



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Acapulco



---

---

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ACAPULCO

PROPUESTA DE LA INSTALACIÓN DE UN BANCO DE  
BATERÍAS, PARA CUBRIR EL COSTO DE LA ENERGÍA Y  
DEMANDA EN HORARIO PUNTA DE LA TARIFA GDMTH

PRESENTAN:

ERICK MENDOZA SANTIAGO  
JESUS MANUEL MATEOS FUNES

OPCION DE TITULACION:

TESIS PROFESIONAL

DIRECTOR DE TESIS

M.G.A.NOE GARCIA ESCOBAR

ACAPULCO, GRO. SEPTIEMBRE 2024

## RESUMEN

En el presente informe se ha desarrollado para dar a conocer el procedimiento que se llevó a cabo con respecto a la propuesta de instalación de un banco de baterías que será instalado en una fábrica de pan, dicho banco de baterías se instaló con la finalidad reducir los gastos de Energía Eléctrica, aumentar eficiencia la energética, reducir la cantidad de energía desperdiciada y aumentar la autonomía del sistema eléctrico instalado en dicha fábrica.

Todo esto es logrado gracias a la utilización de un sistema de paneles solares que la empresa ya tenía instalados y a dos métodos llamados Peak Shaving y Time Shifting que se basan en el almacenamiento de energía con baterías.

Dichas baterías se cargan en el horario base de la tarifa GDMTH que es el horario donde se cobra más barato el consumo de la energía y se descargan el horario punta eliminando el pico de demanda, el cual es el más costoso en dicha tarifa.

Al usar el Sistema “peack shaving” con autogeneración renovable y almacenamiento en baterías, se limitó en consumo de la red a una potencia límite, obteniendo resultados muy favorables con la finalidad de que el sistema fotovoltaico y almacenamiento puedan suplir la energía necesaria en las horas pico siempre y cuando se supere la potencia límite de la red. Tomando en cuenta que el horario punta o horas pico, suele ser el momento del día en el que se registra el mayor consumo de energía y, por lo tanto, el momento en que se generan los precios más elevados de la electricidad al usar este sistema se consiguió obtener un almacenamiento de energía en momentos en que la demanda es baja o cuando la generación es alta para su uso posterior, se estabilizo la red eléctrica al proporcionar energía adicional durante momentos de alta demanda o en caso de fallas en la red y con esto los costos de la energía eléctrica permiten a la empresa comprar energía a bajo costo cuando la demanda es baja y usarla cuando la demanda es alta, evitando así tener que comprar energía a precios más altos con este sistema también se proporciona energía de

respaldo en caso de interrupciones en el suministro eléctrico o en situaciones de emergencia.

---

---

## NOMENCLATURA

<b>SEE</b>	Sistema de Energía Eléctrica.
<b>SCADA</b>	(Supervisory Control And Data Acquisition) Sistema de supervisión control y adquisición de datos.
<b>TRAFO</b>	Transformador.
<b>FV</b>	Fotovoltaico o fotovoltaica.
<b>SA</b>	Sistema de almacenamiento
<b>SGA</b>	Sistema de gestión de almacenamiento
<b>SGB</b>	Sistema de manejo de baterías
<b>CC</b>	Corriente continua, también DC.
<b>CA</b>	Corriente alterna, también AC.
<b>CAES</b>	(Compressed Air Energy Storage) Almacenador de energía en forma de aire comprimido.
<b>SMES</b>	(Superconducting Magnetic Energy Storage) Almacenador de energía en forma de campo magnético superconductor.
<b>VRF</b>	(Vanadium Redox Flow) En Baterías redox de flujo de vanadio.
<b>BOS</b>	(Balance of System) Balance del sistema.
<b>GDMTH</b>	Gran demanda en media tensión horaria.
<b>BEES</b>	Battery Energy Storage System (Sistema de almacenamiento de energía en baterías).
<b>CAPEX</b>	Gasto operativo
<b>OPEX</b>	Gasto de capital

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	8
PROBLEMAS A RESOLVER.....	10
OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
JUSTIFICACIÓN .....	12
CAPÍTULO I.....	14
ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS .....	14
1.2. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS EN MÉXICO .....	24
CAPÍTULO II.....	28
COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS .....	28
2.1. PANEL FOTOVOLTAICO .....	28
2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA FOTOVOLTAICA .....	30
2.3. CONTROLADOR DE CARGA MPPT (power point tracking).....	31
2.3. INVERSOR .....	32
2.4. MEDIDOR BIDIRECCIONAL .....	33
2.5. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADOS EN BATERÍAS (BESS). .....	34
2.5.1. CAPACIDAD DE LAS BATERÍAS.....	35
2.5.2. CICLO DE CARGA Y DESCARGA .....	36
2.5.3. VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS.....	36
2.5.4. PORCENTAJE DE CARGA DE LA BATERÍA, SOC .....	37
2.5.5. EFICIENCIA DE LA BATERÍA .....	37
2.5.6. EL RENDIMIENTO DE LAS BATERÍAS .....	37
2.5.7. CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS .....	38
2.5.8. CARGA Y DESCARGA DE LAS BATERÍAS .....	39
2.5.9. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS CON BATERÍA O TIPO ISLA.....	40

---

---

2.5.9.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMO ACOPLADO A UN SISTEMA INTERCONECTA A LA RED. ....	41
CAPÍTULO III.....	43
ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO EN LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA .....	43
3.1. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	44
3.2. DIFERENTES APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO .....	44
3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	45
3.4. REPERCUSIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA .....	51
3.5. MODELO DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO .....	52
3.6. RESPALDO DE ENERGÍA.....	53
CAPÍTULO IV. ....	54
MÉTODOS QUE SE UTILIZAN PARA REALIZAR LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA..	54
4.1. PEAK SHAVING .....	55
4.1.1. ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE PICOS CON ENERGÍA SOLAR Y BANCO DE BATERÍAS (BESS).....	58
4.2. TIME SHIFTING .....	59
4.3. AUMENTO DE AUTOCONSUMO SOLAR .....	60
4.4. GRUPOS ELECTRÓGENOS.....	61
CAPÍTULO V .....	64
ANÁLISIS DEL COBRO DE LA TARIFA DE GRAN DEMANDA EN MEDIA TENSION HORARIA.....	64
5.1. PRINCIPALES COBROS DE ENERGÍA .....	65
5.1.1. CAPACIDAD Y DISTRIBUCIÓN .....	66
5.1.2. MEDICIÓN EN BAJA TENSIÓN .....	67
5.1.3. FACTOR DE POTENCIA .....	68
5.1.4. CARGO FIJO .....	68
5.2. TARIFA GDMTH Y LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	68

---

---

CAPÍTULO VI .....	69
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES .....	69
6.1. CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE BANCO DE BATERÍAS .....	70
6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO .....	71
6.2.1. PARÁMETROS IDENTIFICADOS .....	72
6.2.2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS .....	74
6.2.2.1. PERFIL DE DEMANDA MÁXIMA .....	74
6.2.2.2. PARÁMETROS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO .....	75
6.2.2.3. PARÁMETROS DE LA BATERÍA .....	77
6.2.2.4. DIAGRAMAS UNIFILARES .....	80
.....	81
.....	82
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	83
CONCLUSIONES.....	87
RECOMENDACIONES .....	88
COMPETENCIAS DESARROLLADAS .....	89
BLIBLIOGRAFIA.....	90

## INTRODUCCIÓN

El presente proyecto está elaborado con la finalidad de proponer la instalación de un sistema de almacenamiento en baterías (banco de baterías), adecuado para almacenar la energía eléctrica proveniente de 720 paneles solares instalados en una fábrica destinada a la elaboración de productos de panadería y repostería, a gran escala, (el encargado del proyecto nos pide anonimato en cuanto al nombre de la empresa), y así poder abatir el costo de la energía eléctrica, respaldar los cortes de energía, brindar autonomía y recortar la demanda en horarios punta de dicha fábrica, el presente proyectó se comprende únicamente de 6 capítulos donde:

El capítulo I, está elaborado para dar a conocer el historial de las instalaciones fotovoltaicas con almacenamiento en baterías en el mundo, y poder considerar el gran avance que han tenido los sistemas de almacenamiento y la importancia de estos para la sociedad, la tecnología y el medio ambiente.

Por consiguiente, en el capítulo II, observamos detalladamente los componentes que constituyen este tipo de sistemas fotovoltaicos con almacenamiento en baterías, como lo pueden ser los paneles fotovoltaicos, el controlador MPPT, el inversor y lo importante, en este tema, que es, el sistema de almacenamiento en baterías, la información está muy centrada en este tema ya que este es el tema principal de este proyecto.

Continuando, en el capítulo III, se habla acerca de los sistemas de almacenamiento, su importancia en los sistemas de energía eléctrica, y la necesidad de estos sistemas en relación con el gran aumento de las energías renovables en el planeta.

El capítulo IV, se basa en el uso adecuado de la energía, planteando aquí los métodos que existen y que se pueden usar para realizar una adecuada gestión de la energía con los sistemas de almacenamiento, poder obtener los resultados que se prevén alcanzar a corto y largo plazo.

En el capítulo V, nos encontramos con las generalidades de la tarifa GDMTH, presentando los métodos que utiliza, la empresa suministradora de energía, en este caso, la comisión federal de electricidad para realizar los cobros de la energía eléctrica en dicha tarifa.

En el capítulo VI, se presentan los procedimientos y las actividades que se realizaron para consiguientemente dar a conocer los resultados que se pueden obtener al implementar este proyecto, ya que este proyecto aún no se ha podido llevar a cabo. Y por último se dan a conocer los resultados, las recomendaciones y las fuentes de información que se consultaron para abordar perfectamente el tema y así proporcionar un contenido explicito sobre nuestro estudio realizado.

## PROBLEMAS A RESOLVER

En esta fábrica a gran escala se cuentan con 11 líneas de producción que elaboran alrededor de 6,000 toneladas mensuales de productos relacionados con la panadería, pastelería y entre otros, dentro de las grandes fábricas como estas existen distintos tipos de problemas como:

1. Falta de mantenimiento de máquinas y equipos
2. Falta de planeación en la producción
3. Cuellos de botella en ciertas etapas de fabricación
4. Escasez de mano de obra
5. Entregas fuera de tiempo

En el listado anterior se muestran los 5 problemas de producción más comunes en la industria de la panadería. Pero en este caso estaremos enfocados en el número 3, los cuellos de botella provocados por cortes de energía, que en la etapa de fabricación estos elementos intervienen negativamente en el desarrollo de la línea de producto ya sea que ralentice o frene completamente el proceso. Este es uno de los problemas más comunes y al mismo tiempo de los más peligrosos, sus principales repercusiones son:

- El incremento en los tiempos de entrega
- La disminución en la productividad
- Aumento en los costos de almacenamiento
- Contratación de personal temporal

Todo lo anterior solo se resume en pérdidas económicas, esto es lo que menos espera una empresa de cualquier tipo, por esta razón la iniciativa de este proyecto. En una empresa de este tipo los cortes de energía eléctrica pueden causar pérdidas de materias primas como son harina, pan, huevo, leche ya que cuando ocurre un parón a causa del suministro de energía se detienen todas las bandas donde se transporta el pan y uno o dos segundos puede resumirse en cientos de piezas de pan quemados o crudos.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

### Objetivo general

Proponer la instalación un banco de baterías para abatir el costo de la energía eléctrica en el horario punta de la tarifa de GDMTH.

### Objetivos específicos

- Seleccionar el tipo banco de baterías que se requieren instalar en base a la energía suministrada por los paneles solares ya instalados
- Almacenar energía eléctrica renovable proveniente de paneles solares
- Proveer energía renovable evitando producir gases de efecto invernadero que dañan el medio ambiente
- Suministrar la energía eléctrica almacenada, en los horarios que se establezcan sean los más convenientes para evitar los costos más elevados indicados en la tarifa GDMTH
- Contrarrestar los costos de energía eléctrica
- Evitar pérdidas de materias primas con las que se realiza el producto
- Ayudar a la empresa a ser más eficiente en cuanto a la entrega de su producto
- Contribuir con el cuidado del medio ambiente

## JUSTIFICACIÓN

Los motivos que nos llevaron a realizar el presente proyecto, que se basa la instalación de un banco de baterías o convertidor modular de almacenamiento energía, es solucionar las repercusiones que causan los cuellos de botella dentro de la fábrica de pan, esto será logrado gracias a la acumulación de la energía eléctrica que será proveniente de una instalación de paneles solares, con esto la producción no se detendrá en ocasiones de cortes eléctricos, por consiguiente, las pérdidas de productos reducirían, los tiempos de entrega no incrementarían y esto se resume en que las pérdidas económicas para la empresa serian casi nulas en cuanto los cuellos de botella se refiere.

### IMPACTO AMBIENTAL

Con este proyecto no solo se obtienen beneficios para la empresa ya que la energía solar es una de las diversas fuentes de energías renovables y este tipo de energías son recursos limpios e inagotables que proporciona la naturaleza estas energías no producen gases de efecto invernadero ni emisiones de contaminantes por lo que no afecta el cambio climático.

### IMPACTO ECONÓMICO

Con las energías renovables no solo obtenemos beneficios ambientales también nos trae consigo un impacto positivo en la economía, generación de empleo, ahorro a largo plazo, inversión en investigación y desarrollo, por ultimo nos ayuda a lograr una dependencia energética.

### IMPACTO SOCIAL

En el aspecto social podemos mencionar beneficios como creación de empleos regionales, acceso a una mejor vida en áreas remotas atreves de la electricidad, superación técnica o profesional por el grado de especialización necesario para instalar energías renovables ya que implica un mejor salario y lo más importante que sería tener una mejor salud debido a una menor contaminación.

## IMPACTO TECNOLÓGICO

Por último, en base al impacto tecnológico ayuda a contribuir y acelerar el desarrollo sostenible que se tiene planeado a largo plazo en el país, como son algunas la productividad, la reducción del costo de los bienes y servicios facilitando una aplicación más rápida y amplia se las de soluciones que se necesita en México.

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS

Un sistema fotovoltaico interconectado a la red, es una fuente renovable que produce electricidad, proveniente de la radiación solar, utilizando dispositivos en conjunto para lograr convertir la energía proveniente del sol en energía convencional. El sistema trabaja en conjunto con la red eléctrica y no es posible su funcionamiento cuando existe ausencia de electricidad proporcionada por el suministrador a menos que se complemente con un conjunto de baterías o sistema de almacenamiento de energía eléctrica, esta complementación aumenta la eficiencia de todo el sistema eléctrico en general. En esta sección lo importante es analizar la viabilidad de desarrollar centrales de generación de energía o plantas solares fotovoltaicas en tarifas de media tensión GDMTO y GDMTH, para capacidades de 100 a 499 kW, esto con tal de analizar la real oportunidad de ahorro para el cliente, evaluando las oportunidades de inversión mediante conceptos de rentabilidad como Levelized Cost of Energy (LCOE) a un sistema que, se encuentra dentro del rango de estas capacidades comúnmente se le conoce como un sistema de generación distribuida.

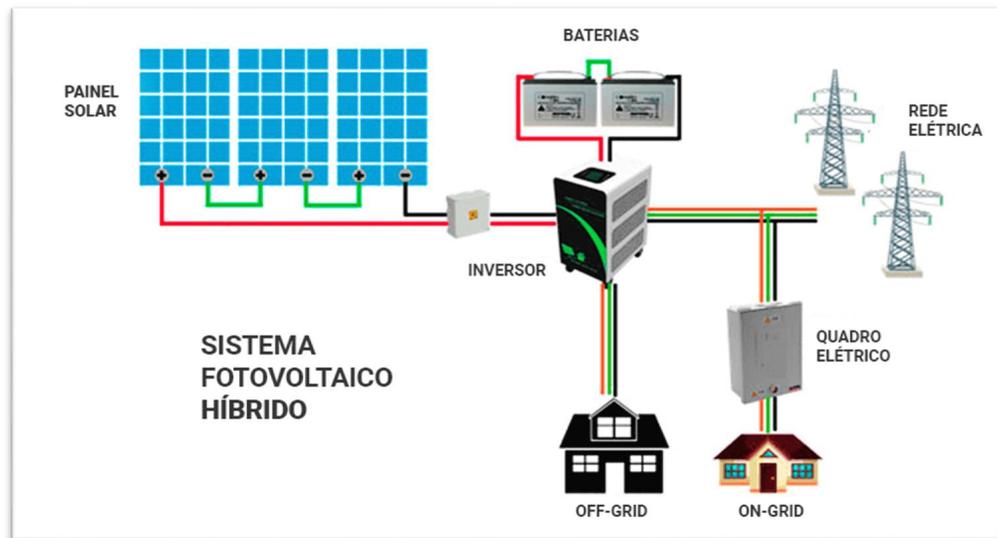
Entre todas las aplicaciones de la energía solar fotovoltaica, los sistemas de interconexión a la red eléctrica son los que han experimentado una mayor expansión en los últimos años, como se muestra en la figura 1.1.

Su principio de funcionamiento es muy simple:

- **Generación Eléctrica:** El generador fotovoltaico (conjunto de módulos conectados eléctricamente entre sí) se encarga de transformar la energía del sol en energía eléctrica, generando una intensidad en corriente continua proporcional a la radiación solar incidente.
- **Adecuación de la Energía Generada:** Esta energía producida por los módulos no es posible inyectarla directamente en la red eléctrica, ya que previamente

debe ser transformada a corriente alterna. Esta función es realizada por unos equipos llamados inversores o convertidores de corriente continua/alterna, generando a su salida una corriente de la misma frecuencia y tensión que la red eléctrica, y, por consiguiente, aptas para ser consumidas por cualquier usuario.

- **Conexión Eléctrica y Venta de la Energía Generada:** Una vez transformada por los inversores, toda la producción de la instalación será inyectada a la red, con las ventajas económicas y medioambientales que esto supone.



Se

Figura 1.1 Representación de un sistema fotovoltaico con sistema de almacenamiento basado en baterías.

Se puede almacenar la energía, para ser utilizada en caso de emergencia o como un complemento, para disminuir los picos de carga en el horario punta.

El país de Alemania duplicó la capacidad de almacenamiento solar en baterías en 2023.

En el reporte escrito por el reportero José A. Roca asegura que, la demanda de sistemas de almacenamiento de energía solar como el que se muestra en la figura 1.2.



Figura 1.2 Instalación de un sistema de un sistema fotovoltaico con almacenamiento en baterías ubicado en Múnich Alemania.

La expansión de los sistemas de almacenamiento de energía solar se ha acelerado rápidamente en Alemania. Tanto el número total de baterías solares instaladas como su capacidad de almacenamiento se han duplicado en sólo un año: Más de medio millón de nuevas baterías solares se instalaron en 2023, según una evaluación anual preliminar de la Asociación Alemana de la Industria Solar (BSW) basada en datos de la Agencia Federal de Redes.

La capacidad de almacenamiento utilizable de los más de un millón de sistemas de almacenamiento de energía solar ya instalados asciende ahora a unos 12 gigavatios hora y se calcula que es suficiente para almacenar el consumo privado medio diario de electricidad de unos 1,5 millones de hogares de dos personas en Alemania.

### 1.1. EMPRESAS QUE INICIARON LOS BANCOS DE ALMACENAMIENTOS

Cuando se instalan nuevos sistemas de energía solar en edificios privados, los sistemas de almacenamiento de electricidad son ahora estándar. Cada vez más empresas almacenan también la energía solar de sus propios tejados para poder utilizarla las 24 horas del día”, explica Carsten Körnig, director general de BSW por sus siglas en inglés, (Bundesverband Solarwirtschaft).

**LA BSW**, una estrategia de almacenamiento inteligente debe centrarse ahora también en utilizar de forma más eficiente la capacidad de la red existente con la ayuda de sistemas de almacenamiento de electricidad, aumentando las horas de uso de la red e incrementando así las capacidades de conexión tanto para los productores descentralizados como para los nuevos consumidores, como las bombas de calor y los coches eléctricos. “Una rápida expansión del almacenamiento en baterías puede reducir la necesidad de ampliar la red y ganar tiempo para la necesaria, pero larga expansión de la red eléctrica”, subraya Körnig.

### **El grupo empresarial INGETEAM especializado en conversión de la energía, arranca la primera planta fotovoltaica con baterías de España.**

Este, es el primer proyecto español en el que Ingeteam ha instalado su nuevo convertidor DC/DC, que permite instalar las baterías de manera distribuida dentro de la planta fotovoltaica.

Se trata de Arañuelo III, de 40 MW, la primera planta fotovoltaica a gran escala de España que incorpora un sistema de almacenamiento de baterías de 3MW / 9MWh. Esta planta solar forma parte del complejo fotovoltaico Campo Arañuelo, desarrollado por Iberdrola en la comarca extremeña de Almaraz y formado por las plantas solares Arañuelo I, II y III, que suman una potencia instalada de 143 MW. Campo Arañuelo genera ya energía limpia para abastecer a una población equivalente de 65.000 hogares al año.

Ingeteam, grupo tecnológico internacional especializado en la conversión de energía eléctrica, ha sido el socio tecnológico elegido por Iberdrola para equipar dicho complejo.

En el caso de las plantas Arañuelo I y II, el suministro ha sido el habitual en una planta fotovoltaica: inversores fotovoltaicos, centros de transformación, sistema de control de planta PPC por sus siglas en inglés (Power Plant Controller) y puesta en marcha como se puede observar en la figura 1.3.



Figura 1.3 Power Station y el contenedor de baterías de Ingeteam en Arañuelo III, Cáceres.

La novedad del proyecto está en Arañuelo III, donde Ingeteam ha suministrado las baterías de ion-litio, la integración de las baterías en contenedores de 45 pies (casi 14 metros), los convertidores, el sistema de monitorización SCADA, la obra civil, el montaje en campo del sistema de almacenamiento y su posterior puesta en marcha. Además de ser la primera planta solar a gran escala en incorporar baterías en España, el sistema de almacenamiento en baterías ha sido incluido dentro de la planta fotovoltaica de manera distribuida y siguiendo una configuración DC-Coupling o acoplamiento en corriente continua. En esta modalidad, las baterías se instalan en el interior del campo solar y los convertidores de baterías comparten la conexión de corriente continua con los inversores fotovoltaicos, lo que proporciona ventajas técnicas, como la posibilidad de aprovechar la potencia extra de los paneles fotovoltaicos que no se aprovecha en las horas de máxima producción (Clipping Recapture) y minimizar las pérdidas al cargar las baterías desde el campo fotovoltaico puesto que la conexión entre los paneles y las baterías pasa solo a través del convertidor DC/DC. La descarga es también más eficiente ya que se ahorra un transformador de potencia frente a la solución conectada en AC.

Esta técnica de hibridar la generación fotovoltaica con el almacenamiento de energía en baterías ha sido posible gracias al desarrollo por parte de Ingeteam del nuevo convertidor de baterías Ingecon Sun Storage Power serie DC-DC. Este convertidor funciona acoplado a la entrada de corriente continua de un inversor fotovoltaico,

obteniéndose así en la práctica un inversor central híbrido con conexión directa tanto a paneles fotovoltaicos como a baterías, y con una única salida en corriente alterna para conectar al transformador BT/MT.

## **TotalEnergies instala en Bélgica su mayor batería en Europa**

**16/05/2023 Ramón Roca**

La batería, que tendrá una potencia de 25 MW y una capacidad de 75 MWh es la que se muestra en la figura 1.4. Esta, estará situada junto a la refinería de la compañía en Amberes



Figura 1.4 Proyecto de un parque de baterías destinado al almacenamiento de energía ubicado en Bélgica.

TotalEnergies acaba de poner en marcha en el emplazamiento de su refinería de Amberes (Bélgica) un proyecto de un parque de baterías destinado al almacenamiento de energía con una potencia de 25 MW y una capacidad de 75 MWh, es decir, el equivalente al consumo diario de cerca de 10.000 hogares.

Después de poner en marcha cuatro parques de baterías en Francia por un total de 130 MWh, este proyecto es la instalación de baterías más grande de Europa para

TotalEnergies. Las baterías, es decir, 40 contenedores de iones de litio Intensium Max High Energy, serán suministradas por Saft, la filial de baterías de TotalEnergies, que confirma así su posición como líder europeo en almacenamiento estacionario a escala industrial. Esta instalación, que estará operativa a finales de 2024, contribuirá las 24 horas del día, los 7 días de la semana a las necesidades de la red de transporte de alta tensión europea y belga.

### **RWE completa tres proyectos de almacenamiento de baterías en Texas y Arizona para la fotovoltaica (PV) con 190 megavatios.**

Se están realizando actividades de construcción de 770 megavatios adicionales de proyectos de almacenamiento de baterías en los EE. UU. A nivel mundial, la capacidad de almacenamiento de baterías de RWE asciende ahora a unos 700 MW.

RWE continúa cumpliendo con su estrategia Growing Green. En EE. UU., la compañía está ampliando aún más su cartera de energía verde con la reciente finalización de tres nuevos sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) por un total de 190 MW (361 MWh) en los estados de Texas y Arizona. Los tres proyectos BESS (Bright Arrow, Big Star y Mesquite 4) elevan la capacidad total de almacenamiento de baterías de RWE en Estados Unidos a aproximadamente 512 MW. La empresa tiene en construcción otros proyectos de baterías en EE.UU. con una capacidad total de 770 MW. A nivel mundial, la capacidad de almacenamiento de baterías de RWE asciende ahora a unos 700 MW, con más de 1 GW en construcción.

Andrew Flanagan, director ejecutivo de RWE Clean Energy: “El almacenamiento en baterías se está volviendo aún más crítico para permitir el rápido despliegue de proyectos eólicos y solares, ayudar a estabilizar la red eléctrica de EE. UU. y garantizar mejor que haya suficiente suministro eléctrico disponible para satisfacer la demanda. Como parte de nuestra estrategia Growing Green, planeamos aumentar nuestra cartera de baterías a nivel mundial a 6 gigavatios para 2030, y estos tres nuevos sistemas están contribuyendo a ese objetivo” en la figura 1.5 podemos observar uno de estos tres proyectos.



Figura 1.5 Proyecto de almacenamiento de baterías en Texas y Arizona para la energía fotovoltaica.

Los sistemas de almacenamiento de energía en baterías suministran electricidad flexible y asequible cuando más se necesita, lo que los convierte en un socio ideal para las energías renovables. Los tres nuevos BESS están combinados con energía solar, lo que les permite almacenar el exceso de electricidad y enviarlo de vuelta a la red más adelante.

## **El primer parque solar marino de Japón abastecerá de energía a Tokio con barcos robot autónomos con baterías.**

**13/12/2022**

La energía generada en la bahía de Tokio se almacenaría en baterías que serían transportadas de vuelta a tierra por embarcaciones autónomas para su uso en la capital japonesa, hambrienta de energía.

Un consorcio proyecta un sistema energético futurista para la capital japonesa en el marco de un programa de tecnologías de vanguardia.

El primer huerto solar flotante de Japón pretende generar energía en la bahía de Tokio, que luego podrá ser almacenada y transportada a la costa en baterías por veleros teledirigidos, según el grupo que planea el ambicioso proyecto como se muestra en la figura 1.6.



Figura 1.6 Parque solar flotante con sistema de almacenamiento en baterías ubicado en Tokio Japón.

**LA EMPRESA NEERLANDESA-NORUEGA SOLARDUCK**, pionera de la energía fotovoltaica flotante, ha anunciado que su consorcio con Tokyu Land Corporation y Everblue, especialista naval japonés, ha sido seleccionado para construir una planta de demostración en el marco de un plan del gobierno de Tokio destinado a movilizar tecnologías de vanguardia para los próximos 100 años de la ciudad.

SolarDuck, que ya proyecta instalaciones de hasta 5 MW en el Mar del Norte, frente a las costas europeas, tiene previsto desplegar en el primer trimestre de 2024 un sistema solar flotante de 88 kW y cables de amarre en la bahía de Tokio. La energía generada se almacenaría en baterías que las embarcaciones autónomas de Everblue transportarían de vuelta a la costa para su uso en la capital japonesa, hambrienta de energía.

## TRES PROYECTOS DE INNOVACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BRASIL

17/02/24 ALESSANDRA NERIS

Los sistemas de almacenamiento permiten el uso combinado de varias fuentes de energía renovables. Lactec, uno de los mayores centros de investigación, tecnología e innovación de Brasil, presenta tres proyectos de innovación: microrred de generación solar, almacenamiento de energía fotovoltaica y ampliación del acceso a energías renovables como lo observamos en la figura 1.7.



Figura 1.7 Instalación fotovoltaica con baterías ubicada en Rio de Janeiro Brasil.

Según un informe de la consultora McKinsey, para llevar a cabo la transición energética y la inclusión económica de la población brasileña durante la próxima década se necesitaría algo en torno al 10% del PIB nacional, unos 1,7 billones de dólares. Sin embargo, la mitad de este valor corresponde al crecimiento del sector productivo y a la innovación.

El almacenamiento de energía es un pilar fundamental para la transición energética y uno de los mayores desafíos en la lucha contra el cambio climático. Esto se debe a que la generación de energía limpia depende de las fluctuaciones provocadas por el viento, el sol y el agua, requiriendo apoyo para almacenarse y ofrecer mayor eficiencia y seguridad al sistema.

“Garantizar formas seguras de almacenamiento de energía es fundamental para garantizar un proceso de transición energética segura además de permitir el uso combinado de varias fuentes de energía renovables, como la solar, la eólica y la hídrica, por ejemplo”, explica Carlos Eduardo Ribas, director comercial de Lactec, uno de los mayores centros de investigación, tecnología e innovación de Brasil. “Con el almacenamiento en horas punta, la tendencia es que se produzca un cambio de tarifas, lo que se traducirá en un abaratamiento de la energía en el futuro”, afirma Ribas en una nota de prensa.

## **1.2. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS EN MÉXICO**

Hasta hace no mucho el pensar en independizarse de la red eléctrica del país era más complicado. La única manera, hasta ese momento, era el ofrecer un sistema de paneles solares aislado lo cual podría representar un riesgo para la salud de quienes viven en la casa ya que por el uso y con el paso del tiempo las baterías podrían despedir gases tóxicos.

Es por eso que un sistema de paneles solares aislado es más recomendable en lugares aislados y con espacio, por ejemplo: sistemas de riego para cultivos, hospitales rurales, escuelas rurales o bien, comunidades aisladas de la red eléctrica.

Sin embargo, todo esto ha quedado en el pasado. Han llegado a México las baterías de respaldo, especiales para sistemas de paneles solares híbridos. Estas baterías, a diferencia de las baterías para sistemas aislados, no representan ningún peligro para la salud ya que han sido diseñadas para almacenar la energía solar dentro del hogar.

Gracias a estas baterías podemos ofrecer a nuestros clientes un sistema de paneles solares híbrido, esto quiere decir que, aunque se vaya la luz por parte de la CFE, si cuentas con uno de estos sistemas no tendrás que preocuparte ya que podrás hacer uso de la energía almacenada en tu batería solar.

## **INTERSOLAR MÉXICO 2024 TENDRÁ COMPONENTE DE BATERÍAS Y ALMACENAMIENTO ELÉCTRICO**

**15/02/2024 REDACCIÓN**

La exposición más grande de baterías y sistemas de almacenamiento de energía eléctrica, EES (Electrical Energy Storage), se une a Intersolar Mexico 2024 con la exhibición especial EES Mexico, del 3 al 5 de septiembre en Centro Citibanamex de la Ciudad de México. Estos encuentros se realizarán en simultáneo con las ferias comerciales en energía, The GREEN Expo, Aquatech Mexico y Mexico WindPower.

En este sentido, la añadidura de EES, Mexico incluirá contenido educacional de vanguardia acerca de almacenamiento de energía eléctrica y baterías; el cual presentará las últimas tendencias en este rubro, de la mano de especialistas en la materia. Además, el piso de exposición dedicará un área exclusiva para las empresas de baterías y almacenamiento; con un pabellón dedicado donde también se integrará a la industria de la electromovilidad.

## **Bimbo Solar, nuevo sistema de autoabastecimiento de energía**

**02/02/2018 Editorial RSyS**

Bimbo Solar, nuevo sistema de autoabastecimiento de energía: Grupo Bimbo, empresa comprometida a trabajar en un camino sustentable por un mundo mejor al seguir invirtiendo en tecnología e innovación para reducir su huella ambiental, anunció el día de hoy la puesta en marcha de su Sistema de Autoabastecimiento “Bimbo Solar”, a través del cual integrará en una primera etapa 33 sistemas que generarán en conjunto 3.7 MW, lo que evitará la emisión de más de 2,500 toneladas de CO2 anualmente, equivalente a dejar de utilizar 3,115 barriles de petróleo o plantar 120 mil

árboles. Con la presencia del titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), Ing. Rafael Pacchiano, así como del Ing. Odón de Buen, Director General de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), del Dr. Marcelino Madrigal, Comisionado de la Comisión Reguladora de Energía (CRE), de la Mtra. Magaly Flores, Subdirectora de Negocios de Redes de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Ing. Julian Willenbrock, cofundador y Director General de Enlight, firma proveedora de paneles solares, Fernando Tovar, Director General de Engien México, el Lic. Daniel Servitje, Presidente y Director General de Grupo Bimbo y el Ing. Javier González Franco, Director General Adjunto de Grupo Bimbo, inauguraron el sistema instalado en el edificio corporativo ubicado en la Ciudad de México, que comprende 308 paneles solares, los cuales abastecerán el 20% de la energía que consume esta instalación tal y como se muestra en la figura 1.8.

Con la incorporación de esta tecnología en nuestras operaciones y en el edificio corporativo, en Grupo Bimbo estamos dando otro paso importante en nuestro firme compromiso con la sustentabilidad y el planeta”, aseguró Daniel Servitje, Presidente y Director General de Grupo Bimbo. Agregó que “todas las acciones suman y todos los esfuerzos cuentan para cuidar nuestro entorno. Debemos asegurar que el progreso del presente se dé protegiendo el patrimonio natural del futuro”.



Figura 1.8 Instalación de paneles solares con almacenamiento en baterías en un edificio corporativo de Grupo Bimbo en México.

Por su parte, Julian Willenbrock, cofundador y Director General de Enlight comentó: “acciones como ésta impulsan un cambio radical en la manera en la que consumimos y generamos energía en el planeta. Para Enlight es un honor ser parte de este cambio y nos entusiasma hacerlo de la mano de Grupo Bimbo, una empresa líder, comprometida con la mejora continua en sus operaciones, con el planeta y con la sociedad”. Esta iniciativa complementa la estrategia de energía renovable de la compañía, la cual está alineada a su visión y a su propósito de construir una empresa sustentable, altamente productiva y plenamente humana.

## CAPÍTULO II

### COMPONENTES DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA EN BATERÍAS

La producción de energía alrededor del mundo desde hace más de 100 años se produce principalmente por la quema de combustibles fósiles, en los que el carbón ha jugado un papel protagónico. El objetivo principal de cualquier sistema fotovoltaico es generar la mayor cantidad de energía posible a partir de la irradiación global en un momento dado. La cantidad de energía eléctrica generada por el módulo fotovoltaico en comparación con la energía de irradiación total disponible decide la eficiencia del sistema. En las últimas décadas, se han desarrollado, probado y mejorado muchas tecnologías diferentes. Esto se ha logrado gracias a medidas e incentivos de diversa índole aplicados para el fomento del desarrollo de energías renovables, aplicadas por varios gobiernos de todo el mundo tanto para sistemas domésticos como industriales. Es por eso que en esta sección se nos muestran los componentes que conforman a un sistema fotovoltaico interconectado a la red con la implementación de bancos de baterías para mejorar la eficiencia del sistema eléctrico.

#### 2.1. PANEL FOTOVOLTAICO

El elemento principal de una planta fotovoltaica es la celda fotovoltaica, misma que transforma la radiación solar en energía eléctrica de corriente continua, CC, a través del fenómeno fotoeléctrico. Las células fotovoltaicas usan dos tipos de semiconductores (Tipo P o Tipo N). Cuando los rayos de luz inciden sobre las células se generan pares de electrones (-) y protones (+), entrando en contacto con la superficie que se encuentre en los dos tipos de semiconductores. Los electrones son atraídos hacia el tipo-N mientras los protones van hacia el tipo P. La superficie permite el movimiento de las partículas en una sola dirección y al conectar los dos electrodos con los conductores se crea el movimiento de los electrones generando una corriente eléctrica como se muestra en la Figura 2.1.

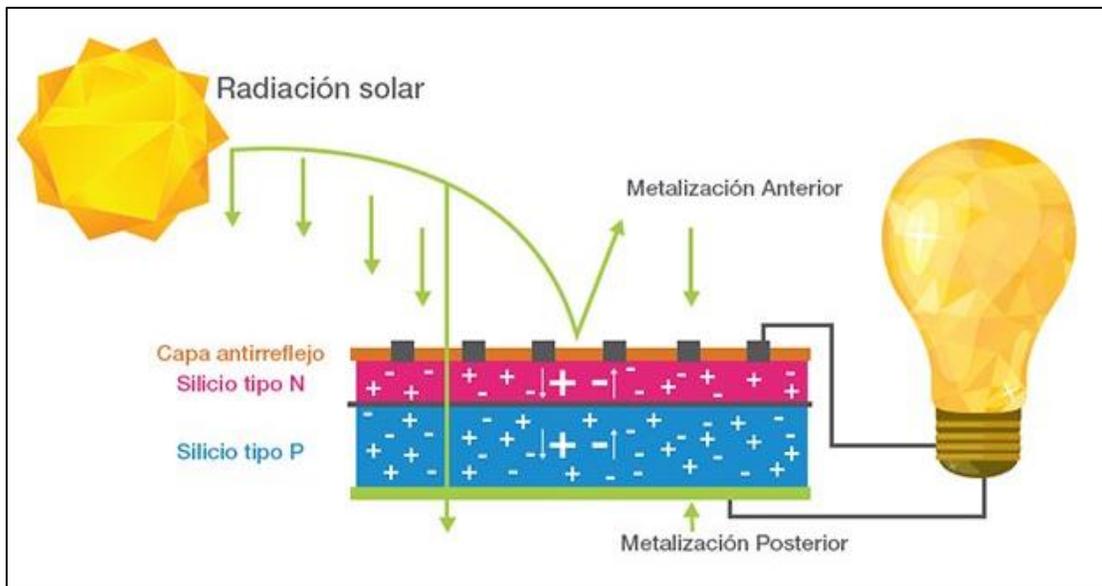


Figura 2.1 Comportamiento de una celda fotovoltaica.

Los paneles fotovoltaicos se clasifican en dos grupos dependiendo de los elementos que los constituyen o pueden ser cristalinos o de película delgada. Como se ha mencionado anteriormente el módulo fotovoltaico se crea por la conexión de varias celdas en serie y esto da el voltaje de salida del módulo fotovoltaico, Figura 2.2 los módulos fotovoltaicos son el elemento principal de un sistema fotovoltaico.

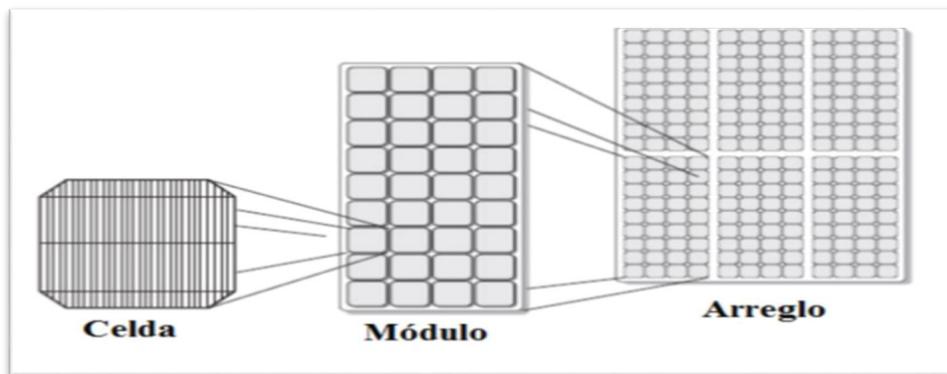


Figura 2.2 Ajuste de un arreglo fotovoltaico.

Los paneles se pueden clasificar en tres tipos en base a la estructura de silicio que componen la célula:

- **Monocrystalino:** Los módulos monocrystalinos tienen una mayor eficiencia y son fabricados usando un solo cristal cilíndrico de silicón. La complejidad de estos módulos hace que estos sean más costosos que la de los otros tipos.
- **Policristalino:** Los módulos policristalinos tienen una menor eficiencia que los otros tipos, sin embargo, estos son más baratos que los monocrystalinos por lo que son ampliamente utilizados para proyectos de baja potencia.
- **Amorfas:** Los módulos amorfos presentan una eficiencia intermedia, una de las principales características de estos módulos es su alto grado de flexibilidad, por los que se lo conoce como módulos de capa fina.

Las clasificaciones más comerciales son estas y se muestran su clasificación en la figura 2.3.



Figura 2.3 Tipos de paneles solares.

### 2.1.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA CELDA FOTOVOLTAICA

Cuando la luz proveniente del sol incide sobre un material semiconductor, los fotones de dicha luz son capaces de transmitir energía a los electrones de valencia del material, rompiendo los enlaces que mantiene ligados a los átomos de éste. Por cada enlace roto queda un electrón libre y éste a su vez deja un hueco en su posición.

Ambos pueden desplazarse libremente por el sólido, así quedan las cargas negativas (electrones) y los huecos que se comportan como cargas iguales a las del electrón, pero con polaridad positiva. El movimiento de estas cargas en direcciones opuestas provoca la circulación de electricidad a través del circuito exterior como se muestra en la figura 2.4 y liberando así la energía antes cedida por los fotones al crear los pares electrón-hueco. Para que tanto los electrones como los huecos permanezcan separados y no vuelvan a establecer el enlace se utiliza un campo eléctrico, obligándolas a girar en el sentido de dicho campo.

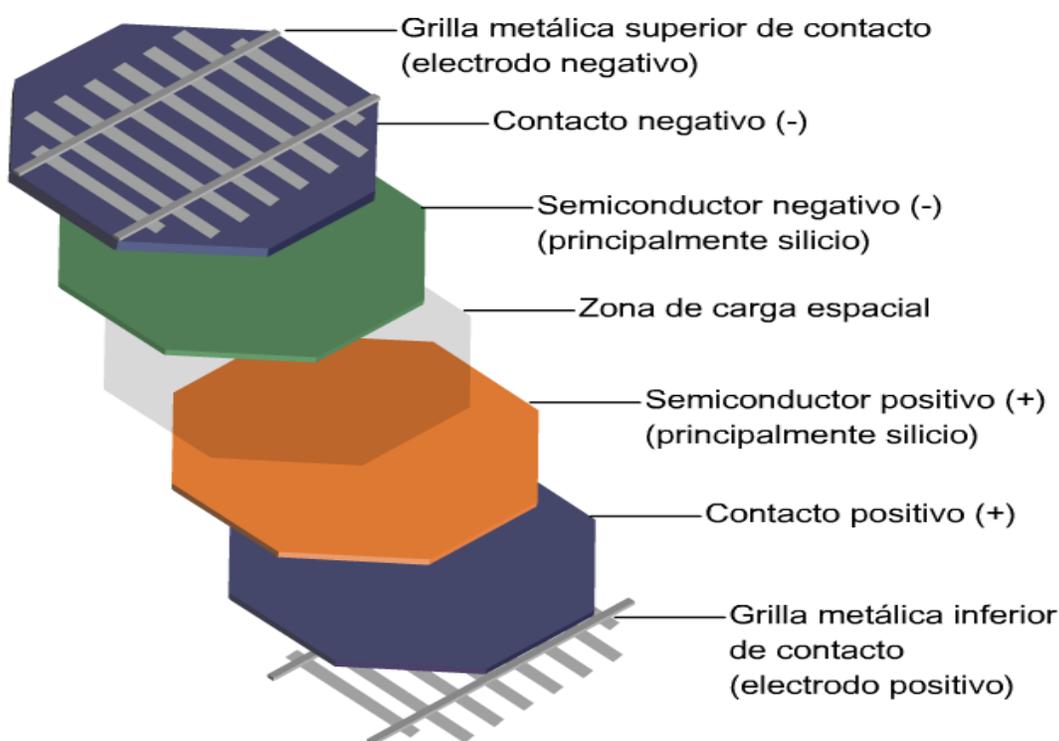


Figura 2.4 Partes que conforman una celda fotovoltaica

### 2.3. CONTROLADOR DE CARGA MPPT (power point tracking)

El seguimiento del punto óptimo de potencia o más conocido por sus siglas en inglés como *maximum power point tracking*, MPPT, es un algoritmo aplicado a un convertidor DC/DC, que permite que el sistema fotovoltaico funcione con la potencia óptima dependiendo de las condiciones de radiación y temperatura del panel en base al valor

de la tensión. De tal forma el mismo puede actuar como controlador de carga si el sistema fotovoltaico se encuentra conectado a baterías como se observa en la figura 2.5.

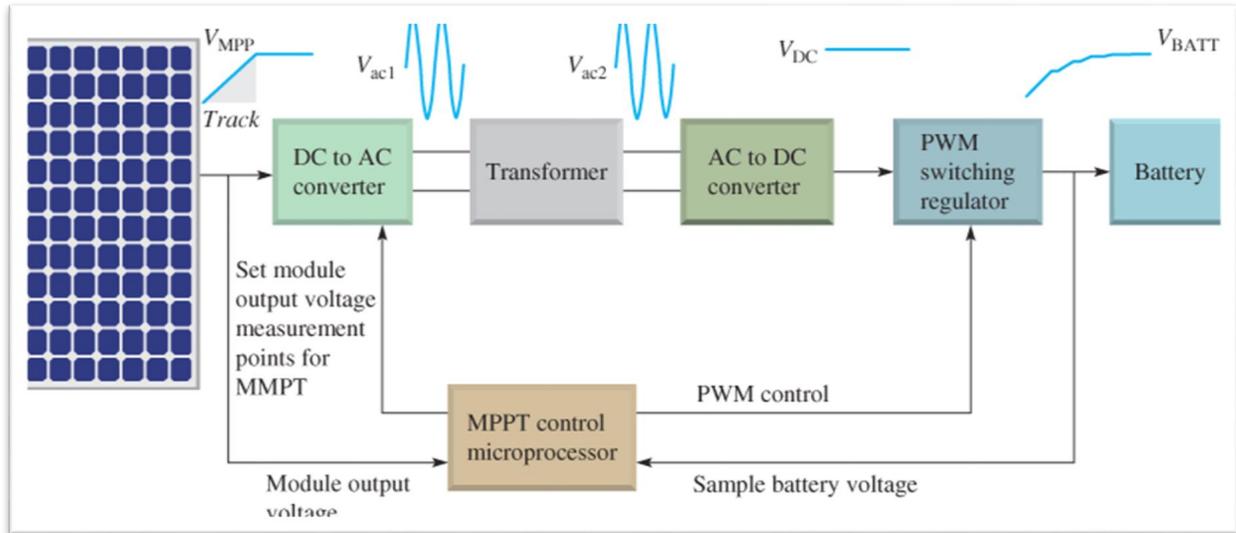


Figura 2.5 Funcionamiento del controlador de carga MPPT.

El controlador adopta la tecnología de seguimiento de máxima para lograr el rastreo de la energía máxima del panel solar, de modo que puede encontrar con rapidez y precisión el punto de máxima potencia de la batería solar, adquirir la energía máxima del panel solar y mejorar significativamente la eficiencia y rendimiento del sistema. Se aplica ampliamente a los sistemas solares fotovoltaicos fuera de línea para gestionar el panel solar y la batería de almacenamiento en funcionamiento, el controlador es el componente de control principal del sistema fotovoltaico fuera de línea ya que al interior del controlador posee una sólida función electrónica de detección de fallos y protección para evitar los daños en los componentes del producto causados por errores de instalación y fallos del sistema.

### 2.3. INVERSOR

El inversor es el encargado de transformar la potencia eléctrica de corriente continua, CC en corriente alterna, AC, y viceversa en caso de ser necesario. El inversor es un

dispositivo que permite adaptar el voltaje de salida de la planta fotovoltaica al voltaje de la red eléctrica AC. La gran evolución de los semiconductores de potencia, así como las nuevas y eficientes técnicas de conmutadores multinivel presentados en estos últimos años, han hecho que estos equipos puedan integrar controladores que antes estaban separados, permitiendo que estos módulos sean más compactos. En la actualidad están compuestos por reguladores de carga para la batería, controlador de seguimiento MPPT, controladores de grupos electrógenos, protecciones de sobre corriente y sobre tensión entre otros que hace de estos cada vez sistemas con una mayor eficiencia.



Figura 2.6 Inversores puestos en funcionamiento.

## 2.4. MEDIDOR BIDIRECCIONAL

Este equipo permite medir el flujo de potencia en dos sentidos, es decir, permite medir la energía inyectada hacia la red y la energía consumida desde la red [95]. La inclusión de estos equipos permite tener medición del sistema de generación. Esto ha permitido

incorporar varios beneficios al consumidor, ya que este posee la información necesaria para la gestión de energía, EMS, y el desarrollo de estrategias y mecanismos para la compra y venta de energía impulsando el desarrollo de una red eléctrica inteligente.



Figura 2.7 Medidor bidireccional trifásico para sistemas fotovoltaicos.

## 2.5. SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA BASADOS EN BATERÍAS (BESS).

En las baterías, las reacciones químicas son utilizadas para convertir la energía eléctrica en energía química para cargar la batería y viceversa para descargarla. Existen varios tipos de sustancias que se usa en la fabricación de las baterías, las mismas que provocan características específicas como: densidad de las baterías, capacidad de almacenamiento, número de ciclos de descarga y los costos de fabricación y operación. Los, BESS, son ideales para reducir los picos por su rápido tiempo de respuesta, bajas pérdidas en modo de espera y alta eficiencia energética de hasta el 95 %. El tiempo de construcción de un BESS se encuentra entre los más cortos en comparación con otras tecnologías de almacenamiento, por lo general dentro de los 12 meses. El BESS no solo brinda flexibilidad de combustible y beneficios ambientales, sino que también ofrece algunos beneficios operativos importantes para la empresa de servicios públicos de electricidad, como regulación de voltaje, control de frecuencia, sistema de alimentación ininterrumpida, UPS, reservas rotativas, etc. A

diferencia de los sistemas de almacenamiento mencionados los BESS presentan varias aplicaciones las que se pueden observar en la, Figura 2.8.

Suministro eléctrico	Sevicios Auxiliares	Red Electrica	Consumidor Final	Integración Renovables	Apliaciones Industriales
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Time shifting</li> <li>• Capacidad de suministro de energía</li> <li>• Reduccion de consumo en lineas cargadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segimeitno de la cara</li> <li>• Capacidad de Reserva</li> <li>• Soporte en tensión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo al ssistema de transporte</li> <li>• Mayor vida util del sistema de distribución</li> <li>• Alivio de congestión</li> <li>• Potencia en subestaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ahorro</li> <li>• Gestión de la Demanda</li> <li>• Sistema de Automatización de Energía, SAE</li> <li>• Calidada de potencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduccion de la incertidumbre energías renovables</li> <li>• Time shifting</li> <li>• Capacidad de almacenameitno de energía</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funete de poder interrumpible, UPS</li> <li>• Control de Voltaje y Potencia Reactiva</li> </ul>

Figura 2.8 Diferentes aplicaciones de los sistemas de almacenamiento en baterías.

### 2.5.1. CAPACIDAD DE LAS BATERÍAS

Se denomina tamaño de las baterías a la potencia nominal y la energía máxima que se puede almacenar en una batería. El tamaño de la energía de la batería se define como la velocidad a la que almacena la energía la batería en la carga y la descarga de forma continua. En un funcionamiento normal las baterías poseen la misma capacidad para la carga y descarga de la batería, sin embargo, en ciertos periodos la potencia de descarga puede ser superior a la nominal en situaciones de contingencia [108]. Usualmente la tasa de carga y descarga en la mayoría de las tecnologías es diferente. El tamaño de la energía de batería representa la cantidad máxima de energía que puede almacenar la batería durante un tiempo determinado, y se expresan en kWh o MWh, estas también se pueden representar en Ah cuando se supone un voltaje a través del almacenamiento de energía que no es fijo.

La relación entre la capacidad de la energía y la potencia nominal para una determinada tecnología de almacenamiento de energía se conoce como relación E/P y se define de la siguiente manera, con la siguiente ecuación.

$$\frac{E}{P} = \frac{\text{Capacidad de la energia}}{\text{Potencia de la carga}}$$

### 2.5.2. CICLO DE CARGA Y DESCARGA

El ciclo de carga y descarga se refiere a la cantidad de carga añadida o extraída de la batería por unidad de tiempo y se mide en amperios, aunque la tasa de carga y descarga también se define en términos de las horas que tarda en cargar y descargar]. El tiempo de carga o descarga, es la duración máxima durante la cual se carga o descarga la batería a potencia nominal y se expresa con la ecuación.

$$\text{Capacidad o descarga} = \frac{\text{Capacidad disponible}}{\text{Potencia Nominal}}$$

Sin embargo, mientras que el tiempo de descarga depende de la capacidad de energía disponible o la profundidad de descarga conocida por su acrónimo en inglés como el dept of discharge DOD, la relación de E/P considera la capacidad de energía total. Es decir, si se permite que el almacenamiento de energía utilice su capacidad total, entonces el tiempo de descarga es igual a la relación E/P; de lo contrario, el tiempo de descarga siempre es menor que la relación E/P.

### 2.5.3. VIDA ÚTIL DE LAS BATERÍAS

La gran mayoría de tecnologías de almacenamiento sufren una degradación que afecta su rendimiento haciendo que se reduzca la vida útil de la batería. El límite de descarga máxima de la batería se expresa mediante el DOD de la batería en %. El nivel de energía disponible en la batería se conoce como, "state of charge", SOC, y se expresa en kWh. El DOD se define con la ecuación.

$$DOD = \frac{\text{Capacidad} - \text{Estado minimo de carga}}{\text{Capacidad de la bateria}} \times 100$$

### **2.5.4. PORCENTAJE DE CARGA DE LA BATERÍA, SOC**

El estado de carga de la batería se refiere al porcentaje de energía almacenada en la batería con respecto a la capacidad nominal de la misma. Este es el parámetro principal que revela la energía actual almacenada en la batería y es básicamente lo opuesto del DOD.

### **2.5.5. EFICIENCIA DE LA BATERÍA**

La eficiencia de la batería se puede calcular de dos formas: la eficiencia “coulombic” y la eficiencia de voltaje. La eficiencia de “Columbic” es la relación entre la cantidad de carga que ingresa a la batería cuando la misma se está cargando y la cantidad de carga que se puede extraer de las baterías cuando esta se está descargando. La eficiencia de voltaje es la diferencia entre el voltaje de descarga y carga.

### **2.5.6. EL RENDIMIENTO DE LAS BATERÍAS**

La pérdida de energía por la carga y descarga desde y hacia la red se representa como la eficiencia de ida y vuelta. Esta pérdida se define como la cantidad de energía que se puede descargar desde el almacenamiento para una cantidad determinada de energía cargada en porcentaje, y se calcula con la siguiente ecuación.

$$\frac{\text{Energía recuperada}}{\text{Entrada de Energía}} \times 100$$

En la tabla 2.1, se describen aplicaciones y características de algunas de las tecnologías de almacenamiento.

Tabla 2.1 Ventajas y ventajas de los sistemas de almacenamiento con baterías.

<b>Tipo de Almacenamiento</b>	<b>Potencia (MW)</b>	<b>Capacidad (MWh)</b>	<b>Densidad de Energía (Kwh/m3)</b>	<b>Eficiencia (%)</b>	<b>Vida útil (Ciclos)</b>
Batería de Litio	0.0001-0.1	0,25-25	300	85-100	1000-4500
Batería de Azufre de sodio	1-50	<300	150-250	75-900	2500
Batería de Plomo-ácido	0-40	0.25-50	20	70-90	500-1000
Batería de Flujo de redox	0.03-7	<10	10-30	75-85	12000

### 2.5.7. CLASIFICACIÓN DE LAS BATERÍAS

El reto por el desarrollo de la capacidad de almacenamiento de energía durante largos periodos de tiempo ha permitido que varios elementos químicos se prueben con la finalidad de optimizar las características de las baterías. Sin embargo, el costo de las baterías en la actualidad sigue siendo elevado y esto se le suma degradación en el tiempo de vida de las baterías lo que incrementa el costo de su operación. Así mismo, la demanda en la mano de obra para realizar un reciclaje adecuado de las mismas cuando cumplen su vida útil son factores que se encuentran sobre la mesa de discusión. Sin embargo, en el informe de LAZARD de 2021, mismo que se encarga de publicar análisis de costo nivelado anual de energía y costo nivelado de almacenamiento se presentan datos muy prometedores en el desarrollo de varias tecnologías de almacenamiento consiguiendo una vida útil de proyectos de hasta 20 años en sistemas industriales y comerciales con PV+Storage con capacidad de hasta 0,5 MW, con un costo de energía de 0,23 a 0,34 \$/kWh en sistemas eléctricos no subsidiados lo que permite ver un gran avance en los valores competitivos de los sistemas de almacenamiento con fuentes renovables de energía solar. En la siguiente tabla 2.2, se describe un breve resumen de los principales tipos de baterías usadas en la actualidad.

Tabla 2.2. Principales características de los tipos de baterías

<b>Tipo de Batería</b>	<b>Composición</b>	<b>Aplicaciones</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Baterías de Plomo Ácido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Celdas de plomo, con un electrolito de ácido sulfúrico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de energía solar fotovoltaico</li> <li>• Sector automovilístico</li> <li>• Industria</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo</li> <li>• Versatilidad de tamaños</li> <li>• Tasa de descarga de 5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vida útil corta entre 500-100 ciclos</li> <li>• No resiste descarga profunda</li> <li>• No permite carga rápida</li> </ul>
Batería de Níquel Cadmio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un par de electrodos de hidróxido de níquel, un electrodo negativo de metal de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Industria</li> <li>• Equipos electrónicos</li> <li>• Móviles</li> <li>• Ordenadores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo efecto de memoria</li> <li>• Alta resistencia de temperaturas extremas</li> <li>• Permite descargas profundas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo elevado</li> <li>• Especial cuidado en el proceso de reciclaje</li> </ul>
Batería de Níquel-hidruro metálico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Óxido de níquel-Hidróxido de potasio y un ánodo de hidruro de metal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dispositivos electrónicos</li> <li>• Vehículos híbridos</li> <li>• Propulsión eléctrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad elevada de almacenar y descargar energía</li> <li>• Vida útil muy larga</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costo Elevado</li> </ul>
Batería de Ion-Litio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ánodo de grafito y el cátodo puede ser de óxido de litio fosfato, de litio cobalto u óxido de litio de manganeso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Almacenamiento de energía de la red eléctrica</li> <li>• Gestión de la demanda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de almacenamiento de hasta 5 veces mayor que otras tecnologías</li> <li>• No posee efecto de memoria</li> <li>• Tasa de descarga inferior a 10%</li> <li>• Soporta cargas y descargas rápidas</li> <li>• Ciclos de carga y descarga de hasta 4500 ciclos completos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos por unidad de energía elevados</li> <li>• Altas tasas de envejecimiento a altas temperaturas</li> </ul>

### 2.5.8. CARGA Y DESCARGA DE LAS BATERÍAS

Para garantizar una vida útil y un funcionamiento adecuado de la batería se debe hacer uso de un sistema de gestión de la batería, que permite gestionar de forma adecuada

la carga y descarga de las celdas. Un sistema que administre las baterías de forma adecuada es de especial importancia en las baterías de tipo de iones de litio ya que son muy propensas a daños cuando no son usadas de manera adecuada. Estas celdas tienen una gran sensibilidad de sobrecargas y de bajos niveles de carga en las baterías. La principal función de los sistemas de gestión de batería es monitorear y estimar el estado de carga de las baterías para evitar una operación insegura maximizando el rendimiento de estas.

El sistema de gestión de carga se encarga del control y la administración del voltaje de la batería a cada una de las celdas, esto quiere decir que el sistema de gestión de carga se encarga de lograr un equilibrio entre todas las celdas de la batería. Con la finalidad de maximizar la capacidad de la batería y reducir la tensión de las celdas el sistema de gestión debe utilizar los patrones de carga y descarga para mantener el equilibrio de las celdas en las baterías. El mantener el correcto funcionamiento de la batería permite obtener un envejecimiento similar en cada una de las celdas de la batería incrementando la vida útil de la misma.

### **2.5.9. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMOS CON BATERÍA O TIPO ISLA.**

Los sistemas fotovoltaicos, así como, los sistemas de almacenamiento de energía en baterías son fuentes de alimentación de corriente continua, DC, y se pueden acoplar mediante electrónica de potencia a un bus DC o mediante equipos de electrónica de potencia independientes a un bus de corriente alterna, AC. Sistemas fotovoltaicos con almacenamiento en baterías acoplamiento en DC. En los sistemas acoplados en DC, el sistema fotovoltaico y el BESS están conectados a un bus DC mediante un convertidor de DC/DC, el cual se conecta a un inversor DC/AC que alimenta a la carga en AC, como en la figura 2.11.

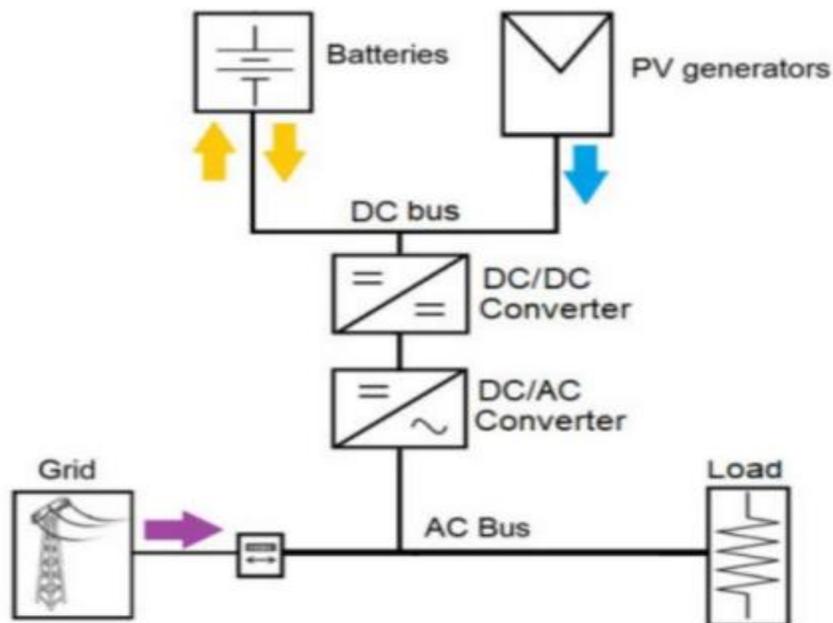


Figura 2.11 Sistema de batería acoplada a un BUS DC.

Una de las principales ventajas de estos sistemas es el potencial de reducción de costos de los componentes ya que solo se necesita un inversor completo y uno o dos convertidores DC en base a su diseño. Así mismo la potencia del inversor está limitada por las características del inversor. Una de las desventajas de este tipo de acople es que no se puede actualizar los sistemas fotovoltaicos y de almacenamiento sin reemplazar la electrónica de potencia.

### 2.5.9.1. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS AUTÓNOMO ACOPLADO A UN SISTEMA INTERCONECTA A LA RED.

En este tipo de configuración los sistemas de generación fotovoltaico y los BEES están conectados a una red AC mediante dos inversores separados. Una de las ventajas de este sistema es que permite realizar una instalación solar fotovoltaica sin almacenamiento y posteriormente incorporar una, debido a que estos sistemas son independientes, Figura 2.12. Esto hace que el tamaño del BESS no dependa del sistema fotovoltaico. Cabe mencionar que un gran número de fabricantes ha

desarrollado inversores híbridos multimodal que permiten la gestión de carga de las baterías desde un sistema fotovoltaico o de la red dependiendo de la necesidad

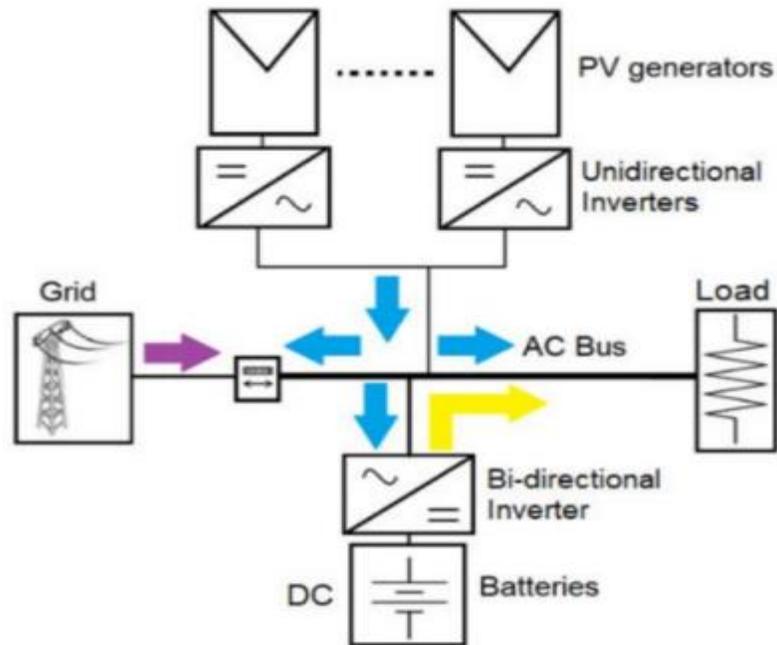


Figura 2.12 Sistema de batería fotovoltaica acoplada a un BUS AC

## CAPÍTULO III

### ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO EN LOS SISTEMAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Un sistema de almacenamiento de energía en un SEE (Sistema de Energía Eléctrica) como el que se muestra en la figura 3.1, puede ser definido como cualquier instalación o método, sujeto a un control independiente, en el que se puede almacenar energía generada, y reutilizarla cuando sea necesario.

Los sistemas de almacenamiento de energía pueden ser utilizados por una o varias de las siguientes razones:

- Mejorar la eficiencia de operación de un sistema
- Reducir la utilización de combustible primario
- Carencia de suficiente energía disponible
- Como fuente de energía de seguridad



Figura 3.1. Sistema de almacenamiento de energía solar.

### **3.1. ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

En los sistemas de almacenamiento de energía se pueden observar tres tipos de regímenes de trabajo;

- Carga
- Almacenamiento
- Descarga

En cada uno de estos regímenes se debe de mantener un balance de potencia y energía en el SEE, por lo que el sistema de almacenamiento de energía debe de tener la suficiente; capacidad de respuesta dinámica, potencia y capacidad energética. La duración de cada régimen, su tiempo de conmutación y eficiencia de almacenamiento están sujetos a los requerimientos del SEE.

### **3.2. DIFERENTES APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO**

Un incremento masivo en la generación con energías renovables, la electrificación de los sectores de calefacción, producción de frío y climatización en las viviendas, y la integración del vehículo eléctrico están acelerando la necesidad de soluciones eficientes, confiables y económicas de sistemas de almacenamiento de energía. Para poder llevar a cabo una transición sostenible, se necesita de algo más que energías renovables, ya que por sí solas no son capaces de cubrir la demanda eléctrica actual. Por este y otros motivos, los sistemas de almacenamiento de energía se vuelven imprescindibles en las redes del futuro.

Estos sistemas permiten la integración completa de las energías renovables, aprovechar la diferencia horaria entre generación y demanda energética, restando importancia a conceptos como punta o valle, solventar los problemas de las energías renovables de intermitencia e inestabilidad, dar una mayor seguridad y flexibilidad a

las redes eléctricas y conseguir reducir la volatilidad de los precios de la energía. Además, serán un pilar fundamental de la generación distribuida, permitiendo así descentralizar y descarbonizar la generación, de una vez por todas, permitiendo generar cerca de los puntos de consumo. Con todo lo comentado, ni que decir queda que se reduciría la emisión de gases de efecto invernadero, ayudando así, a frenar el cambio climático. Estos sistemas se clasifican como en base a la manera en que se almacena la energía como se muestra en la figura 3.2.

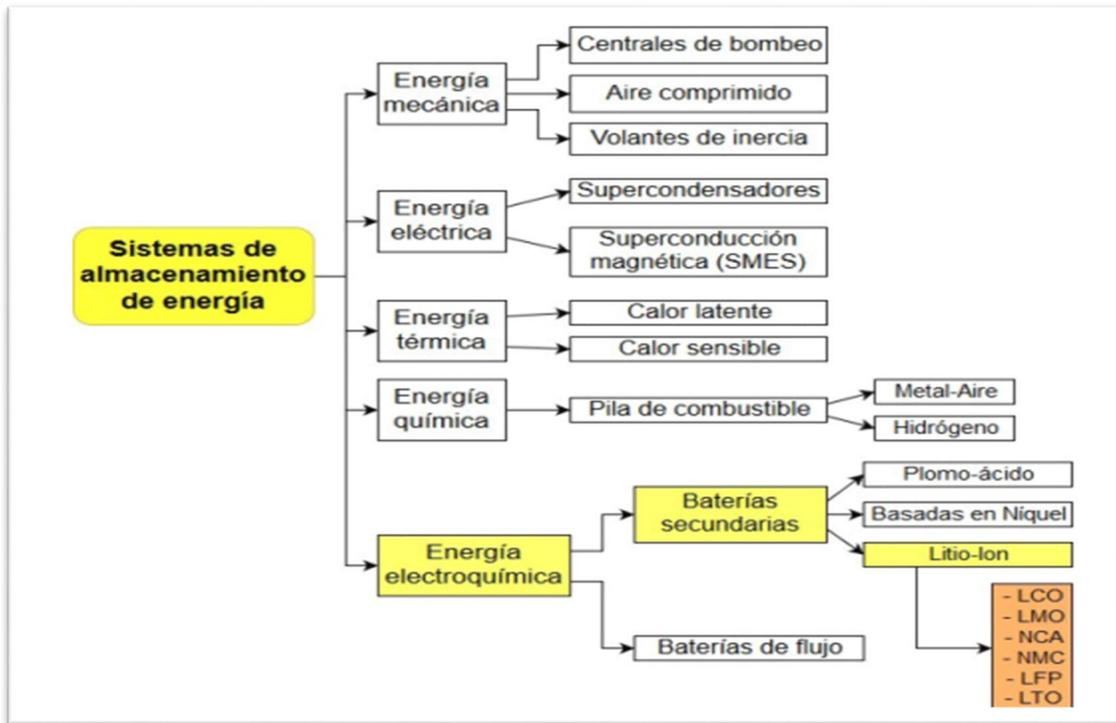


Figura 3.2 Clasificación de los ESS acorde a la forma en la que se almacena la energía.

### 3.3. CLASIFICACIÓN DE LAS APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

La energía eléctrica no la podemos almacenar como tal, y para esto es necesario transformarla en otros tipos de energía como mecánica o energía química y es por

esto que para el sistema eléctrico los sistemas de almacenamiento aportan valor en todo y cada uno de los eslabones de la cadena de suministros.

Los sistemas de almacenamiento de energía se dividen en: almacenamiento a gran escala que se emplean en lugares donde se trabaja con escalas de GW, el almacenamiento en redes y en activos de generación donde se trabaja con escalas de MW, y, por último, almacenamiento a nivel de usuario final que se emplea a nivel residencial y se trabaja con kW, las formas de acumular energía y las principales tecnologías que permiten transformar y acumular energía de manera eficiente son las siguientes:

### **1. CENTRALES DE BOMBEO HIDROELÉCTRICO:**

Este es el sistema de almacenamiento a gran escala más eficiente que está en funcionamiento. Se considera una tecnología rentable y aprobada que nos proporciona estabilidad en el sistema eléctrico y puede generar grandes cantidades de energía limpia, con tiempos de respuesta rápido.

### **2. AIRE COMPRIMIDO:**

Es considerado un sistema de almacenamiento mecánico, porque es una instalación que cuenta con un motor reversible y cuando existen momentos de exceso de energía, almacena el aire ambiente a altas presiones en tanques bajo tierra.

### **3. ALMACENAMIENTO TÉRMICO:**

Consiste en acumular energía en materiales que permiten retenerla y liberarla de manera controlada, con métodos que incluyen desde la refrigeración mediante acumulación de hielo o hasta la exposición a temperaturas extremadamente elevadas.

### **4. SUPERCONDENSADORES:**

Este es un dispositivo capaz de almacenar grandes cantidades de energía eléctrica en forma de cargas electrostáticas, por lo que no existen reacciones químicas en ningún momento. Estos pueden ser cargados y descargados en cuestión de segundos, siendo

así ideales para responder a necesidades de puntas de potencia o a breves interrupciones del suministro de energía.

## **5. BOBINAS SUPERCONDUCTORAS**

Una opción para el futuro como medio de almacenamiento de energía son las bobinas superconductoras, debido a su elevada eficiencia. La energía eléctrica en los periodos valle es convertida en corriente continua y almacenada en las bobinas superconductoras. Son mantenidas a la temperatura adecuada por un sistema de refrigeración diseñado para mantener las propiedades superconductoras de los materiales que componen la bobina. La energía almacenada es proporcional al cuadrado de la intensidad que atraviesa la bobina. La bobina superconductora almacena y descarga con una eficiencia del 98 %.

## **6. VOLANTES DE INERCIA**

Son un sistema de almacenamiento mecánico porque consisten básicamente en un disco metálico que comienza a rotar cuando se le aplica un par motor para consiguientemente intentar frenar el volante con un par resistente conservando la energía eléctrica en forma cinética.

## **7. PILAS DE COMBUSTIBLE DE HIDRÓGENO**

En los últimos años ha aparecido la tendencia a la utilización del hidrógeno como un combustible no productor de CO<sub>2</sub>. Su mayor aplicación para el futuro radica básicamente en los vehículos eléctricos y en la combustible. El hidrógeno puede ser producido mediante la electrólisis del agua, utilizando el excedente energético en los periodos valle del día, como la energía procedente de fuentes renovables. La eficiencia del ciclo completo de las plantas de almacenamiento de hidrógeno está entre el 60 % y el 85 %.

## 8. BATERÍAS

Una batería es un dispositivo que almacena la energía en compuestos químicos que son capaces de generar carga eléctrica. Existen una multitud de tipos de estas como lo son baterías de plomo-ácido, las de ion de litio, o las de níquel-cadmio.

Las principales ventajas de estas son su rapidez de respuesta, su facilidad de instalación y escalabilidad, finalmente sus múltiples beneficios que pueden aportar a activos renovables a los que estén asociadas. Las baterías de litio son consideradas el futuro del almacenamiento de energía ya que en el sector de las energías renovables se ha visto la solución al problema del almacenamiento de la energía generada, ya que el litio cuenta con un elevado potencial de electroquímicos que pueden acumular grandes cantidades de energía dotadas de un reducido peso y una alta eficiencia, su precio elevado es uno de los factores que hasta ahora han alejado a estas baterías de convertirse la principal tecnología de almacenamiento.

Para escoger la batería, se analiza las características técnicas que poseen, como son: profundidad de descarga, ciclado, vida útil, madurez de la tecnología, etc. A continuación, se describe las características principales de una batería.

**RENDIMIENTO:** Es la relación entre la energía que se extrae de la batería y la energía que ingresa en la misma. Se debe a las pérdidas en la batería durante la carga y descarga, especialmente por efectos caloríficos.

**PROFUNDIDAD DE DESCARGA:** Es el valor en porcentaje de la energía que se puede sacar de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Por ejemplo, si tenemos una batería de 100Ah y la sometemos a una descarga de 20Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

**CICLOS DE CARGA/DESCARGA:** Es la cantidad de veces que se puede cargar y descargar una batería en su vida útil. Si la descarga es profunda el número de ciclos se reduce, por tanto, su vida útil disminuye.

Para la presente aplicación, la batería debe ser capaz de sostener corrientes moderadas, durante varias horas. Además, debe permanecer activa sin recibir carga alguna (horario nocturno). Debe ser capaz de trabajar sin períodos de reposo, ya que está siendo cargada o descargada a lo largo del día; y también, debe ser de ciclo profundo.

En una central fotovoltaica, un sistema de gestión o manejo de baterías (SGB), no solo monitorea y controla los parámetros clave durante su carga y descarga (voltaje, corriente, temperatura) para la protección y vigilancia de las baterías; sino que también abarca los procesos para mantener el sistema de almacenamiento listo para suministrar alimentación completa cuando sea necesario, y las técnicas para prolongar su vida útil. Hay tres objetivos principales en un sistema de gestión de la batería:

- a) Proteger la batería contra daños
- b) Prolongar la vida útil de la batería
- c) Mantener la batería preparada para cumplir con los requisitos funcionales de la demanda.

Las funciones de los SGB son:

**PROTECCIÓN DE LA BATERÍA:** Esta función sirve para evitar que la batería salga de las condiciones de tolerancia de funcionamiento. En la práctica, el SGB debe proporcionar la protección completa para cubrir cualquier eventualidad. Si la batería está trabajando fuera de sus límites de diseño especificados, se podrá producir algún fallo.

**CONTROL DE CARGA:** La mayoría de los daños en las baterías se deben a la carga inadecuada. Gestión de la demanda: Se refiere a la aplicación en la que se utiliza la batería. Su objetivo es reducir al mínimo el consumo de corriente de la batería mediante el diseño de técnicas de ahorro de energía y así prolongar el tiempo entre carga y carga de la batería.

**ESTADO DE CARGA:** Puede proporcionar al usuario una indicación de la capacidad restante en la batería, o puede ser útil para asegurar el buen manejo del proceso de carga en un circuito de control. Estado de funcionamiento: Mide la capacidad de una batería para obtener en su salida, su energía nominal. Es un indicador para conocer si se necesitan acciones de mantenimiento.

**EQUILIBRIO DE CARGA (BATERÍAS MULTI-CELDA):** Esta función es útil cuando se producen pequeñas diferencias de tensión entre las celdas, debido a tolerancias de producción o las condiciones de operación. Estas tensiones tienden a magnificarse con cada ciclo de carga/descarga. El equilibrio de las celdas mediante la nivelación de la carga en toda la serie, extiende la vida útil de la batería.

**SISTEMAS DE COMUNICACIÓN:** La mayoría de los SGB incorporan algún tipo de comunicación entre la batería y el cargador. Algunos tienen enlaces a otros sistemas de interfaz con la batería para su seguimiento. También se necesitan interfaces para permitir al usuario el acceso a la batería, para la modificación de los parámetros de control o para el diagnóstico y prueba.

La vida se puede ampliar mediante el uso de un sistema de carga inteligente que facilite las comunicaciones entre la batería y el cargador. Además, si se conoce la información de la batería, se podrá determinar el perfil de carga óptima.

Los tipos del SGB son diferentes de acuerdo a los requerimientos de cada planta respecto de sus baterías, por ejemplo: En plantas de estado espera, se mantienen conectadas las baterías, aun cuando se completa la carga (punto flotante); o en plantas de emergencia, las baterías se cargan de período en periodo, pues trabajan de vez en cuando.

Para el presente proyecto es necesario que el SGB trabaje con frecuencia, al menos con un ciclo de carga/descarga por día. La función necesaria para cumplir el cometido es conocer el estado de carga de las baterías para poder utilizarlas. Para esto, el SGB debe tener las funciones estado de funcionamiento y estado de carga.

También es necesario un sistema de control automático, donde la batería suministre información acerca de su condición actual de carga, al SGB. Este comparará dicha condición con la deseada y genera una señal que se usará para realizar las acciones de control necesarias, de modo que el sistema regrese al punto de carga deseado.

### **3.4. REPERCUSIONES DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA**

Existen diversos trabajos en los que se analizan las repercusiones de los sistemas de almacenamiento de energía en los Sistemas de Energía Eléctrica. A continuación, se enumera brevemente algunas de ellas.

1. En muchos casos son una alternativa más económica que la construcción de nuevas líneas de transporte, distribución y sistemas de generación.
2. Pueden reducir los costes de operación, permitiendo suministrar energía eléctrica económica a los Sistemas de Energía Eléctrica.
3. Permiten la entrada de las energías renovables en los sistemas de energía eléctrica, además de colaborar en la adecuadamente con los objetivos marcados en referencia a las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente.
4. Son sistemas efectivos que gestionan la energía en los SEE. Disminuyéndose de esta manera la capacidad y los costos de instalación de los generadores distribuidos.
5. El resultado del almacenamiento de energía a gran escala puede tener un profundo efecto estratégico a escala industrial y permitiría un considerable aumento de sostenibilidad en la generación de energía.
6. En diversos emplazamientos localizados en áreas rurales, lejos de grandes líneas de transporte de energía eléctrica, se podría aumentar la explotación de las energías renovables mediante el uso de distintos métodos de almacenamiento de energía. Sin tener que realizar un aumento considerable en la capacidad de las líneas existentes, medida no siempre deseada debido a inconvenientes técnicos y de impacto ambiental.

### 3.5. MODELO DE LOS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Cualquier modelo de sistema de almacenamiento de energía, dentro de un sistema de energía eléctrica (SEE), comprende los siguientes elementos;

- Sistema de almacenamiento de energía(SA)
- Convertidor de potencia (CP)
- Sistema de control de carga y descarga (SCCD).

Un sistema de almacenamiento puede ser definido desde el punto de vista de un sistema de potencia por su capacidad energética  $E_a$ , la cantidad de energía almacenable. **Otro parámetro a tener en cuenta, en estos sistemas, es la potencia máxima de trabajo ( $P_a$ ).**

El convertidor de potencia puede ser definido por la potencia o capacidad de carga  $P_c$  y por la potencia o capacidad de descarga  $P_d$ . Siendo la potencia máxima de trabajo del sistema de almacenamiento,  $P_a$ , igual al valor máximo entre  $P_c$  y  $P_d$ .

$$P_a = \max \{P_c, P_d\}$$

El sistema de control de carga y descarga está diseñado normalmente por sistemas digitales. Estos sistemas poseen implementados los algoritmos de control, que serán al fin y al cabo los responsables de tomar las decisiones de actuación en función de la información recibida de las variables medidas del sistema. Cuando se incluye un sistema de almacenamiento en un sistema de energía eléctrica, éste tiene que trabajar tanto en los regímenes estables, como en los variables. La condición anterior se establece debido a la función principal del sistema de almacenamiento, que no es otra que la de igualar la demanda de energía a la oferta de energía en los sistemas de energía eléctrica, por medio de la carga y la descarga de energía del sistema de almacenamiento. En cualquiera de estos regímenes, los balances de energía y

potencia, en el nodo común con el sistema de energía eléctrica, deben de seguir la siguiente ecuación:

$$P_{gen} - P_{dem} + P_a = 0$$

donde  $P_{gen}$  = potencia generada por una fuente del SEE.

$P_{dem}$  = potencia consumida por la demanda existente en el SEE.

$P_a$  = potencia procedente del SA.

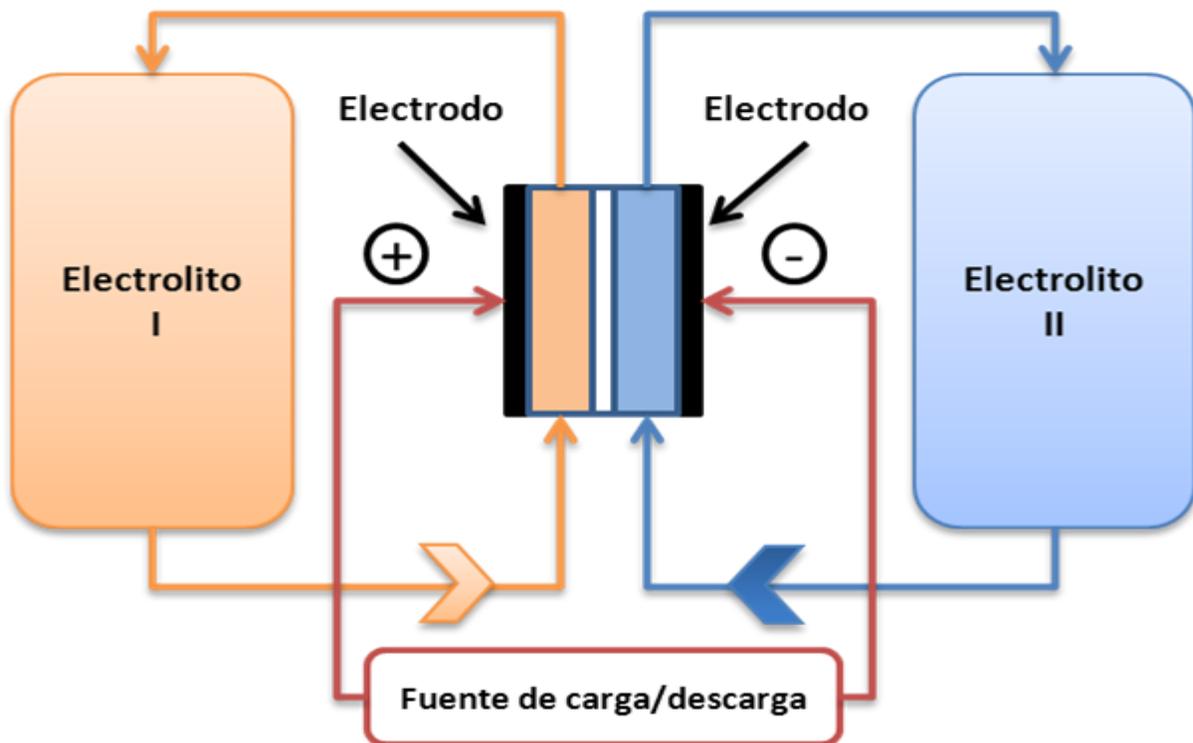


Figura 3.3. Representación esquemática del almacenamiento de energía

### 3.6. RESPALDO DE ENERGÍA

En caso de apagones o cortes del sistema, el banco de baterías puede utilizarse para proporcionar energía de respaldo al usuario final, manteniendo la continuidad del suministro y evitando detener la producción o los servicios ofrecidos. La frecuencia de los cortes depende de la confiabilidad de la red. Sin embargo, para ciertos procesos o servicios críticos es vital contar con energía de respaldo que tradicionalmente se proporciona mediante generadores diésel. En algunos casos, por ejemplo, en la

industria, este respaldo puede ayudar a terminar el proceso de producción y apagar las máquinas correctamente para evitar que se pierda el producto o se produzcan daños en a las mismas. En otros casos, el respaldo debe cubrir toda la duración de la interrupción, como es el caso de los hospitales.

## **CAPÍTULO IV.**

### **MÉTODOS QUE SE UTILIZAN PARA REALIZAR LA GESTIÓN DE LA ENERGÍA**

La gestión de la energía puede definirse como el uso adecuado de la energía, para lograr los objetivos previstos. La gestión de la energía ha sido un punto importante y atractivo de interés para los investigadores durante muchas décadas. Se han planteado muchas preocupaciones debido a la demanda de energía en constante aumento. Para mitigar la demanda máxima de energía, generalmente se utilizan plantas de energía de pequeña capacidad, como las plantas de energía de gas. Los generadores a diésel también se utilizan mucho para satisfacer la demanda máxima en sistemas de energía aislados. Sin embargo, este tipo de plantas de energía posee altos costos de operación y mantenimiento. Dado que las plantas de punta o de reserva funcionan sólo durante las horas de carga máxima, también se utilizan plantas viejas y poco eficientes para hacer frente a la demanda máxima. La gestión de la demanda conduce a una mejora importante en el consumo de energía eléctrica para los consumidores comerciales e industriales. Una buena auditoría energética puede identificar las pérdidas de energía, así como los costos ligados a la inversión para la mejora de la red, sin embargo, una auditoría energética se centra en una vista momentánea de la situación y no representa a la operación de todo el año. Para una visión continua y actualizada, las empresas deben recurrir al monitoreo de energía y la gestión de energía estructural. Como todos ya sabemos, en la mayoría de los edificios comerciales e industriales, el consumo de energía de la carga varía a lo largo de la jornada laboral, con picos y caídas importantes por consiguiente esto también genera un costo ya que actualmente la energía consumida por el sector industrial está

sujeta a tarifas horarias, divididos entre horarios fuera de punta y el horario de punta, este último siendo el horario con el costo más elevado en cuanto al precio de la energía se refiere esto debido a la gran demanda de consumo energético que se presenta en este horario, que está comprendido de entre las 18:00 y las 22:00 horas según la tarifa GDMTH.

#### 4.1. PEAK SHAVING

En términos sencillos el **Peak Shaving** se refiere a la nivelación de los picos de consumo de electricidad reduciendo así la cantidad de energía comprada a las empresas de distribución eléctrica durante las horas de mayor demanda de energía (horas punta), tal y como podemos observar en la figura 4.1.



Figura 4.1 Aplicación del Peak Shaving con sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.

Con el Peak Shaving el consumidor reduce el consumo de energía (load shedding) rápidamente y así evita un pico de consumo durante un breve periodo del día, esto es posible activando un sistema de generación distribuida o a través de un sistema de almacenamiento de energía con baterías.

La reducción de picos se refiere generalmente a la nivelación de los picos de consumo de electricidad por parte de los consumidores industriales y comerciales. Como ya sabemos la compañía eléctrica CFE, controla el consumo de energía en intervalos de tiempo fijos cada 15 minutos. La media de cuanta electricidad se consume y a qué ritmo es en kW. De hecho, para los grandes usuarios como las instalaciones de fabricación y distribución la factura consta de dos partes:

- El consumo de energía: esto corresponde a las cargas de energía primaria por la cantidad total de electricidad utilizada a lo largo del periodo de facturación (la cantidad total de electricidad utilizada se mide en kWh).
- Cargos a la demanda: los cargos a la demanda miden el ritmo de consumo de energía esto quiere decir que la compañía eléctrica cobra a sus clientes una cantidad de dinero específica por cada kW de demanda que se haya producido en el mes del cobro. Esto es al punto más alto de consumo de kW del mes en que se hace el cobro.

En términos prácticos el Peak Shaving es el proceso de reducción de la cantidad de energía comprada o perfil de ahorro de las empresas de servicios públicos durante las horas de mayor demanda de energía para reducir los cargos por demanda máxima y ahorrar. Es decir que, en la reducción de picos, el parámetro dominante para el dimensionamiento del banco de baterías (BESS), es la cantidad de demanda que se quiere reducir, ya que éste determinará el potencial de ahorro. Para hallarlo, se sugieren los siguientes pasos, que se muestran en la Figura 4.1.

1. Determinar, con el perfil de consumo, la demanda máxima. Ésta se denominará demanda máxima original.
2. Determinar una demanda máxima que se desee alcanzar. Ésta se denominará demanda máxima deseada.
3. Calcular la diferencia entre la demanda máxima original y la demanda máxima deseada. Éste será el parámetro de potencia mínima requerida de la batería.

4. Con la consideración de tasa C de 1, calcular la capacidad energética correspondiente.
5. Con el perfil de consumo, calcular el área entre la demanda del perfil de consumo y la demanda máxima deseada para todo el periodo donde se rebase la demanda máxima deseada. Esta será la energía mínima requerida o la capacidad necesaria de la batería.
6. Con la consideración de tasa C de 1, calcular la capacidad de potencia correspondiente.
7. Si se comparan las capacidades determinadas en los puntos 4 y 5, la que sea mayor será la dimensión energética del BESS y la potencia correspondiente.
8. Aunque la potencia de la batería será la determinada en el punto 7, el inversor puede ser dimensionado según el punto 3.
9. En caso de tener perfiles con más de un pico de demanda, se pueden sumar las diferentes áreas determinadas en el punto 5.

Para encontrar la demanda máxima deseada, se puede utilizar una estrategia de optimización. Dicha estrategia dimensionará el BESS ponderando los ahorros por reducir el costo de demanda con el CAPEX y OPEX del BESS.

Una consideración importante al determinar la demanda máxima deseada es que el BESS debe cargarse antes de ser requerido y que se debe sumar la energía de carga al perfil de consumo. Al hacer este cambio debe mantenerse la restricción de la demanda máxima deseada. Sin embargo, para las tarifas GDMTH, DIST y DIT, esta consideración se puede relajar pues sólo se considera la demanda máxima medida en periodos punta.

### **4.1.1. ESTRATEGIA DE REDUCCIÓN DE PICOS CON ENERGÍA SOLAR Y BANCO DE BATERÍAS (BESS).**

Para algunas industrias y el buen funcionamiento de su producción, cambiar el perfil de carga puede ser difícil. Sin embargo, una empresa puede proporcionar su propia energía suplementaria para evitar los picos de carga.

La energía adicional podría proceder de fuentes alternativas, como un sistema de almacenamiento de energía, de este modo se crea un suministro de energía limitado en el tiempo procedente de las instalaciones de almacenamiento de electricidad dentro de la red de la empresa que absorbe la carga máxima adicional.

El concepto básico de esta estrategia es sencillo:

- Con el almacenamiento las baterías se cargan al menor precio durante el horario base (el horario base es el horario con el menor precio de la tarifa GDMTH).
- Por consiguiente, las baterías se descargan para evitar pagar los precios máximos durante las horas más caras del día.

Esta estrategia permite ahorrar en las facturas de electricidad a tres niveles diferentes

- Evitando penalizaciones por exceso de demanda de energía en el horario punta
- Negociar con la empresa eléctrica la nueva demanda máxima, que será inferior a la anterior
- Descargar la batería con la electricidad comprada a la tarifa más baja

Además, la reducción de picos con baterías no es algo que se deba gestionar activamente. Con un sistema de gestión de la demanda bien configurado, el sistema de almacenamiento de energía puede ser regulado de forma automáticamente para cargar la batería sin intervención humana.

## 4.2. TIME SHIFTING

El concepto “**Time Shifting**” ha existido desde hace décadas, pero ha generado mayor relevancia con la creciente popularidad de los sistemas de generación de energías renovables y el almacenamiento de energía.

En el contexto de generación de energía renovable, el Time Shifting ha cobrado especial importancia debido a la variable y a veces impredecible producción de energía de fuentes como el sol o el viento. Al almacenar la energía en momentos de escasez y reducir la dependencia de la red eléctrica como se ejemplifica en la figura 4.2. Esta técnica busca optimizar el uso de la energía excedente y utilizarla en momentos de mayor demanda. Esto aumenta la eficiencia energética, reduce la cantidad de energía desperdiciada y aumenta la autonomía del sistema. Se utiliza en aplicaciones como sistemas solares, sistemas de generación de energía renovable y almacenamiento de energía. Utilizando la energía producida de manera más eficiente, y reduciendo los costos de electricidad.

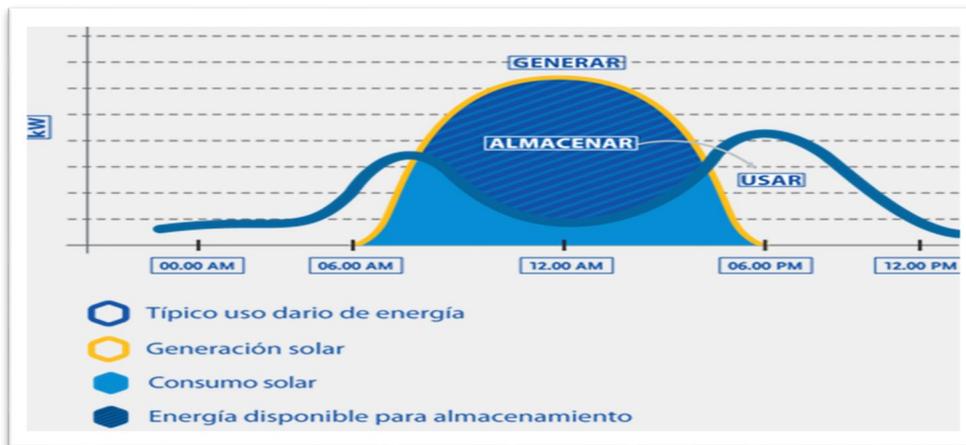


Figura 4.2 Aplicación del Time Shifting con sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.

Al aplicarlo a tarifas mexicanas tomamos en cuenta que el horario punta suele ser el momento del día en el que se registra el mayor consumo de energía y, por lo tanto, el momento en que se generan los precios más elevados de la electricidad.

Con el Time Shifting, se puede reducir la cantidad de energía que se compra en el mercado durante el horario punta y aumentar la eficiencia energética al utilizar la energía almacenada.

Para aplicar este método en horario punta, se necesita de dos cosas como son:

- Un sistema de generación de energía renovable
- Un sistema de almacenamiento de energía.

La energía generada se almacena en las baterías y se utiliza durante el horario punta en lugar de comprar energía del mercado.

Las razones por la que es muy importante tomar en cuenta que el Time Shifting en horario punta un comercio son:

- Es una solución eficaz para reducir los costos de electricidad
- Mejorar la eficiencia energética
- Es un proceso de evaluación detallada de los patrones de consumo de energía y los costos.

### **4.3. AUMENTO DE AUTOCONSUMO SOLAR**

Este servicio está disponible específicamente para sistemas híbridos, es decir, un banco de baterías vinculado a un sistema de generación. El sistema almacenará el exceso de energía solar fotovoltaica durante los periodos en los que la demanda sea inferior a la generación fotovoltaica y la entregará en los periodos en los que la demanda sea superior a la generación solar fotovoltaica, aumentando el autoconsumo local y proporcionando un ahorro en la factura de energía.

En México para la Generación Distribuida, el exceso de generación puede ser:

- Inyectado a la red bajo un esquema de medición neta: la energía inyectada a la red se valora por kWh, independientemente del precio durante el día. Por tanto, la red funciona como un tipo de batería en sí misma.
- Inyectado a la red bajo un esquema de facturación neta: la energía inyectada se valora a un precio determinado. Si este precio es superior al de los kWh comprados a la red, se obtiene un beneficio. En cambio, si el precio es inferior, la energía producida pierde valor.
- Vertida: en este caso la energía no se inyecta a la red, por lo que el exceso de energía no se valoriza.

Para los casos en los que el exceso de energía pierde valor, facturación neta y energía vertida, un BESS podría proveer un caso de negocio. Como se muestra en la Figura 4.3, el BESS se carga durante las horas en las que la generación es mayor que el consumo y se descarga cuando la generación es menor que el consumo.

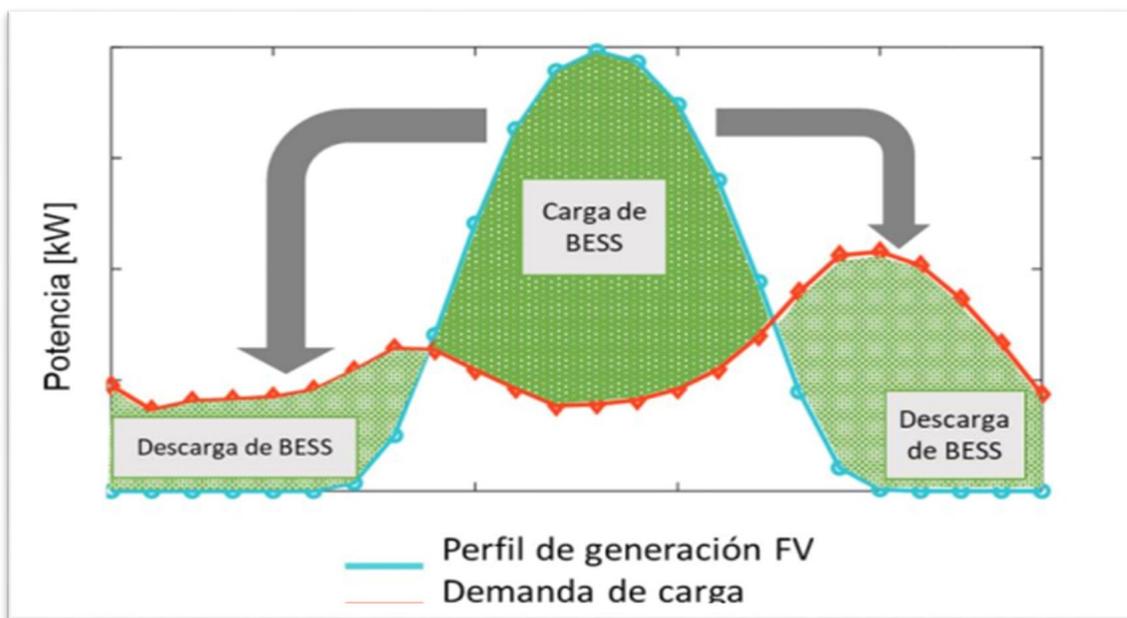


Figura 4.3 Carga del BESS en función de la energía fotovoltaica y la carga.

#### 4.4. GRUPOS ELECTRÓGENOS

Están destinados a una gran variedad de empleos, desempeñando la función de proveedor de energía de reserva, suplementaria o de emergencia, para diversas

instalaciones de servicios auxiliares (esenciales y no esenciales), alumbrado de emergencia (de seguridad, de escape o de reserva), bancos, estadios deportivos, plantas industriales, hospitales como se muestra en la figura 4.4. Como así también en viviendas rurales aisladas de la red pública de suministro eléctrico. Estas instalaciones presentan una diversidad de exigencias en cuanto a la escala de las potencias involucradas, a la curva de carga, al retardo admisible en la incorporación del suministro, a la duración del mismo y a su confiabilidad; dando lugar a una gran cantidad de modelos que combinan múltiples tecnologías.



Figura 4.4 Grupo electrógeno instalado como fuente auxiliar en un hospital

Los grupos electrógenos básicamente están formados por un conjunto integrado en los que contiene:

- Un motor térmico primario (turbina de gas, motor Otto o Diésel)
- Un generador eléctrico (generalmente de corriente alterna) acoplado al eje del mismo

Y los correspondientes elementos auxiliares y sistemas complementarios, como:

- Indicadores de estado
- Tableros de maniobra
- Tanques

- Radiadores
- Circuitos de lubricación
- Combustible
- Agua
- Aire comprimido
- Cargadores de baterías
- Equipos de control de tensión y frecuencia
- Automatismos de transferencia
- Protecciones contra sobrecargas, cortocircuitos, etcétera.

En los grupos más modernos, también disponen de:

- Microprocesadores
- Rutinas de autodiagnóstico
- Sistemas de comunicación de datos
- Contactos libres de tensión

Todo esto último mencionado brinda una mayor flexibilidad operativa y permite realizar un control remoto del grupo. La potencia nominal del grupo electrógeno a seleccionar resulta de la suma de las potencias absorbidas por los receptores a alimentar durante la falta de energía de red, multiplicada por un factor de simultaneidad y previendo un futuro aumento del consumo. Según sea el consumo total de las cargas y la extensión geográfica de la instalación, los grupos electrógenos pueden elegirse para entregar energía en baja o media tensión, con o sin transformador intermedio.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DEL COBRO DE LA TARIFA DE GRAN DEMANDA EN MEDIA TENSION HORARIA

La tarifa GDMTH son las siglas especificadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para designar a la Tarifa de Gran Demanda en Media Tensión Horaria. Con esta tarifa significa que el usuario debe tener un demanda igual o mayor a 100 kW, que recibe la electricidad a una tensión de 1 a 35 kV, y que tiene tres diferentes periodos en el día para consumir la energía eléctrica, que son: periodo base, periodo medio y periodo punta, los cuales tienen precios diferentes. Común mente la tarifa GDMTH aplica a residencias grandes o que requieran telemedición, comercios (centros comerciales o plazas) y por ultimo a industrias.

Esta tarifa aplica siempre y cuando la demanda contratada sea mayor a 100kW. Se le denomina tarifa horaria porque es referente al hecho de que las que hace la compañía suministradora se hacen respetando ciertos periodos de tiempo como se observa en la figura 5.1, estos pueden variar dependiendo de:

- Horario (verano e invierno),
- Día de la semana (lunes a viernes, sábado, domingo, o día festivo).
- Región del país, determinada por el suministrador de este servicio.



Figura 5.1. Periodos comunes de la tarifa GDMTH en la zona central del país

En la figura 5.1 podemos observar los horarios determinan el precio de la energía consumida a ciertas horas del día.

Lo anterior lo podemos ver desglosado en el recibo eléctrico del inmueble en cuestión el que se observa en la figura 5.2, donde se mide tanto la energía consumida como la demanda en cada uno de los periodos de tiempo previamente establecidos.

<b>TARIFA:</b> GDMTH	<b>NO. MEDIDOR:</b>	<b>MULTIPLICADOR:</b> 160	<b>FECHA LÍMITE DE PAGO:</b> 12 DIC 21
<b>CARGA CONECTADA kW:</b> 162	<b>DEMANDA CONTRATADA kW:</b> 162	<b>CORTE A PARTIR:</b> 13 DIC 21	

Concepto	Consumo		Precio (MXN)	Subtotal (MXN)
	Medida ●	Estimada ●		
kWh base	x		2,382	
kWh intermedia			13,039	
kWh punta			1,225	
kW base			15	
kW intermedia			92	
kW punta			24	
kWMax			92	
kVArh			4,558	
Factor de potencia %			96.45	

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)

Figura 5.2 Ejemplos de cargos por energía y demanda en los periodos base, intermedio y punta.

### 5.1. PRINCIPALES COBROS DE ENERGÍA

Como ya se mencionó, el consumo de energía en kWh es el principal cargo que tienen los usuarios de esta tarifa. En el periodo base, de 00:00 a 06:00, cada kWh tiene un precio, este el más bajo, mientras que el periodo inter medio, de 06:00 a 20:00 tiene un precio ligeramente mayor. Finalmente, el último periodo, que va de las 20:00 a las 22:00, cada kWh tiene un precio diferente a los dos anteriores, siendo este el más caro de los tres.

Con esto sabemos que los precios de cada kWh son distintos dependiendo del horario en que se consumieron debido a que generalmente las casa habitación y los usuarios domésticos consumen más energía en el periodo de 20:00 a 22:00. Por lo tanto, como medida para no saturar las redes eléctricas, a los usuarios industriales se les asigno un precio más elevado a esas horas, para que eviten consumir energía en dichos momentos del día, reduciendo así el esfuerzo de las plantas generadoras.

### 5.1.1. CAPACIDAD Y DISTRIBUCIÓN

Estos dos conceptos, dependen directamente de las demandas máximas de la instalación. Ya que la demanda máxima es el consumo de potencia más alto en un periodo determinado, la cual se mide cada 15 minutos. Estos se miden en kW, y dependen de la medición en demanda máxima, los cargo que dependen de los kWh están asociados al consumo de energía, como se podrá apreciar en la figura 5.3.

kW punta	24			
kWMax	92			
kVArh	4,558			
Factor de potencia %	96.45			

Costos de la energía en el Mercado Eléctrico Mayorista					Desglose del importe a pagar	
Concepto	\$	\$/kW	\$/kWh	Importe (MXN)	Concepto	Importe (MXN)
Suministro	543.65	0	0	543.65	Cargo Fijo <sup>a</sup>	543.65
Distribución	0	3820.79	0	3820.79	Energía	40,837.00
Transmisión	0	0	2891.4	2891.4	2% Baja Tensión <sup>a</sup>	827.61
CENACE	0	0	139.83	139.83	Bonificación Factor de Potencia <sup>a</sup>	717.54
Generación B	0	0	2149.76	2149.76	Subtotal	41,490.72
Generación I	0	0	21314.85	21314.85	IVA 16%	6,638.51
Generación P	0	0	2258.53	2258.53	Facturación del Periodo	48,129.23
Capacidad	0	8165.28	0	8165.28	Adeudo Anterior	59,287.11
SCnMEM(*)	0	0	96.56	96.56	Su Pago	59,287.00-
<b>Total</b>	<b>543.65</b>	<b>11,986.07</b>	<b>28,850.93</b>	<b>41,380.65</b>	<b>Total</b>	<b>\$48,129.34</b>

Figura 5.3 Cargos por distribución y capacidad.

En este caso una forma muy eficiente de ahorrar en la facturación de esta tarifa sin reducir consumos es reduciendo dos conceptos:

- La demanda máxima mensual

- La demanda máxima en horas punta

Lo anterior se debe a que, según las fórmulas mostradas en la figura 5.4, que usa la compañía para realizar el cobro de la factura, el cargo por capacidad depende de la máxima en el periodo punta y el cargo por distribución depende de la demanda máxima mensual.

$$\min \left\{ D_{\max_{\text{punta}}}, \left[ \frac{Q_{\text{mensual}}}{24 * d * F.C.} \right] \right\}$$

$$\min \left\{ D_{\max_{\text{punta}}}, \left[ \frac{Q_{\text{mensual}}}{24 * d * F.C.} \right] \right\}$$

Figura 5.4 Fórmulas para calcular capacidad y demanda máxima.

Los que se ve en las ecuaciones, es la metodología de cálculo para determinar lo que el usuario va a pagar en cuanto a capacidad y distribución, se selecciona el valor menor entre la demanda máxima medida y el resultado de la otra parte de la ecuación donde:

- $Q_{\text{mensual}}$ , es la suma de los kWh consumidos en todos los periodos en dicho lapso de facturación.
- $d$ , son los días del periodo de facturación los cuales normalmente son 30 o 31
- $F.C$ , es el factor de carga asignado para la tarifa, el cual en este caso es de 0.57

### 5.1.2. MEDICIÓN EN BAJA TENSIÓN

La media tensión de energía y demanda, no considera las posibles pérdidas que hay en el transformador de la subestación, al estar en baja tensión o bien las pérdidas que hay en el cableado que va al transformador al medidor, por lo que se cobra un 2% adicional que se aplica al importe total.

### **5.1.3. FACTOR DE POTENCIA**

Como es muy bien sabido, un bajo factor de potencia se penaliza, mientras que se recompensa el hecho de que una instalación tenga un buen factor de potencia. Dichas bonificaciones o penalizaciones, dependen de si el factor de potencia es mayor o menor al 90%.

### **5.1.4. CARGO FIJO**

Siempre se cobra al usuario un cargo fijo, el cual, aunque no se consuma energía, se cobra por el hecho de tener la disponibilidad de la energía en todo momento.

## **5.2. TARIFA GDMTH Y LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS**

Se ha demostrado que la energía solar fotovoltaica puede generar grandes cantidades de energía a lo largo de un día, por lo que la limitante más común en este tipo de proyectos, es el espacio disponible por el usuario. Esto puede llegar a solventarse en un futuro con los avances en cuanto a la eficiencia de los módulos, permitiendo generar más potencia conservando la misma área de ocupación.

Adicionalmente es necesario hacer un análisis económico y técnico para asegurarse de que la energía que se va a generar abatirá los costos del recibo en la proporción deseada, ya que el sistema fotovoltaico generará energía mayormente en el periodo intermedio. Afortunadamente, la regulación actual nos permite identificar esas áreas de oportunidad y resolverlas aplicando la ingeniería. Como en el caso de este proyecto que se agregan un sistema de almacenamiento de energía para poder aprovechar al 100% la instalación de un sistema fotovoltaico.

## CAPÍTULO VI

### PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El uso de baterías se ha convertido en una de las formas más efectivas de ayudar a la integración de energías renovables en la red eléctrica, a través de dos tipos de aplicaciones: desfase energético y estabilización de capacidad, como se muestra en la figura 6.1.

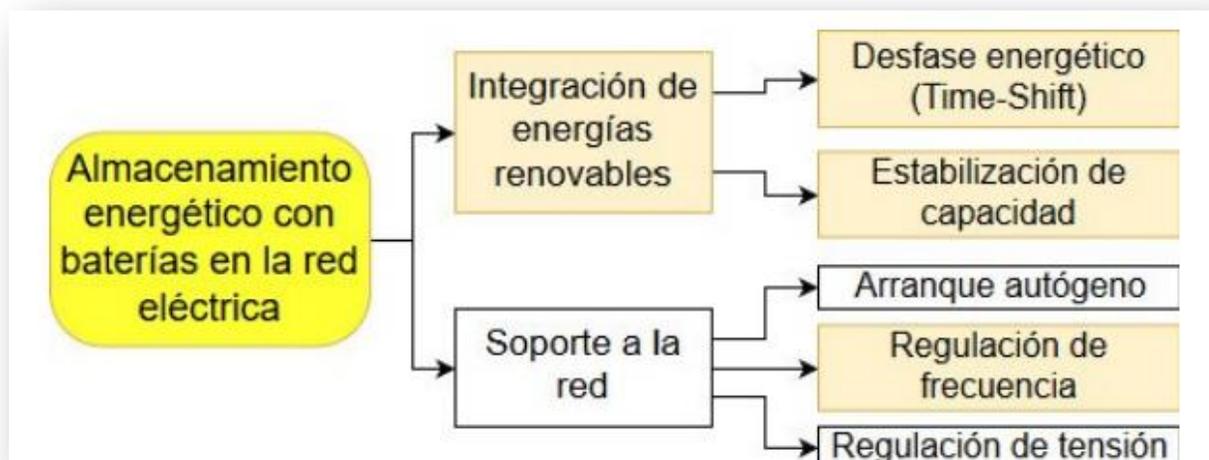


Figura 6.1 Clasificación de las aplicaciones de los sistemas de almacenamiento energético en la red eléctrica.

El desfase energético consiste en almacenar energía cuando la demanda es menor que la generación y suministrar energía a la red cuando hay una demanda alta. Por otro lado, la función de las baterías en sistemas de energía renovable es estabilizar (uniformizar) su capacidad de aportar energía a la red, reduciendo el problema de la intermitencia en la generación. Ambas aplicaciones requieren niveles de potencia relativamente bajos y el tiempo de respuesta no es crítico, por lo que el esfuerzo a nivel de celda en el sistema de baterías no es particularmente elevado.

## 6.1. CRITERIOS PARA SELECCIÓN DE BANCO DE BATERÍAS

Es muy importante seleccionar el correcto sistema de banco de baterías en relación con el tipo de instalación. A partir de todas las características que hemos ido mencionando de cada una de las tecnologías de acumulación de energía, nos podemos dar cuenta que contar con un sistema de respaldo de energía es fundamental para cualquier empresa que quiera proteger sus equipos y minimizar los costos asociados a cortes o bajones de energía. Un sistema de respaldo eléctrico también ayuda a mantener la continuidad de la producción en caso de fallos en la red eléctrica, lo que puede ser especialmente importante en sectores críticos como la salud o la seguridad. Elegir el sistema de respaldo de energía adecuado es crucial para cualquier empresa que busque proteger sus equipos y mantener la continuidad de sus operaciones. Para hacerlo de manera efectiva, es necesario tener en cuenta algunos aspectos clave. Antes de pasar a seleccionar los sistemas de almacenamiento, debemos tener en cuenta que hay unos datos previos que debemos obtener para dimensionar y caracterizar nuestra instalación para poder comenzar con el análisis y la selección del banco de baterías.

Para obtener las variables de evaluación de modulo técnico se tienen que realizar las siguientes actividades.

- Análisis y determinación del perfil de la demanda.
- Dimensionado del sistema de generación fotovoltaica con sistema de almacenamiento basado en banco de baterías.
- Optimización del sistema de generación fotovoltaica con sistema de almacenamiento basado en banco de baterías.

## 6.2. DIMENSIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

El tamaño de una batería se compone de la potencia máxima necesaria, así como de la cantidad de energía que debe almacenarse. Por consiguiente, la determinación de estos dos parámetros dependerá de la aplicación correspondiente.

Para cada una hay que tener diferentes consideraciones y existen distintas estrategias de dimensionamiento.

Los siguientes conceptos ayudan a determinar el procedimiento correcto:

- Es un sistema autónomo o híbrido
- Cuál es el perfil del consumidor por hora
- Cuáles son los precios históricos, para el consumidor
- Tiene el consumidor una tarifa fija
- Cuál es la estructura de esa tarifa

Los principales resultados que hay que obtener con estas preguntas y un posterior análisis son:

- Perfil de la generación.
- Perfil de consumo con demanda máxima y energía media diaria identificada.
- Perfil y previsión de precios.

Con esta información, se pueden analizar los diferentes casos de uso para determinar si es económicamente viable tener un BESS para ese perfil en particular.

Además de la aplicación específica, hay que tener en cuenta los siguientes factores para dimensionar la batería:

- Eficiencia de carga.
- Eficiencia de descarga.

- Pérdidas del convertidor de potencia.
- Profundidad de descarga de la batería.
- Degradación.
- Margen de seguridad.
- 

Este proyecto se centra en su mayor parte a las baterías de ion-litio, ya que son la tecnología dominante para las aplicaciones comerciales e industriales. Para este tipo de baterías, es común considerar una tasa C de 1.

### 6.2.1. PARÁMETROS IDENTIFICADOS

Los parámetros son necesarios, para proporcionar las características específicas que son válidas, para todos los diferentes casos y los principales parámetros son:

- **CONSUMO DE CARGA POR HORA.** Los valores de la carga durante todo el año.
- **GENERACIÓN FOTOVOLTAICA HORARIA.** Los valores de la generación fotovoltaica durante todo el año.
- **VALORES DE LA TARIFA HORARIA.** Los valores de la tarifa en cada hora de un año.
- **DOD.** La característica técnica específica de la tecnología BESS considerada. También puede utilizarse un promedio para diferentes tecnologías. Normalmente se indica en %.
- **EFICIENCIA.** La característica técnica específica de la tecnología BESS considerada. También puede utilizarse un promedio de diferentes tecnologías. La eficiencia puede darse como eficiencia de ida y vuelta, o como dos parámetros: eficiencia de carga y de descarga. Sin embargo, las eficiencias de ida y vuelta suelen considerar los procesos de conversión AC/DC/AC.
- **DEGRADACIÓN.** Este parámetro técnico es específico de cada sistema, aunque también se encuentran valores en la literatura. Generalmente se da por número de ciclos, por lo que es necesario suponer el número de ciclos por año

para determinar el tiempo de vida de un proyecto y la necesidad de reemplazo del paquete de batería.

- **CRECIMIENTO PREVISTO DEL CONSUMIDOR.** Este parámetro da información sobre cuánto se espera que crezca el consumidor en el tiempo de ejecución del proyecto. Puede ser un crecimiento total o un crecimiento específico para la energía y otro para la potencia.
- **INFLACIÓN.** Aumento generalizado de los precios de los bienes y servicios en un país determinado. Se aplica a los costos y ahorros anuales. Las tarifas tienden a incrementarse año con año al menos a este valor.
- **TASA DE DESCUENTO.** Tasa a la que se descuentan los valores financieros para poder comparar diferentes flujos anuales. Se aplica a los costos y ahorros anuales.
- **AÑOS DEL PROYECTO.** Cuánto tiempo se espera que dure el proyecto. Puede estar vinculado a la vida útil del BESS considerando su degradación y reemplazo.
- **CAPEX ESPECÍFICO.** Costo de la inversión de un BESS por unidad de energía y/o unidad de potencia.
- **OPEX ESPECÍFICO.** Costo anual de funcionamiento y mantenimiento del BESS por porcentaje de CAPEX, por unidad de energía o por unidad de potencia. En algunos casos se tienen Valores de OPEX fijos por año.
- **TASA C DESEADA.** La tasa C de una batería representa la relación de potencia y energía de una batería, para las aplicaciones de potencia esta tasa suele ser superior a 1 MW/MWh, mientras que para una aplicación de energía suele ser inferior a 1 MW/MWh. En estos casos se recomienda utilizar una tasa C de 1 para asegurar la vida útil del BESS.

## 6.2.2. CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS

La evaluación técnica del sistema “**peak shaving**” integrado, requiere determinar los parámetros de consumo eléctrico de la industria en estudio, base para el dimensionado del sistema solar fotovoltaico, así como el sistema de almacenamiento de la energía. Para obtener el dimensionamiento de la potencia nominal del sistema de almacenamiento con baterías, se debe tener en cuenta las siguientes variables de entrada:

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

### 6.2.2.1. PERFIL DE DEMANDA MÁXIMA

En el presente estudio se consideró el perfil de demanda para una fábrica dedicada a la fabricación de productos relacionados con la panadería, pastelería y entre otros. Según los datos de la facturación de la empresa eléctrica basados en los últimos 12 recibos del año 2022 a 2023 de CFE. La fábrica presentó un consumo de 1.780.005 kWh anuales con una demanda máxima de potencia mensual promedio de 340 kW estos datos los encontramos en la figura 6.2.

En este punto veremos algunos aspectos importantes para la selección del banco de baterías de energía óptimo, que ayude al sistema eléctrico de la fábrica de pan a obtener el máximo beneficio de las energías renovables.

Periodo	Demanda en kW	Consumo en kWh	Facturación
Junio	310,00	150.884,00	\$453.491,16
Julio	312,00	154.095,00	\$481.570,96
Agosto	296,00	144.552,00	\$437.208,76
Septiembre	300,00	162.455,00	\$477.206,44
Octubre	307,00	156.802,00	\$478.079,71
Noviembre	260,00	126.952,00	\$390.609,08
Diciembre	310,00	142.406,00	\$444.780,68
Enero	340,00	154.157,00	\$489.559,87
Febrero	338,00	154.192,00	\$488.827,77
Marzo	305,00	155.701,00	\$468.719,68
Abril	304,00	138.404,00	\$443.041,52
Mayo	290,00	139.405,00	\$432.659,39
<b>Total</b>		<b>1.780.005,00</b>	<b>\$5.485.755,02</b>
		<b>kWh</b>	<b>MXN</b>

Figura 6.2 Recopilación de datos de facturación de la fábrica de pan.

Con base a los recibos de luz de la fábrica de pan se realizó una recopilación de datos que nos muestran la cantidad de energía eléctrica consumida durante el periodo de un año, esto nos sirve para tener en cuenta el consumo promedio de dicha fábrica de pan.

#### 6.2.2.2. PARÁMETROS DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Como se había comentado anterior mente la fábrica de pan tiene instalado un conjunto de paneles solares para generar su propia electricidad de forma limpia, dicha instalación cuenta con 720 paneles solares en diferentes zonas de sus instalaciones como podemos observar en la figura 6.3.



Figura 6.3 Imagen que muestra la dispersión de paneles solares en diferentes zonas de la fábrica.

Considerando las condiciones de sombras, orientación, e inclinación, esta instalación tiene una producción promedio anual de 450.000 kWh, que corresponden al 25 % de consumo anual.

Esto lo podemos entender mejor con la simulación de producción de electricidad que nos muestra la siguiente figura, donde nos detalla la generación en kWh, de los paneles solares por cada mes del año, utilizando una gráfica de barras de la figura 6.4 y mostrando consiguientemente una tabla que contiene los detalles de la generación de energía.

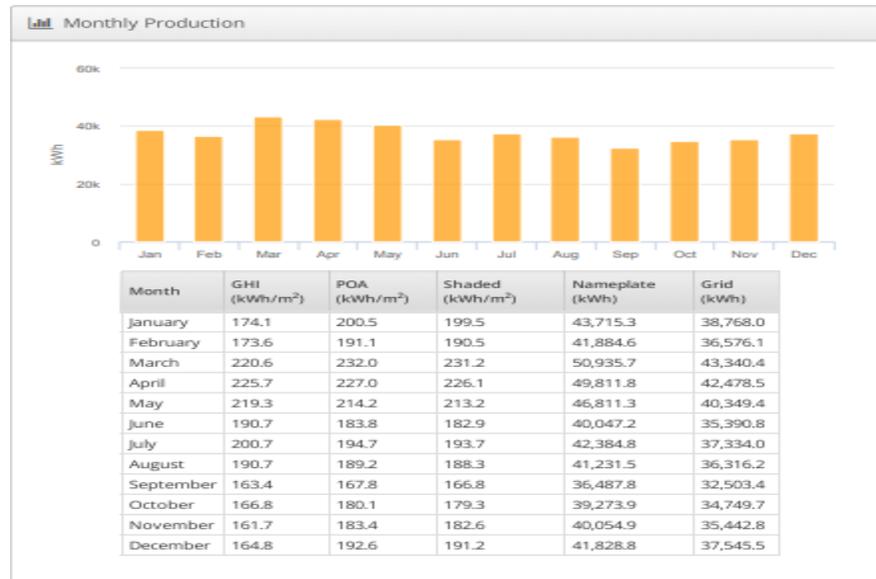


Figura 6.4 Simulación de producción anual de electricidad con los paneles solares.

### 6.2.2.3. PARÁMETROS DE LA BATERÍA

A continuación, el cálculo del dimensionamiento del banco de baterías, siguiendo el procedimiento correspondiente para las siguientes aplicaciones: Peak Shaving, Time Shifting. Como dato de entrada se tiene un perfil de consumo horario, como se muestra en la Figura 6.5. Se asume que este perfil es el mismo para todos los días del año.

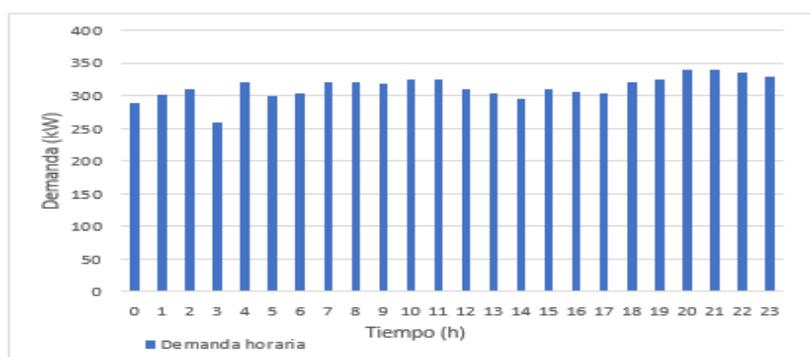


Figura 6.5 Perfil de consumo horario.

De acuerdo con la sección 4.1, en el Peak Shaving, el parámetro que más influye en el dimensionamiento del banco de baterías es el tamaño del pico que se quiere reducir

o en este caso el horario en que se quiere utilizar la energía almacenada. Para calcular dicho valor, se realiza el siguiente procedimiento.

1. De acuerdo con la Figura 6.5, se observa que en el horario punta que comprende de 18:00 a 20:00 horas la demanda máxima es de 340 kW.
2. Se evalúa que la demanda máxima deseada en dicho horario sea igual a 300 kW.
3. Para hallar el valor de la potencia mínima del banco de baterías (BESS), que se utilizara solo para la reducción de picos se obtiene la diferencia entre la demanda máxima original y la demanda máxima deseada, que nos da como resultado un valor de 40 kW
4. Con la regla general de la tasa C de 1, se obtiene que la capacidad energética que se utilizara para reducir los picos es de 40 kWh.
5. Calculando el área entre la demanda durante la hora punta del perfil de consumo y la demanda máxima deseada para todo el periodo de horas punta, se halla que el valor de la energía mínima requerida o la capacidad necesaria de la batería es de 240 kWh.
6. La capacidad de potencia correspondiente es 240 kW, y se determinó con la consideración de tasa C de 1.
7. Finalmente, la dimensión del BESS es de 240 kWh/240 kW. Mientras que el inversor es de 80 kW.

Los valores hallados se presentan en la tabla de la figura 6.6 y el nuevo perfil de consumo, se muestra en la figura 6.7.

Demanda maxima original (kW)	340
Demanda maxima deseada (kW)	300
Dimencion energetica (kWh)	240
Potencia del inversor (Kw)	40

Figura 6.6 Variables para determinar la dimensión energética de la batería.

En la siguiente imagen podemos observar el perfil de la demanda con la instalación propuesta del banco de baterías.

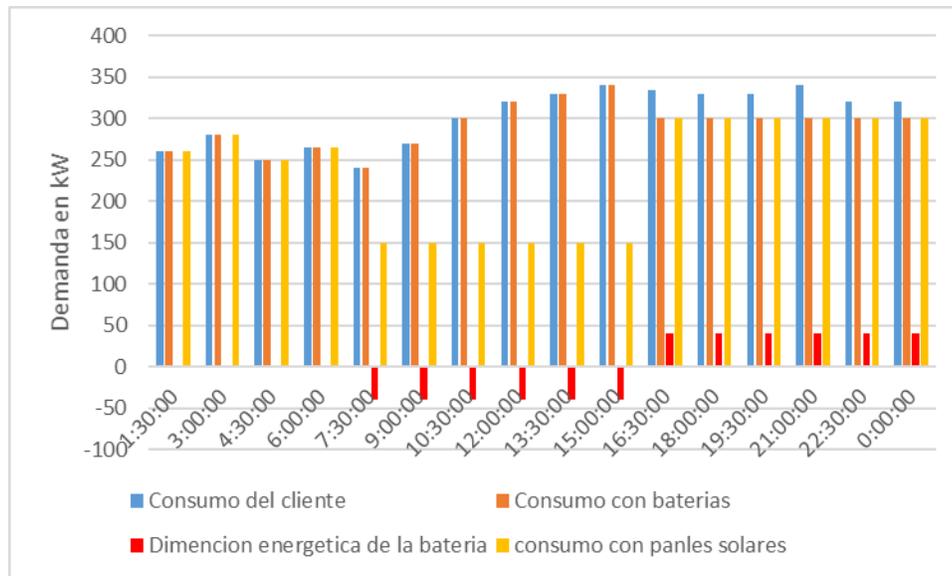


Figura 6.7. Perfil de consumo con instalación fotovoltaica y almacenamiento de energía baterías.

### 6.2.2.3. SELECCIÓN DE BANCOS DE BATERÍAS A UTILIZAR EN ESTE PROYECTO

Con respecto a la selección de las baterías a utilizar en este proyecto debemos informar que el proveedor de las baterías nos proporcionó directamente las baterías a utilizar, solo se le proporcionaron los datos necesarios para que ellos hicieran los cálculos.

En este caso el proveedor nos recomendó instalar un sistema de almacenamiento de energía de TESLA MEGAPACK XL, ya que son baterías disponibles en el mercado que nos permiten realizar el Peak Shaving y Time Shifting, mitigan los problemas causados por la intermitencia de la red eléctrica, minimizan picos de demanda y permiten realizar el desplazamiento de carga y por esto, estas son las baterías ideales para utilizar en el proyecto.

A continuación, se muestra una imagen de las baterías proporcionadas por el proveedor.



1750 KVA  
1606 KW  
3212 KW/h  
480 V ac

Figura 6.8 Imagen de batería MEGAPACK XL

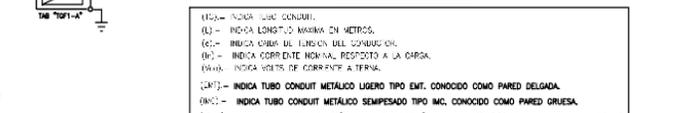
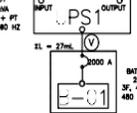
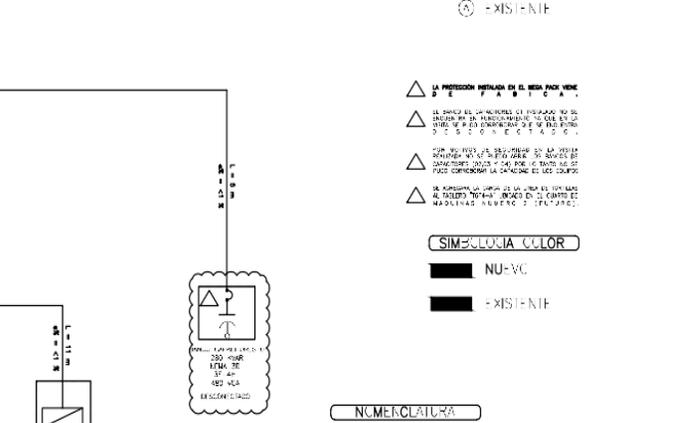
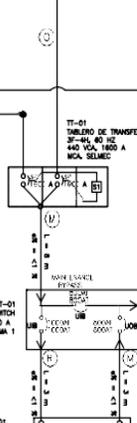
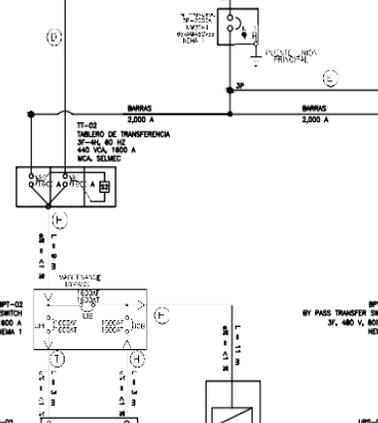
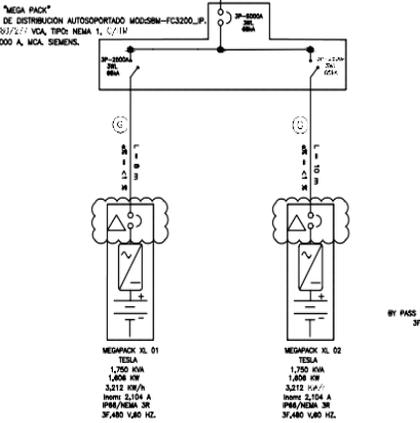
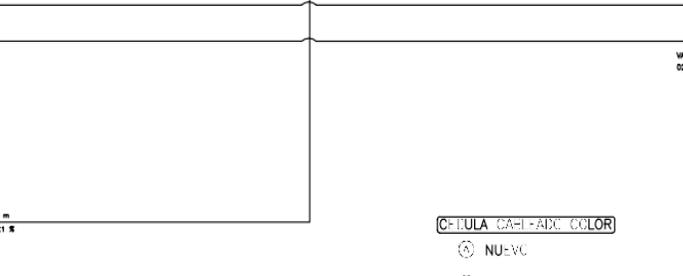
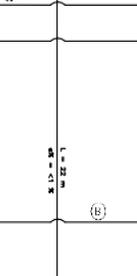
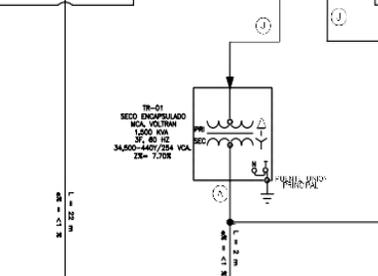
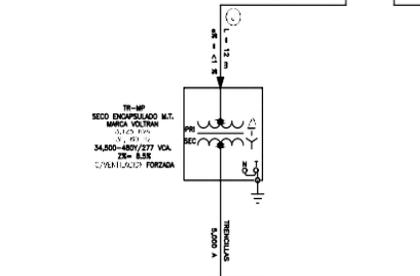
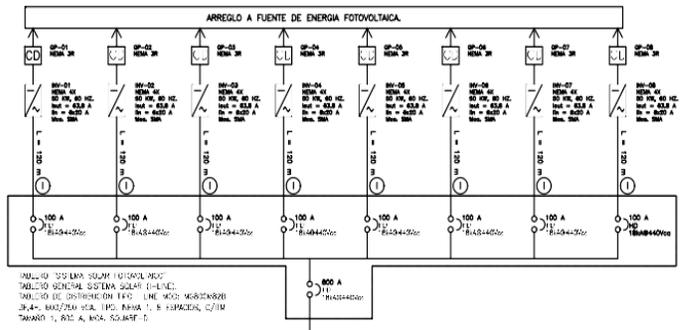
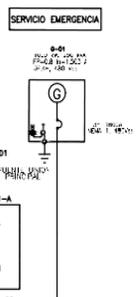
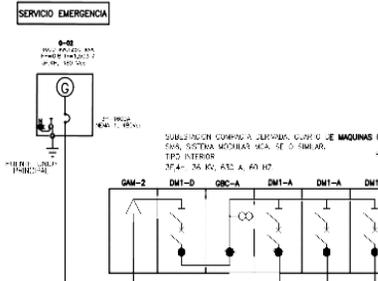
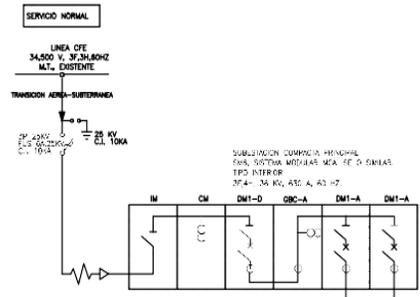
#### 6.2.2.4. DIAGRAMAS UNIFILARES

Esta sección se muestran los diagramas unifilares eléctricos de la instalación, donde se muestran gráficamente los equipos, dispositivos y elementos que conforman esta instalación eléctrica.

Basado en la NOM-001-SEDE-2012, estos diagramas se identifican y aportan toda la información posible, sobre las características y capacidades de los componentes del sistema de alambrado eléctrico.

Y conforme a esta información se representan los componentes que contienen las características de la acometida, subestaciones, datos de la capacidad de los equipos, nivel de tensión de operación, capacidad de interruptores principales y derivados, y se indican en estos su capacidad nominal e interruptora y sus previos ajustes, marca del fabricante, modelo y tipo de carga que estos alimentan. Sus circuitos alimentadores indican la corriente, el número de conductores (fases, neutros y conductores de puesta a tierra de los equipos), longitud de los circuitos y caídas de tensión.

De acuerdo con todo lo anterior, se muestran a continuación los diagramas con el cuadro general de cargas conectadas al sistema y la información que solicita el PEC de la misma norma.



**CEDULA DE CABLEADO PARA ALIMENTADORES**

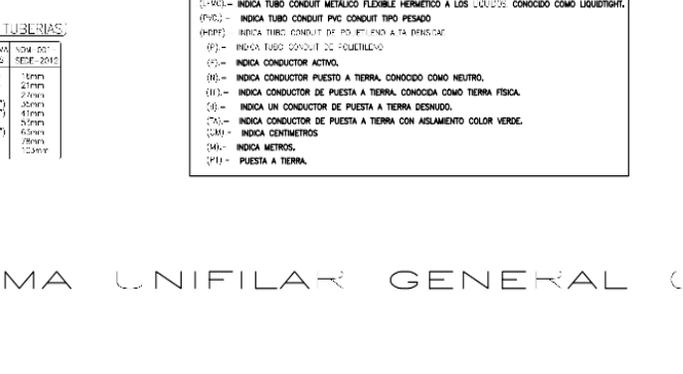
[ 1 / FASE ]	[ 2 / FASE ]	[ 3 / FASE ]	[ 4 / FASE ]
(1) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (4) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 7-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR
[ 2 / FASE ]			
(1) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 4-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR
[ 3 / FASE ]			
(1) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 6-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR
[ 4 / FASE ]			
(1) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR	(1) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (2) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR (3) 8-CAL. 400 KVM (2) 3188-15-01-SR

**DIAGRAMA DE TUBERIAS**

DESIGNACION	CONDICION	ACCION	VALOR	COM. DE RESE-2010
1300V	100%	100%	100%	100%
2000V	100%	100%	100%	100%
3000V	100%	100%	100%	100%
4000V	100%	100%	100%	100%
5000V	100%	100%	100%	100%
6000V	100%	100%	100%	100%
7000V	100%	100%	100%	100%
8000V	100%	100%	100%	100%
9000V	100%	100%	100%	100%
10000V	100%	100%	100%	100%

**NUMERACION**

(1) - INDICA LONGITUD MAXIMA EN METROS.  
 (2) - INDICA CORTE DEL TUBO CONDUCTOR.  
 (3) - INDICA CORTE DE NOMINAL RESPECTO A LA CARGA.  
 (4) - INDICA VOLTIOS DE CORRIENTE A TIERRA.  
 (5) - INDICA TUBO CONDUIT METALICO LIGERO TIPO EMT, CONOCIDO COMO PARED DELGADA.  
 (6) - INDICA TUBO CONDUIT METALICO SEMIPESADO TIPO IMC, CONOCIDO COMO PARED GRUESA.  
 (7) - INDICA TUBO CONDUIT FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS CONOCIDO COMO LIQUIDTIGHT.  
 (8) - INDICA TUBO CONDUIT PVC CONDUIT TIPO PESADO.  
 (9) - INDICA TUBO CONDUIT DE PVC TIPO LIGERO A TIRAS PERFORADO.  
 (10) - INDICA TUBO CONDUIT DE POLIETILENO.  
 (11) - INDICA CONDUCTOR ACTIVO.  
 (12) - INDICA CONDUCTOR PUESTO A TIERRA, CONOCIDO COMO TIERRA FISICA.  
 (13) - INDICA UN CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DESNUDO.  
 (14) - INDICA CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA CON AISLAMIENTO COLOR VERDE.  
 (15) - INDICA CENTIMETROS.  
 (16) - INDICA METROS.  
 (17) - PUESTA A TIERRA.



- BANCO DE CAPACITORES**
- PUESTA A TIERRA DE EQUIPO**
- SUBESTACION COMPACTA**
- TABLERO DE TRANSFERENCIA**
- TRANSFORMADOR ELECTROICO**
- GABINETE DE PROTECCION D.C.**
- MEGAPACK**
- INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO**
- BY PASS TRANSFER SWITCH**
- UPS**
- TABLERO DE DISTRIBUCION**
- INVERSOR**
- BATERIAS**

**CELULA CABLEADO COLOR**

(1) - NO-VOL  
 (2) - EXISTENTE

- LA PROTECCION METALICA DE LOS MEGA PACK VIENE DE FABRICA.
- AL BANCO DE CAPACITORES LE DEBE HABER UN INTERRUPTOR DE PROTECCION TIPO MCB CON UN VALOR NOMINAL DE 100 A Y UN TIPO DE PUESTA A TIERRA DE 100 A.
- CON LOS UPS SE DEBE TENER EN CUENTA LA PROTECCION DE LOS CABLES DE LOS UPS CON UN VALOR NOMINAL DE 100 A Y UN TIPO DE PUESTA A TIERRA DE 100 A.
- AL TABLERO DE TRANSFERENCIA LE DEBE HABER UN INTERRUPTOR DE PROTECCION TIPO MCB CON UN VALOR NOMINAL DE 100 A Y UN TIPO DE PUESTA A TIERRA DE 100 A.

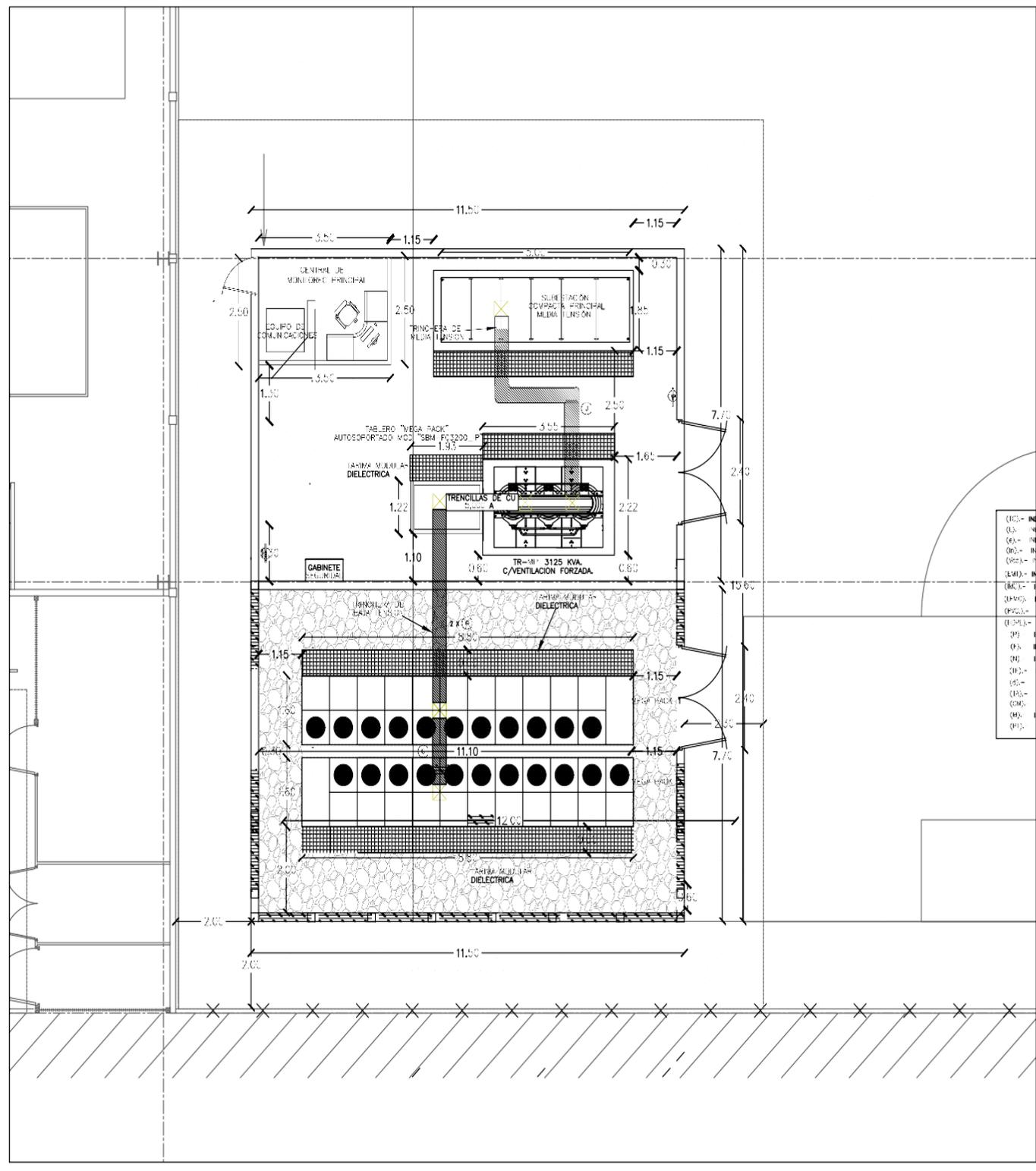
**SIMBOLOGIA COLOR**

(1) - NO-VOL  
 (2) - EXISTENTE

**NUMERACION**

- (1) - INDICA LONGITUD MAXIMA EN METROS.  
 (2) - INDICA CORTE DEL TUBO CONDUCTOR.  
 (3) - INDICA CORTE DE NOMINAL RESPECTO A LA CARGA.  
 (4) - INDICA VOLTIOS DE CORRIENTE A TIERRA.  
 (5) - INDICA TUBO CONDUIT METALICO LIGERO TIPO EMT, CONOCIDO COMO PARED DELGADA.  
 (6) - INDICA TUBO CONDUIT METALICO SEMIPESADO TIPO IMC, CONOCIDO COMO PARED GRUESA.  
 (7) - INDICA TUBO CONDUIT FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS CONOCIDO COMO LIQUIDTIGHT.  
 (8) - INDICA TUBO CONDUIT PVC CONDUIT TIPO PESADO.  
 (9) - INDICA TUBO CONDUIT DE PVC TIPO LIGERO A TIRAS PERFORADO.  
 (10) - INDICA TUBO CONDUIT DE POLIETILENO.  
 (11) - INDICA CONDUCTOR ACTIVO.  
 (12) - INDICA CONDUCTOR PUESTO A TIERRA, CONOCIDO COMO TIERRA FISICA.  
 (13) - INDICA UN CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DESNUDO.  
 (14) - INDICA CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA CON AISLAMIENTO COLOR VERDE.  
 (15) - INDICA CENTIMETROS.  
 (16) - INDICA METROS.  
 (17) - PUESTA A TIERRA.

**DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL 01**



**TABLA DE TUBERIAS**

DESIGNACION	SISTEMA	NOM. 001
CONSPICUA	INDICA	SECCION
1mm	(1/2")	15mm
2mm	(3/4")	21mm
25mm	(1")	27mm
32mm	(1 1/4")	33mm
36mm	(1 1/2")	41mm
51mm	(2")	53mm
64mm	(2 1/2")	63mm
76mm	(3")	78mm
101mm	(4")	103mm

**NOMENCLATURA**

- (C)- INDICA TUBO CONDUIT.
- (L)- INDICA LONGITUD MAXIMA EN METROS.
- (A)- INDICA CADA VE TENSION DEL CONDUCTOR.
- (B)- INDICA CORRIENTE NOMINAL RESPECTO A LA CARGA.
- (S)- INDICA TIPO DE CORRIENTE ALTERNIA.
- (M)- INDICA TUBO CONDUIT METALICO USERO TIPO EMT, CONOCIDO COMO PARED DELGADA.
- (E)- INDICA TUBO CONDUIT METALICO EMPESADO TIPO IMC, CONOCIDO COMO PARED GRUESA.
- (F)- INDICA TUBO CONDUIT METALICO FLEXIBLE HERMETICO A LOS LIQUIDOS CONOCIDO COMO LIQUIDTIGHT.
- (P)- INDICA TUBO CONDUIT PVC CONDUIT TIPO PESADO.
- (R)- INDICA TUBO CONDUIT DE POLIETILENO ALTA DENSIDAD.
- (P)- INDICA TUBO CONDUIT DE POLIETILENO.
- (A)- INDICA CONDUCTOR ACTIVO.
- (N)- INDICA CONDUCTOR PUESTO A TIERRA, CONOCIDO COMO NEUTRO.
- (T)- INDICA CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA, CONOCIDA COMO TIERRA FISICA.
- (S)- INDICA UN CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA DESNUDO.
- (I)- INDICA CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA CON AISLAMIENTO COLOR VERDE.
- (C)- INDICA CENTIMETROS.
- (M)- INDICA METROS.
- (T)- PUESTA A TIERRA.

(F) 3-CAL. 1/0 AWG (AL) XLP	1.7. PAS.
(T) 14-CAL. 4/0 AWG (AL)	(F) 21-CAL. 600 VOL (S2) THHN LS 07 SR
TRINCHERA	(S) 3-CAL. 600 VOL (S2) THHN LS 07 SR
	(F) 14-CAL. 600 VOL (S2) THHN LS 07 SR
	TRINCHERA

Legend for symbols:

- ARMA PERIFERICA
- BARRAS DE CONEXION
- ARMA MULTICAPA DIELECTRICA

Grid lines: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

Logos: NITESA, Intermepro

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección encontramos los resultados que obtuvimos al implementar la instalación de 2 bancos de baterías para almacenar la energía eléctrica generada por 720 paneles solares, que están instalados en la fábrica de pan, esto para cargar las baterías en un horario donde el precio de la electricidad sea el más barato y posteriormente usarla durante todo el horario punta, donde el precio de la electricidad es el más alto, y así eliminar el costo en del kWh, con los paneles y las 2 baterías se lograran reducciones importantes en las facturas futuras de CFE.

A continuación, podemos observar los resultados que se obtuvieron con la implementación de este proyecto. Tomando en cuenta las facturas anteriores y las facturas que se pagan actualmente.

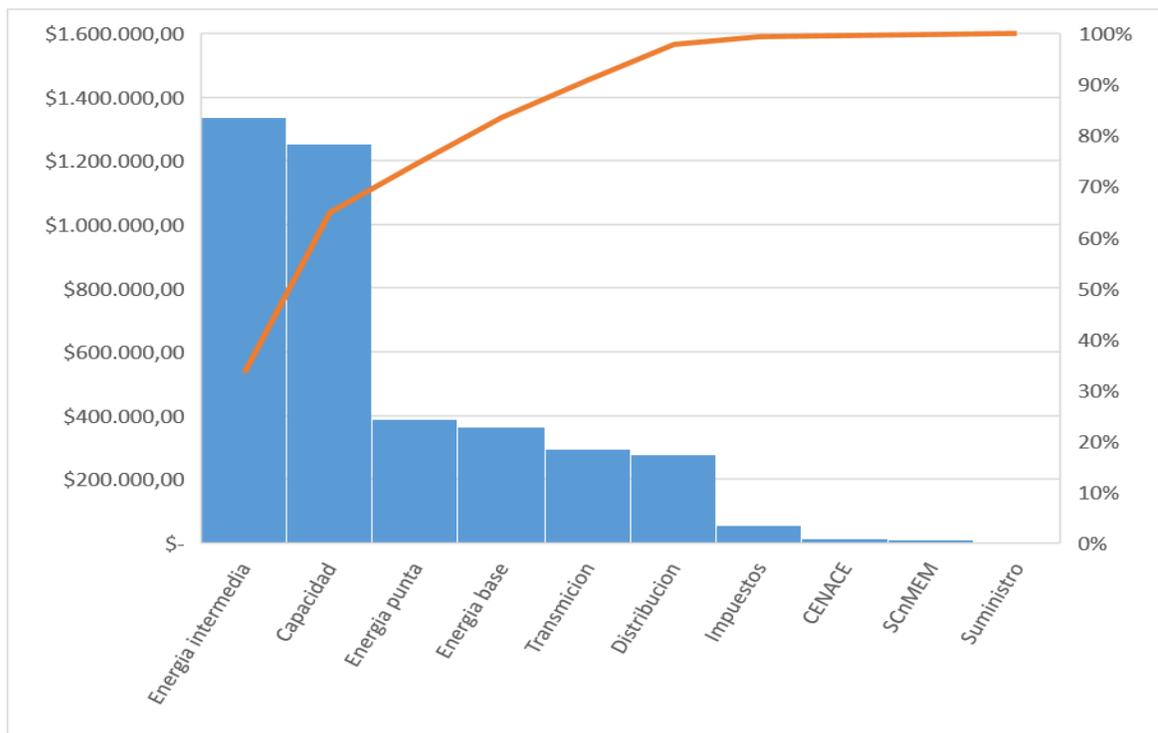


Figura 1. Precios detallados de la factura anual de energía eléctrica pagada a CFE antes de los bancos de baterías.

La grafica de la figura 1 nos muestra detalladamente los precios de la factura de energía eléctrica, que paga el cliente actualmente antes de la instalación de los bancos de baterías donde nos da un pago promedio anual igual a \$ 5.485.755.

En la siguiente figura, observaremos a detalle los precios de la factura de energía eléctrica, que pagaría el cliente con la instalación de los bancos de baterías con un pago promedio anual igual a \$ 3.935.090.

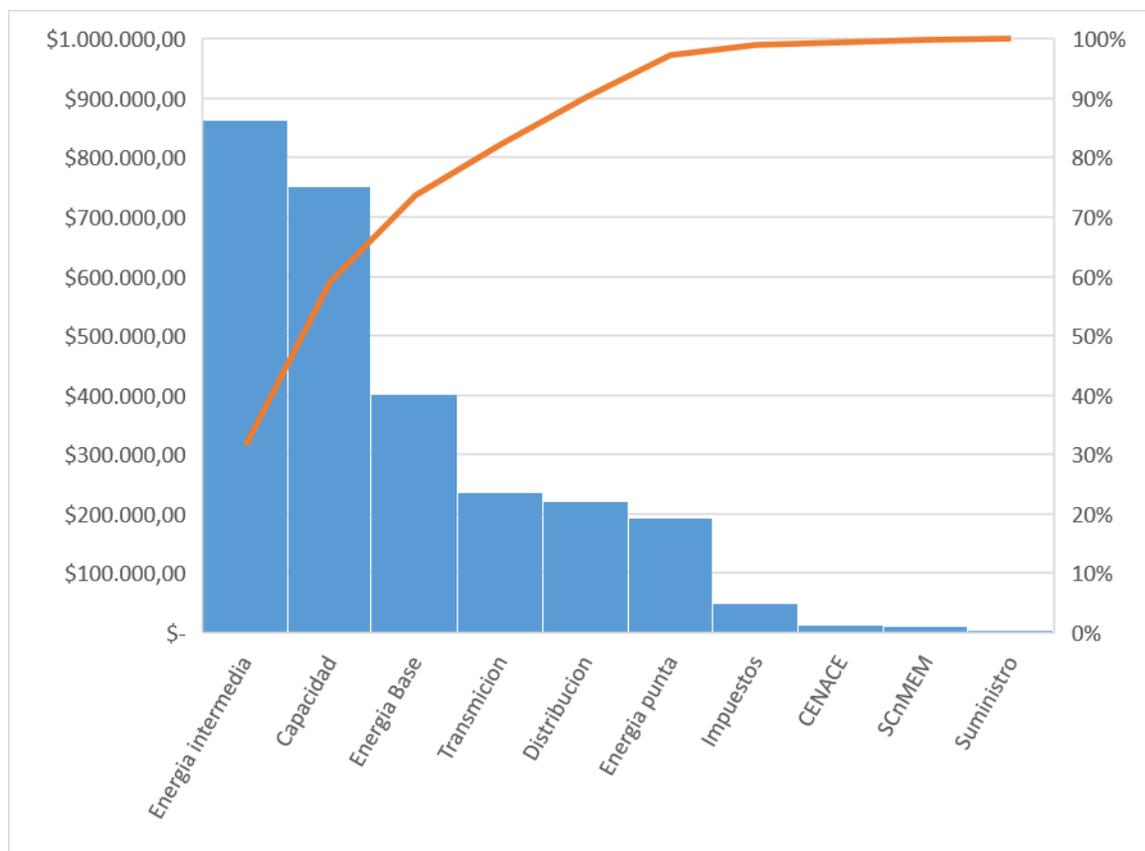


Figura 2. Precios detallados de la factura anual de energía eléctrica que se pagara a CFE después de la instalación de 2 los bancos de baterías.

Como en todo proyecto, lo más importante es hablar sobre el retorno de la inversión ya que este tema es el que hace o no viable el proyecto, a continuación, se nos muestra el ahorro que obtiene la empresa. Ya que este es un dato muy importante para calcular el retorno de la inversión, a continuación, se muestra la figura 37, donde, se detalla con una gráfica, el ahorro que se obtiene con la instalación de los 2 bancos de baterías.

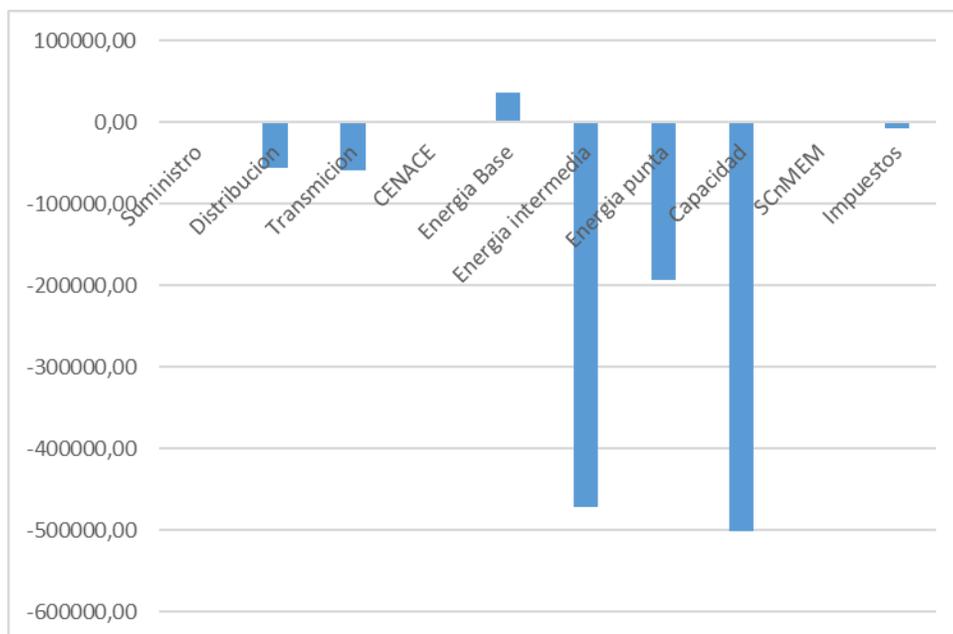


Figura 3. Detalles del ahorro que se obtiene con la implementación de los bancos de baterías.

En la gráfica de la figura 3 podemos observar detalladamente el ahorro que se obtiene con la implementación de los 2 bancos de baterías, donde nos da un ahorro promedio anual de \$1.550.485 en la factura de energía eléctrica que se le paga a CFE.

## RETORNO DE LA INVERSIÓN

Continuando con el análisis de resultados, en este apartado se nos muestra la métrica financiera que evalúa el rendimiento económico de esta inversión relacionada con su coste beneficio, esta medida es muy importante, ya que determina la rentabilidad y eficacia de la inversión a realizar, por ende, es esencial para tomar la decisión más acertada en cuanto al futuro de este proyecto y generar la confianza necesaria para la empresa.

Además, conforme a la ley federal del impuesto sobre la renta en el artículo 34 que especifica que los activos fijos por tipo de bien son los siguientes:

**XIII. 100% para maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables o de sistemas de cogeneración de electricidad eficiente.**

Para los efectos del párrafo anterior, son fuentes renovables aquéllas que por su naturaleza o mediante un aprovechamiento adecuado se consideran inagotables, tales como la energía solar en todas sus formas; la energía eólica; la energía hidráulica tanto cinética como potencial, de cualquier cuerpo de agua natural o artificial; la energía de los océanos en sus distintas formas; la energía geotérmica, y la energía proveniente de la biomasa o de los residuos. Asimismo, se considera generación la conversión sucesiva de la energía de las fuentes renovables en otras formas de energía.

Figura 4. Especificación de los activos fijos por tipo de bien

Es decir que con este proyecto se existe la posibilidad de deducir al 100% de impuestos.

En la tabla 6.1 podemos observar la métrica financiera que determina la rentabilidad del proyecto, tomando en cuenta también la inversión de los paneles solares que ya estaban instalados.

	Inversion sin IVA		\$	415.000,00	
	Inversion en MN	\$	18,50	\$	7.677.500,00
	Ahorro anual con la intalacion de paneles solares y baterias		\$	1.550.485,00	
	Inflacion CFE			8%	
	Reuccion de eficiencia Anual			2%	
				5,84%	
<b>AÑO</b>	<b>AHORROS</b>	<b>PAGOS</b>	<b>FUJO DE PAGOS S IVA</b>	<b>ACUMULADO</b>	
0	\$ 1.550.485,00	-\$ 7.677.500,00	\$ 1.550.485,00	\$ 6.127.015,00	
1	\$ 1.641.033,32		\$ 1.641.033,32	\$ 4.485.981,68	
2	\$ 1.736.869,67		\$ 1.736.869,67	\$ 2.749.112,01	
3	\$ 1.838.302,86		\$ 1.838.302,86	\$ 910.809,15	
4	\$ 1.945.659,75		\$ 1.945.659,75	\$ 2.856.468,89	
5	\$ 2.059.286,27		\$ 2.059.286,27	\$ 4.915.755,17	
6	\$ 2.179.548,59		\$ 2.179.548,59	\$ 7.095.303,76	
7	\$ 2.306.834,23		\$ 2.306.834,23	\$ 9.402.137,99	
8	\$ 2.441.553,35		\$ 2.441.553,35	\$ 11.843.691,34	
9	\$ 2.584.140,07		\$ 2.584.140,07	\$ 14.427.831,41	
10	\$ 2.735.053,85		\$ 2.735.053,85	\$ 17.162.885,25	
			ROI		20,20%
			RETORNO DE LA INVERSION		4.5 AÑOS

## CONCLUSIONES

A modo de conclusión, la implementación de 2 bancos de baterías, en la fábrica de pan, es una inversión muy rentable y favorable para el medio ambiente que permite la huella de carbono y reduce los costos de la factura de energía eléctrica. Después de la instalación de los 2 bancos de baterías la fábrica obtendrá un buen desarrollo en su línea de producto, porque, el sistema ya no tiene problemas de ralentización y frenado del proceso de su producto, ya que este fue uno de los problemas más comunes y el más peligroso, porque sus principales repercusiones eran:

- El incremento en los tiempos de entrega
- La disminución en la productividad
- Aumento en los costos de almacenamiento
- Contratación de personal temporal

Todo lo anterior solo se resumía en pérdidas económicas, porque esto es lo que menos espera una empresa de cualquier tipo y mucho más si es una empresa de productora de pan, esto es una buena noticia, ya que, esta era una de las iniciativas principales de este proyecto. Gracias a todo lo anterior, los cortes de energía eléctrica ya no causan pérdidas de materias primas que se utilizan para la fabricación de pan como: harina, pan, huevo, leche. Los parones del suministro de energía ya no detienen las bandas transportadoras y se disminuyó el problema de las pérdidas de materia prima. Pero lo más importante de este proyecto es que disminuye la huella de carbono en planeta al utilizar energía solar en lugar de energía proveniente de combustibles fósiles, la fábrica con esto reduce su huella de carbono y contribuye a la lucha contra el cambio climático.

## RECOMENDACIONES

Partiendo de las conclusiones dadas se pretende proporcionar una serie de estrategias recordando que el uso del banco de baterías permite mejorar el rendimiento financiero de la empresa. En contexto con el almacenamiento de energía, puede haber servicios que los bancos de baterías, puedan proporcionar o regulaciones que los bancos de baterías puedan cumplir. Sin embargo, la estrategia de gestión de la energía fue con precaución y esto maximiza el beneficio de que nos proporcionan los bancos de baterías que fueron instalados.

De acuerdo a lo anterior se hacen las siguientes recomendaciones:

- No se recomienda combinar bancos de baterías destinados al respaldo de energía con otras aplicaciones ya que podría poner en peligro la capacidad de la batería de acuerdo con su rendimiento durante un apagón.
- Al usar la estrategia de Peak Shaving y reducir los picos, se debe considerar que la energía desplazada no aumente la demanda máxima en otro momento del día.
- Se recomienda revisar la estrategia de operación periódicamente, para asegurarse de que la batería está aprovechando la mayor parte de los beneficios disponibles.

---

---

## COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Competencias específicas.

- Implementación de la conservación y el uso racional de las energías limpias.
- Conocimiento e identificación de las energías renovables contra las energías no renovables.
- Implementación de la sostenibilidad en los sistemas de energía eléctrica
- Conocimiento e identificación de la función y operatividad de los Bancos de Baterías.
- Clasificación, identificación y selección de los distintos tipos de estructuras utilizadas para el almacenamiento de energía fotovoltaica.
- Identificación de los sistemas híbridos de energías renovables.
- Conocimiento de la clasificación de los sistemas de almacenamiento de energía.
- Conocimiento basado en la importancia de los sistemas de almacenamiento de energía.
- Implementación del uso adecuado de la energía.
- Gestión de la energía solar.
- Conocimiento de la función de una célula fotovoltaica
- Conocimiento de los diferentes sistemas fotovoltaicos
- Identificación de las estrategias para reducir los picos con energía solar y bancos de baterías
- Conocimiento basado en identificar las generalidades que se presentan en la tarifa GDMTH.
- Calculo y selección de bancos de baterías
- Manejo y utilización de equipo e instrumentos para la instalación de un banco de baterías.
- Simulación de producción anual de electricidad con paneles solares
- Realización presupuestos y cálculo de retornos de inversión.

---

---

## BLIBLIOGRAFIA

- Tania Blog en línea ENLIGHT MEXICO (Oct 19, 2021). Baterías para paneles solares. Editorial: Blog En light México
- BOLTRONIC Blog en línea (Dic 14, 2022). Problemas de producción. Editorial: Blog BOLTRONIC.
- Edgar Mondragón Tenorio (Ago 30, 2021). El reto del almacenamiento de la energía solar. Editorial: NEW GEN.
- Iberdrola (Ene 05, 2024). Almacenamiento energético
- SEMARNAT (Mar 04, 2015). La reforma energética cuida el medio ambiente.
- Lior Kahana (Dic 14, 2023). Las baterías en sistemas híbridos hidroeléctricos y fotovoltaicos en aumento
- AVVE (Jun 4, 2018). Siemens Gamesa Prueba baterías de flujo en su instalación híbrida.
- Iberdrola (Ene 06, 2024). Energía eléctrica por hibridación: cuando la unión de las renovables hace la fuerza.
- Khanya Gubangxa (Ene 19, 2021). Peak Shaving: métodos de almacenamiento de energía solar para reducir los picos de carga. Editorial: ELUM ENERGY.
- Procetradi (May 25, 2022). Aplicación del Peak Shaving con sistemas de almacenamiento de energía con baterías.
- Sunwise (May 01, 2023). Time Shifting en México
- Pamela Toral (Jun 07, 2023). Aspectos relevantes de la tarifa GDMTH
- Edgar valencia (Ene 20, 2021). La tarifa GDMTH en 1000 palabras. CCEEA
- Cochabamba (Jun 01, 2003). Introducción a los Sistemas Eléctricos de Potencia.
- Repsol (Dic 21, 2023). Claves para un futuro más sostenible.
- Endesa (Feb 01. 2023). Sistemas de almacenamiento de energía los mejores aliados cuando el sol y el viento nos dejan.
- Jorge Alvarado Ladrón de Guevara (Oct 9, 2018). Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica.

- Javier Moretón Ramírez (Jun 2022). Selección y dimensionamiento del sistema de almacenamiento de energía de una microrred aislada.
- Deutsche Gesellschaft (Abril 2022). Guía para el dimensionamiento de sistemas de almacenamiento de energía con baterías.
- EDP Energía (Oct 14, 2021). Almacenamiento de energía solar en instalaciones fotovoltaicas.
- Ing. Jesús Israel Guamán Molina (Oct 2022). Diseño de un sistema “peak shaving” basado en sistema renovable y almacenamiento de baterías para grandes consumidores de electricidad en el Ecuador, aplicación para un cliente industrial.