336.1W	339.8W	343.6W
Open Circuit Voltage-Voc (V)	45.7V	45.8V	46.0V	46.2V	46.4V	46.6V
Short Circuit Current-Isc (A)	9.21A	9.27A	9.33A	9.38A	9.43A	9.48A
Maximum Power Voltage-Vmp(V)	38.1V	38.3V	38.5V	38.6V	38.9V	39.1V
Maximum Power Current-Imp(A)	8.53A	8.59A	8.64A	8.7A	8.74A	8.79A

NOCT: Irradiance at 800 W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1 m/s.

### MECHANICAL DATA

Solar cells	Mono Half-Cell 166x83mm, 9 Bus bars
Cell configuration	144 Cells (6x24)
Module dimensions	2094x1038*35mm
Weight	25KGS
Front Cover	3.2mm Tempered Glass
Frame Material	Anodized Aluminum Alloy
J-BOX	IP68, 3 Diodes
Cable	4mm2(IEC)/12AWG(UL), 300mm or customized
Connectors	MC4 or MC4 Comparable
Standard Packaging	31pcs/pallet

### TEMPERATURE & MAXIMUM RATINGS

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45°C±2°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.32%/°C
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C
Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V(IEC)
Max Series Fuse Rating	20A

### PACKAGING CONFIGURATION

	40HQ
Modules per container	726pcs
Package	31pcs/pallet, 2pcs/carton
Package Number	22pallets + 22cartons

Fuente: [12].

## Anexo 7. Datos técnicos inversor SMA

Datos técnicos	Sunny Tripower X 12	Sunny Tripower X 15	Sunny Tripower X 20	Sunny Tripower X 25
<b>Entrada [CC]</b>				
Potencia máx. del generador fotovoltaico	18000 Wp STC	22500 Wp STC	30000 Wp STC	37500 Wp STC
Tensión de entrada máx.	1000 V			
Rango de tensión del MPP	210 V a 800 V	260 V a 800 V	345 V a 800 V	430 V a 800 V
Tensión asignada de entrada	580 V			
Tensión de entrada mín. / Tensión de entrada de inicio	150 V / 188 V			
Corriente máx. de entrada utilizable por seguidor del MPP	24 A			
Corriente máx. de cortocircuito por seguidor del MPP	37,5 A			
Cantidad de seguidores del MPP / número de pendientes / Strings por seguidor del MPP	3 / 2			
<b>Salida [CA]</b>				
Potencia asignada [a 230 V, 50 Hz]	12000 W	15000 W	20000 W	25000 W
Potencia aparente asignada / Potencia aparente máx.	12000 VA / 12000 VA	15000 VA / 15000 VA	20000 VA / 20000 VA	25000 VA / 25000 VA
Tensión nominal de CA	220 V / 380 V; 230 V / 400 V; 240 V / 415 V			
Rango de tensión	176 V a 275 V / 304 V a 477 V			
Frecuencia de red / Rango	50 Hz / 44 Hz a 56 Hz 60 Hz / 54 Hz a 66 Hz			
Frecuencia de red asignada / Tensión de red asignada	50 Hz / 230 V			
Corriente de salida asignada / Corriente de salida máx.	17 A / 36,6 A	21,7 A / 36,6 A	29 A / 36,6 A	36,2 A / 36,6 A
Fases de inyección / Conexión de CA	3 / 3- N -PE			
Factor de potencia a potencia asignada / Factor de desfase ajustable	1 / 0 inductivo a 0 capacitivo			
Armónicos [THD]	<3 %			
Rendimiento				
Rendimiento máx. / Rendimiento europeo	98,2 % / 97,6 %	98,2 % / 97,8 %	98,2 % / 97,9 %	98,2 % / 98,0 %
<b>Dispositivos de protección</b>				
Punto de desconexión en el lado de entrada	●			
Monitorización de toma a tierra / Monitorización de red	● / ●			
Protección contra polarización inversa de CC / Resistencia a cortocircuito de CA	● / ●			
Dispositivo de monitorización de corriente residual sensible a cualquier corriente	●			
Clase de protección [según IEC 62109-1] / Categoría de sobretensión [según IEC 62109-1]	I / CA; III; CC: II			
Función de protección contra arco voltaico [ARC] / Diagnóstico de generadores LV	● / ● <sup>1)</sup>			
Desconector de sobretensión CC [tipo 2, tipo 1/2]	○			
<b>Datos generales</b>				
Dimensiones [ancho / alto / fondo]	728 mm / 762 mm / 266 mm [28,7 in / 30,0 in / 10,5 in]			
Peso	35 kg [77 lb]			
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 °C a +60 °C [-13 °F a +140 °F]			
Emisiones de ruido, máximo [1 m]	59 dB(A)			
Autoconsumo [módulo]	<5 W			
Topología / Principio de refrigeración	Sin separación galvánica / OilCool			
Tipo de protección [según IEC 60529]	IP65			
Categoría de clima [según IEC 60721-3-4]	4K26			
Valor máximo permitido para la humedad relativa [sin condensación]	100 %			
<b>Equipamiento / Función / Accesorios</b>				
Conexión de CC / Conexión de CA	SUNCLIX / Borne de conexión por resorte			
Indicador led [estado / error / comunicación]	●			
Interfaz: Ethernet / WLAN / [diante] RS485	● [2 puertos] / ● / D <sup>2)</sup>			
Protocolos de datos: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Speedwire	● / ● <sup>3)</sup> / ●			
Relé multifunción / Ranura para módulo de ampliación	● / [11 puertos]			
Número de entradas digitales	6			
Tipo de montaje	Montaje mural			
SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●			
Compatible con redes aisladas	●			
Garantía: 5 / 10 / 15 / 20 años	● / ○ / ○ / ○			
Certificados y autorizaciones [otros a petición]	CE, UKCA; EN 50549-1/-2:2018; VDE AR.N 4105:2018; nd; PAVE; VDE AR.N 4110:2018; IOR Erzeuger Typ A:2019-12; C10/C11:2019 & V1:2020 IWS MV; VDE 0126-1:1-2013/ A1:2012; VDE 0126-2:2013; VDE 0126-3:2013; VDE 0126-4:2013; VDE 0126-5:2013; VDE 0126-6:2013; VDE 0126-7:2013; VDE 0126-8:2013; VDE 0126-9:2013; VDE 0126-10:2013; VDE 0126-11:2013; VDE 0126-12:2013; VDE 0126-13:2013; VDE 0126-14:2013; VDE 0126-15:2013; VDE 0126-16:2013; VDE 0126-17:2013; VDE 0126-18:2013; VDE 0126-19:2013; VDE 0126-20:2013; VDE 0126-21:2013; VDE 0126-22:2013; VDE 0126-23:2013; VDE 0126-24:2013; VDE 0126-25:2013; VDE 0126-26:2013; VDE 0126-27:2013; VDE 0126-28:2013; VDE 0126-29:2013; VDE 0126-30:2013; VDE 0126-31:2013; VDE 0126-32:2013; VDE 0126-33:2013; VDE 0126-34:2013; VDE 0126-35:2013; VDE 0126-36:2013; VDE 0126-37:2013; VDE 0126-38:2013; VDE 0126-39:2013; VDE 0126-40:2013; VDE 0126-41:2013; VDE 0126-42:2013; VDE 0126-43:2013; VDE 0126-44:2013; VDE 0126-45:2013; VDE 0126-46:2013; VDE 0126-47:2013; VDE 0126-48:2013; VDE 0126-49:2013; VDE 0126-50:2013; VDE 0126-51:2013; VDE 0126-52:2013; VDE 0126-53:2013; VDE 0126-54:2013; VDE 0126-55:2013; VDE 0126-56:2013; VDE 0126-57:2013; VDE 0126-58:2013; VDE 0126-59:2013; VDE 0126-60:2013; VDE 0126-61:2013; VDE 0126-62:2013; VDE 0126-63:2013; VDE 0126-64:2013; VDE 0126-65:2013; VDE 0126-66:2013; VDE 0126-67:2013; VDE 0126-68:2013; VDE 0126-69:2013; VDE 0126-70:2013; VDE 0126-71:2013; VDE 0126-72:2013; VDE 0126-73:2013; VDE 0126-74:2013; VDE 0126-75:2013; VDE 0126-76:2013; VDE 0126-77:2013; VDE 0126-78:2013; VDE 0126-79:2013; VDE 0126-80:2013; VDE 0126-81:2013; VDE 0126-82:2013; VDE 0126-83:2013; VDE 0126-84:2013; VDE 0126-85:2013; VDE 0126-86:2013; VDE 0126-87:2013; VDE 0126-88:2013; VDE 0126-89:2013; VDE 0126-90:2013; VDE 0126-91:2013; VDE 0126-92:2013; VDE 0126-93:2013; VDE 0126-94:2013; VDE 0126-95:2013; VDE 0126-96:2013; VDE 0126-97:2013; VDE 0126-98:2013; VDE 0126-99:2013; VDE 0126-100:2013; VDE 0126-101:2013; VDE 0126-102:2013; VDE 0126-103:2013; VDE 0126-104:2013; VDE 0126-105:2013; VDE 0126-106:2013; VDE 0126-107:2013; VDE 0126-108:2013; VDE 0126-109:2013; VDE 0126-110:2013; VDE 0126-111:2013; VDE 0126-112:2013; VDE 0126-113:2013; VDE 0126-114:2013; VDE 0126-115:2013; VDE 0126-116:2013; VDE 0126-117:2013; VDE 0126-118:2013; VDE 0126-119:2013; VDE 0126-120:2013; VDE 0126-121:2013; VDE 0126-122:2013; VDE 0126-123:2013; VDE 0126-124:2013; VDE 0126-125:2013; VDE 0126-126:2013; VDE 0126-127:2013; VDE 0126-128:2013; VDE 0126-129:2013; VDE 0126-130:2013; VDE 0126-131:2013; VDE 0126-132:2013; VDE 0126-133:2013; VDE 0126-134:2013; VDE 0126-135:2013; VDE 0126-136:2013; VDE 0126-137:2013; VDE 0126-138:2013; VDE 0126-139:2013; VDE 0126-140:2013; VDE 0126-141:2013; VDE 0126-142:2013; VDE 0126-143:2013; VDE 0126-144:2013; VDE 0126-145:2013; VDE 0126-146:2013; VDE 0126-147:2013; VDE 0126-148:2013; VDE 0126-149:2013; VDE 0126-150:2013; VDE 0126-151:2013; VDE 0126-152:2013; VDE 0126-153:2013; VDE 0126-154:2013; VDE 0126-155:2013; VDE 0126-156:2013; VDE 0126-157:2013; VDE 0126-158:2013; VDE 0126-159:2013; VDE 0126-160:2013; VDE 0126-161:2013; VDE 0126-162:2013; VDE 0126-163:2013; VDE 0126-164:2013; VDE 0126-165:2013; VDE 0126-166:2013; VDE 0126-167:2013; VDE 0126-168:2013; VDE 0126-169:2013; VDE 0126-170:2013; VDE 0126-171:2013; VDE 0126-172:2013; VDE 0126-173:2013; VDE 0126-174:2013; VDE 0126-175:2013; VDE 0126-176:2013; VDE 0126-177:2013; VDE 0126-178:2013; VDE 0126-179:2013; VDE 0126-180:2013; VDE 0126-181:2013; VDE 0126-182:2013; VDE 0126-183:2013; VDE 0126-184:2013; VDE 0126-185:2013; VDE 0126-186:2013; VDE 0126-187:2013; VDE 0126-188:2013; VDE 0126-189:2013; VDE 0126-190:2013; VDE 0126-191:2013; VDE 0126-192:2013; VDE 0126-193:2013; VDE 0126-194:2013; VDE 0126-195:2013; VDE 0126-196:2013; VDE 0126-197:2013; VDE 0126-198:2013; VDE 0126-199:2013; VDE 0126-200:2013; VDE 0126-201:2013; VDE 0126-202:2013; VDE 0126-203:2013; VDE 0126-204:2013; VDE 0126-205:2013; VDE 0126-206:2013; VDE 0126-207:2013; VDE 0126-208:2013; VDE 0126-209:2013; VDE 0126-210:2013; VDE 0126-211:2013; VDE 0126-212:2013; VDE 0126-213:2013; VDE 0126-214:2013; VDE 0126-215:2013; VDE 0126-216:2013; VDE 0126-217:2013; VDE 0126-218:2013; VDE 0126-219:2013; VDE 0126-220:2013; VDE 0126-221:2013; VDE 0126-222:2013; VDE 0126-223:2013; VDE 0126-224:2013; VDE 0126-225:2013; VDE 0126-226:2013; VDE 0126-227:2013; VDE 0126-228:2013; VDE 0126-229:2013; VDE 0126-230:2013; VDE 0126-231:2013; VDE 0126-232:2013; VDE 0126-233:2013; VDE 0126-234:2013; VDE 0126-235:2013; VDE 0126-236:2013; VDE 0126-237:2013; VDE 0126-238:2013; VDE 0126-239:2013; VDE 0126-240:2013; VDE 0126-241:2013; VDE 0126-242:2013; VDE 0126-243:2013; VDE 0126-244:2013; VDE 0126-245:2013; VDE 0126-246:2013; VDE 0126-247:2013; VDE 0126-248:2013; VDE 0126-249:2013; VDE 0126-250:2013; VDE 0126-251:2013; VDE 0126-252:2013; VDE 0126-253:2013; VDE 0126-254:2013; VDE 0126-255:2013; VDE 0126-256:2013; VDE 0126-257:2013; VDE 0126-258:2013; VDE 0126-259:2013; VDE 0126-260:2013; VDE 0126-261:2013; VDE 0126-262:2013; VDE 0126-263:2013; VDE 0126-264:2013; VDE 0126-265:2013; VDE 0126-266:2013; VDE 0126-267:2013; VDE 0126-268:2013; VDE 0126-269:2013; VDE 0126-270:2013; VDE 0126-271:2013; VDE 0126-272:2013; VDE 0126-273:2013; VDE 0126-274:2013; VDE 0126-275:2013; VDE 0126-276:2013; VDE 0126-277:2013; VDE 0126-278:2013; VDE 0126-279:2013; VDE 0126-280:2013; VDE 0126-281:2013; VDE 0126-282:2013; VDE 0126-283:2013; VDE 0126-284:2013; VDE 0126-285:2013; VDE 0126-286:2013; VDE 0126-287:2013; VDE 0126-288:2013; VDE 0126-289:2013; VDE 0126-290:2013; VDE 0126-291:2013; VDE 0126-292:2013; VDE 0126-293:2013; VDE 0126-294:2013; VDE 0126-295:2013; VDE 0126-296:2013; VDE 0126-297:2013; VDE 0126-298:2013; VDE 0126-299:2013; VDE 0126-300:2013; VDE 0126-301:2013; VDE 0126-302:2013; VDE 0126-303:2013; VDE 0126-304:2013; VDE 0126-305:2013; VDE 0126-306:2013; VDE 0126-307:2013; VDE 0126-308:2013; VDE 0126-309:2013; VDE 0126-310:2013; VDE 0126-311:2013; VDE 0126-312:2013; VDE 0126-313:2013; VDE 0126-314:2013; VDE 0126-315:2013; VDE 0126-316:2013; VDE 0126-317:2013; VDE 0126-318:2013; VDE 0126-319:2013; VDE 0126-320:2013; VDE 0126-321:2013; VDE 0126-322:2013; VDE 0126-323:2013; VDE 0126-324:2013; VDE 0126-325:2013; VDE 0126-326:2013; VDE 0126-327:2013; VDE 0126-328:2013; VDE 0126-329:2013; VDE 0126-330:2013; VDE 0126-331:2013; VDE 0126-332:2013; VDE 0126-333:2013; VDE 0126-334:2013; VDE 0126-335:2013; VDE 0126-336:2013; VDE 0126-337:2013; VDE 0126-338:2013; VDE 0126-339:2013; VDE 0126-340:2013; VDE 0126-341:2013; VDE 0126-342:2013; VDE 0126-343:2013; VDE 0126-344:2013; VDE 0126-345:2013; VDE 0126-346:2013; VDE 0126-347:2013; VDE 0126-348:2013; VDE 0126-349:2013; VDE 0126-350:2013; VDE 0126-351:2013; VDE 0126-352:2013; VDE 0126-353:2013; VDE 0126-354:2013; VDE 0126-355:2013; VDE 0126-356:2013; VDE 0126-357:2013; VDE 0126-358:2013; VDE 0126-359:2013; VDE 0126-360:2013; VDE 0126-361:2013; VDE 0126-362:2013; VDE 0126-363:2013; VDE 0126-364:2013; VDE 0126-365:2013; VDE 0126-366:2013; VDE 0126-367:2013; VDE 0126-368:2013; VDE 0126-369:2013; VDE 0126-370:2013; VDE 0126-371:2013; VDE 0126-372:2013; VDE 0126-373:2013; VDE 0126-374:2013; VDE 0126-375:2013; VDE 0126-376:2013; VDE 0126-377:2013; VDE 0126-378:2013; VDE 0126-379:2013; VDE 0126-380:2013; VDE 0126-381:2013; VDE 0126-382:2013; VDE 0126-383:2013; VDE 0126-384:2013; VDE 0126-385:2013; VDE 0126-386:2013; VDE 0126-387:2013; VDE 0126-388:2013; VDE 0126-389:2013; VDE 0126-390:2013; VDE 0126-391:2013; VDE 0126-392:2013; VDE 0126-393:2013; VDE 0126-394:2013; VDE 0126-395:2013; VDE 0126-396:2013; VDE 0126-397:2013; VDE 0126-398:2013; VDE 0126-399:2013; VDE 0126-400:2013; VDE 0126-401:2013; VDE 0126-402:2013; VDE 0126-403:2013; VDE 0126-404:2013; VDE 0126-405:2013; VDE 0126-406:2013; VDE 0126-407:2013; VDE 0126-408:2013; VDE 0126-409:2013; VDE 0126-410:2013; VDE 0126-411:2013; VDE 0126-412:2013; VDE 0126-413:2013; VDE 0126-414:2013; VDE 0126-415:2013; VDE 0126-416:2013; VDE 0126-417:2013; VDE 0126-418:2013; VDE 0126-419:2013; VDE 0126-420:2013; VDE 0126-421:2013; VDE 0126-422:2013; VDE 0126-423:2013; VDE 0126-424:2013; VDE 0126-425:2013; VDE 0126-426:2013; VDE 0126-427:2013; VDE 0126-428:2013; VDE 0126-429:2013; VDE 0126-430:2013; VDE 0126-431:2013; VDE 0126-432:2013; VDE 0126-433:2013; VDE 0126-434:2013; VDE 0126-435:2013; VDE 0126-436:2013; VDE 0126-437:2013; VDE 0126-438:2013; VDE 0126-439:2013; VDE 0126-440:2013; VDE 0126-441:2013; VDE 0126-442:2013; VDE 0126-443:2013; VDE 0126-444:2013; VDE 0126-445:2013; VDE 0126-446:2013; VDE 0126-447:2013; VDE 0126-448:2013; VDE 0126-449:2013; VDE 0126-450:2013; VDE 0126-451:2013; VDE 0126-452:2013; VDE 0126-453:2013; VDE 0126-454:2013; VDE 0126-455:2013; VDE 0126-456:2013; VDE 0126-457:2013; VDE 0126-458:2013; VDE 0126-459:2013; VDE 0126-460:2013; VDE 0126-461:2013; VDE 0126-462:2013; VDE 0126-463:2013; VDE 0126-464:2013; VDE 0126-465:2013; VDE 0126-466:2013; VDE 0126-467:2013; VDE 0126-468:2013; VDE 0126-469:2013; VDE 0126-470:2013; VDE 0126-471:2013; VDE 0126-472:2013; VDE 0126-473:2013; VDE 0126-474:2013; VDE 0126-475:2013; VDE 0126-476:2013; VDE 0126-477:2013; VDE 0126-478:2013; VDE 0126-479:2013; VDE 0126-480:2013; VDE 0126-481:2013; VDE 0126-482:2013; VDE 0126-483:2013; VDE 0126-484:2013; VDE 0126-485:2013; VDE 0126-486:2013; VDE 0126-487:2013; VDE 0126-488:2013; VDE 0126-489:2013; VDE 0126-490:2013; VDE 0126-491:2013; VDE 0126-492:2013; VDE 0126-493:2013; VDE 0126-494:2013; VDE 0126-495:2013; VDE 0126-496:2013; VDE 0126-497:2013; VDE 0126-498:2013; VDE 0126-499:2013; VDE 0126-500:2013; VDE 0126-501:2013; VDE 0126-502:2013; VDE 0126-503:2013; VDE 0126-504:2013; VDE 0126-505:2013; VDE 0126-506:2013; VDE 0126-507:2013; VDE 0126-508:2013; VDE 0126-509:2013; VDE 0126-510:2013; VDE 0126-511:2013; VDE 0126-512:2013; VDE 0126-513:2013; VDE 0126-514:2013; VDE 0126-515:2013; VDE 0126-516:2013; VDE 0126-517:2013; VDE 0126-518:2013; VDE 0126-519:2013; VDE 0126-520:2013; VDE 0126-521:2013; VDE 0126-522:2013; VDE 0126-523:2013; VDE 0126-524:2013; VDE 0126-525:2013; VDE 0126-526:2013; VDE 0126-527:2013; VDE 0126-528:2013; VDE 0126-529:2013; VDE 0126-530:2013; VDE 0126-531:2013; VDE 0126-532:2013; VDE 0126-533:2013; VDE 0126-534:2013; VDE 0126-535:2013; VDE 0126-536:2013; VDE 0126-537:2013; VDE 0126-538:2013; VDE 0126-539:2013; VDE 0126-540:2013; VDE 0126-541:2013; VDE 0126-542:2013; VDE 0126-543:2013; VDE 0126-544:2013; VDE 0126-545:2013; VDE 0126-546:2013; VDE 0126-547:2013; VDE 0126-548:2013; VDE 0126-549:2013; VDE 0126-550:2013; VDE 0126-551:2013; VDE 0126-552:2013; VDE 0126-553:2013; VDE 0126-554:2013; VDE 0126-555:2013; VDE 0126-556:2013; VDE 0126-557:2013; VDE 0126-558:2013; VDE 0126-559:2013; VDE 0126-560:2013; VDE 0126-561:2013; VDE 0126-562:2013; VDE 0126-563:2013; VDE 0126-564:2013; VDE 0126-565:2013; VDE 0126-566:2013; VDE 0126-567:2013; VDE 0126-568:2013; VDE 0126-569:2013; VDE 0126-570:2013; VDE 0126-571:2013; VDE 0126-572:2013; VDE 0126-573:2013; VDE 0126-574:2013; VDE 0126-575:2013; VDE 0126-576:2013; VDE 0126-577:2013; VDE 0126-578:2013; VDE 0126-579:2013; VDE 0126-580:2013; VDE 0126-58			