

**PROPUESTA DE ANTEPROYECTO DE GRADUACIÓN**



***PROYECTO:***

**Propuesta de disminución de facturación eléctrica en un 30% y estudio de viabilidad financiera para la empresa Gutis**

**REALIZADO POR:**

**José Alfredo Castro Arce**

**COORDINADOR DE PRÁCTICA:**

**Ing. Greivin Barahona Guzmán**

**I SEMESTRE 2018**



**Carrera evaluada y acreditada por:**

Canadian Engineering Accreditation Board

Bureau Canadien d'accréditation des Programmes d'ingénierie

CARTA DE ENTENDIMIENTO

Fecha: 2019/06/03

Señores  
Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Sistema de Bibliotecas del Tecnológico

Yo Jose Alfredo Castro Arce

carné No. 200931706,  si autorizo  no autorizo, al Sistema de Bibliotecas del Tecnológico (SIBITEC), disponer del Trabajo Final de graduación, del cual soy autor, para optar por el grado de licenciatura en la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial, presentado en la fecha 2019/06/05, con el título

Propuesta de disminución de facturación eléctrica en un 30% y estudio de viabilidad financiera para la empresa Gutis

para ser ubicado en el Repositorio Institucional y Catálogo SIBITEC, con el objetivo de ser visualizado a través de la red Internet.

Firma de estudiante:



Correo electrónico:

alfredocastroarce@gmail.com

Cédula No.:

1-1466-0435

**Profesor guía**

Ing. Osvaldo Guerrero Castro

**Asesor Industrial**

Ing. Juan Manuel Ortega Castillo

**Tribunal examinador**

Ing. Luis Chévez

Ing. Nicolas Vaquerano

## Información de Contacto

### Datos personales

Nombre completo: José Alfredo Castro Arce

Número de cédula: 1-1466-0435

Número de carné: 200931706

Edad: 27 años

Número de teléfono: 8674-0649 / 7300-4753

Correos electrónicos: [castroalfredo.05@gmail.com](mailto:castroalfredo.05@gmail.com) /  
[ingenieria@ecopowerca.com](mailto:ingenieria@ecopowerca.com)

Dirección exacta de domicilio: San Rafael de Montes de Oca, Residencial Villas de Tulín Casa F-29

### Información del proyecto

Nombre del proyecto:

Profesor asesor: Ing. Osvaldo Guerrero Castro

Asesores industriales: Ing. Juan Manuel Ortega Castillo

### Datos de la empresa

Nombre: IEMCO SA / ECOPOWER CA

Actividad de la Empresa: Diseño y construcción electromecánica con énfasis en proyectos de eficiencia energética y energía renovable.

Dirección: San Juan de Tibás, Calle 7 Avenidas 61 y 63

Contacto: Juan Manuel Ortega Castillo

Teléfono: 8819-6197

*Dedicatoria*

*A Alice Arce, Alfredo Castro y Gabriela Gómez,  
por la paciencia de hacerme llegar hasta aquí.*

## Carta de aceptación



Costa Rica, Tibás, San Juan  
Calle 7, Avenidas 61 y 63  
Teléfono: 8674-0649

San José, 8 de octubre de 2018

Señores  
Tecnológico de Costa Rica

Estimados:

Sirva la presente para saludarles y a la vez comunicarles que el joven **Alfredo Castro Arce**, cédula 1-1466-0435, estudiante de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Industrial ha sido aceptado para la realización de su práctica supervisada en ECOPOWER CA.

El estudiante estará realizando su práctica profesional en el área Eléctrica de la empresa, cumpliendo 36 horas semanales, en la cual estará apoyando en la realización del proyecto:

**Propuesta de disminución de facturación eléctrica en un 30% y estudio de viabilidad financiera para la empresa Gutis**

El estudiante estará a cargo del gerente de la empresa Juan Manuel Ortega Castillo, quien supervisará su gestión durante su periodo de práctica y a quien pueden contactar al correo [juan.ortega@ecopowerca.com](mailto:juan.ortega@ecopowerca.com) o bien al teléfono 8819-6197.

Agradecemos el interés por escogernos como empresa que gestiona Talento Humano en las nuevas generaciones.

Saludos cordiales

Ing. Juan Manuel Ortega Castillo  
Gerente General  
[juan.ortega@ecopowerca.com](mailto:juan.ortega@ecopowerca.com)

## Índice General

1. CAPÍTULO 1 .....	1
1.1. Resumen.....	1
2. CAPÍTULO 2 .....	3
2.1. Reseña de la empresa.....	3
a. Descripción de GUTIS .....	3
b. Misión de GUTIS .....	4
c. Visión de GUTIS .....	4
d. Estructura organizacional GUTIS .....	5
e. Descripción de ECOPOWER .....	6
f. Misión de ECOPOWER.....	7
g. Visión de ECOPOWER .....	7
h. Estructura organizacional de ECOPOWER .....	8
2.2. Definición del problema .....	9
2.3. Objetivos .....	9
a. Objetivo General.....	9
b. Objetivos Específicos.....	9
2.4. Antecedentes .....	10
2.5. Justificación .....	11
2.6. Viabilidad .....	11
2.7. Limitaciones.....	12
2.8. Descripción del proyecto.....	12
3. CAPÍTULO 3 .....	13
3.1. Marco teórico.....	13
a. Energía.....	13
b. Energía Eléctrica .....	14
c. Descripción general de sistemas de energía eléctrica.....	17
d. Energía eléctrica en Costa Rica y legislación.....	19
e. Sector Eléctrico costarricense .....	20
f. Matriz de energía eléctrica de Costa Rica .....	21
g. Generación distribuida.....	24
h. Operación en “Isla” .....	25
i. Estudio de energía eléctrica .....	25

j.	Ahorro y eficiencia energética .....	26
k.	Generación de energía para autoconsumo con fuentes renovables .....	37
l.	Sistemas de almacenamiento de energía .....	41
m.	Huella de carbono .....	45
4.	CAPÍTULO 4 .....	46
4.1.	Metodología.....	46
4.2.	Estudio de Energía.....	47
a.	Información del recibo eléctrico .....	47
b.	Análisis quinceminutal de demanda energética de GUTIS .....	51
c.	Análisis de consumo por equipos  .....	53
a.	Evaluación de equipo acondicionamiento de aire.....	53
4.3.	Propuestas para disminuir la facturación de energía eléctrica .....	54
b.	Cambio de tarifa .....	54
c.	Sustitución de equipos de iluminación .....	55
d.	Sistema de almacenamiento de energía y control de demanda.....	56
e.	Optimización de voltaje .....	60
f.	Sistema de generación de energía solar fotovoltaica.....	61
g.	Combinación de sistemas .....	62
h.	Análisis de soluciones .....	64
5.	Conclusiones.....	66
6.	Recomendaciones.....	67
7.	Bibliografía.....	68
8.	Anexos .....	70
8.1.	Ficha técnica del equipo aclimatación de aire .....	70
8.2.	Fichas técnicas de equipos de iluminación .....	72
8.3.	Ficha técnica del equipo de almacenamiento de energía .....	78
8.4.	Ficha técnica del equipo de optimización de voltaje.....	80
8.5.	Ficha técnica de equipos del sistema solar fotovoltaico .....	81
9.	Apéndice .....	85
9.1.	Tablas de consumo general .....	85
9.2.	Tablas de iluminación .....	90
9.3.	Tablas de almacenamiento de energía.....	91
9.4.	Tablas de optimización de voltaje.....	93



9.5. Tablas de sistema de generación solar fotovoltaica.....	94
9.6. Tablas de combinación de sistemas .....	97
9.7. Distribución preliminar del sistema fotovoltaico.....	99

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura organizacional de GUTIS .....	5
Figura 2. Metodología de trabajo de ECOPOWER .....	7
Figura 3. Estructura organizacional ECOPOWER.....	8
Figura 4. Fuentes de energía .....	16
Figura 5. Esquema general de un sistema de energía eléctrica.....	17
Figura 6. Central hidroeléctrica de generación.....	18
Figura 7. Central de transformación .....	19
Figura 8. Ciclo de vida típico del costo un equipo .....	27
Figura 9. Ciclo del refrigerante .....	30
Figura 10. Eficiencia de sistemas tipo chiller.....	31
Figura 11. Eficiencia energética de luminarias .....	34
Figura 12. Transformador convencional.....	35
Figura 13. Transformador con tecnología optimizadora de voltaje.....	36
Figura 14. Sistema eléctrico sin optimización de voltaje .....	36
Figura 15. Sistema eléctrico con optimización de voltaje .....	37
Figura 16. Ejemplo de optimización de voltaje en el Reino Unido.....	37
Figura 17. Ejemplo de sistema de generación solar fotovoltaica.....	39
Figura 18. Diagrama básico de un sistema de generación fotovoltaica .....	40
Figura 19. Tarifa vigente de mediana tensión .....	44

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Fuentes de energía primaria .....	15
Gráfico 2. Energía primaria de Costa Rica .....	21
Gráfico 3. Generación bruta de energía por fuente .....	22
Gráfico 4. Capacidad instalada por fuente .....	23
Gráfico 5. Producción bruta de energía, por empresa.....	24
Gráfico 6. Gráfico de tarifa horaria .....	48
Gráfico 7. Histórico de consumo de energía y demanda de Gutis .....	49
Gráfico 8. Costos de energía y demanda por periodos de consumo.....	50
Gráfico 9. Resumen consumo quinceminutal.....	52
Gráfico 10. Pareto de consumo de equipos .....	53
Gráfico 11. Consumo final previsto de Gutis con el sistema de almacenamiento .	58

## Índice de tablas

Tabla 1. Eficiencia de motores normas NEMA e IEC .....	28
Tabla 2. Comparación de fuentes de luz.....	33
Tabla 3. Intervalos Normal y Tolerable del Valor de Tensión de Servicio .....	34
Tabla 4. Costos energéticos CNFL tarifa de media tensión en colones .....	47
Tabla 5. Costos energéticos CNFL tarifa de media tensión en colones.....	48
Tabla 6. Histórico de consumo de energía y demanda de GUTIS .....	49
Tabla 7. Costos de la energía y demanda por periodos de consumo .....	50
Tabla 8. Histórico de facturación eléctrica de GUTIS.....	51
Tabla 9. Consumo de los Chiller .....	54
Tabla 10. Facturación hipotética de GUTIS con cambio de tarifa .....	55
Tabla 11. Vida útil teórica de las luminarias .....	55
Tabla 12. Ahorro por cambio de luminarias.....	56
Tabla 13. Inversión de sustitución de tecnología de luminarias .....	56
Tabla 14. Ahorros teóricos del sistema de almacenamiento .....	59
Tabla 15. Inversión en el sistema de almacenamiento de energía.....	59
Tabla 16. Resumen de ahorros con el sistema de optimización de voltaje .....	60
Tabla 17. Análisis financiero de la inversión en optimización de voltaje .....	60
Tabla 18. Resumen de ahorros del sistema solar fotovoltaico .....	62
Tabla 19. Análisis de inversión en el sistema solar fotovoltaico .....	62
Tabla 20. Ahorros proyectados de la combinación de sistemas.....	63
Tabla 21. Análisis de inversión de los sistemas .....	63
Tabla 22. Resumen de variables de las propuestas de acuerdo con cada solución 65	
Tabla 23. Resumen de consumo quinceminutal de GUTIS mes de noviembre y diciembre.....	86
Tabla 24. Datos de consumo por tablero de GUTIS.....	87
Tabla 25. Orden de consumos de tableros de GUTIS.....	89
Tabla 26. Flujo de inversión del proyecto de iluminación .....	90
Tabla 27. Consumo quinceminutal de GUTIS con y sin el sistema de almacenamiento .....	91
Tabla 28. Resumen de consumo de energía con y sin sistema de almacenamiento 92	
Tabla 29. Resumen de demanda con y sin sistema de almacenamiento.....	92

Tabla 30. Flujo de inversión del sistema de almacenamiento de energía .....	92
Tabla 31. Consumo de energía de GUTIS con el sistema de optimización de voltaje.....	93
Tabla 32. Resumen de consumo de energía con y sin optimización de voltaje ....	94
Tabla 33. Resumen de demanda con y sin optimización de voltaje .....	94
Tabla 34. Flujo de inversión del sistema de optimización de voltaje .....	94
Tabla 35. Promedio de incidencia solar en GUTIS.....	94
Tabla 36. Consumo teórico después de implementado el sistema solar fotovoltaico	95
Tabla 37. Resumen de ahorros de energía del sistema solar fotovoltaico .....	96
Tabla 38. Flujo de inversión del sistema solar fotovoltaico .....	96
Tabla 39. Consumos de energía con la implementación de los sistemas .....	97
Tabla 40. Resumen de ahorros de energía y potencia con la implementación de los sistemas.....	98
Tabla 41. Flujo de inversión de la combinación de sistemas .....	98

# 1. CAPÍTULO 1

## 1.1. Resumen

El proyecto se realizó para la empresa GUTIS, por medio del contratista electromecánico IEMCO / ECOPOWER CA. GUTIS es una empresa farmacéutica de capital costarricense ubicada en la zona industrial de Pavas. Siempre le han interesado los proyectos eficiencia energética y energía renovable.

El objetivo es realizar una propuesta integral de disminución de la facturación eléctrica en un 30%. Debido a que GUTIS está sujeta a la tarifa de media tensión (TMT), la idea inicial es implementar un sistema de almacenamiento de energía que permita manipular los horarios de consumo. Básicamente, cargar el sistema durante los períodos nocturno y valle, para después utilizar la energía en el período punta. Sin embargo, para cumplir con el requerimiento de reducción de facturación, se procedió a evaluar el consumo de los equipos para determinar otros posibles proyectos que permitan disminuir el consumo de energía.

Cuando se realizó este estudio, se logró determinar que los equipos que más consumen energía son los sistemas de acondicionamiento de aire o chiller y los compresores, sin embargo, los chiller son equipos relativamente nuevos y con una eficiencia buena de acuerdo con el índice SEER. Por otro lado, los compresores son equipos que están siendo evaluados por otro proveedor. Otro sistema analizado fue la iluminación, en el que se propuso un cambio de tecnología a LED. También se consideró utilizar un equipo patentado de optimización de voltaje, el cual permite ajustar la tensión a la que realmente están demandando los equipos. De igual manera, se analizó la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica.

Luego de analizar los sistemas y con la meta de cumplir el objetivo de disminución de facturación eléctrica, se realizó una propuesta en la que se combinan las soluciones: almacenamiento de energía, cambio de tecnología de iluminación, optimización de voltaje y generación de energía con paneles solares. Con lo que se pronostica se puede obtener un ahorro del 38% anual respecto al monto que se paga actualmente por energía eléctrica.

## 1.2. Abstract

The project was carried out for the company GUTIS, through the electromechanical contractor IEMCO / ECOPOWER CA. GUTIS is a pharmaceutical company with Costa Rican capital located in the industrial zone of Pavas. He has always been interested in energy efficiency and renewable energy projects.

The objective is to make a comprehensive proposal to reduce electricity billing by 30%. Because GUTIS is subject to the medium voltage tariff (TMT), the initial idea is to implement an energy storage system that allows manipulating the consumption schedules. Basically, charge the system during the night and valley periods, to then use the energy in the peak period. However, to comply with the bill reduction requirement, the consumption of the equipment was evaluated to determine other possible projects to reduce energy consumption.

When this study was carried out, it was possible to determine that the equipment that consumes the most energy is air conditioning systems or chillers and compressors, however, chillers are relatively new equipment and with a good efficiency according to the SEER index. On the other hand, compressors are equipment that is being evaluated by another supplier. Another system analyzed was lighting, in which a change of technology to LED was proposed. It was also considered to use a patented equipment of optimization of voltage, which allows to adjust the tension to which really they are demanding the equipment. In the same way, the implementation of a photovoltaic solar generation system was analyzed.

After analyzing the systems and with the goal of meeting the objective of decreasing electric billing, a proposal was made in which the solutions are combined: energy storage, change of lighting technology, voltage optimization and power generation with panels solar With what is forecasted, savings of 38% per year can be obtained with respect to the amount currently paid for electricity.

## 2. CAPÍTULO 2

### 2.1. Reseña de la empresa

#### a. Descripción de GUTIS

GUTIS LTDA., es una de las empresas líder en el mercado farmacéutico en Centroamérica con más de 50 años de experiencia. Se destaca por tener procesos productivos de clase mundial, cumpliendo con los más altos estándares de calidad en todos sus productos.

Entre inyectables, líquidos, cremas, ungüentos, supositorios, tabletas y gotas oftálmicas, destacan más de 30 marcas diferentes de medicamentos. Entre sus marcas más conocidas destacan: Adelex, Bicorpan, Clavupen, Conrelax, Hormofen, Emma, Femgyl, Katafenac, Mupiral, Primabela, Renovart, Reumafen, Talerdin y Ventilar.

La compañía es propiedad de una sociedad de responsabilidad limitada, a cargo de la familia Gutiérrez Israel, de donde surge el nombre de la organización. Está ubicada en la zona industrial de Pavas, San José. Fue fundada en el año 1962, y a partir de 1994 comienza a incursionar en el mercado internacional. Es una organización de capital nacional dedicada al diseño, desarrollo, producción y comercialización de medicamentos.

La empresa cuenta con operaciones en Costa Rica, Ecuador, España y República Dominicana, y además ofrece una amplia gama de productos de la industria farmacéutica en los mercados de otros países latinoamericanos como: Nicaragua, Panamá, El Salvador, Honduras y Guatemala.

El objetivo de la empresa consiste en brindar salud y bienestar a la población, mediante sus productos desarrollados bajo normas internacionales, investigación científica especializada, con insumos de calidad y tecnología de punta. Su misión es comprometerse con la salud de sus clientes, y su visión, es ser una compañía farmacéutica en permanente superación, reconocida por su compromiso social en el área de la salud, con liderazgo en tecnología, diseño, investigación, fabricación



y comercialización de medicamentos de alta calidad, para lograr de la satisfacción de nuestros clientes.

Su cultura organizacional se basa en cinco pilares: su gente, ambiente laboral, servicio al cliente, calidad y mejora continua. Esto se refleja en las costumbres, valores y creencias que tienen como organización. Tomando en cuenta estos antecedentes, este proyecto se desarrollará en medio de la cultura de la empresa. Por la misma razón, los resultados que se esperan obtener tienen como objetivo apoyar los cinco pilares anteriores, especialmente, el de mejora continua que es vital para una buena gestión de mantenimiento. Actualmente, cuenta con un fuerte compromiso con respecto a la temática ambiental, que se puede observar en las iniciativas de eficiencia energética y el manejo de residuos sólidos dentro de las instalaciones con su campaña de reciclaje. Cuentan con el certificado de Carbono Neutral desde el 2016, y con dos estrellas en el premio de Bandera Azul Ecológica. Además, están en los primeros pasos para lograr la certificación ISO 14001 en los próximos años.

#### b. Misión de GUTIS

“Somos una compañía farmacéutica comprometida en mejorar la salud de los usuarios de nuestros productos”.

#### c. Visión de GUTIS

Ser la compañía farmacéutica en permanente superación, reconocida por su compromiso social en el área de la salud. Con liderazgo en tecnología, diseño, investigación, fabricación y comercialización de medicamentos de alta calidad, para el logro de la satisfacción de nuestros clientes.

d. Estructura organizacional GUTIS

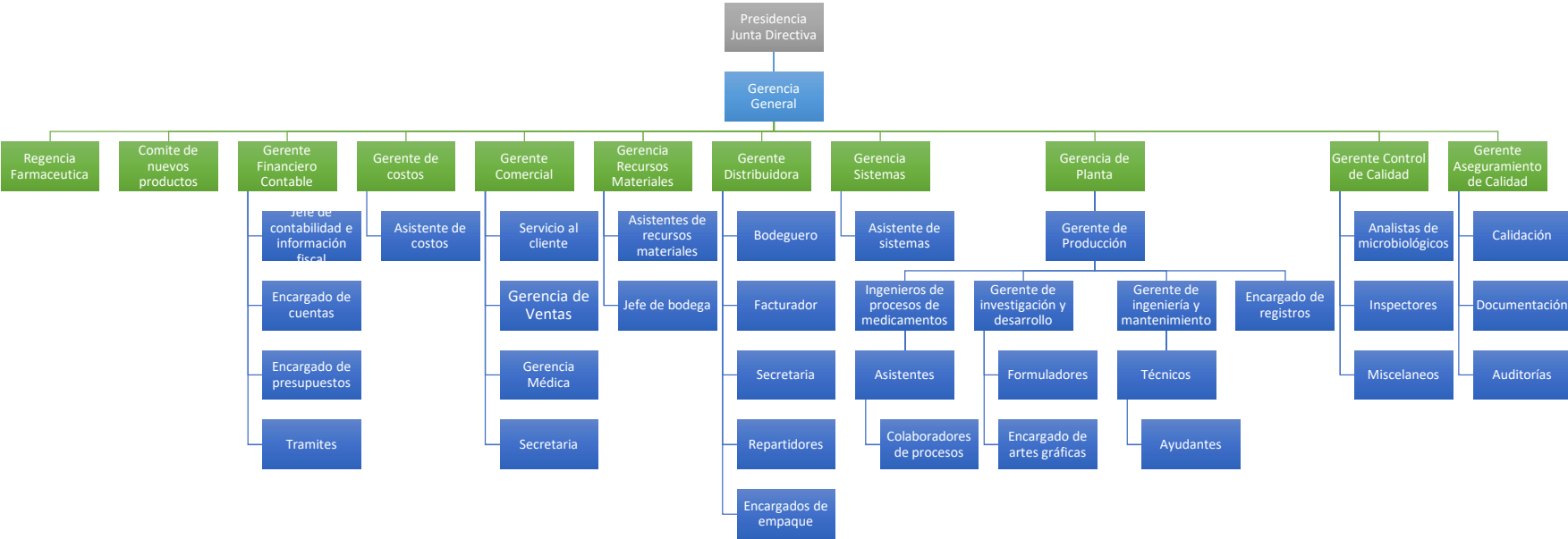


Figura 1. Estructura organizacional de GUTIS

#### e. Descripción de ECOPOWER

Es la empresa encargada de desarrollar el proyecto. Está localizada en San Juan de Tibás, Costa Rica, sin embargo, también cuenta con oficinas en Panamá, se fundó en el año 2008 y cuenta con amplia experiencia en el diseño, inspección y ejecución de obras electromecánicas. Se ha destacado en proyectos como el Canal de Panamá y la Línea 2 del Metro de Panamá, bajo la figura de dirección de proyectos para la empresa EATON ELECTRICAL.

Debido a la diversificación del mercado, ECOPOWER ha tomado un enfoque en desarrollar proyectos de eficiencia energética y energías renovables. Lo que la diferencia a ECOPOWER de otras empresas que se dedican a realizar solo eficiencia energética o solo proyectos de energía renovable, es que abarca los proyectos de manera integral, evaluando cuál es la opción que más se ajusta a las necesidades de cada empresa.

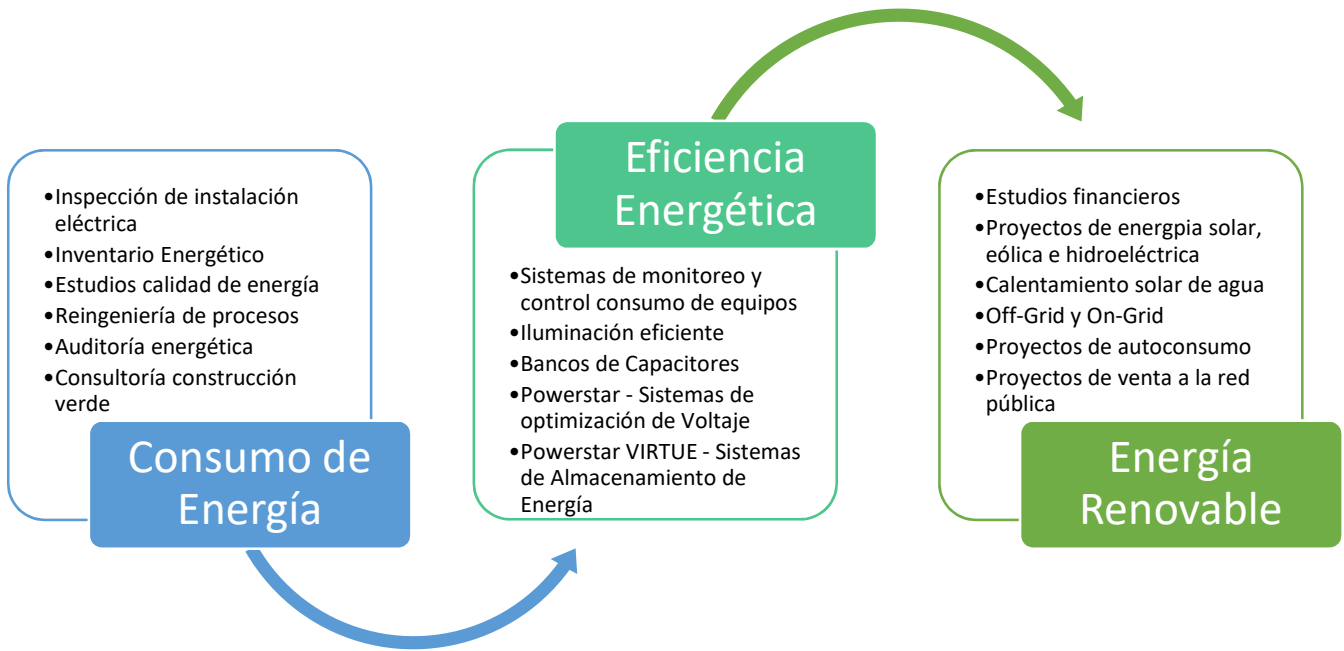


Figura 2. Metodología de trabajo de ECOPOWER

Fuente: ECOPOWER

#### f. Misión de ECOPOWER

Que nuestros clientes puedan satisfacer sus necesidades de energía al menor costo posible y con la mayor responsabilidad ambiental.

#### g. Visión de ECOPOWER

Ser el líder regional en soluciones de energía limpia, logrando el equilibrio entre ahorro, uso eficiente de la energía y cuidado del medio ambiente.

h. Estructura organizacional de ECOPOWER

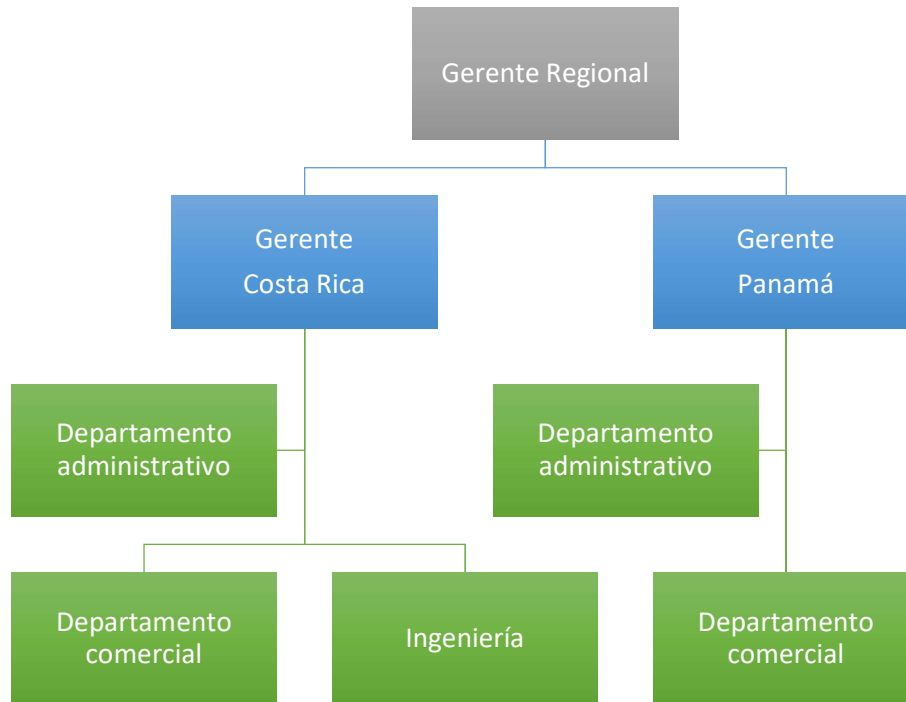


Figura 3. Estructura organizacional ECOPOWER

Fuente: ECOPOWER

## 2.2. Definición del problema

GUTIS quiere evaluar la viabilidad de la instalación de un sistema de almacenamiento de energía, un sistema de generación foto y un sistema de optimización de voltaje. Sin embargo, la empresa no cuenta con un estudio completo de consumo de energía eléctrica que permita generar balances de energía de sus procesos. Por lo tanto, no hay una cuantificación de costos que permita determinar cuál o cuáles son las mejores soluciones para disminuir el costo en facturación de energía eléctrica.

## 2.3. Objetivos

### a. Objetivo General

Realizar una propuesta integral de reducción de la facturación de energía eléctrica de la empresa GUTIS, que permita generar ahorros de un 30% respecto al costo anual.

### b. Objetivos Específicos

- Analizar el comportamiento del consumo de energía eléctrica y la demanda de potencia de GUTIS mediante un estudio de la facturación en energía eléctrica.
- Analizar que sistemas consumen mayor energía y las pérdidas de energía de la planta.
- Evaluar desde un punto de vista técnico-financiero la implementación de diferentes tecnologías que permitan disminuir la facturación energética.
- Determinar las posibles disminuciones de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de energía.
- Desarrollar un estudio financiero que permita analizar las ventajas de la implementación de los diferentes proyectos.
- Evaluar la disminución en la huella de carbono de cada una de las posibles soluciones.

## 2.4. Antecedentes

GUTIS en el año 2014, había contratado a la empresa ALDESA para realizar una consultoría para evaluar proyectos que permitieran disminuir el consumo de energía. En esa ocasión, ALDESA por medio de la empresa SOVENTIX realizó una propuesta de energía solar de aproximadamente 500kW combinado con un sistema de almacenamiento. Sin embargo, esta fue descartada debido a que desde un punto de vista financiero no era viable, a pesar de que el potencial ahorro podía llegar a ser de hasta un 23%.

Además de esto la empresa SOVENTIX recomendó realizar un cambio de luminarias, principalmente, para disminuir el consumo eléctrica, aunque este no era considerable era importante dado que la nueva tecnología (LED) tiene mayor vida útil que la tecnología actual.

El contacto de GUTIS con ECOPOWER se dio a raíz del interés de GUTIS por la instalación del sistema solar fotovoltaico, sin embargo, cuando se realizó la primera visita a la empresa en el 2017, el ingeniero del departamento de mantenimiento industrial que estaba en el momento, comento que estaban realizando desconexiones en los periodos punta y supliendo la energía con la planta de emergencia. Por esto la solución principal era la instalación de un equipo que permitiera el control de la demanda.

Por otro lado, el ingeniero que estaba en ese momento puntualizó que el chiller era el equipo que más energía consumía en la empresa.

Actualmente, hay una empresa realizando la consultoría para el cambio del equipo de aire comprimido, debido al envejecimiento y a que presenta deficiencias en su operación.

## 2.5. Justificación

Una de las prioridades de GUTIS es estar siempre a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos, principalmente si estos permiten generar un impacto positivo en el desarrollo de las actividades diarias.

La necesidad de este proyecto es poder cumplir con las condiciones eléctricas, tanto en abastecimiento como en calidad del suministro. Es importante que el proyecto sea completamente viable desde el punto de vista financiero.

Es necesaria la disminución de la facturación eléctrica tanto como sea posible. Además, GUTIS cuenta con una política de conciencia ambiental, que los ha llevado a obtener certificaciones como bandera azul ecológica, sin embargo, el interés de la empresa va más allá y tiene interés en recibir certificaciones como la de Carbono Neutral promovida por el Gobierno de Costa Rica, y de la entidad internacional LEED. GUTIS mediante la certificación demuestra y garantiza que su edificio es sostenible desde un punto de vista de eficiencia energética y como generador de energía renovable.

La viabilidad financiera del proyecto es de suma importancia dado que el enfoque de negocio de GUTIS evidentemente, no es el tema energético, por lo que se realizará un análisis financiero que justifique la inversión.

## 2.6. Viabilidad

Para la realización del proyecto se cuenta con una línea de trabajo la cual consiste en la evaluación del rendimiento actual de la instalación eléctrica.

GUTIS tiene definidos los parámetros mínimos requeridos para que un proyecto sea aceptado, entre los cuales se requiere cumplir con un TIR mínimo de 12% a 10 años y un periodo de recuperación de la inversión menor a 7 años.

Por otro lado, si utilizaran normas como Carbono Neutral del Gobierno de Costa Rica, Bandera Azul Ecológica, el Código Eléctrico Nacional (NEC 2008), la normativa vigente de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) y algunas recomendaciones de las guías de LEED.



## 2.7. Limitaciones

La limitación principal es el acceso a la información de GUTIS, debido a que la práctica se realiza en la empresa ECOPOWER, la cual fue contratada para realizar la consultoría del sistema de almacenamiento.

GUTIS provee la información necesaria para evaluar el sistema, sin embargo, no se tiene acceso completo a las instalaciones ni a la información del proceso, como cantidades y/o de producción, para poder comparar aún las ventajas y desventajas de las posibles propuestas, de ahorro energético.

Otra limitación de no estar realizando la práctica directamente para GUTIS, es que no se está realizando físicamente en la empresa objetivo, lo cual no permite tanta facilidad para el contacto con los ingenieros responsables.

## 2.8. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en la preparación de una o varias propuestas para la reducción de la facturación eléctrica, para esto se desarrollará un estudio integral del consumo de la energía eléctrica en GUTIS, lo que permitirá identificar cuáles son las posibles soluciones.

Lo que se espera obtener de este estudio es identificar cuáles son los equipos que representan un mayor consumo de energía y que opciones hay para reducir su consumo, desde sistemas o dispositivos que mejoren su desempeño hasta la sustitución de estos.

Por otro lado, de acuerdo con el requerimiento inicialmente planteado por GUTIS y por la tarifa a la que está sujeta la empresa (TMT CNFL) se va a evaluar la viabilidad de la instalación de un sistema de almacenamiento de energía para la administración de la energía en los distintos períodos tarifarios, sumado a esto se va a evaluar la instalación de un sistema de generación fotovoltaico.

## 3. CAPÍTULO 3

### 3.1. Marco teórico

#### a. Energía

De acuerdo, a la definición de la Real Academia Española, la energía es la capacidad de realizar trabajo y se mide en Joules. Sin embargo, tiene diferentes aceptaciones de al campo en el que se haga mención. En el ámbito tecnológico se refiere a un recurso natural y a la tecnología que es necesaria para extraerla, transformarla y darle uso en la industria.

En las diversas disciplinas de la física, coexisten diferentes definiciones y manifestaciones de energía, todas siempre relacionadas con el concepto de trabajo. Las tres formas más comunes de estudiar la energía han sido:

#### **Mecánica**

- Energía Cinética: asociada al movimiento.
- Energía Potencial: relativa a la posición de un cuerpo dentro de campos de fuerza conservativos.

#### **Termodinámica**

- Energía interna: la suma de toda la energía de las partículas que constituyen un sistema.
- Energía térmica: energía en forma de calor.
- Potencial termodinámico: relacionado con las variables de estado.

#### **Electromagnetismo**

- Energía radiante: la energía que poseen las ondas electromagnéticas.
- Energía calórica: energía liberada al producirse una reacción química de oxidación.
- Energía eléctrica: resultante de una diferencia de potencial entre dos puntos.

Es importante ser consciente que el uso y manipulación de la energía es uno de los pilares fundamentales del progreso del ser humano. El satisfacer las necesidades energéticas de la sociedad se ha vuelto una de las prioridades de la agenda política, económica y científica del mundo. El cambio climático y el agotamiento de los recursos de origen fósil generan una serie de desafíos.

## b. Energía Eléctrica

La energía tiene muchas formas de manifestación y de estudio, debido a los requerimientos de documento, se va a hacer énfasis en la energía eléctrica.

La energía eléctrica es una de las formas de energía que más utiliza la sociedad, se utiliza en industrias, casas, comercios e incluso medios de transporte. Esto debido a la versatilidad que presenta para ser manipulada, transportada, transformada y controlada.

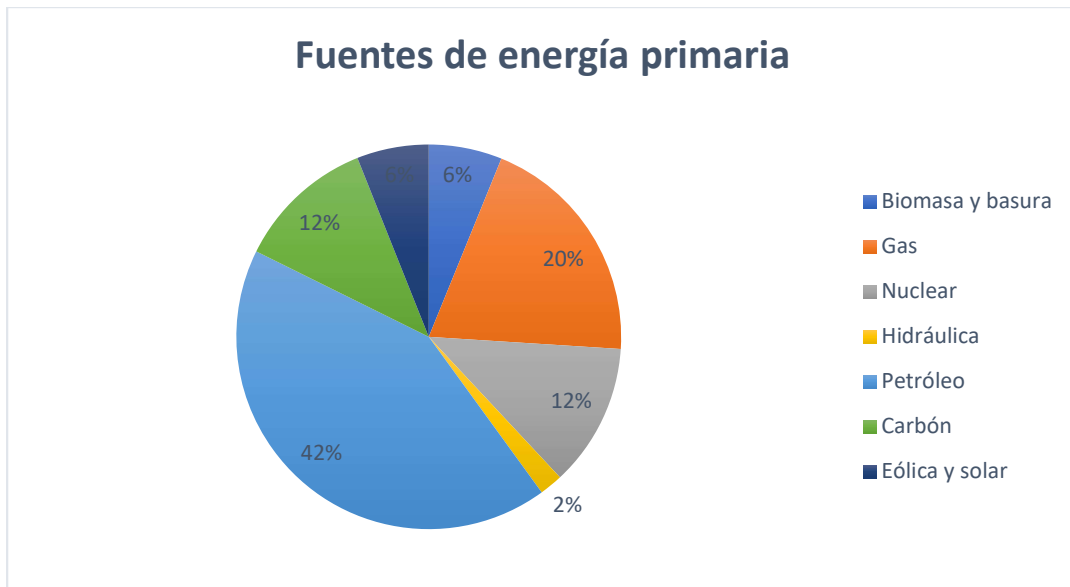
La energía eléctrica puede ser generada en grandes cantidades y su generación se puede concentrar para ser transmitida de manera fiable y económica a largas distancias para ser transformada en forma de uso de forma fácil y eficiente.

Es ampliamente utilizada para iluminación y realizar trabajo mecánico, sin embargo, es muy ineficiente utilizarla para generar calor, debido al proceso termodinámico de bajo rendimiento que se utiliza (es más conveniente utilizar un proceso de combustión directa en el punto de consumo).

La electricidad se obtiene partir de la transformación de fuentes de energía primaria Las fuentes de energía primaria son las que se obtienen como recurso de la naturaleza. Estas fuentes se miden en *tep* o toneladas equivalentes de petróleo unidad que se utiliza normalmente para expresar los balances de energía. La conversión de estas unidades se realiza basándose en los poderes caloríficos de cada una de las fuentes.

$$1 \text{ tep} = 10^7 \text{ kcal} = 11\,700 \text{ kWh}$$

Según datos de la Agencia Internacional de Energía, el uso de fuentes de energía primaria se puede observar en el siguiente gráfico.



*Gráfico 1. Fuentes de energía primaria*

Fuente: International Energy Agency

La combustión del carbón, del petróleo o del gas, la fisión de un material nuclear y la energía potencial almacenada, todas son convertidas en energía mecánica (rotación de un motor de combustión o de turbinas) y a partir de la transformación de esa energía se obtiene la energía eléctrica mediante dispositivos electromecánicos denominados generadores.

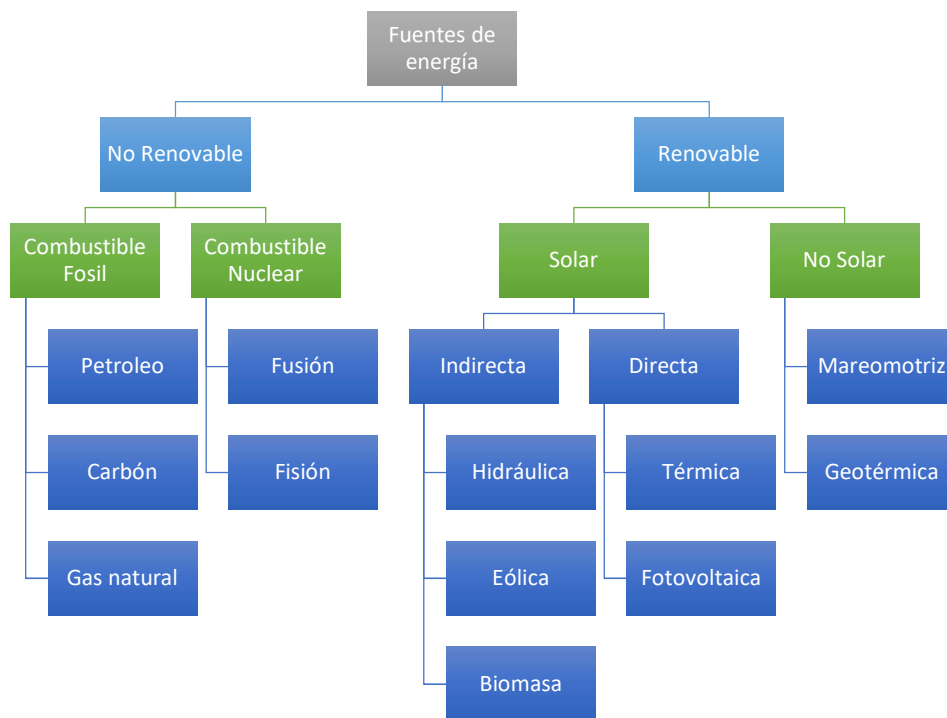


Figura 4. Fuentes de energía

Fuente: International Energy Agency

Debido a las dificultades que históricamente ha presentado la electricidad para ser almacenada, es que los sistemas de generación, transporte y distribución son capaces de ajustar la energía generada a la demanda en todo instante y con valores específicos de tensión y frecuencia.

Para poder cumplir con las demandas hay que tener un buen entendimiento de cómo se demanda la energía eléctrica por parte de los consumidores finales. Un ejemplo de esto es el comportamiento de las industrias, muchas en la actualidad operan en 24 horas los 7 días de la semana, pero por otro lado otras operan solo en el día o solo en la noche. Otro comportamiento para tomar en cuenta es la demanda para iluminación la cual, principalmente nocturna.

Por esto las centrales de energía deben ser variables, para poder atacar los comportamientos de demanda de energía eléctrica. Las centrales de energía solar durante el día generan un gran aporte sin embargo en la noche son inútiles, las centrales hidroeléctricas son muy constantes, pero se debe tener un muy buen

control del recurso hídrico, por otro lado, las centrales de combustible fósil son muy buenas para reaccionar a demandas rápidas.

### c. Descripción general de sistemas de energía eléctrica

Los sistemas de energía eléctrica están constituidos por tres partes: generación, transporte y distribución. Sin embargo, existen otros sistemas en medio de estos, llamados subestaciones y centros de transformación, donde también están localizados dispositivos de maniobra y protecciones.

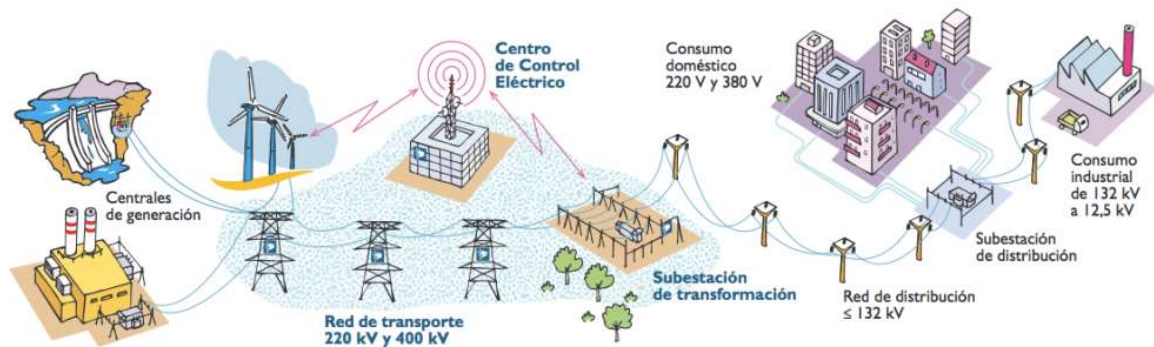


Figura 5. Esquema general de un sistema de energía eléctrica

Fuente: International Energy Agency

### Generación

El primer nivel del sistema de energía eléctrica son las centrales, lugar donde se produce la transformación de una fuente de energía primaria a energía eléctrica. La generación de energía eléctrica ocurre gracias a principios electromagnéticos en una máquina denominada alternador trifásico. Esta máquina produce electricidad a 50 o 60 Hz dependiendo del país, y con tensiones entre los 6 a los 25kV y con potencias tan grandes como la tecnología que se utilice lo permita.

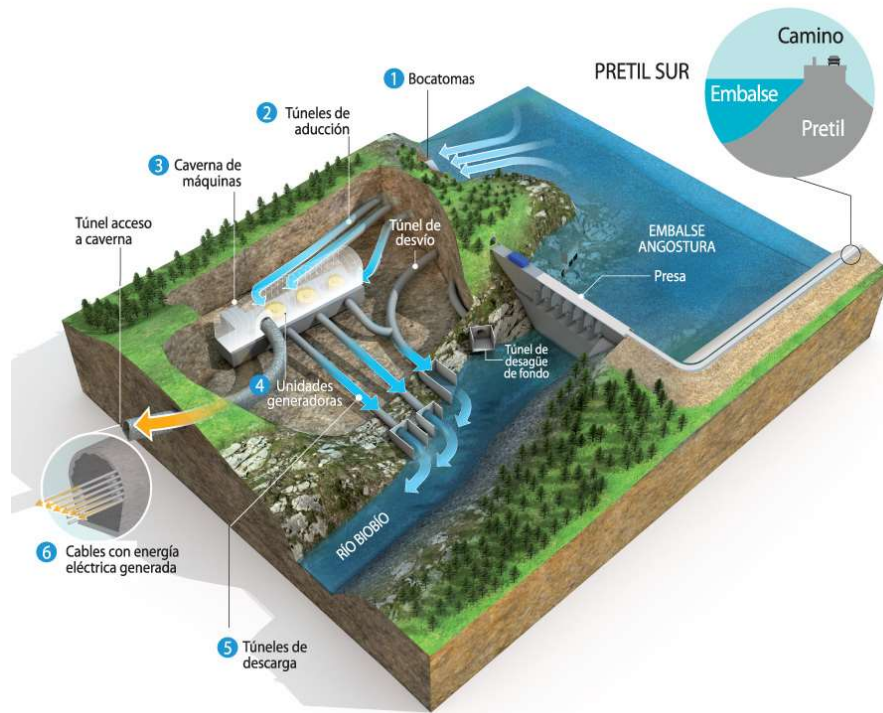


Figura 6. Central hidroeléctrica de generación

Fuente: ICE

## Transporte

Debido a que la demanda de energía actual es muy grande y la estabilidad de esta es muy importante, el transporte se ha vuelto sumamente crítico. Por lo que desde hace muchas décadas la vieja estructura de instalaciones independientes.

Actualmente la estructura, es de una red interconectada, con un elevado número de nodos y de conexiones entre los diferentes sistemas, uniendo generadores y consumidores, obteniendo un sistema más robusto.

En caso de que existan, pequeñas variaciones en la demanda o la caída de una de las centrales de generación, al estar el sistema interconectado puede mantenerse funcionando.

Por otro lado, el sistema de transporte debe de ser económico, por lo que es muy importante reducir el calibre de los cables conductores de corriente. Esto se logra aumentando la tensión para que se disminuya la corriente. Debido a esto existen

las centrales de transformación donde se elevan las tensiones incluso hasta los 765kV o se disminuyen al valor que el cliente requiera.



*Figura 7. Central de transformación*

Fuente: CFE

#### Red de distribución en mediana tensión

En las subestaciones transformadoras la tensión de la red se reduce a valores reglamentados como 13,5 kV, se transmiten en distancias menores a los 25 km, suelen ser líneas de transmisión aéreas y se colocan finales para el consumo dependiendo del tipo de cliente. Los clientes industriales por lo general consumen a 480V trifásico y los residenciales a 240V monofásico.

#### d. Energía eléctrica en Costa Rica y legislación

Es importante mencionar que San José fue la tercera ciudad que tuvo electricidad a nivel mundial, luego de Nueva York y París. Luego debido a acontecimientos que se dieron entre los años 1990 y 1940, es que se crea el Instituto Costarricense de Electricidad en el año 1949, gracias al Decreto – Ley No.449.

La creación se da para satisfacer las necesidades y la escasez de energía eléctrica, presentada en los años 40 y en apego de la soberanía nacional, en el campo de la explotación de los recursos hidroeléctricos del país.



Uno de los principales objetivos del ICE es desarrollar de manera sostenible las fuentes productoras de energía existentes en el país y prestar el servicio de electricidad.

#### e. Sector Eléctrico costarricense

En Costa Rica el sector eléctrico se caracteriza por tener una amplia participación del Estado tanto en los ámbitos políticos, la planificación, la regulación y la operación. El ICE es responsable del desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidroeléctricos y geotérmicos, de la expansión, operación, interconexión, transmisión y la distribución. La participación del sector privado es muy limitada y prácticamente solo involucra a la generación.

La Dirección Sectorial de Energía (DSE), que pertenece al Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones (MINAET) se encarga de definir los planes del sector. Además, la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) se encarga de la fijación de las tarifas.

En líneas generales la política adoptada en el sector eléctrico costarricense ha consistido en lo siguiente:

- Mantenimiento de la propiedad pública de las principales empresas (ICE y CNFL).
- Participación y fortalecimiento de empresas públicas municipales y cooperativas en las fases de producción y distribución de la cadena de valor de los servicios eléctricos.
- Permitir la participación privada en el segmento de generación eléctrica hasta un 15%. (ley 7200).
- Permitir a las empresas privadas generar a través de fuentes renovables un 15% adicional de electricidad al permitido por la ley 7200. En este caso la compra de la electricidad deberá realizarse mediante licitación.
- Único comprador a los generadores privados, el ICE.
- Planificación de corto, mediano y largo plazo realizada por un ente estatal, responsable del suministro eléctrico, el ICE.

- Transmisión y centro de control de energía propiedad y dirigida por el ICE.
- Mantenimiento del ICE como una empresa verticalmente integrada, es decir que planifica, diseña, construye, genera, transporta y distribuye en el sector eléctrico.

f. Matriz de energía eléctrica de Costa Rica

La matriz energética es el conjunto de relaciones cuantitativas que caracterizan la producción, transferencia y consumo de energía en un territorio durante un periodo dado. Para realizar un correcto análisis de la matriz energética se utiliza la unidad de medida Joule o específicamente en múltiplos de Tera Joules, con el fin de obtener una manera de comparar los datos.

Como ya se mencionó la energía primaria es aquella que se obtiene de la naturaleza y que se utiliza para la generación de energía para el consumo humano. En el caso de Costa Rica la matriz está compuesta de la siguiente manera:

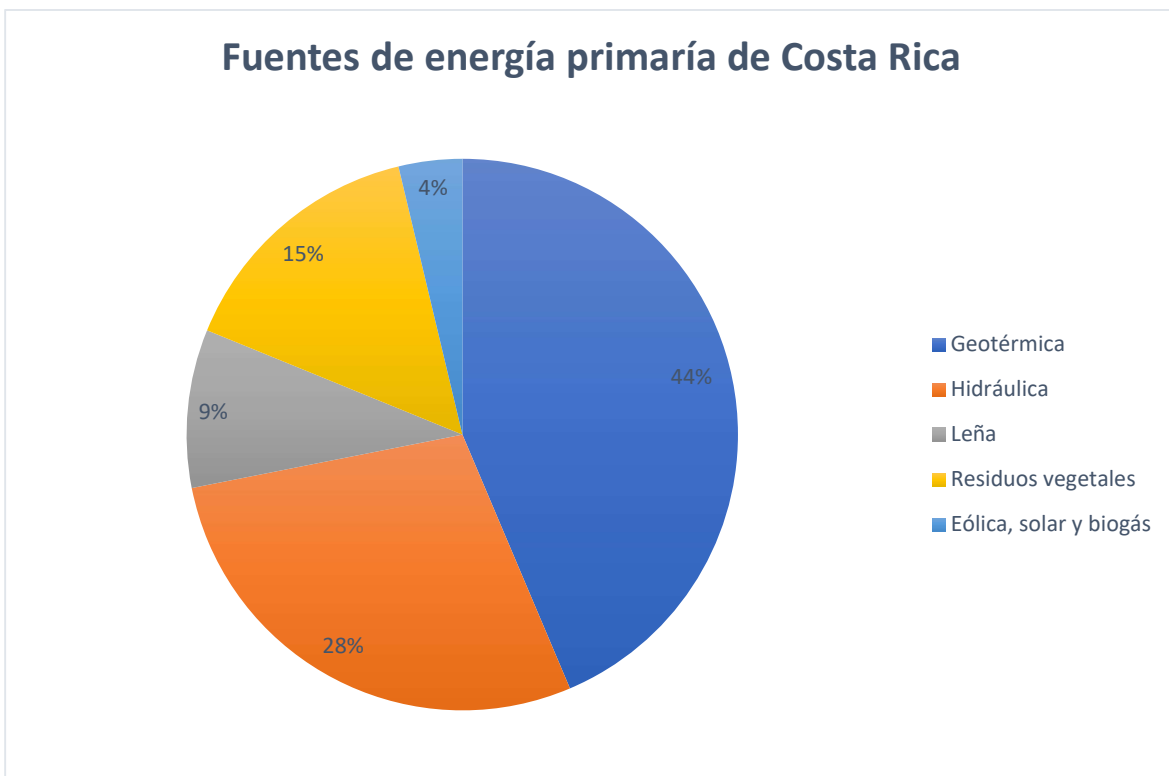


Gráfico 2. Energía primaria de Costa Rica

La oferta interna de energía primaria fue de 111.536 TJ totales, de los cuales: 48.654 TJ provienen de la geotermia, 31.542 TJ son de hidráulica, seguida por residuos vegetales y leña con 16.834 TJ y 10.349 TJ respectivamente, y 4.157 TJ de energía solar, eólica y biogás.

Con respecto a la generación eléctrica del 2016, según los datos aportados por el Instituto Costarricense de Electricidad el 98,21% de la energía consumida en el país provino de fuentes renovables. La generación termoeléctrica tuvo un crecimiento del 2015 al 2016 de un 78,5%, sin embargo, si se hace una comparación entre con respecto al 2013 cuando esta energía significó el 11,7% de la energía producida, en el 2016 fue de solamente 1.8%. Esto se da gracias al modelo de desarrollo eléctrico por el que apostó el país, permite muy altos porcentajes de generación de fuentes renovables, ideal para la atracción de capitales e inversiones y para un desarrollo energético futuro sostenible.

En el gráfico se muestra la generación y demanda del 2016 de acuerdo con la fuente de energía, del Centro Nacional de Energía del Instituto Costarricense de Electricidad. La generación bruta de ese año fue de 10,781.69 GWh.

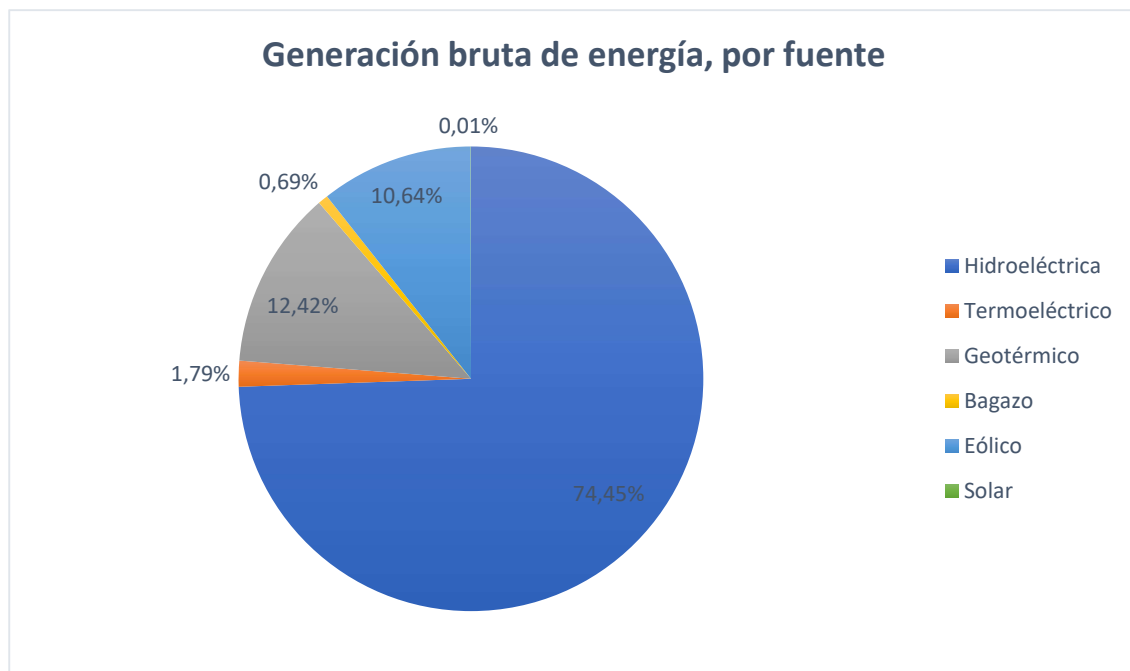


Gráfico 3. Generación bruta de energía por fuente

El gráfico 6, muestra la capacidad instalada en el país por cada tipo de tecnología de producción. La energía geotérmica, segunda en importancia en el país, no alcanza un 6% de la capacidad instalada en total en Costa Rica, en tanto que se sigue dando mucho auge a la instalación de proyectos eólicos, de modo que ya ésta es la tercera fuerza productora de electricidad en el país y se tiene un 9,21 % de la potencia nacional de esta tecnología.

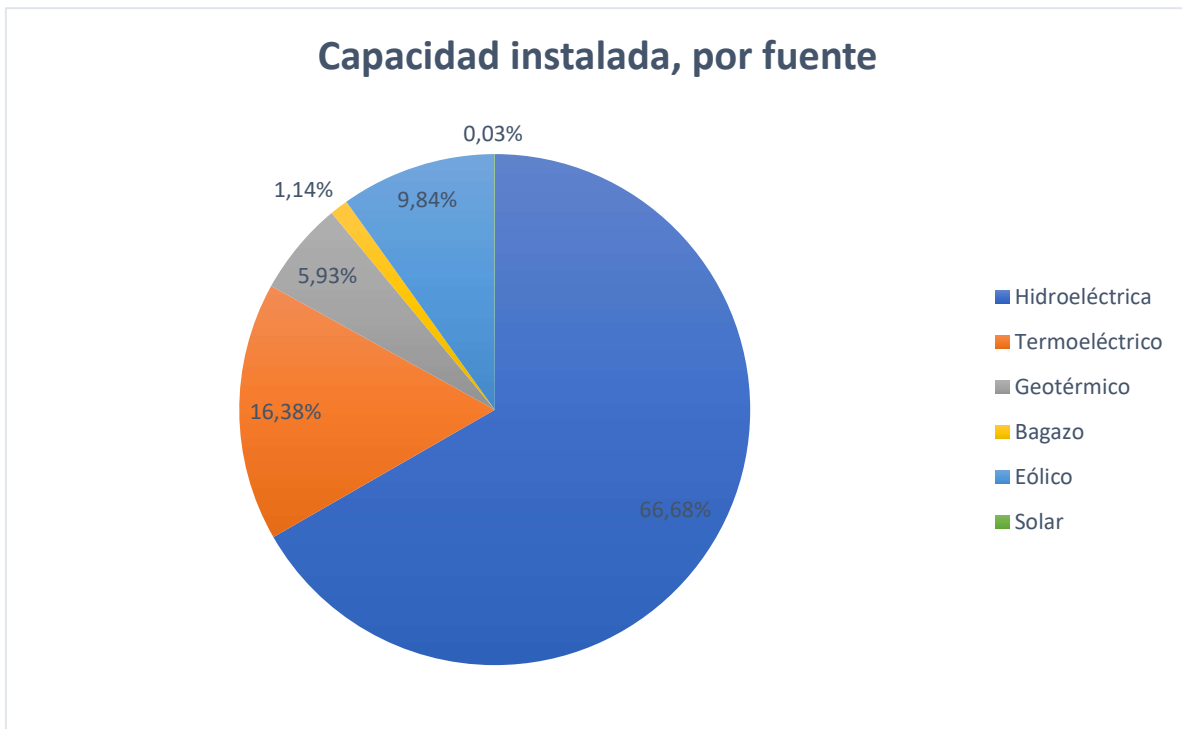


Gráfico 4. Capacidad instalada por fuente

En cuanto al responsable de la generación, en el gráfico 10 se evidencia la proporción de la energía producida por cada empresa durante el 2016. El ICE sigue posicionado como primera empresa en producción bruta de electricidad con un 68,28%, y en segundo lugar se encuentran las empresas de la modalidad BOT (Build, Operate, Transfer; son compañías privadas que construyen un proyecto, lo administran por 15 años y luego deben entregárselo al Estado) con un 12,12% de la oferta

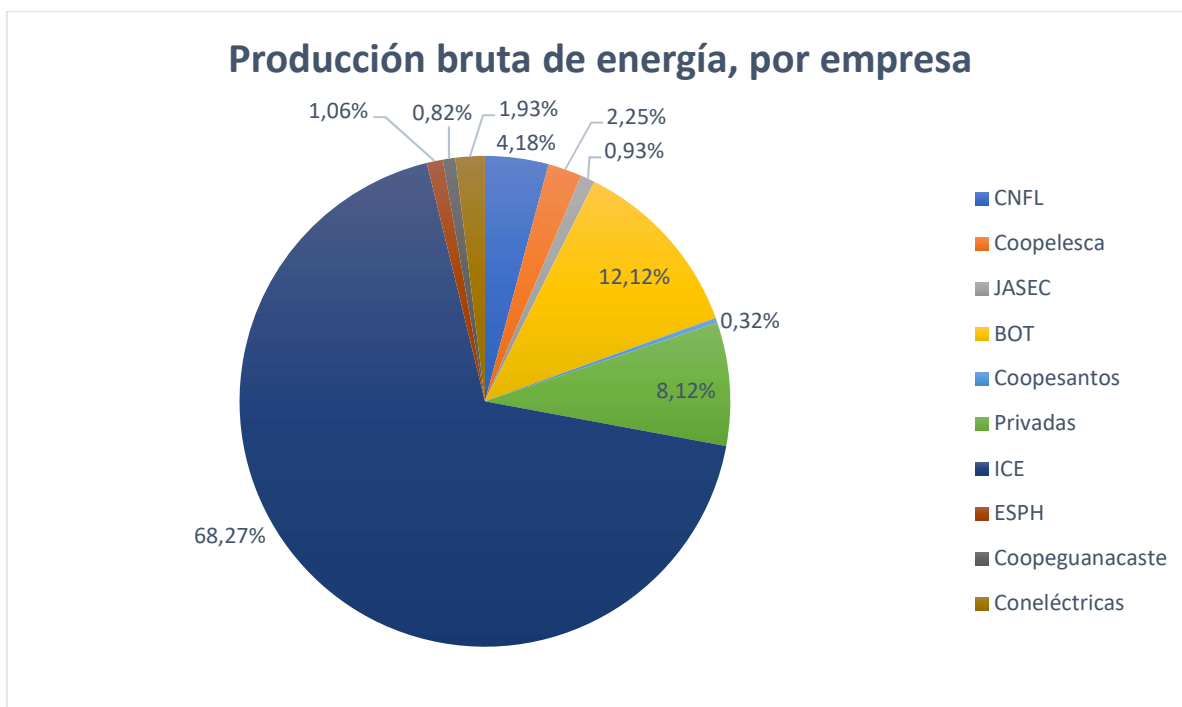


Gráfico 5. Producción bruta de energía, por empresa

Fuente: Centro Nacional de Control de Energía

#### g. Generación distribuida

Esta es una modalidad en la que el cliente de una distribuidora pasa de ser solo consumidor a ser consumidor – productor, esto implica la interacción en la generación de energía entre el cliente y la empresa distribuidora.

Básicamente, consiste en la generación eléctrica a partir de fuentes renovables, tanto: solar fotovoltaica, como eólica, biomasa o hídrica, dentro de la propiedad del consumidor con el fin de ser auto consumida, manteniendo una interconexión de generación con el proveedor. Esto permite inyectar la energía a la red para después ser consumida por el cliente. Sin embargo, esta energía que se inyecta a la red y luego es consumida por el cliente, tiene un costo asociado llamado tarifa de acceso y es definida al igual que las tarifas eléctricas, por la Autoridad Regulatoria de los Servicios Públicos.

A este intercambio de energía entre el cliente y la distribuidora se le denomina neteo. El reglamento de generación distribuida establece que se puede hacer un

49% de neteo anualmente. En caso de que el cliente realice un neteo superior al 49% estará entregando los excedentes de energía al proveedor eléctrico de manera gratuita.

Para que un cliente pueda acceder al beneficio de Generación Distribuida para Autoconsumo con fuentes renovables, deberá realizar y cumplir con la normativa vigente y cumplir con el procedimiento de la empresa distribuidora.

#### h. Operación en “Isla”

Este modo está asociado a las empresas que opera de manera aislada de la red de distribución eléctrica. Existen básicamente dos maneras de operar en modo de isla. El primero consiste en la operación de generadores autónomos no conectados a la red eléctrica. El segundo modo de operación en isla es en el que el generador esta interconectado a la red del distribuidor eléctrico en modo paralelo, lo cual significa que permiten generar energía con independencia de si se produce o no un apagón.

Además, la operación en isla implica que la energía producida será únicamente para autoconsumo, no debe haber interacción de la generación con la red del distribuidor. Debido a esto, en muchos casos la operación en isla implica la instalación de un sistema de almacenamiento de energía, con el fin de obtener máximo provecho de la generación y mejor control del uso de energía.

#### i. Estudio de energía eléctrica

Consiste en identificar los problemas y el consumo de energía de una empresa. En un estudio de consumo de energía eléctrica se recopilan los datos de consumo de energía tan detallado como sea posible. El objetivo es conocer cuáles son los equipos que más consumen energía y tomar medidas para disminuir el consumo.

Las etapas de un estudio de energía se pueden clasificar en 3.

Etapas 1: Recolección de información sobre funcionamiento de equipos

En esta primera etapa, la idea es tomar datos de la cantidad de energía consumida en cada instalación o equipo. Es necesario recopilar la información general de la empresa, datos generales de consumo eléctrico y datos específicos de áreas de consumo.

#### Etapa 2: estudio sobre uso de energía en la empresa

El objetivo es conocer los problemas de consumo de energía. Identificar cuanta es la energía consumida por la empresa, que equipos están generando el principal consumo y evaluar las posibles maneras de hacer un mejor uso del recurso energético.

#### Etapa 3: análisis de datos

Es necesario hacer un procesamiento de datos con el fin de elaborar un informe, puede ser un cuadro resumen de consumo de equipos.

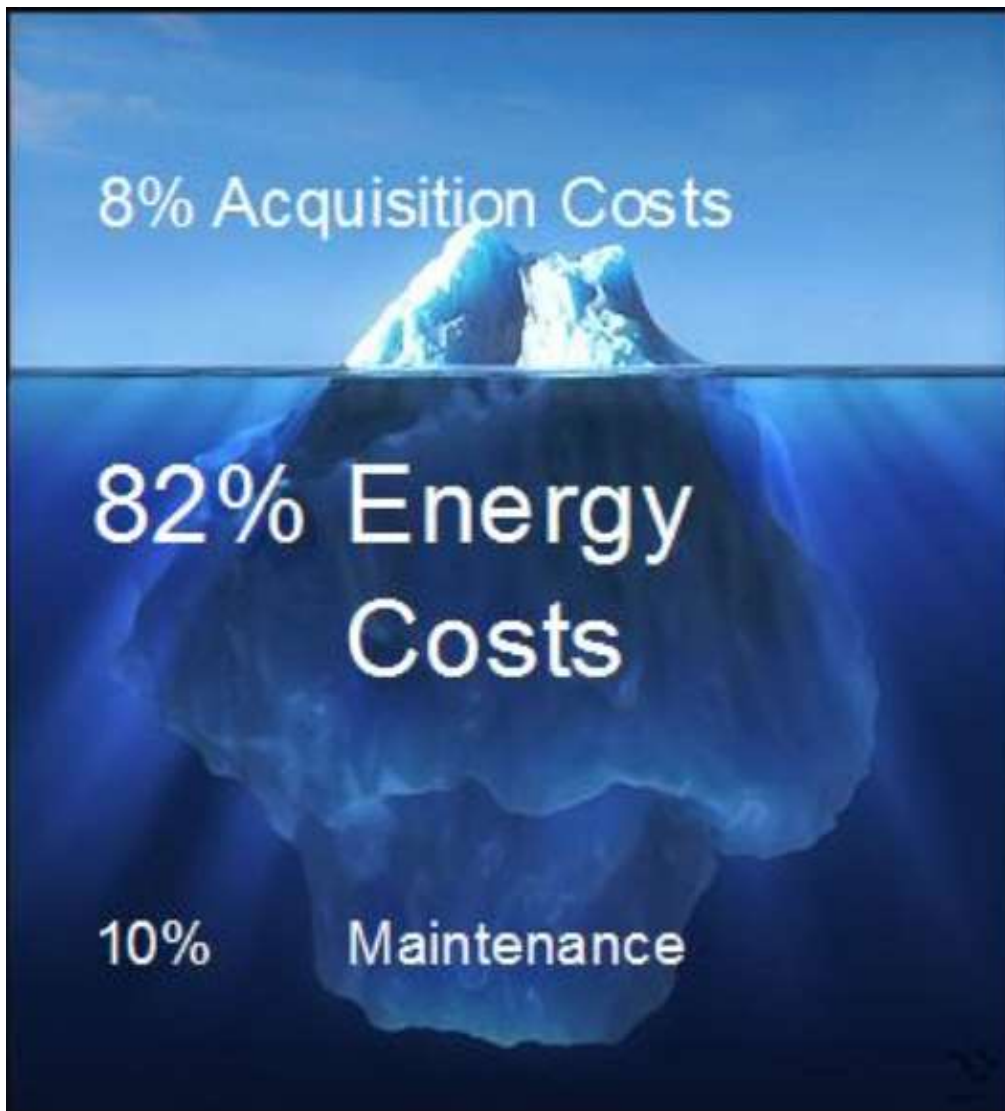
Utilizando este informe se analizarán los datos obtenidos y en función de este análisis se presentarán las mejoras que se pueden llevar a cabo en el Programa de Gestión y Ahorro de Energía. Estas mejoras pasan por un uso eficiente de cada instalación y equipo.

### j. Ahorro y eficiencia energética

El tema de eficiencia energética ha tomado importancia debido al crecimiento la población mundial y al agotamiento de las fuentes de energía primaria. La demanda de la población ocasiona el acelerado crecimiento industrial el cual a su vez hace que se genere una fuerte demanda de recursos energéticos.

La generación de energía eléctrica es limitada por muchas variables, es debido a esto que es tan importante de este recurso.

En muchas ocasiones cuando se adquiere un equipo como motores, aires acondicionados, luminarias, calefacciones y otros, la preocupación principal es el costo inicial, sin embargo, si se realiza un análisis de la vida útil de la máquina esto apenas significaría un 8%, por otro lado, los costos de mantenimiento un 10% y principalmente del consumo de energía serían el 82% del costo.



*Figura 8. Ciclo de vida típico del costo un equipo*

Fuente: RENAC

### Motores eficientes

Actualmente en las industrias el 60% de la energía que se consume es debido a los motores eléctricos. Además, el 70% de estos motores son trifásicos de inducción tipo jaula de ardilla (RENAC, 2017).

De acuerdo, a lo anterior se puede concluir que es de suma importancia preocuparse por la eficiencia de estos equipos. La eficiencia de un motor es la relación de la potencia que se obtiene nominalmente en el eje del motor y la potencia absorbida por el motor. En otras palabras, la relación entre la energía



mecánica que entrega y la energía eléctrica que absorbe. La diferencia entre ambas potencias es debido a las pérdidas eléctricas y mecánicas que se producen en el proceso de transformación de energía.

El correcto dimensionamiento de los motores eléctricos es muy importante, la mayoría de estos equipos están diseñados para funcionar entre un 50% y un 100% de la carga nominal. La máxima eficiencia se suele obtener cuando el motor se utiliza a un 75% de la carga nominal. Por otro lado, la eficiencia de un motor tiende a disminuir drásticamente cuando este se utiliza por debajo del 50% de su capacidad nominal.

Las normal NEMA e IEC definen algunos estándares de eficiencia de motores, sin embargo, para ambas los valores son los mismos, como se observa algunos ejemplos en la siguiente tabla.

*Tabla 1. Eficiencia de motores normas NEMA e IEC*

<b>Eficiencias Motores NEMA</b>	<b>Ejemplo de Eficiencias TEFC 60HP / 4Polos</b>
<b>NEMA Standard Efficiency MG1 - 1993</b>	<b>93.0%</b>
<b>NEMA High Efficiency EPACK Motores 230-460 / ≤ 200hp / 2,4,6 polos Obligatorio en USA desde Octubre 1997</b>	<b>93.6%</b>
<b>NEMA Premium Efficiency MG1-2006 Motores ≤ 600V / 500hp / 2,4,6 polos Obligatorio en USA desde Diciembre 2010</b>	<b>95.0%</b>
<b>Eficiencias Motores IEC</b>	<b>Ejemplo de Eficiencias TEFC 45kW / 4Polos</b>
<b>IE1 = Standard Efficiency IEC 60034-30 - 2008</b>	<b>93.0%</b>
<b>IE2 = High Efficiency Motores &lt;1000V / 0.75 ~ 375kW / 2,4,6 polos Obligatorio desde el 06/16/2011</b>	<b>93.6%</b>
<b>IE3 = Premium Efficiency Motores &lt;1000V / 7.5 ~ 375kW / 2,4,6 polos Obligatorio desde el 01/01/2015 y de 0.75 ~ 375kW desde el 01/01/2017</b>	<b>95.0%</b>

Fuente: RENAC

## Sistemas de aire acondicionado

Si bien existen variedad de sistemas para acondicionamiento del aire para lograr temperaturas de confort, debido al sistema en estudio, este apartado se va a enfocar en los sistemas de enfriadores de agua o “chiller”.

Son un caso especial de máquina frigorífica, que se puede utilizar como bomba de calor. Estos sistemas suelen ser utilizados en grandes instalaciones, principalmente en las que existe la necesidad dual, climatización de aire y agua caliente sanitaria.

Como es de imaginarse, el consumo energético es un factor determinante a la hora de seleccionar un chiller. Algunas variables para tomar en cuenta son el tamaño del edificio, el tipo de construcción y el uso que se dé al equipo. También es importante considerar la zona geográfica en donde se encuentre.

Para entender el funcionamiento de la gran mayoría de los equipos de acondicionamiento de aire hay que entender las propiedades termodinámicas de un gas refrigerante que es sometido a un proceso cíclico cerrado, ciclo frigorífico: compresión, condensación, expansión y evaporación.

El diagrama de Mollier muestra el comportamiento de un gas frigorífico a lo largo de cada una de las etapas del ciclo, además, muestra la energía se aporta y las prestaciones térmicas que se obtienen en cada etapa del ciclo de funcionamiento de la máquina.

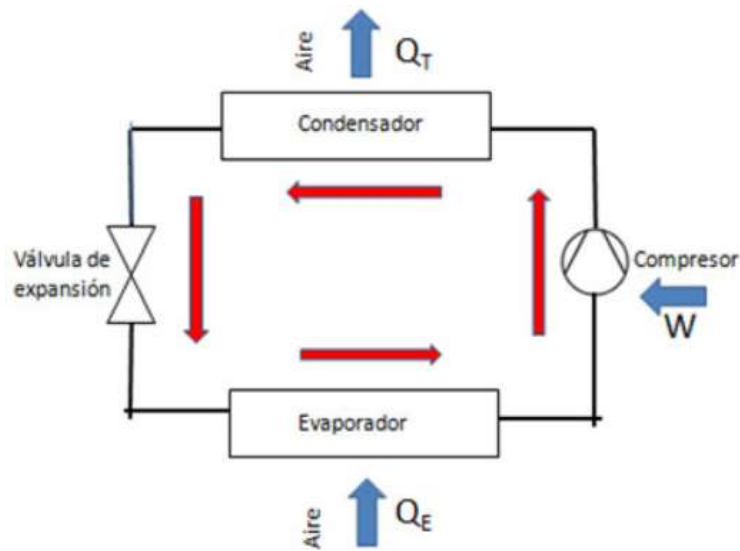


Figura 9. Ciclo del refrigerante

Fuente: Comunidad de Madrid

En modo refrigeración, lo que implica la inversión del ciclo, las presiones de condensación y evaporación serían diferentes y por lo tanto el rendimiento.

Para medir estos rendimientos se utiliza las siguientes cuatro definiciones: EER y SEER en el caso del modo refrigeración y COP y SCOP en modo calefacción.

- **EER** – energy efficiency ratio: se define como el cociente entre la potencia de refrigeración y la potencia eléctrica absorbida en unas condiciones específicas de temperatura con la unidad a plena carga.
- **SEER** – seasonal energy efficiency ratio: es el índice de eficiencia estacional de una unidad tomando en cuenta la demanda anual de refrigeración anual. Calculada para las condiciones específicas de climáticas dadas en la norma UNE-EN 14825:2014.
- **COP** - coefficient of performance: es el coeficiente de eficiencia entre la potencia de calefacción entregado por el sistema y la potencia eléctrica necesaria para la operación bajo condiciones específicas de temperatura y con la unidad operando a plena carga.
- **SCOP** – seasonal coefficient of performance: es el coeficiente estacional de eficiencia de una unidad tomando en cuenta la demanda anual de calefacción anual.

	SEER	SCOP	EER	COP
A+++	$8,5 \leq \text{SEER}$	$5,1 \leq \text{SCOP}$	$4,1 \leq \text{EER}$	$4,6 \leq \text{COP}$
A++	$6,1 \leq \text{SEER} < 8,5$	$4,6 \leq \text{SCOP} < 5,1$	$3,6 \leq \text{EER} < 4,1$	$4,1 \leq \text{COP} < 4,6$
A+	$5,6 \leq \text{SEER} < 6,1$	$4,0 \leq \text{SCOP} < 4,6$	$3,1 \leq \text{EER} < 3,6$	$3,6 \leq \text{COP} < 4,1$
A	$5,1 \leq \text{SEER} < 5,6$	$3,4 \leq \text{SCOP} < 4,0$	$2,6 \leq \text{EER} < 3,1$	$3,1 \leq \text{COP} < 3,6$
B	$4,6 \leq \text{SEER} < 5,1$	$3,1 \leq \text{SCOP} < 3,4$	$2,4 \leq \text{EER} < 2,6$	$2,6 \leq \text{COP} < 3,1$
C	$4,1 \leq \text{SEER} < 4,6$	$2,8 \leq \text{SCOP} < 3,1$	$2,1 \leq \text{EER} < 2,4$	$2,4 \leq \text{COP} < 2,6$
D	$3,6 \leq \text{SEER} < 4,1$	$2,5 \leq \text{SCOP} < 2,8$		
E	$3,1 \leq \text{SEER} < 3,6$	$2,2 \leq \text{SCOP} < 2,5$		
F	$2,6 \leq \text{SEER} < 3,1$	$1,9 \leq \text{SCOP} < 2,2$		
G	$\text{SEER} < 2,6$	$\text{SCOP} < 1,9$		

Figura 10. Eficiencia de sistemas tipo chiller

Fuente: Comunidad de Madrid

Todos los datos anteriores son valores obtenidos por cálculos y pruebas que se realizan en laboratorios bajo condiciones de referencia las cuales no son necesariamente las que se presentan en el lugar de operación. Sin embargo, los valores estacionales (SEER y SCOP) se definen en ambos casos, después de la evaluación del rendimiento. En otras palabras, no solo se calcula en un solo punto, sino que, se utilizan varios puntos para aproximar el funcionamiento teórico al real.

Actualmente existen distintos reglamentos que obligan a los fabricantes y distribuidores de los equipos a mostrar los valores de SEER y SCOP al momento de adquiridos por el cliente, mediante etiquetas energéticas.

Dado que la eficiencia energética de los equipos de aire acondicionado, están en función de las temperaturas de condensación y evaporación, es decir, de acuerdo con las condiciones exteriores y la temperatura que el usuario elija para satisfacer las necesidades de confort.

Se puede concluir que, para hacer un uso eficiente de los equipos de aire acondicionado, es necesario utilizarlos dentro de los límites de temperatura y bajo las mejores condiciones de operación posibles.

### Iluminación

Debido a los avances tecnológicos que se han dado con las luminarias LED, fluorescentes electrónicos, última generación de luminarias tipo halógeno y equipos de control, se logran diseñar proyectos de iluminación de una manera que

permita ser eficiente en cuanto al consumo de energía y dando un buen aspecto físico.

La variedad de luminarias actualmente, permiten muchas posibilidades para acondicionar un espacio y su respectiva actividad. De acuerdo con el diseño que se realice se puede lograr obtener una iluminación que sea rentable en cuanto al costo de inversión, costos asociados al consumo energético, sin dejar de lado el confort del usuario.

En muchos casos, con solo realizar una sustitución de luminarias incandescentes es por lámparas LED o halógenos, permiten generar una reducción en del consumo de energía de hasta un 80% y una vida útil de luminarias hasta 10 veces mayor. Además, el uso de tecnología LED genera menos emisión de calor lo que ocasiona un ahorro en la climatización.

Es difícil realizar una comparación exacta del valor de potencia entre cada una de las luminarias, debido a que cada tecnología es muy distinta. Es por esto por lo que, generalmente se asocia la potencia de carga de la luminaria con su rendimiento lumínico.

Tabla 2. Comparación de fuentes de luz

LAMPARA INCANDESCENTE	LAMPARA HALOGENA	FLUORESCENCIA COMPACTA	LED MR16 / AR111
1.000 horas	3.000 horas	10.000 horas	30.000 horas
			
15W / 100 lm	10W / 140 lm	3W / 150 lm	1W / 75 lm*
60W / 710 lm	35W / 600 lm	12W / 650 lm	7W / 750 lm*
75W / 1100 lm	50W / 910 lm	18W / 1150 lm	10W / 1100 lm*
100W / 1600 lm	75W / 1450 lm	23W / 1600 lm	15W / 1400 lm*

Fuente: Lumitech

Para lograr ahorros en el consumo energético de las instalaciones, es necesario:

- Instalar luminarias que aportarán un mayor flujo luminoso a menor consumo.
- Realizar la instalación en base a cálculos previos del diseño de iluminación.
- Controles para la iluminación natural.
- Mecanismos de control de luminarias que se ajusten a las necesidades de iluminación.
- Ópticas para maximizar el efecto lumínico.
- Reflectores de alta calidad
- Luminarias que permitan reducir la emisión de calor.
- Realizar un mantenimiento preventivo adecuado de las luminarias y equipos.

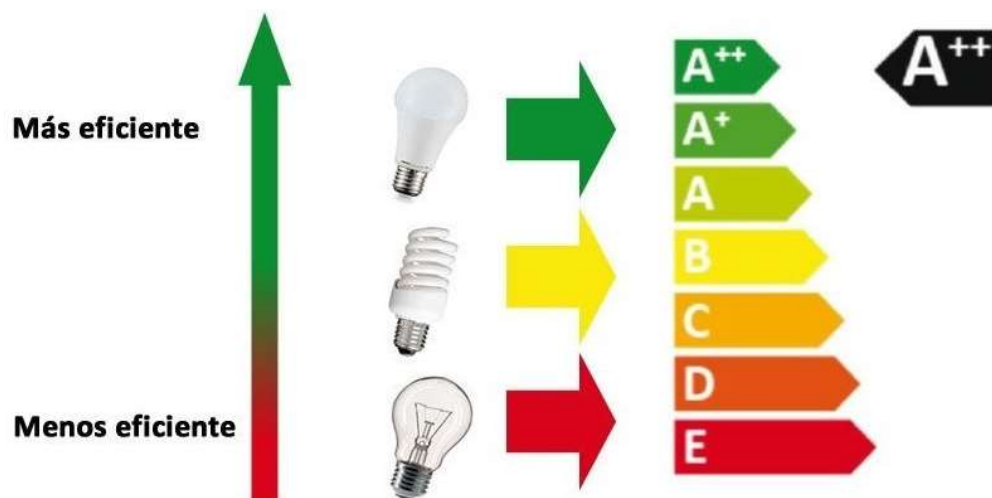


Figura 11. Eficiencia energética de luminarias

Fuente: Lumitech

### Optimización de Voltaje

Los voltajes de suministro de las compañías distribuidoras del servicio eléctrico en Costa Rica están sujetas a la Normativa técnica denominada: “Calidad del Voltaje del Suministro (AR-NTCVS)”. En la misma, se especifican los rangos de suministro de voltaje, pueden variar entre un -5,4% y un 5%.

Esto se puede traducir en que el sobre voltaje de suministro puede ser hasta un 5% superior de lo que se especificaría originalmente, que en el caso de GUTIS es de 480V. Esto sumado a que los equipos o cargas normalmente requieren un voltaje inferior a 480V (generalmente 460V) en consecuencia, un sobre voltaje de un 4.3%,

Esto significa que se podrían lograr una disminución de voltaje de hasta 9,3% en el consumo de energía y potencia.

Tabla 3. Intervalos Normal y Tolerable del Valor de Tensión de Servicio

Sistema – $V_s$ (Voltios)	Intervalo			
	Normal (Voltios)		Tolerable (Voltios)	
	$V_{\min}$	$V_{\max}$	$V_{\min}$	$V_{\max}$
Monofásico bifilar 120	114	126	110	127
Monofásico trifilar 120/240	114/228	126/252	110/220	127/254
Trifásico 120/208, conexión estrella	114/197	126/218	110/191	127/220
Trifásico 277/480, conexión estrella	263/456	291/504	254/440	293/508
Trifásico 240, conexión delta	228	252	220	254
Trifásico 480, conexión delta	456	504	440	508

Una de las maneras de ajustar el voltaje al que realmente está requiriendo la carga es mediante el fenómeno físico de la fuerza electromotriz negativa (back EMF) que se ilustra en la figura 5.

El objetivo de la optimización de voltaje de los equipos Powerstar, es proporcionar un circuito de ampliación de potencia capaz de extraer la mayor cantidad de energía posible de manera eficiente.

En un transformador reductor de tensión convencional como el de la figura 4, el lado del secundario tiene menos vueltas y el voltaje reducido aumenta la corriente. Por ejemplo, en un transformador de 500kVA, si la tensión en el lado primario es de 493V, la corriente será de  $500\text{kVA}/493\text{V} = 1014\text{A}$  (ecuación 1) y la tensión requerida en el secundario requerida es de 460V, la corriente será de  $500\text{kVA}/460\text{V} = 1087\text{A}$ .

$$V = I * R$$

Esto quiere decir que no solo no hay ahorros energéticos, sino que las pérdidas en el transformador aumentan, ya que estas están definidas por la siguiente expresión  $I^2R$ . La demanda energética está definida por la ecuación 2.

$$P = \sqrt{3} * V * I * \cos \theta$$

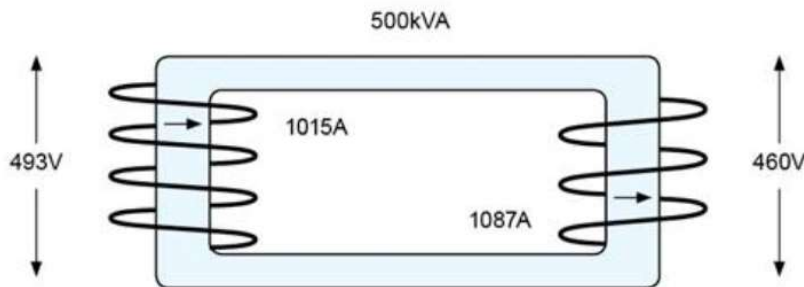


Figura 12. Transformador convencional

Fuente: Powerstar

En un transformador con optimización voltaje como el de la figura 5, no presenta el problema de los convencionales.



Con este diseño, la transformación de tensión ocurre del lado primario al secundario, transmitiendo únicamente lo necesario, lo que quiere decir que solo una fracción de la potencia se transforma.

Por lo tanto, en un transformador de 500kVA, si el voltaje en el lado de primario es de 493V, la corriente será  $500\text{kVA}/493\text{V} = 1015\text{A}$ . Si el voltaje en el secundario es reducido a 460V, el sistema sólo transformará 33V y los restará de la tensión primaria, lo que da como resultado que la potencia afectada sea de  $33\text{V}/493\text{V} * 500\text{kVA} = 34\text{kVA}$ . Por lo tanto, la corriente en los 34kVA y 460V es  $34\text{kVA}/460\text{V} = 74\text{A}$  y significa que el aumento en la corriente será de  $74\text{A} * 33\text{V}/493\text{V} = 5\text{A}$ .

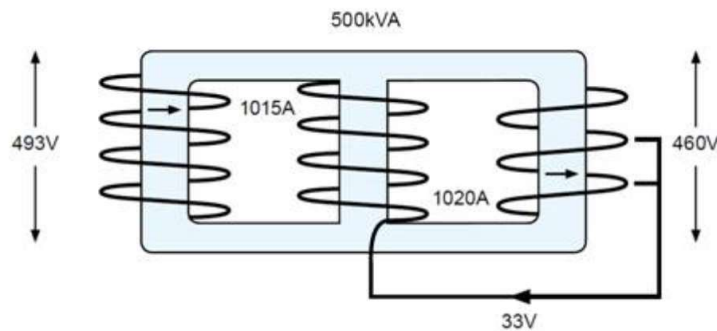


Figura 13. Transformador con tecnología optimizadora de voltaje

Fuente: Powerstar



Figura 14. Sistema eléctrico sin optimización de voltaje

Fuente: Powerstar

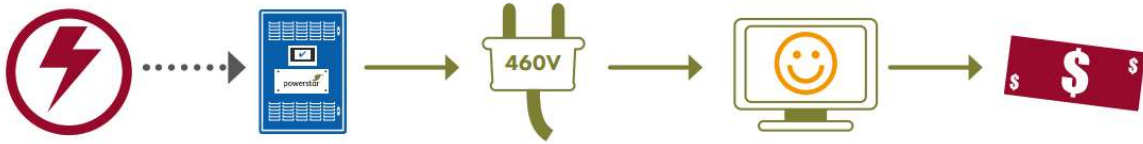


Figura 15. Sistema eléctrico con optimización de voltaje

Fuente: Powerstar

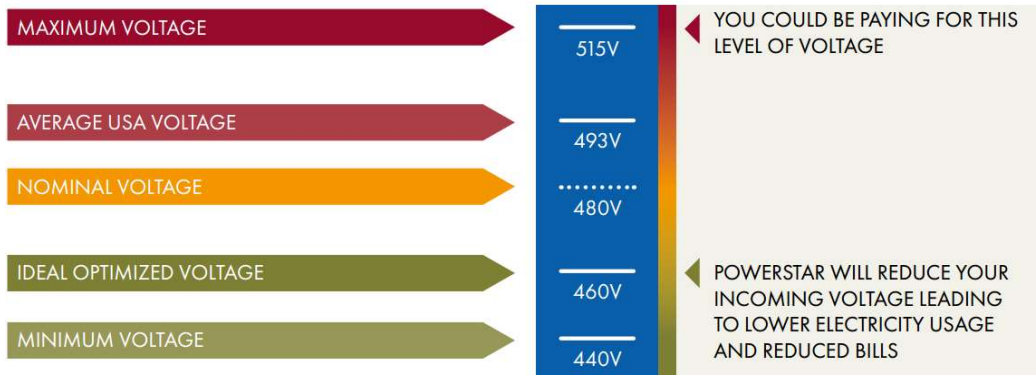


Figura 16. Ejemplo de optimización de voltaje en el Reino Unido

Fuente: Powerstar

### k. Generación de energía para autoconsumo con fuentes renovables

Como ya se mencionó, en Costa Rica es permitida la generación distribuida o la generación de energía para autoconsumo. Debido a los requerimientos de GUTIS y por la legislación sólo se contemplará la generación a partir de fuentes de energía renovable. Además, se debe descartar la energía hidroeléctrica debido a la falta de recurso hídrico y la geotérmica debido a la complejidad que implicaría. En consecuencia, solo se detallará la energía solar.

La energía renovable es aquella que es virtualmente infinita, ya sea por la considerable cantidad de energía que contiene, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Un concepto similar, es el significado de energías alternativas, las aquellas que pueden sustituir a las fuentes de energía actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

Las fuentes de energías renovables son utilizadas principalmente para la sustitución de combustibles fósiles. Esto puede contribuir significativamente con el aumento de la seguridad energética mundial, además, los países que optado por esta opción han obtenido, muchos beneficios.

Alguno de estos beneficios:

- Para países como Costa Rica que no producen petróleo, disminuye la dependencia de energía importada, y no verse afectados por las variaciones de los precios internacionales.
- Mejora la seguridad de un país, al no ser afectado por factores externos y la vulnerabilidad por la dependencia energética.
- Permite el desarrollo de nuevas oportunidades de negocio
- A mediano o largo plazo disminuye el costo de la energía
- Diversificación de la matriz energética

#### Energía solar y sistemas de generación fotovoltaica

La definición de energía solar es aquella energía que es obtenida a partir de la captación de luz y calor que es emitida por el sol. Actualmente a nivel mundial se ha catalogado como una excelente solución para satisfacer las necesidades energéticas de la población mundial.

La energía solar fotovoltaica es una de las principales fuentes de energía renovable de la actualidad, el aumento en la demanda de proyectos de este tipo surge a raíz de la caída de los precios de los equipos que componen el sistema de generación con esta energía.

La energía solar fotovoltaica transforma de manera directa la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotovoltaico. Al incidir la radiación del sol sobre una de las caras de una célula fotoeléctrica (que conforman los paneles) se produce una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando así corriente eléctrica.

La energía eléctrica generada mediante paneles solares fotovoltaicos es inagotable y no contamina, por lo que contribuye al desarrollo sostenible, además de favorecer el desarrollo del empleo local. Asimismo, puede aprovecharse de dos formas diferentes: puede venderse a la red eléctrica o puede ser consumida en lugares aislados donde no existe una red eléctrica convencional.

Por ello, es un sistema particularmente adecuado para zonas rurales o aisladas donde el tendido eléctrico no llega o es dificultosa o costosa su instalación o para zonas geográficas cuya climatología permite muchas horas de sol al año.

El coste de instalación y mantenimiento de los paneles solares, cuya vida útil media es mayor a los 25 años, ha disminuido ostensiblemente en los últimos años, a medida que se desarrolla la tecnología fotovoltaica. Requiere de una inversión inicial y de pequeños gastos de operación, pero, una vez instalado el sistema fotovoltaico y el combustible es gratuito.

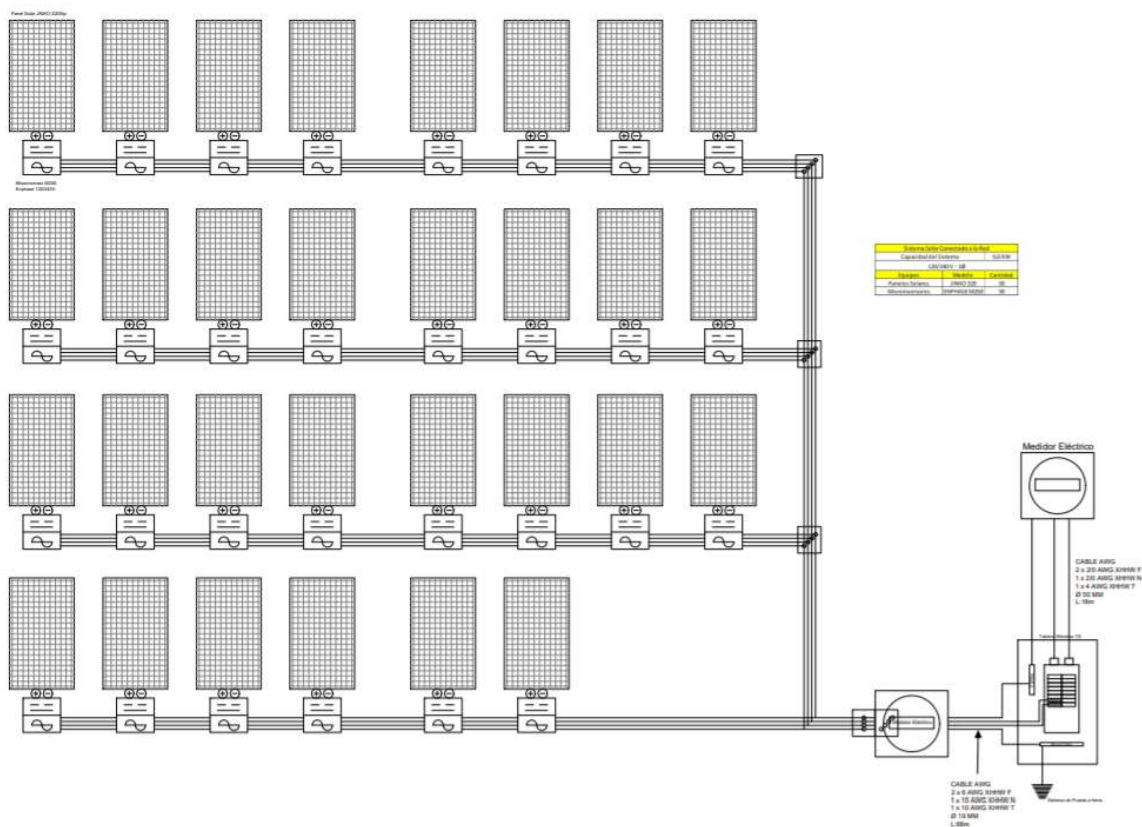


Figura 17. Ejemplo de sistema de generación solar fotovoltaica

Fuente: Propia

## Ventajas de los sistemas de energía fotovoltaica

- Su operación no afecta al medio ambiente
- Son sistemas modulares y su operación es autónoma
- Tienen una vida útil de 25 años o superior
- Debido a la oferta actual de equipos y a los avances tecnológicos, los precios han bajado sustancialmente.
- El mantenimiento de los sistemas es mínimo, ocasionando costos mínimos.
- Costa Rica es una zona que dispone de abundante irradiación solar.
- Existen numerosas empresas que ofrecen servicios de instalación de sistemas fotovoltaicos.
- La instalación de los sistemas es sumamente sencilla, rápida y las herramientas necesarias son básicas.

## Desventajas:

- A pesar de que los equipos han disminuido drásticamente de precio, aún la inversión inicial es alta.
- Requiere bastante espacio para la instalación.
- La eficiencia de los paneles es relativamente baja comparado a otros sistemas de generación.
- La disponibilidad de la energía es variable.
- La legislación nacional no favorece la instalación de estos sistemas.



Figura 18. Diagrama básico de un sistema de generación fotovoltaica

Fuente: Wholesolar

## I. Sistemas de almacenamiento de energía

Desde el descubrimiento de la electricidad, se ha intentado por diversos métodos lograr el almacenamiento de la energía para ser utilizada en aplicaciones de demanda. Durante las últimas décadas, el almacenamiento de la energía a evolucionado y adaptado a las necesidades de la sociedad.

Los sistemas de almacenamiento de energía se utilizan principalmente para:

- Control de energía y demanda en periodos de tarifa punta
- Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)
- Carga rápida de vehículos eléctricos
- Generación de energía renovable desconectada de la red (off-grid)
- Sistema de control y almacenamiento de energías renovables (elimina la necesidad de inversor)
- Integrador de sistemas (suministro eléctrico normal, generación distribuida, generador eléctrico de emergencia, etc.)
- Filtro de distorsiones armónicas
- Rectificador de onda eléctrica

### Tecnología de las baterías

Los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica existen desde la invención de las baterías, sin embargo, sus aplicaciones han sido limitadas principalmente por el atraso tecnológico que han sufrido.

Las baterías eléctricas o acumuladores de energía son básicamente arreglos de celdas electroquímicas que tienen la capacidad de convertir la energía química en corriente eléctrica. Estas celdas poseen dos electrodos, uno positivo y otra negativa, además, cuenta con un medio electrolítico. Estos últimos permiten que los electrones se muevan entre dos electrodos y esto a su vez, permite que la corriente eléctrica fluya fuera de la batería, cumpliendo su función de alimentación de un circuito eléctrico.

Una de las tecnologías más conocida de las baterías, es la de plomo ácido. Este tipo de batería está conformada por dos electrodos de plomo y una solución de ácido sulfúrico.

Una de las razones por las que esta batería es tan común es porque se han utilizado por muchos años como fuente eléctrica para el arranque de los automóviles. Una de sus principales ventajas es que son de sencilla fabricación, por lo tanto, de bajo coste. Sin embargo, sus principales limitaciones es que no se puede someter a sobrecargas, ni descargas intensas, son extremadamente contaminantes, son pesadas, su densidad de energía es baja y su vida útil es corta.

Otros tipos de baterías son: las de níquel, níquel-hierro, níquel-hidruro. Todas con algunas ventajas y desventajas, pero no es hasta la invención de la batería de litio cuando se encuentra con un rendimiento sustancialmente superior a las tecnologías anteriores.

Las baterías de iones de litio (Li-Ion), emplean como medio electrolítico la sal de litio, la cual consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo. Las razones principales del auge durante los últimos años son: la ligereza de sus componentes, su tamaño reducido, su elevada capacidad energética, su resistencia a la descarga, su poco efecto de memoria y su capacidad elevada de ciclos de regeneración. Sin embargo, se degradan con facilidad y son muy sensibles a las altas temperaturas, lo cual puede causar la destrucción por inflamación e incluso explosión.

Actualmente estas baterías son utilizadas por un sinnúmero de elementos electrónicos, siendo los dispositivos móviles como celulares, tabletas y computadoras portátiles sus aplicaciones más comunes y las que han presionado el mejoramiento de la tecnología de almacenamiento de energía.

Existen diferentes tipos de baterías de litio como: óxido de manganeso de litio ( $\text{LiCoO}_2$ ), óxido de manganeso de litio ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ), fosfato de litio y hierro ( $\text{LiFePO}_4$ ), óxido de aluminio de cobalto y níquel litio ( $\text{LiNiCoAlO}_2$ ) y óxido de cobalto manganeso y níquel litio ( $\text{LiNiMnCoO}_2$  o NMC).

Las baterías tipo NMC son una de las soluciones más exitosas y la que se va a abordar en este proyecto. Es una combinación de cátodo de níquel-manganeso-cobalto (MNC), estos sistemas se adaptan para servir como células de energía. El níquel es conocido por su alta energía específica pero pobre estabilidad, el manganeso tiene la ventaja de formar una estructura de espinela para lograr una baja resistencia interna, pero ofrece una energía específica baja, por lo que la combinación de estos elementos logra una solución ideal.

La tasa de calentamiento de esta batería es baja y su gran cantidad de ciclos de regeneración, ocasiona que sean utilizadas en diversas aplicaciones principalmente en vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento de energía (ESS – Energy Storage System).

Actualmente los procesos de reciclado de las baterías de Litio son muy eficientes y baratos, es muy importante tomar esto en cuenta para el desarrollo de cualquier proyecto.

Los procesos para el reciclaje de baterías son muy variados, pero todos están basados en un proceso piro metalúrgico, un proceso hidro-metalúrgico o una combinación de ambos procesos.

#### Proveedor eléctrico y ventajas del sistema de almacenamiento sobre modelo tarifario eléctrico

La empresa GUTIS obtiene su suministro eléctrico de uno de los proveedores de servicio eléctrico más grandes de Costa Rica, la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), empresa que pertenece al Grupo ICE.

La CNFL brinda la mayoría del servicio del Gran Área Metropolitana de Costa Rica, cuenta con diferentes modelos tarifarios que se ajustan a las necesidades de cada cliente y que son definidas por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP).

En el caso GUTIS, la empresa está sujeta a la Tarifa Media Tensión TMT, la cual se define como una tarifa opcional para clientes en media tensión con una vigencia mínima de un año, comprometida a consumir un mínimo de 120000kWh.



A continuación, se muestran los rubros de cobro de este tipo de tarifa.

<b>Tarifa Media Tensión TMT</b>	
<b>Consumo de energía por cada kWh</b>	
Energía Punta	¢61,88
Energía Valle	¢30,94
Energía Noche	¢22,28
<b>Consumo de Potencia (kW)</b>	
Potencia Punta	¢10.850,90
Potencia Valle	¢7.720,76
Potencia Noche	¢4.901,28

*Figura 19. Tarifa vigente de mediana tensión*

Fuente: CNFL

Cabe mencionar que a estos montos se les debe recargar con un 13% de impuestos de ventas, un 1,75% de tributo a los bomberos y se debe contemplar una penalización en caso de bajo factor de potencia.

#### Control de energía y demanda en períodos punta

La razón principal por la que la empresa GUTIS está interesada en evaluar un equipo de almacenamiento de energía, es por su función de control de energía y demanda en periodos punta.

De acuerdo, a los rubros de cobro de la tarifa TMT, la energía en el periodo punta cuesta aproximadamente tres veces más que en el periodo nocturno y doble que en el periodo valle. Por otro lado, la potencia punta cuesta más del doble que en el periodo nocturno y aproximadamente un 29% más que en el periodo valle.

El objetivo con el sistema de almacenamiento de energía es desplazar la energía y demanda que se consume en el período punta hacia los períodos nocturno y valle.

### m. Huella de carbono

En otras palabras, es la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero, cada una de las actividades que desarrolla el ser humano diariamente está asociada con una cantidad definida de emisión de estos gases. Generalmente, esta emisión se da en toneladas de CO<sub>2</sub>.

El calentamiento global este asociado a la emisión de gases de efecto invernadero, ya que estos se acumulan en la atmosfera y mantienen el calor que emite la Tierra y los rayos de sol.

En el caso del consumo de energía eléctrica también está asociado un valor de emisión de CO<sub>2</sub>, y tienen un valor diferente en cada país o región del mundo. Esto debido a que cada país tiene una generación a partir de diferentes fuentes de energía (matriz energética). Para Costa Rica el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por kWh consumido es de 0.0000754 según el Instituto Meteorológico Nacional.

Para este informe el cálculo de emisión de gases de efecto invernadero se calculará multiplicando el factor mencionado, por la cantidad de kWh ahorrados de acuerdo con cada una de las posibles soluciones.

## 4. CAPÍTULO 4

### 4.1. Metodología

Objetivo asociado	Actividad	Herramienta o Método
Analizar el comportamiento del consumo de energía eléctrica y la demanda de potencia de Gutis mediante un estudio de la facturación en energía eléctrica.	Auditoría energía eléctrica. Recopilación y procesamiento de datos de perfil de energía y demanda de Gutis.	Estudio quinceminutal del CNFL y datos electricos del cliente. Software de medición de consumo de Schneider ya implementado en la empresa.
Analizar equipos que consumen mayor energía y las pérdidas de energía de la planta.	Realizar una comparación de consumo de energía y demanda de los equipos e identificar si el consumo es eficiente, además, evaluar cuales son las mejores opciones para disminuir el consumo	Software de Schneider y puntos de medición de ser necesario, información de operación de Gutis, información de consumo de puntos de medición
Evaluar desde un punto de vista técnico-financiero la implementación de diferentes tecnologías que permitan disminuir la facturación energética.	Realizar una comparación de consumo de energía y demanda de acuerdo a los procesos de la empresa, los horas laborales y la productividad.	Información de operación de Gutis, información de consumo de puntos de medición
Determinar las posibles disminuciones de emisiones de gases de efecto invernadero asociadas al consumo de energía.	Desarrollar un modelo que permita evaluar el posible ahorro con la implementación de un sistema de almacenamiento de energía para la administración del consumo	Modelo de cálculo del sistema de almacenamiento de energía y modelo de inversión financiera
Desarrollar un estudio financiero que permita analizar las ventajas de la implementación de los diferentes proyectos.	Desarrollar un modelo que permita evaluar el posible ahorro con la implementación de un sistema de generación de energía fotovoltaica como sustitución de fuentes de energía	Modelo de cálculo del sistema de generación fotovoltaica y modelo de inversión financiera
Calcular la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero debido al consumo de energía.	Cuantificación emisiones de gases de efecto invernadero actual y posterior a la posible implementación de cada una de las propuestas.	Modelo de emisiones de CO2 de la Dirección de Cambio Climático

## 4.2. Estudio de Energía

### a. Información del recibo eléctrico

Como se mencionó en el apartado 2, el proveedor eléctrico de GUTIS es CNFL y está sujeto a la tarifa para clientes de media tensión.

La tarifa de media tensión contempla tres periodos de cobro: punta que comprende dos periodos uno de 10:00 a 12:30 y el segundo de 17:30 a 20:00, Valle que al igual que la tarifa punta son dos periodos uno de 6:00 a 10:00 y el segundo de 12:30 a 17:30, por último, un periodo nocturno de 20:00 a 6:00.

*Tabla 4. Costos energéticos CNFL tarifa de media tensión en colones*

	Energía (¢/kWh)	Energía (¢/kWh)
Punta	¢61,88	¢10.850,90
Valle	¢30,94	¢7.720,76
Noche	¢22,28	¢4.901,28

Fuente: ARESEP

Como se puede observar que el costo de la energía en el período punta es prácticamente el doble del costo de la tarifa en periodo valle y casi el triple que en el periodo nocturno.

Por otro lado, el costo de la demanda máxima para el periodo punta es el más del doble del costo en el período nocturno y un 29% más costosa que la demanda en el periodo valle.

Es importante comprender estos datos debido a que las soluciones propuestas, deben contemplar esta variable.

A partir de este punto el análisis de la tarifa y la posible inversión de proyectos se va a realizar en dólares, a solicitud de ECOPOWER y GUTIS. Se utilizará el tipo de cambio de compra de dólares del BAC San José banco en el que se hacen las transacciones de GUTIS para el pago de servicios públicos, el cual al día 13 de mayo de 2019 es de ¢587.

Tabla 5. Costos energéticos CNFL tarifa de media tensión en colones

	Energía (\$/kWh)	Potencia (\$/kW)
Punta	\$0,10542	\$18,48535
Valle	\$0,05271	\$13,15291
Noche	\$0,03796	\$8,34971

Fuente: ARESEP

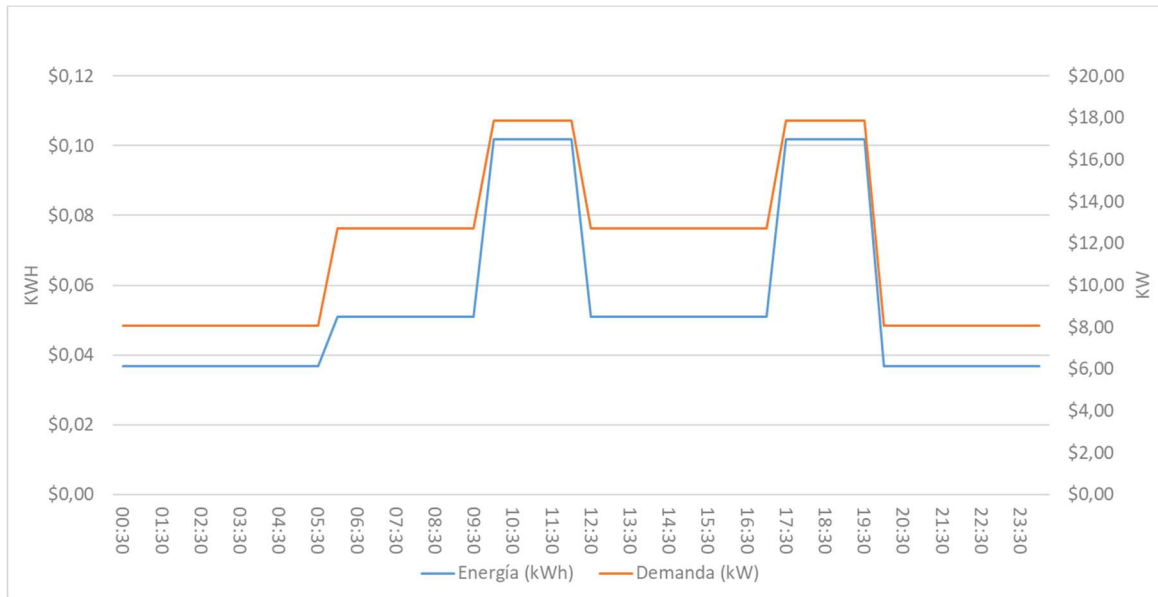


Gráfico 6. Gráfico de tarifa horaria  
Fuente: propia

Los datos obtenidos a partir de consumo de energía y demanda para el año 2018 se muestran en la tabla 6. Es importante notar como la energía consumida en los períodos punta es menor a lo consumido en los períodos valle y nocturno. Sin embargo, hay que realizar un análisis más profundo para ver cómo se consume en cada uno de los períodos, ya que observando la demanda de cada uno de los periodos se puede ver que durante los períodos punta y valle es muy constantes y en el período nocturno es en promedio un 12% menor.

Tabla 6. Histórico de consumo de energía y demanda de GUTIS

	Energía (kWh)			Demanda (kW)		
	Punta kWh	Valle kWh	Nocturno kWh	Punta kW	Valle kW	Nocturno kW
Enero	108.875,00	206.338,00	128.713,00	1.163,93	1.176,95	883,93
Febrero	122.879,00	233.760,00	145.536,00	1.104,25	1.121,40	937,69
Marzo	107.236,00	182.096,00	126.804,00	1.158,77	1.162,49	955,19
Abril	129.201,00	241.113,00	164.829,00	1.189,30	1.214,33	985,57
Mayo	80.327,00	228.679,00	166.340,00	1.125,01	1.175,09	1.023,79
Junio	107.236,00	215.167,00	156.539,00	1.158,77	1.158,92	1.057,95
Julio	94.472,00	241.111,00	173.533,00	1.199,66	1.208,69	1.133,48
Agosto	101.376,00	231.107,00	166.521,00	1.149,49	1.136,89	1.014,99
Septiembre	87.708,00	230.777,00	163.003,00	1.135,84	1.171,80	1.069,43
Octubre	107.236,00	217.012,00	165.424,00	1.158,77	1.177,05	1.070,48
Noviembre	109.694,00	207.104,00	157.940,00	1.199,63	1.183,35	1.071,00
Diciembre	130.598,00	239.086,00	147.473,00	1.161,83	1.202,51	1.077,83

Fuente: propia

Para visualizar el consumo más fácilmente y lograr hacer una mejor comparación de los consumos a lo largo del año, se puede observar el gráfico 7.



Gráfico 7. Histórico de consumo de energía y demanda de GUTIS

Fuente: propia

Ya se analizó el consumo de energía y demanda en términos de kWh y kW, si se realiza el análisis en términos de costos, como se resume en la tabla 7. Se puede visualizar que a pesar de que el consumo de energía en el período punta es mucho menor que en el período valle el costo es muy similar. Por otro lado, la demanda es notablemente superior en el período valle.

Tabla 7. Costos de la energía y demanda por periodos de consumo

	Energía (kWh)			Demanda (kW)		
	Punta kWh	Valle kWh	Nocturno kWh	Punta kW	Valle kW	Nocturno kW
Enero	\$ 11.477,32	\$ 10.875,81	\$ 4.885,39	\$ 21.515,65	\$ 15.480,32	\$ 7.380,56
Febrero	\$ 12.953,58	\$ 12.321,18	\$ 5.523,92	\$ 20.412,45	\$ 14.749,68	\$ 7.829,44
Marzo	\$ 11.304,54	\$ 9.598,04	\$ 4.812,94	\$ 21.420,27	\$ 15.290,13	\$ 7.975,56
Abril	\$ 13.620,03	\$ 12.708,75	\$ 6.256,20	\$ 21.984,63	\$ 15.971,98	\$ 8.229,22
Mayo	\$ 8.467,86	\$ 12.053,37	\$ 6.313,55	\$ 20.796,20	\$ 15.455,86	\$ 8.548,35
Junio	\$ 11.304,54	\$ 11.341,17	\$ 5.941,55	\$ 21.420,27	\$ 15.243,17	\$ 8.833,58
Julio	\$ 9.958,99	\$ 12.708,64	\$ 6.586,57	\$ 22.176,13	\$ 15.897,79	\$ 9.464,23
Agosto	\$ 10.686,79	\$ 12.181,35	\$ 6.320,42	\$ 21.248,72	\$ 14.953,42	\$ 8.474,87
Septiembre	\$ 9.245,95	\$ 12.163,95	\$ 6.186,89	\$ 20.996,40	\$ 15.412,58	\$ 8.929,43
Octubre	\$ 11.304,54	\$ 11.438,42	\$ 6.278,78	\$ 21.420,27	\$ 15.481,64	\$ 8.938,20
Noviembre	\$ 11.563,65	\$ 10.916,18	\$ 5.994,72	\$ 22.175,58	\$ 15.564,50	\$ 8.942,54
Diciembre	\$ 13.767,30	\$ 12.601,91	\$ 5.597,44	\$ 21.476,83	\$ 15.816,51	\$ 8.999,57
<b>Total</b>	<b>\$ 135.655,09</b>	<b>\$ 140.908,77</b>	<b>\$ 70.698,39</b>	<b>\$ 257.043,40</b>	<b>\$ 185.317,57</b>	<b>\$ 102.545,55</b>
<b>Promedio</b>	<b>\$ 11.304,59</b>	<b>\$ 11.742,40</b>	<b>\$ 5.891,53</b>	<b>\$ 21.420,28</b>	<b>\$ 15.443,13</b>	<b>\$ 8.545,46</b>

Fuente: propia



Gráfico 8. Costos de energía y demanda por periodos de consumo

Fuente: propia

Hay otros costos asociados a la facturación eléctrica, que depende del consumo, como es el impuesto de ventas, alumbrado público y el tributo bomberos. Sin embargo, el costo asociado al alumbrado público es un monto fijo para clientes que presentan un consumo mayor a los 50000kWh, este monto es de \$299 aproximadamente, sin embargo, el impuesto de ventas si se calcula al 13% el consumo de energía y demanda sumados. En la siguiente tabla se muestran los datos de facturación mensual para el año 2018.

Tabla 8. Histórico de facturación eléctrica de GUTIS

	Factura Energía	Factura demanda	Alumbrado público	Bomberos	Impuestos	Total
Enero	\$ 26.341,04	\$ 42.914,37	\$ 289,13	\$ 1,82	\$ 9.003,20	\$ 78.549,56
Febrero	\$ 29.783,90	\$ 41.575,04	\$ 289,13	\$ 1,82	\$ 9.276,66	\$ 80.926,55
Marzo	\$ 24.868,22	\$ 43.213,60	\$ 289,13	\$ 1,83	\$ 8.850,64	\$ 77.223,41
Abril	\$ 31.511,34	\$ 44.664,05	\$ 289,13	\$ 1,80	\$ 9.902,80	\$ 86.369,13
Mayo	\$ 25.950,61	\$ 43.324,28	\$ 289,13	\$ 1,67	\$ 9.005,74	\$ 78.571,43
Junio	\$ 27.645,34	\$ 43.997,94	\$ 289,13	\$ 1,77	\$ 9.313,63	\$ 81.247,80
Julio	\$ 28.290,31	\$ 45.971,83	\$ 289,13	\$ 1,70	\$ 9.654,08	\$ 84.207,04
Agosto	\$ 28.226,83	\$ 43.204,95	\$ 289,13	\$ 1,73	\$ 9.286,13	\$ 81.008,77
Septiembre	\$ 26.687,51	\$ 43.844,56	\$ 289,13	\$ 1,70	\$ 9.169,17	\$ 79.992,06
Octubre	\$ 28.065,51	\$ 44.329,72	\$ 289,13	\$ 1,76	\$ 9.411,38	\$ 82.097,49
Noviembre	\$ 27.536,35	\$ 45.144,48	\$ 289,13	\$ 1,78	\$ 9.448,51	\$ 82.420,24
Diciembre	\$ 30.913,38	\$ 44.767,61	\$ 289,13	\$ 1,83	\$ 9.838,53	\$ 85.810,48

Fuente: propia

#### b. Análisis quinceminutal de demanda energética de GUTIS

El análisis de consumo quinceminutal por lo general es provisto por el proveedor eléctrico, en este caso CNFL. Sin embargo, GUTIS cuenta con un sistema de monitoreo en tiempo real de la demanda energética. El equipo y el software es provisto por Schneider Electric. El estudio de esta sección se realiza con los meses de noviembre y diciembre, los cuales GUTIS considero mejores para el análisis.

Como se puede observar claramente la demanda de energía permanece constante entre las 21:30 hasta las 5:00. A partir de las 5:30 el consumo empieza a aumentar para permanecer relativamente constante durante 13 horas comprendidas entre las 6:00 y las 19:00, finalmente comienza a disminuir a las 19:30 para estabilizar el consumo a las 21:30, donde se repite el ciclo.



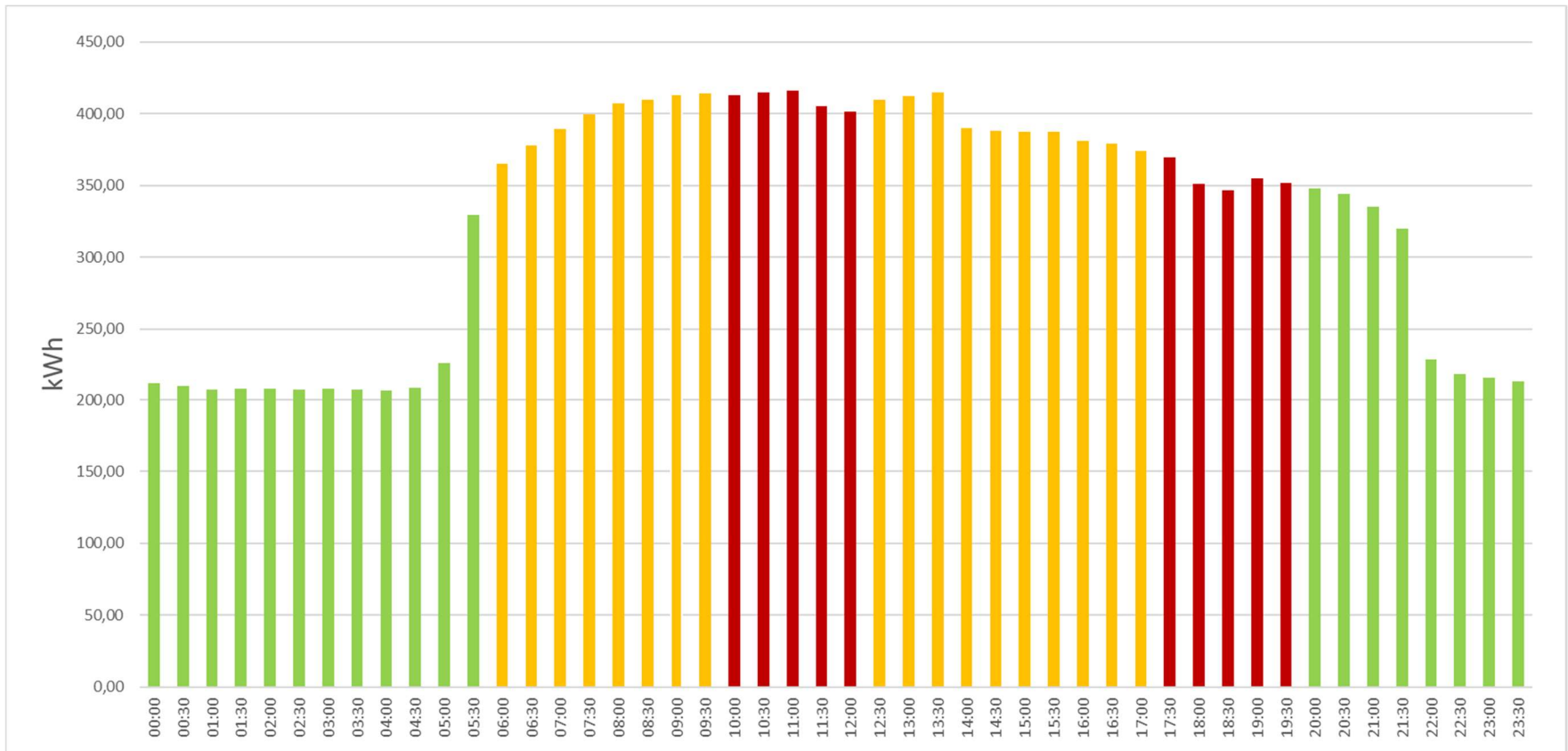


Gráfico 9. Resumen consumo quinceminutal

Fuente: propia

### c. Análisis de consumo por equipos

Al realizar la evaluación de consumo de energía de los tableros, se obtuvieron los siguientes resultados. Efectivamente, los chiller son los equipos que más consumen energía, seguido por los equipos de aire comprimido.

Se cumple en gran medida lo esperado en cuanto a que cerca 20% de los equipos consume el 80% del total de energía de la empresa.

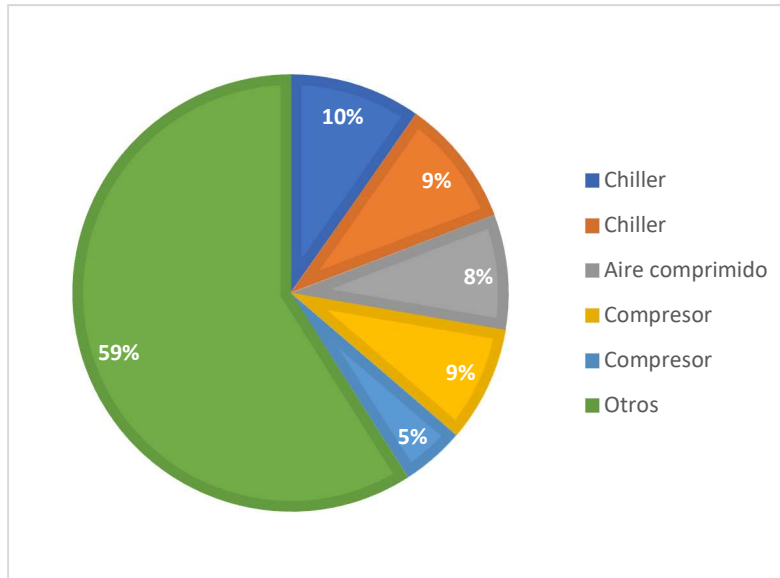


Gráfico 10. Consumo promedio de equipos

Fuente: Propia

### a. Evaluación de equipo acondicionamiento de aire

Se esperaba de acuerdo con la indicación de uno de los ingenieros de la empresa, que los equipos de acondicionamiento de aire tuvieran alguna anomalía en el consumo de energía, debido a que mencionaba que eran los equipos principales. Sin embargo, al momento de realizar el estudio se observó que son equipos de alta eficiencia y que operan de manera correcta de acuerdo con la demanda de las instalaciones de GUTIS. Los dos chiller cuentan con SEER de 5,9.

Tabla 9. Consumo de los Chiller

Tablero	No.	Código	Porcentaje de consumo promedio	Consumo promedio kWh punta	Consumo promedio kWh punta	Consumo promedio kWh valle	Consumo promedio kWh valle	Consumo promedio kWh nocturno	Consumo promedio kWh nocturno
Chiller	1	B2-AUX-CHI-1	9,12%	9781,42	\$ 1.063,26	22352,50	\$ 1.215,27	15574,08	\$ 609,57
Chiller	2	B2-AUX-CHI-2	8,86%	9505,24	\$ 1.033,24	21721,37	\$ 1.180,96	15134,34	\$ 592,36
Total			17,99%	19286,65	\$ 2.096,49	44073,87	\$ 2.396,23	30708,41	\$ 1.201,94

Fuente: propia

### 4.3. Propuestas para disminuir la facturación de energía eléctrica

De acuerdo, a los datos de las secciones anteriores se van a detallar las propuestas de disminución de la facturación eléctrica y su respectivo análisis financiero. No se van a contemplar los equipos de producción estrictamente hablando, debido a que los equipos son cambiados constantemente y los cambios se realizan mediante un comité que define los parámetros de los nuevos equipos y las variables principales que se analizan no están directamente relacionadas con el consumo energético.

#### b. Cambio de tarifa

Quizás una la solución más fácil para reducir la facturación energética es el cambio de tarifa, la cual en muchas es una opción que no se evalúa a pesar de ser la solución más barata puesto que la inversión es prácticamente nula. Sin embargo, esto está muy asociado o mayoritariamente depende de comportamiento horario de consumo de la empresa.

Para este análisis se va a tomar en cuenta las tarifas de la siguiente tabla. Es importante mencionar que esta nueva tarifa es “plana” esto quiere decir que no hay diferenciación por horario de consumo. Otro dato para tomar en cuenta es que con el cambio de tarifa no hay una reducción de energía ni de demanda, únicamente habría una disminución del económica.

En la siguiente tabla, se utilizaron los datos de energía y demanda del año 2018. Luego de realizar los cálculos hipotéticos de Como se observa no hay una disminución, al contrario, hay un incremento de la facturación de un 8.6% con respecto a la facturación utilizando la tarifa de media tensión horaria.

Tabla 10. Facturación hipotética de GUTIS con cambio de tarifa

	Energía (kWh)	Demanda (kW)	Factura Energía	Factura demanda	Alumbrado público	Bomberos	Impuestos	Total
Enero	443.926,00	1.176,95	\$ 55.229,84	\$ 22.919,45	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.159,41	\$ 88.562,93
Febrero	502.175,00	1.121,40	\$ 62.476,73	\$ 21.837,69	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.960,87	\$ 95.529,53
Marzo	416.136,00	1.162,49	\$ 51.772,42	\$ 22.637,86	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 9.673,34	\$ 84.337,85
Abril	535.143,00	1.214,33	\$ 66.578,35	\$ 23.647,37	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 11.729,34	\$ 102.209,30
Mayo	475.346,00	1.175,09	\$ 59.138,87	\$ 22.883,23	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.662,87	\$ 92.939,21
Junio	478.942,00	1.158,92	\$ 59.586,26	\$ 22.568,34	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.680,10	\$ 93.088,93
Julio	509.116,00	1.208,69	\$ 63.340,28	\$ 23.537,54	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 11.294,12	\$ 98.426,17
Agosto	499.004,00	1.149,49	\$ 62.082,22	\$ 22.384,70	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.980,70	\$ 95.701,86
Septiembre	481.488,00	1.171,80	\$ 59.903,01	\$ 22.819,16	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.753,88	\$ 93.730,29
Octubre	489.672,00	1.177,05	\$ 60.921,20	\$ 22.921,39	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.899,54	\$ 94.996,37
Noviembre	474.738,00	1.199,63	\$ 59.063,23	\$ 23.361,11	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 10.715,16	\$ 93.393,74
Diciembre	517.157,00	1.202,51	\$ 64.340,67	\$ 23.417,19	\$ 250,43	\$ 3,81	\$ 11.408,52	\$ 99.420,62

Fuente: propia

### c. Sustitución de equipos de iluminación

Una de las opciones que GUTIS quería evaluar, es la sustitución de luminarias por unas con tecnología LED. A pesar de que son conscientes que no será una reducción considerable quieren evaluar la inversión, y el periodo de retorno de la inversión.

Primero mencionar, que de acuerdo con las luminarias que se están pensando sustituir presentan las siguientes características.

Tabla 11. Vida útil teórica de las luminarias

Tecnología	Vida útil esperada (horas)
Fluorescente	20000
LED	50000
High Bay Existente	20000
High Bay LED	100000

Fuente: Lumitech y Sylvania

Las luminarias con tecnología LED presentan una vida útil de 2,5 veces con respecto a los fluorescentes actuales. Por otro lado, las lámparas del área de bodega tipo High Bay superan en 5 veces la vida útil de las luminarias actuales.

Como se observa en la siguiente tabla, la cantidad de luminarias que son consideradas por GUTIS como sustituibles son 3335 tubos fluorescentes y 50 lámparas tipo High Bay.

De acuerdo con los datos de consumo de energía en los tableros de iluminación correspondientes a estas luminarias. El posible ahorro obtenido será de \$2 317 mensuales, lo que se traduce en \$27 804 anuales.

Tabla 12. Ahorro por cambio de luminarias

Tecnología	Potencia (Watts)	Cantidad	Potencia Instalada (Watts)	Consumo Mensual (kWh)	Consumo Mensual (USD)	Ahorro	
Fluorescente	32	3335	106720	44361,37	\$4.128,72	\$1.806,32	44%
LED	18	3335	60030	24953,27	\$2.322,41		
High Bay Existente	400	55	22000	9144,96	\$851,12	\$510,67	60%
High Bay LED	160	55	8800	3657,98	\$340,45		

Fuente: propia

El costo de la inversión en la sustitución de luminarias que contempla: lámparas High Bay, los tubos LED, materiales eléctricos, mano de obra y accesorios necesarios, es de \$86 335 y el retorno de la inversión es de casi 3 años. Desde el punto de vista de los financieros de una empresa es un proyecto atractivo debido al tiempo de retorno, muchas empresas esperan que sus proyectos se recuperen en no más de tres años. En el caso de GUTIS esto es muy atractivo, sin embargo, están abiertos a proyectos, aunque la inversión lleve un mayor tiempo de retorno de la inversión.

Tabla 13. Inversión de sustitución de tecnología de luminarias

	LED	
<b>Inversión Total (USD)</b>	<b>\$86.335</b>	
<b>Rentabilidad del proyecto</b>	<b>10 Años</b>	<b>15 años</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>2,90</b>	<b>2,90</b>
<b>VAN</b>	<b>\$253.152,98</b>	<b>\$473.596,43</b>
<b>TIR</b>	<b>35%</b>	<b>36%</b>

Fuente: propia

#### d. Sistema de almacenamiento de energía y control de demanda

Es importante mencionar que este tipo de sistemas se consideran como operación en isla, algo que está permitido, pero aún no está legislado o reglamentado por la ARESEP ni por las distribuidoras eléctricas. Se consultó al Ing. Francisco Gómez del departamento de Energía del MINAE y al departamento de generación

distribuida del CNFL. El primero indicó que debido a que el modelo en isla no está legislado, además, dado que la instalación se hace después del medidor y que no existe una interacción con la red del distribuidor, es posible hacer la instalación. También indicó, se va está trabajando en la legislación de estos sistemas, sin embargo, la ley no es retroactiva por lo que la empresa no estaría sujeta a cumplir con todos los requerimientos.

Por otro lado, los ingenieros del CNFL converso con los encargados del proyecto por parte de GUTIS, y este indico que no hay inconveniente en la instalación debido a que no incumple ninguna de las normas de conexión de clientes. Al contrario, señaló que es de interés este proyecto para evaluarlo como un plan piloto.

El sistema de almacenamiento a diferencia de otras soluciones logra disminuir tanto la facturación en energía como en potencia. Sin embargo, por sí sola no logra reducir la cantidad de energía que se consume. Esto, porque básicamente lo que realiza es un traslado de consumo de periodo punta a periodo nocturno.

Para el panorama de la tarifa TMT en Costa Rica hay dos periodos de punta, los cuales duran 2,5 horas cada uno. A modo de ejemplo, si la demanda constante durante ese período es de 1000kW la energía que se va a consumir va a ser 1000kW multiplicado por 2,5 horas, lo cual de un resultado de 2500kWh. Para este caso de ejemplo el dimensionamiento del sistema de almacenamiento sería de 1000kw / 2500 kWh.

Para el caso en estudio de acuerdo con el comportamiento de la demanda de GUTIS, el dimensionamiento del equipo es de 1000 kW / 2000kWh.

Como se observa en el gráfico, en el segundo periodo punta que comprende de las 17:30 a las 20:00, el consumo de energía es suplido completamente por el sistema de almacenamiento, sin embargo, en el primer período punta (de 10:00 a 12:30) se puede notar que hay un remanente de 250kWh aproximadamente, esto se debe a que durante el primer periodo punta se consume más que durante el segundo período.

La primera solución que se piensa ante esta situación es aumentar el tamaño del sistema a 1000kW / 2250kWh, sin embargo, esto elevaría el costo del equipo y no se tendría el máximo rendimiento en el segundo periodo punta. Si bien, la solución aumenta el ahorro, incrementaría significativamente el costo en aproximadamente \$250 mil dólares.

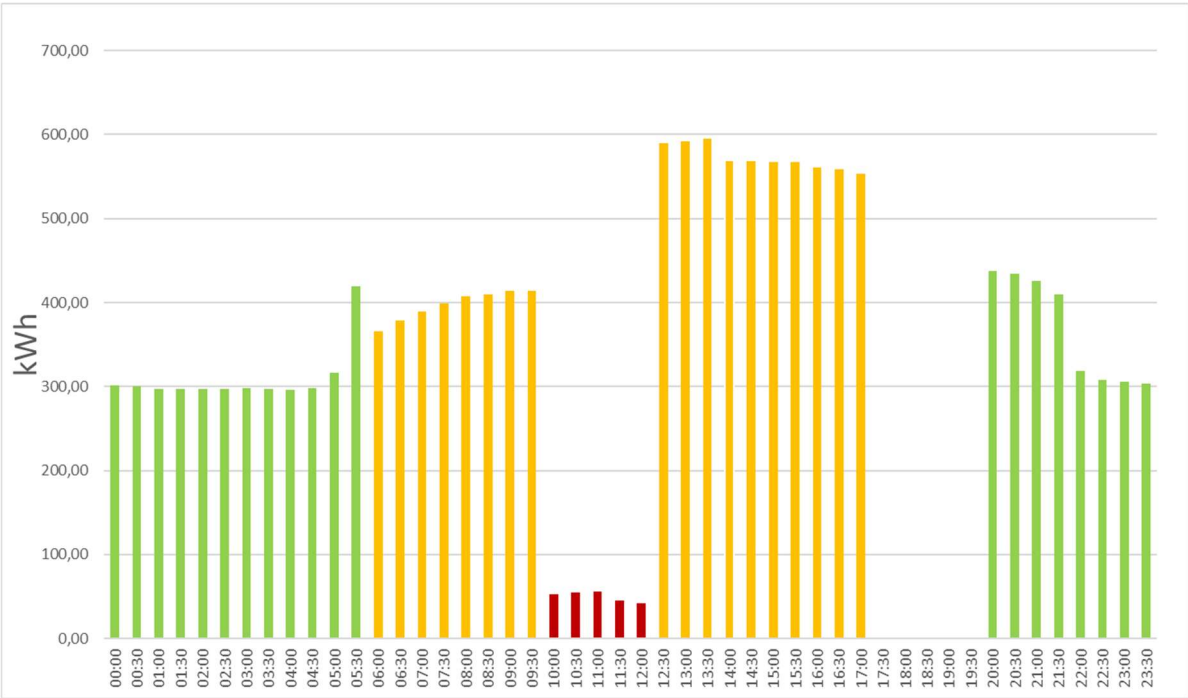


Gráfico 11. Consumo final previsto de Gutis con el sistema de almacenamiento

Fuente: propia

A continuación, se detallan los ahorros proyectados de disminución de consumo de energía y demanda, tomando en cuenta las tarifas de mayo de 2019 y el 13% de impuestos de venta.

A pesar de que se logra una disminución de consumo de energía y demanda en el periodo punta, debido a la utilización del sistema de almacenamiento, es importante considerar, que esa energía debe se debe consumir en otros periodos para cargar el sistema. En el caso del sistema propuesto, como la descarga del sistema es completa en cada uno de los dos periodos puntas del día, es necesario cargarlo en dos ocasiones; durante el periodo nocturno y durante el período valle que comprende de las 12:30 a las 17:00.

Lo anterior ocasiona que a los ahorros de los periodos punta de energía y demanda se le deba restar el consumo de energía y demanda, para la carga de las baterías. Esto se ve reflejado en los gráficos 9 y 11, el aumento promedio de consumo de energía en el período nocturno es de 180kWh cada hora y 360kWh también, cada hora en el caso del período valle (12:30 a 17:00)

La disminución de facturación por demanda supera el 32% y el de energía el 22%, sin embargo, promediando el ahorro respecto a la facturación total, la reducción es de 28% aproximadamente por lo que posiblemente sea necesario realizar una combinación de proyectos para lograr llegar a un valor superior al 30%.

Tabla 14. Ahorros teóricos del sistema de almacenamiento

<b>Energía actual</b>	\$32.605,50	<b>Potencia actual</b>	\$52.375,34
<b>Energía final</b>	\$25.399,67	<b>Potencia final</b>	\$35.607,86
<b>Ahorro</b>	22,10%	<b>Ahorro</b>	32,01%
	\$7.205,82		\$16.767,48

<b>Ahorro promedio mensual</b>	28,21%
	\$23.973,30

<b>Ahorro total anual</b>	\$287.679,62
---------------------------	--------------

Fuente: propia

En cuanto a la inversión necesaria para desarrollar el proyecto es un monto bastante elevado y superior a los dos millones de dólares, el mantenimiento anual es de \$6700. El retorno de la inversión es de 6,5 años aproximadamente, lo cual no es un escenario ideal, sin embargo, GUTIS indicó que si la inversión se retorna en menos de 7 años es aceptable.

Tabla 15. Inversión en el sistema de almacenamiento de energía

	<b>Almacenamiento</b>
<b>Inversión (USD)</b>	<b>\$2.032.241</b>
<b>O&amp;M (Anual)</b>	<b>(\$6.700)</b>

<b>Rentabilidad del proyecto</b>	<b>10 Años</b>	<b>15 años</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>6,33</b>	<b>6,33</b>
<b>VAN</b>	<b>\$1.403.954,16</b>	<b>\$3.639.366,76</b>
<b>TIR</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>

Fuente: propia



El sistema que se propone es un equipo de la empresa Powerstar debido a que es de las pocas que cuenta con la tecnología que se ajusta al esquema tarifario de media tensión de Costa Rica. La tecnología de las baterías es Litio MNC de Samsung, la cual soporta más ciclos de carga que las de otras marcas.

e. Optimización de voltaje

Como ya se mencionó en el marco teórico, la optimización de voltaje se basa en el principio de FEM negativa. Esta solución surgió como sugerencia del mismo fabricante del sistema de almacenamiento.

La tecnología de este equipo es patentada, por la empresa POWERSTAR, por lo que ellos directamente se encargaron del cálculo de ahorro, el cual es de aproximadamente un 7,4% en un escenario P90, pudiendo llegar a ser hasta un 9% con un P50.

Tabla 16. Resumen de ahorros con el sistema de optimización de voltaje

<b>Energía actual</b>	<b>\$33.625,92</b>	<b>Potencia actual</b>	<b>\$54.007,44</b>
<b>Energía Final</b>	<b>\$31.137,60</b>	<b>Potencia Final</b>	<b>\$50.010,89</b>
<b>Ahorro</b>	<b>\$2.488,32</b>	<b>Ahorro</b>	<b>\$3.996,55</b>

<b>Ahorro promedio mensual</b>	<b>7,40%</b> <b>\$6.484,87</b>
--------------------------------	-----------------------------------

<b>Ahorro total anual</b>	<b>\$80.713,56</b>
---------------------------	--------------------

Fuente: propia

Son equipos sumamente eficientes, y de un tienen un costo muy inferior al que tiene el sistema de almacenamiento. En este caso la inversión necesaria es de \$237 120 lo cual es un 12% de la inversión si lo comparamos al sistema anterior y el retorno de la inversión es de 3 años.

Tabla 17. Análisis financiero de la inversión en optimización de voltaje

	<b>VO</b>
<b>Inversión (USD)</b>	<b>\$237.120</b>
<b>O&amp;M (Anual)</b>	<b>(\$4.500)</b>

<b>Rentabilidad del proyecto</b>	<b>10 Años</b>	<b>15 años</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>3,01</b>	<b>3,01</b>
<b>VAN</b>	<b>\$687.212,62</b>	<b>\$1.296.622,69</b>
<b>TIR</b>	<b>33%</b>	<b>35%</b>

Debido a que evidentemente que con esta solución no se llega al 30%, sin embargo, la compañía fabricante del equipo indicó que es una solución combinable con otros métodos de ahorro, como con generación solar fotovoltaica y almacenamiento de energía.

Dado lo anterior, se va a realizar un análisis de la solución solar fotovoltaica, para evaluar los ahorros posibles y finalmente realizar un cálculo con las opciones de disminución de consumo y facturación combinados.

#### f. Sistema de generación de energía solar fotovoltaica

De acuerdo con el estudio realizado por la empresa consultora en el 2014 y a la recomendación de POWERSTAR para lograr llegar al ahorro esperado, se procedió a realizar los cálculos de posibles ahorros mediante un sistema de generación fotovoltaica.

Esta solución se estimó utilizando el área máxima de techo disponible y un área sobre suelo en la cual es factible instalar los paneles. Además, fue necesario verificar que la generación iba a ser compatible con el consumo de GUTIS, que no se iba realizar un neteo excesivo (superior al 49%).

Con lo anterior se determinó que la cantidad de paneles que se podrían instalar son 3270 paneles. Debido a solicitud expresa de GUTIS los paneles deben de tener una potencia de 385Wp, lo cual indica que el proyecto sería de 1 258.95 kW.

Dado que los paneles solares suplen energía, pero no potencia pico, se determina un ahorro de 34% en cuanto al rubro de energía, sin embargo, el tomando toda la facturación mensual únicamente significa un ahorro del 13.08%.

Tabla 18. Resumen de ahorros del sistema solar fotovoltaico

<b>Energía actual</b>	<b>\$33.625,92</b>
<b>Energía final</b>	<b>\$22.163,04</b>
<b>Ahorro</b>	<b>34,09%</b>
	<b>\$11.462,88</b>
<b>Ahorro promedio mensual</b>	<b>13,08%</b> <b>\$11.462,88</b>
<b>Ahorro total anual</b>	<b>\$140.681,07</b>

Fuente: propia

Al realizar una evaluación financiera del proyecto de generación de energía mediante paneles solares, se obtienen resultados interesantes. El costo del proyecto es de \$881 261, lo quiere decir que el precio por Watt pico es de 0,7\$/Wp lo cual es un precio bastante adecuado de acuerdo con el panorama mundial de costos de estos sistemas.

Tabla 19. Análisis de inversión en el sistema solar fotovoltaico

	<b>PV</b>
<b>Inversión (USD)</b>	<b>\$881.261</b>
<b>O&amp;M (Anual)</b>	<b>(\$7.500)</b>

<b>Rentabilidad del proyecto</b>	<b>10 Años</b>	<b>15 años</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>5,99</b>	<b>5,99</b>
<b>VAN</b>	<b>\$703.051,23</b>	<b>\$1.728.712,25</b>
<b>TIR</b>	<b>12%</b>	<b>16%</b>

#### g. Combinación de sistemas

Sería un error creer que el ahorro de los sistemas combinados sería, simplemente tomar en cuenta la suma de los ahorros de cada uno de los apartados anteriores. Esto se debe a que el cambio por ejemplo de luminarias afecta el consumo normal de la planta, afectando otros sistemas como el almacenamiento de energía y principalmente la optimización de voltaje.

Mencionado lo anterior, cuando se realizan las proyecciones de ahorro esperadas con la combinación de sistemas, se obtiene un valor final de ahorro del 38%, lo

cual finalmente logra cumplir con el objetivo de reducción de la facturación eléctrica en un valor no menor al 30%.

Tabla 20. Ahorros proyectados de la combinación de sistemas

<b>Energía actual</b>	<b>\$33.625,92</b>
<b>Energía VIRTUE</b>	<b>\$20.450,35</b>
<b>Ahorro</b>	<b>39,18%</b>
	<b>\$13.175,57</b>
<b>Potencia actual</b>	<b>\$54.007,44</b>
<b>Potencia VIRTUE</b>	<b>\$33.861,37</b>
<b>Ahorro</b>	<b>37,30%</b>
	<b>\$20.146,08</b>
<b>Ahorro promedio mensual</b>	<b>38,02%</b> <b>\$33.321,65</b>
<b>Ahorro total anual</b>	<b>\$399.438,84</b>

Finalmente, la inversión final necesaria para la implementación de todos los proyectos propuestos es de \$2 732 150, lo cual es la suma de los costos de los proyectos individuales.

El período de retorno de la inversión es de 6, 22 años y se acerca más a las soluciones de almacenamiento de energía y al sistema de generación de energía mediante los paneles solares. Esto debido a que son los proyectos con más altos costos de inversión y con una proyección de retorno de la inversión cercana a los 6 años.

Tabla 21. Análisis de inversión de los sistemas

	<b>Inversión</b>	
<b>Inversión (USD)</b>	<b>\$2.732.150</b>	
<b>O&amp;M (Anual)</b>	<b>(\$14.200)</b>	
<b>Rentabilidad del proyecto</b>	<b>10 Años</b>	<b>15 años</b>
<b>Payback (Años)</b>	<b>6,22</b>	<b>6,22</b>
<b>VAN</b>	<b>\$1.973.394,94</b>	<b>\$5.029.950,52</b>
<b>TIR</b>	<b>11%</b>	<b>15%</b>

Fuente: propia

#### h. Análisis de soluciones

Como se observa en los resultados de las soluciones aplicadas individualmente, ninguna logra llegar al 30% de disminución de la facturación eléctrica, sin embargo, podría decirse que la solución del sistema del almacenamiento llega casi al objetivo, generando ahorros de un 28.21%.

Por otro lado, si se realiza un análisis financiero de cada una de las soluciones, la que tiene un menor período de retorno de la inversión es el cambio de tecnología de iluminación con un 2,9% muy similar al del sistema de optimización de voltaje, pero requiere una mayor inversión y por lo tanto conlleva a un mayor riesgo financiero.

En el caso de la solución de sistema de almacenamiento de energía es el que representa una mayor inversión y también un mayor tiempo de retorno de la inversión. Una de las ventajas del sistema de almacenamiento es que lo que realiza es un traslado de la energía de un período a otro, sin embargo, esta también es su mayor fortaleza dado que logra el mayor de los ahorros se da en la disminución de la demanda de energía.

En cuanto al sistema de generación con paneles fotovoltaicos, el periodo de retorno de la inversión es un poco menor que el del sistema de almacenamiento de energía, pero logra menos ahorros en la facturación, sin embargo, es el que logra disminuir en mayor medida la facturación y el consumo de energía simultáneamente.

Un rubro importante para tomar en cuenta es la disminución de la huella de carbono o la emisión de gases de efecto invernadero de la empresa, para esto se realizó el cálculo de la disminución en kWh de cada una de las soluciones y se multiplicó por el factor de IMN indicado en el marco teórico (0,0000754 TON CO<sub>2</sub> / kWh).

La propuesta del sistema de almacenamiento de energía al realizar un traslado de períodos de consumo y no realizar una disminución real de consumo de energía, no logra disminuir la emisión de gases de efecto invernadero de acuerdo con lo

estipulado por el Instituto Meteorológico Nacional. Las demás soluciones si logran disminuir la huella de carbono siendo la implementación del sistema de generación solar el que logra un mejor desempeño.

Finalmente, evaluando el objetivo de disminución de facturación eléctrica en un 30%, y queriendo disminuir realmente el consumo para así disminuir la huella de carbono, es que se plantea que la mejor solución es implementar los proyectos en conjunto. Obtener las ventajas del sistema de almacenamiento en cuanto al ahorro en la facturación y las ventajas de los demás sistemas en la disminución del consumo real de energía.

La implementación de las soluciones en conjunto significaría un ahorro en la facturación de un 38.01% y una disminución del consumo de 1078 MWh anuales lo que disminuye la emisión de gases de efecto invernadero en 81.33 toneladas.

*Tabla 22. Resumen de variables de las propuestas de acuerdo con cada solución*

Proyecto	Costo	PRI	TIR	VAN	Ahorro anual			
		años	10 años	10 años	Económico	Porcentual	MWh	TON CO2
Cambio de tecnología de iluminación	\$86.335	2,9	35%	\$253.152	\$27.792	2,76%	29,60	2,23
Sistema de almacenamiento de energía	\$2.032.241	6,33	10%	\$1.403.954	\$287.680	28,21%	0,00	0,00
Sistema de optimización de voltaje	\$247.000	3,01	33%	\$687.213	\$80.713	7,40%	420,46	31,70
Sistema de generación solar fotovoltaica	\$881.261	5,99	12%	\$703.051	\$140.681	13,08%	641,67	48,38
Sistemas combinados	\$2.732.150	6,22	11%	\$1.973.395	\$399.438	38,01%	1078,62	81,33

Fuente: propia

## 5. Conclusiones

- El proyecto de optimización de voltaje presenta un escenario muy atractivo de inversión 3 años de retorno y una inversión baja en comparación con el sistema de almacenamiento y el sistema de generación por medio de tecnología fotovoltaica. Se realizó una propuesta que logro cumplir con el objetivo de reducción de la facturación eléctrica de un 30% respecto al costo anual. La cual consiste en la combinación de soluciones; la instalación de un sistema almacenamiento de energía, cambio de tecnología de iluminación, la instalación de un sistema de optimización de voltaje, le generación de energía mediante tecnología solar fotovoltaica.
- Se analizó el comportamiento de consumo de GUTIS tanto en consumo de energía como en demanda de potencia y se realizó un estudio de la facturación eléctrica.
- Se analizaron los sistemas que consumen mayor energía y demanda, por un lado, el sistema de acondicionamiento de aire y por otro los compresores. Sin embargo, el sistema de acondicionamiento de aire tiene una buena eficiencia y el sistema de compresores está siendo estudiado por una empresa proveedora de equipos de aire comprimido.
- Se logró evaluar desde un punto de vista técnico-financiero las diferentes soluciones, hay sub proyectos que presentan mayores ahorros en la facturación eléctrica pero mayor tiempo de retorno de la inversión y por otro lado hay sub proyectos que presentan ahorros bajos respecto a la facturación eléctrica, pero con tiempos de recuperación cortos.
- Para lograr un ahorro del 30% en la facturación eléctrica, es necesario la combinación de los sistemas, hay viabilidad técnica para poder desarrollar estos proyectos en conjunto y se debe realizar un análisis por parte de GUTIS de los resultados financieros de los proyectos.

## 6. Recomendaciones

- La sustitución del sistema de acondicionamiento de aire no se toma en cuenta debido a que son equipos que cuentan con una eficiencia aceptable, dentro de los parámetros de la tecnología actual.
- El sistema de aire comprimido no se toma en cuenta dado que es un proyecto asignado a otra empresa y queda fuera de los alcances de este proyecto y no se obtuvo acceso a la información que están recopilando.
- El sistema de iluminación no genera un impacto tan agresivo para disminuir el consumo de la empresa, sin embargo, es un proyecto sumamente atractivo por la pronta recuperación de la inversión.
- El proyecto de almacenamiento de energía por sí solo es el que logra mayores ahorros, sin embargo, no alcanza el objetivo del 30% y es el que implica un mayor riesgo de acuerdo con la inversión necesaria.
- El proyecto solar fotovoltaico podría ser de mayor capacidad si no fuera por la limitante de espacio.
- Los proyectos de generación solar fotovoltaica han disminuido sus precios drásticamente, volviéndolos rentables para empresas que tienen tarifa TMT.
- Realizar un estudio del impacto de trasladar algunos procesos para la noche tomando en cuenta la disminución de la facturación eléctrica debido a la tarifa noche y el incremento en el pago del recurso humano debido a la jornada nocturna.



## 7. Bibliografía

- ARESEP. (2001). *Norma Técnica: Calidad del Voltaje de Suministro (AR-NTCVS)*.
- Castro, J. (2017). *Diseño de sistema de agua helada para climatización artificial, en sector hotelero en*. Cartago, Costa Rica.
- CNFL. (Setiembre de 2018). Tipos de tarifas comerciales, con su respectivo desglose tarifario.
- Cordoba, F. (2016). *Ahorro de energía en el sistema de aire comprimido, siguiendo el programa de Lean Energy de Baxter Productos Médicos*.
- Danfoss. (2017). *Chillers más eficientes - por dentro y por fuera*.
- Desarrollo, B. I. (2012). *Proyecto Piloto de Eficiencia Energética - Plan Integral de Eficiencia Energética*.
- Farrokhhabadi, M., Solanki, B., Cañizares, C., Bhattacharya, K., König, S., Sauter, P., . . . Hohmann, S. (September/October de 2017). Energy Storage in Microgrids. *IEEE Power & Energy*, 15(5), 81-91.
- Fowler, R. J. (1994). *Electricidad principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: McGrawHill.
- Hu, X., Zou, C., Zhang, C., & Li, Y. (September/October de 2017). Technological Developments in Batteries. *IEEE Power & Energy*, 15(5), 20-31.
- McQuay. (2001). *Installation, Operation and Maintenance Manual Chillers*.
- Minae. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. San José, Costa Rica.
- Murillo, J. (2016). *Análisis de viabilidad de una planta de reciclado de baterías de Li-ion*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Nieto, A. (S.F.). *Mundo HVA CR*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2014/02/sistemas-criticos-hvac-en-la-industria-farmaceutica/>
- OLEADE. (2017). *Manual de Balances de Energía Útil*.
- Olger, A. (2015). *Estudio y analisis de eficiencia energética del sistema eléctrico del hospital de Ibarra*. Ibarra, Ecuador.
- Powerstar. (Julio de 2017). *Powerstar Products Brochure*. Obtenido de [www.powerstar.com](http://www.powerstar.com)
- Rey, J. F. (S.F.). *Soluciones de control y supervisión de eficiencia energética en la industria farmaceutica*. Habana, Cuba.
- Rudnick, H., & Barroso, L. (2017). Flexibility needed challenges for the future energy storage systems. *IEEE Power & Energy*, 17-19.
- S.L., S. I. (2006). *Ingeniería Farmaceutica*. Perú.
- sustentable, L. I. (4 de Enero de 2016). *CANIFARMA*. Obtenido de <https://codigof.mx/la-industria-farmaceutica-como-pieza-clave-del-desarrollo-sustentable/>
- Valverde, A. (07 de 08 de 2019). *Elvatron*. Obtenido de Eficiencia energética en motores eléctricos: <https://blog.elvatron.com/motores/eficiencia-energ%C3%A9tica-en-motores-el%C3%A9ctricos>
- Villalobos, C. (2003). *Eficiencia energética en motores eléctricos*. Obtenido de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=137>

Zuñiga, R. (01 de 03 de 2019). Operación futura de sistemas de almacenamiento de energía.  
(A. Castro, Entrevistador)

## 8. Anexos

### 8.1. Ficha técnica del equipo aclimatación de aire

# Water-cooled VSD screw chiller

YVWA



## Application flexibility (\*) example of selections

Model	YVWABBBBFX	YVWACDCDFX	YVWABBBBGX	YVWACDCDGX	YVWAM2M2EE	YVWAM2MCEE	YVWAMBMCCE
Cooling capacity (kW)	451	525	575	650	700	750	800
EER 100%	5	5.41	4.72	5.14	4.81	5.13	5.3
SEER	6.58	7.05	6.79	7.46	6.49	6.83	7.08
°K.c	259	274	264	291	251	265	275

Model	YVWAMDMCFE	YVWAMDMDFE	YVWAMDMEFE	YVWAMEMEFF	YVWANEMEFF	YVWAJDUDGF	YVWAUEUEGG
Cooling capacity (kW)	850	900	950	1000	1070	1224.0	1403
EER 100%	5.39	5.35	5.32	5.1	5.33	5.5	5.43
SEER	7.15	7.20	7.30	7.23	7.25	7.63	7.69
°K.c	278	280	284	281	282	297	300

Net values at Eurovent nominal conditions for models using R134a. Cooling capacities in kW given for entering/leaving chilled water temperature 12/7 °C condenser water 32/35 °C SEER calculated according to EN14511

°K.c calculated according to Ecodesign regulation for chillers comfort cooling (013/2013). For other Ecodesign calculations, please contact your JCI representative.

(\*) The table and tune models allow over 7000 component combinations in stepless selection capacities / operating conditions. Specific selections may achieve an operating envelope of -20 to +36 °C evaporator liquid and from 18 to 65 °C condenser liquid. Models are using selected components from the quick ship program.

The table above shows only a representative sample of performance points based on generic project operating conditions working with R134a refrigerant.

For R134a information contact your JCI Representative.

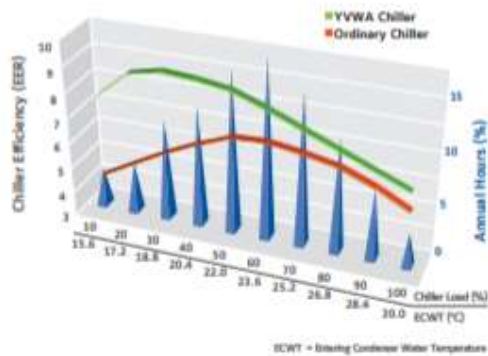
The above data is based on Johnson Control's selection software YORKworks 1706. Please refer to the latest version of the software for specific projects.

## Technical data

Model	YVWABBBBFX	YVWACDCDFX	YVWABBBBGX	YVWACDCDGX	YVWAM2M2EE	YVWAM2MCEE	YVWAMBMCCE
Compressors / Circuits	1	1	1	1	2	2	2
Dimensions	Length mm	3130	3571	3110	3720	4390	4390
	Width mm	1413	1413	1413	1413	1405	1405
	Height mm	1846	1846	1846	1846	1824	1824
Operating weight (kg)	3692	4169	3822	4299	5701	5884	6032
Refrigerant charge (kg)	127	151	137	163	250	250	250

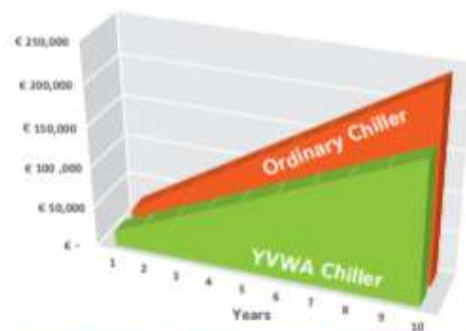
Model	YVWAMDMCFE	YVWAMDMDFE	YVWAMDMEFE	YVWAMEMEFF	YVWANEMEFF	YVWAJDUDGF	YVWAUEUEGG
Compressors / Circuits	2	2	2	2	2	2	2
Dimensions	Length mm	4790	4390	4390	4290	5000	4875
	Width mm	1405	1405	1405	1405	1405	1730
	Height mm	1824	1824	1824	1824	1824	1999
Operating weight (kg)	6265	6315	6421	6540	7052	8193	8746
Refrigerant charge (kg)	295	295	295	260	300	430	440

### YVWA Efficiency vs. Ordinary Chiller



The YVWA chiller delivers superior energy performance at all operating hours.

### YVWA Energy Cost vs. Ordinary Chiller



Note: 1,500 operating hours, 0.12 EUR/kWh energy rate, 800 kW design cooling load

An investment in an optimized YVWA chiller reduces energy costs by 25%.

## 8.2. Fichas técnicas de equipos de iluminación

Actuales

www.sylvania.com

### OCTRON® 800 XP® SUPERSAVER® ECOLOGIC®3

EXtended Performance Fluorescent Lamps



#### Key Features & Benefits

- Energy savings compared to standard 32W T8 lamp
  - 22% with the 25W XP/SS
  - 12% with the 28W XP/SS
  - 6% with the 30W XP/SS
- 94% mean lumens
- Lead free
- Made in the USA
- Dimmable (see application note 5)
- TCLP and RoHS compliant
- Meets CEE Standards
- Retrofit lamp for existing T8 instant start systems
  - 40,000 hours rated life @ 12 hours per start
- Increased life on OSRAM QUICKTRONIC® PROStart® PSX and PSN programmed rapid start ballasts
  - 42,000 hours rated life @ 12 hours per start
- QUICK 60+® system warranty when lamps are paired with OSRAM QUICKTRONIC electronic ballasts

The OCTRON 800 XP SUPERSAVER T8 fluorescent offering includes a full complement of lengths and wattages, ensuring there is an energy-saving lamp to satisfy nearly all applications. These lamps operate on standard T8 instant start systems and provide up to 22 percent energy savings over 32 Watt lamps. At 11¢/kWh and 4000 hours of operation per year, the 22 percent energy savings translate to a savings of \$12.32 per fixture per year for a 4-lamp fixture. The initial lumen output, lumen maintenance and high color rendering of the OCTRON 800 XP SUPERSAVER/EC03 lamps help ensure that lighting quality is maintained while energy is saved. These lamps pass the Federal TCLP test, classifying them as non-hazardous waste in most states and feature lead-free glass, bases and manufacturing process, reducing overall environmental impact.

For optimal performance and system warranty, pair with OSRAM QUICKTRONIC® electronic ballast systems.

SYLVANIA OCTRON ECOLOGIC3 T8 fluorescent lamps pass the Federal Toxic Characteristic Leaching Procedure (TCLP) criteria for classification as non-hazardous waste in most states\*.

ECOLOGIC3 represents a more comprehensive approach to sustainability encompassing high efficiency, long life and RoHS/TCLP compliance.

1. TCLP test results are based on NEMA LL Series standards and are available on request.
2. Lamp disposal regulations may vary; check your local & state regulations.



#### Product Offering

Lamp Type	Wattage	CCT
F017/15W/800XP/SS/EC03	15	3000K, 3500K, 4100K
F025/21W/800XP/SS/EC03	21	3500K, 4100K
F032/25W/800XP/SS/EC03	25	3000K, 3500K, 4100K, 5000K
F028/28W/800XP/SS/EC03	28	3000K, 3500K, 4100K, 5000K
F030/30W/800XP/SS/EC03	30	3000K, 3500K, 4100K, 5000K
F096/50W/800XP/SS/EC03	50	3500K, 4100K
F096/54W/800XP/SS/EC03	54	3500K, 4100K, 5000K

#### Application Information

##### Applications

- Cove
- Direct/indirect luminaires
- Recessed troffers
- Schools
- Valance

##### Application Notes

1. F025, F028 and F030 SUPERSAVER lamps are recommended to be used on F32T8 instant start ballast with minimum open circuit voltage of 550V RMS at the lamp.
  - a. Electronically ballasted fixture configurations which operate lamps remotely, such as Master/Satellite applications, can cause reduction of lamp open circuit voltage, in the remote fixture, below the minimum required for reliable lamp starting. For more information, please call 1-800-LIGHTBULB and ask for Ballast Technical Assistance or call your fixture manufacturer.
  - b. Not recommended to be used: (1) in remotely ballasted fixtures with lamp open circuit voltages below 550V, (2) in air handling fixtures, (3) inverter operated emergency lighting systems unless any of the above equipment is specifically listed for SUPERSAVER (SS) lamps. Any of the above situations could result in lamp starting and stabilization problems, or system compatibility issues.
2. F096 SUPERSAVER lamps are recommended to be used on F96T8 instant start ballast with minimum open circuit voltage of 725V.
3. If a 28W SUPERSAVER lamp is exposed to drafts or the ambient temperature falls below 60°F (70°F for 25W), striation (a rhythmic pulsing pattern of light running down the tube) and/or reduction in lamp brightness may occur. While visually disconcerting, neither behavior is damaging to the lamp and removing the cause (draft or temperature) will return the lamp to normal operation.
4. Fixture must conform to the latest version of the ANSI C78.81-2010 requirements for luminaire design.
5. F096 types are not dimmable. For all other types, contact SYLVANIA for approved dimming ballasts.



FL056R20 5-16

Specification Data

Catalog #	Type
Project	
Comments	
Prepared by	

Ordering Information

Item Number	Ordering Abbreviation	Watts	Nominal Length (in.)	Initial Lumens	Mean Lumens <sup>1</sup>	Lumens per Watt	Average Rated Life				CCT	CRI
							Instant Start 3 hrs/start	Instant Start 12 hrs/start	Programmed Start 3 hrs/start	Programmed Start 12 hrs/start		
<b>OCTRON® 800 XP® SUPERSAVER®</b>												
22406	F017/15W/835/XP/SS/EC03	15	24	1200	1130	80	24,000	40,000	40,000	42,000	3500K	85
22407	F017/15W/841/XP/SS/EC03	15	24	1200	1130	80	24,000	40,000	40,000	42,000	4100K	85
22395	F025/21W/835/XP/SS/EC03	21	36	1925	1810	92	24,000	40,000	40,000	42,000	3500K	85
22396	F025/21W/841/XP/SS/EC03	21	36	1925	1810	92	24,000	40,000	40,000	42,000	4100K	85
22232	F032/25W/830/XP/SS/EC03	25	48	2500	2350	100	24,000	40,000	40,000	42,000	3000K	85
22233	F032/25W/835/XP/SS/EC03	25	48	2500	2350	100	24,000	40,000	40,000	42,000	3500K	85
22234	F032/25W/841/XP/SS/EC03	25	48	2500	2350	100	24,000	40,000	40,000	42,000	4100K	85
22235	F032/25W/850/XP/SS/EC03	25	48	2500	2350	100	24,000	40,000	40,000	42,000	5000K	81
22177	F028/830/XP/SS/EC03	28	48	2725	2560	97	24,000	40,000	40,000	42,000	3000K	85
22178	F028/835/XP/SS/EC03	28	48	2725	2560	97	24,000	40,000	40,000	42,000	3500K	85
22179	F028/841/XP/SS/EC03	28	48	2725	2560	97	24,000	40,000	40,000	42,000	4100K	85
22184	F028/850/XP/SS/EC03	28	48	2725	2560	97	24,000	40,000	40,000	42,000	5000K	81
22063	F030/830/XP/SS/EC03	30	48	2850	2680	95	24,000	40,000	40,000	42,000	3000K	85
22060	F030/835/XP/SS/EC03	30	48	2850	2680	95	24,000	40,000	40,000	42,000	3500K	85
22062	F030/841/XP/SS/EC03	30	48	2850	2680	95	24,000	40,000	40,000	42,000	4100K	85
22202	F030/850/XP/SS/EC03	30	48	2850	2680	95	24,000	40,000	40,000	42,000	5000K	81
<b>OCTRON F096 XP SUPERSAVER</b>												
22420*	F096/50W/835/XP/SS/EC03	50	96	5400	5075	108	24,000	38,000			3500K	85
22421	F096/50W/841/XP/SS/EC03	50	96	5400	5075	108	24,000	38,000			4100K	85
22100	F096/54W/835/XP/SS/EC03	54	96	5700	5360	106	24,000	36,000			3500K	85
22101*	F096/54W/841/XP/SS/EC03	54	96	5700	5360	106	24,000	36,000			4100K	85
22347	F096/54W/850/XP/SS/EC03	54	96	5700	5360	106	24,000	36,000			5000K	81

\* Discontinued with inventory. Will be in stock once inventory is depleted.  
<sup>1</sup> Measured at 40% of rated life.

Ordering Guide

<b>F0</b>	<b>30</b>	<b>/</b>	<b>8</b>	<b>35</b>	<b>XP</b>	<b>/</b>	<b>SS</b>	<b>/</b>	<b>EC03</b>
Fluorescent	Actual Wattage		Actual CRI	Color Temperature	XP - Extended Performance		SUPERSAVER		ECOLOGIC3
OCTRON	15, 21, 25, 28, 30, 50 and 54		81 or 85	30 = 3000K CCT, 35 = 3500K CCT, 41 = 4100K CCT, 50 = 5000K CCT					

Lamp Dimensions

Lamp Type	(A) Max. Overall Length (in.)	(B) Base Face to Opposite Pin (in.)	(C) Max. Base Face to Base Face (in.)	(D) Max. Outside Diameter (in.)
F017	23.78	Min. 23.41 Max. 23.50	23.22	1.1
F025	36.78	Min. 36.40 Max. 36.50	35.22	1.1
F032 F032/25W F028 F030	47.78	Min. 47.41 Max. 47.50	47.22	1.1
F096	94.00	Min. 93.42 Max. 93.65	93.30	1.1

Propuestas

## FICHA TÉCNICA

---

**TUBO LED T8 4FT 18W MIXTO UL**



# ESPECIFICACIONES

## TUBO LED T8 4FT 18W MIXTO UL

ITEM	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Tipo		G13 pin T8 tube-single input
Largo Total	mm	1198 (excluyendo el pin)
Diámetro	mm	ø 33.6 / 29.3 mm
Consumo de Energía	W	18±10%
Voltaje de Entrada	VAC	100 ~ 277
Frecuencia de Entrada	HZ	50 / 60
Color		Blanco
Temperatura del Color	K	3000/4000/5000/6500
Flujo Luminoso	lm	2.340
CRI	Ra	≥80
Eficiencia Luminosa	lm/w	130
Ángulo de Irradiación	°	210
Temperatura de Trabajo	°C	-20 ~ 45
Peso	g	290.0
Esperanza de Vida (LED)	Horas	50,000
Factor de Poder		0.9
Certificado		UL (E495795)





## FICHA TÉCNICA

---

### HIGH BAY CAMPANOLA NICHIA 160W



# ESPECIFICACIONES

## HIGH BAY CAMPANOLA NICHIA 160W

ITEM	UNIDAD	DESCRIPCIÓN
Tipo		Tipo Gancho
Diámetro	mm	ø 410mm
Altura	mm	376
Consumo de Energía	W	160±10%
Voltaje de Entrada	VAC	200 ~ 305
Frecuencia de Entrada	HZ	50 / 60
Color		Blanco
Temperatura del Color	K	3000/4000/5000/6500
Flujo Luminoso	lm	22,400
CRI	Ra	80
Eficiencia Luminosa	lm/w	140
Ángulo de Irradiación	°	60/90 (opción)
Temperatura de Trabajo	°C	-35 ~ 50
Esperanza de Vida (Nichia LED L90@85°C)	Horas	> 100,000  LED: Japan Nichia
Clasificación a Prueba de Agua		IP65
Factor de Potencia		0.95
Certificado		CE (Power)

### 8.3. Ficha técnica del equipo de almacenamiento de energía

# VIRTUE



## Oferta Preliminar - Sistema de Almacenamiento de Energía VIRTUE



**1,000kW Potencia Máxima**  
**2,000kWh Energía**  
Conexión baja tensión

**AN INTERNET OF ENERGY**

ECOPOWER CA | San José, Costa Rica | 2019  
[www.ecopowerca.com](http://www.ecopowerca.com) | [comercialcr@ecopowerca.com](mailto:comercialcr@ecopowerca.com) | 4082-7463 / 8819-6197 / 7300-4753

## Oportunidad Energética



Actualmente **GUTIS** paga un 61% de su recibo eléctrico por concepto de **demanda**. Esta es una oportunidad para disminuir su facturación eléctrica, mejorar la calidad de la energía, asegurar en un 100% la disponibilidad del recurso energético y generar ingresos por un adecuado manejo de la energía eléctrica.

Nuestra propuesta es el suministro e instalación de un Sistema de Almacenamiento de Energía (**VIRTUE**), que permitirá aprovechar la tarifa de menor costo para ser utilizada en el horario de tarifa punta, la cual corresponde a la tarifa con el precio más elevado.

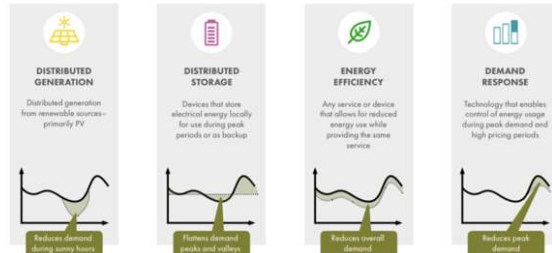
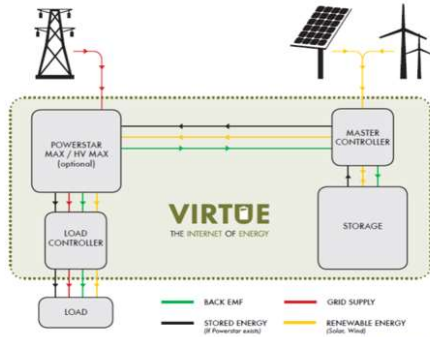
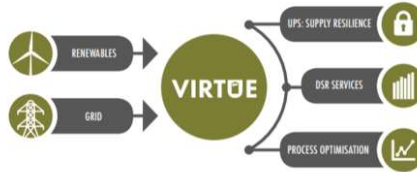


**AN INTERNET OF ENERGY**

ECOPOWER CA | San José, Costa Rica | 2018  
[www.ecopowerca.com](http://www.ecopowerca.com) | [comercialcr@ecopowerca.com](mailto:comercialcr@ecopowerca.com) | 4082-7463 / 8819-6197

# VIRTOE

powerstar



## AN INTERNET OF ENERGY

ECOPOWER CA | San José, Costa Rica | 2018

[www.ecopowerca.com](http://www.ecopowerca.com) | [comercialcr@ecopowerca.com](mailto:comercialcr@ecopowerca.com) | 4082-7463 / 8819-6197

# VIRTOE

powerstar

## Características

- ✔ 15 años de garantía - 25 años de vida útil.
- ✔ Garantiza el ahorro al 100% - Contrato de desempeño.
- ✔ Utiliza baterías de Ion - Litio NMC marca Samsung.
- ✔ Proporciona capacidades de UPS completas tiempo de reacción de 15 ms.
- ✔ Elimina/Integra generadores tradicionales.
- ✔ UPS - MAX - ESS - Control (energía renovable/red pública)
- ✔ Aplicaciones de carga rápida de vehículos.
- ✔ Equipos diseñados a la medida.
- ✔ Es un sistema actualizable.



✔ Monitoreo 24/7/365.



## AN INTERNET OF ENERGY

ECOPOWER CA | San José, Costa Rica | 2018

[www.ecopowerca.com](http://www.ecopowerca.com) | [comercialcr@ecopowerca.com](mailto:comercialcr@ecopowerca.com) | 4082-7463 / 8819-6197

## 8.4. Ficha técnica del equipo de optimización de voltaje

LV SYSTEMS


**LITE**

**MAX**


**POWERSTAR LITE & MAX**

COMPARISON


**APPLICATION**




For clients with sites operating a low voltage (LV) supply only, both fixed and electronic-dynamic voltage optimisation solutions are available. Our LV voltage optimisation range ensures our clients have access to the correct application and the ideal energy saving solution for their sites, with systems suitable for single site small businesses through to large commercial multi-site premises.



**10 YEAR WARRANTY PROVIDED WITH BOTH SYSTEMS**




**BOTH SYSTEMS CARRY A 100% SAVINGS GUARANTEE**



**Powerstar LITE** is a fixed voltage optimisation system which provides a set level reduction across a pre defined top range.

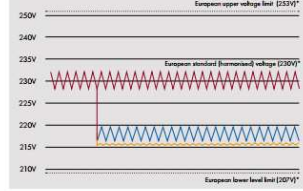
- The optimised voltage will match the incoming voltage profile albeit reduced by a set amount
- LITE systems are available from 100Amp for small commercial systems up to 3MVA systems available for larger commercial premises
- This system is ideal for sites with a stable yet high level of incoming voltage
- Details of single phase & small three-phase range available on request



**Powerstar MAX** is an electronic dynamic (variable) voltage optimisation system which takes the incoming voltage and optimises it to a constant level.

- The stabilised voltage output is achieved through the use of intelligent electronic controls that automatically adjust and maintain the voltage to create a stable profile
- MAX systems are suitable for commercial premises and are available in sizes from 28kVA through to a maximum of 3MVA.
- This system is ideal for sites with fluctuating voltage, high night loading or critical equipment requiring additional security

**LITE v MAX Voltage Reduction Comparison Example**



**LITE v MAX Benefits Comparison**

	LITE	MAX
Patented Design	✓	✓
Achieves 10% Average Savings	✓	✓
Additional Savings Opportunities	✓	✓
Reduces Harmonic Distortions	✓	✓
Improves Power Factor	✓	✓
Improves Phase Balancing	✓	✓
Increases Lifespan of Equipment	✓	✓
Intelligent Real-Time Interface (HMI)	✓	✓
No Moving Parts	✓	✓
Guaranteed Savings	✓	✓
Manufactured in UK	✓	✓
Electronic-Dynamic (Variable) Optimisation	✓	✓
Incorporates Modern Technology to Regulate Voltage Output	✓	✓
Suitable for Sites with Fluctuating Voltage	✓	✓

## 8.5. Ficha técnica de equipos del sistema solar fotovoltaico





### GCL-M6/72H

Monocrystalline Module

365-390W

Cell Type



5BB

**390W**  
Maximum Power Output

**19.7%**  
Maximum Module Efficiency

**0~+5W**  
Power Output Guarantee



Ideal choice for large scale ground installation



High conversion efficiency due to top quality wafers and advanced cell technology



Selected encapsulating material and stringent production process control ensure the product is highly PID resistant and snail trails free



Sand blowing test, salt mist test and ammonia test passed to endure harsh environments



Optimized system performance due to module level current sorting



Special cell process ensures great performance under low irradiance conditions...



Highly transparent self-cleaning glass brings additional yield and easy maintenance

#### Company Introduction

GCL System Integration Technology Co. Ltd [002506 Shenzhen Stock] [GCL System] is part of GOLDEN CONCORD Group [GCL] which is an international energy company specializing in clean and sustainable power production. The group, founded in 1990 now employs 30,000 people.

#### GCL Delivers Reliable Performance Over Time

- World-class manufacturer of crystalline silicon photovoltaic modules
- Fully automatic facility and world-class technology
- Rigorous quality control to meet the highest standard: ISO9001:2015, ISO14001: 2015 and OHSAS: 18001:2007
- Tested for harsh environments (salt mist, ammonia corrosion and sand blowing test; IEC 61701, IEC 62716, DIN EN 60068-2- 68)
- Long term reliability tests
- 2\*100% EL inspection ensuring defect-free modules


#### Linear Performance Warranty




10 Years Product Warranty 25 Years Linear Power Warranty

\* Please refer to GCL standard warranty for details

#### Additional Insurance Backed by Swiss RE




\* Please refer to GCL for details

Bringing Green Power To Life
en.gclsi.com

# GCL-M6/72H

## GCL-Saturn Series Monocrystalline Module 365-390W

### Electrical Specification (STC\*)

	365	370	375	380	385	390
Maximum Power	365	370	375	380	385	390
Maximum Power Voltage	29.20	29.40	29.60	29.80	29.95	30.13
Maximum Power Current	9.31	9.29	9.27	9.25	9.23	9.21
Open Circuit Voltage	47.60	47.80	48.00	48.20	48.40	48.60
Short Circuit Current	9.89	9.97	10.05	10.13	10.21	10.29
Module Efficiency (%)	18.4	18.7	18.9	19.2	19.4	19.7
Power Output Tolerance	-0%		0~+5%			

\*Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Module Temperature 25°C, Air Mass 1.5

### Electrical Specification (NOCT\*)

	365	370	375	380	385	390
Maximum Power	270.75	274.63	278.50	282.22	285.96	289.67
Maximum Power Voltage	36.10	36.30	36.50	36.70	36.90	37.00
Maximum Power Current	7.50	7.56	7.63	7.69	7.75	7.81
Open Circuit Voltage	44.20	44.30	44.50	44.70	44.90	45.10
Short Circuit Current	8.00	8.06	8.12	8.19	8.25	8.32

\*Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s

### Mechanical Data

Number of Cells	72 Cells (6x12)
Dimensions of Module L*W*H (mm)	1980±1000±35mm (77.95 ± 39.37 ± 1.38 inches)
Weight (kg)	22.7 kg
Glass	High transparency solar glass 3.2mm (0.13 inches)
Backsheet	White
Frame	Silver, anodized aluminum alloy
J-Box	IP68 Rated
Cable	4.0mm <sup>2</sup> (0.006 inches <sup>2</sup> ), 1200mm (47.24 inches)
Number of diodes	3
Wind/Snow Load	2400Pa/5400Pa*
Connector	MC Compatible

\*For more details please check the installation manual of GCL.

### Temperature Ratings

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±3°C
Temperature Coefficient of Isc	+0.06%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.30%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.39%/°C

### Packaging Configuration

Module per box	30 pieces
Module per 40' container	640 pieces

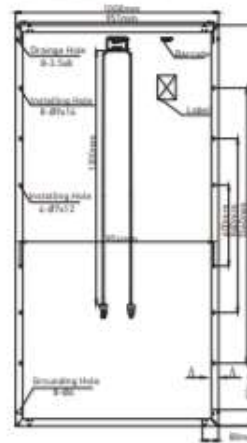
### Maximum Ratings

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (H)
Max Series Fuse Rating	30A

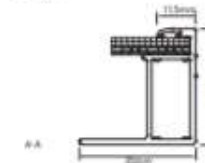
### Optional

Connector	<input type="checkbox"/> Original MCs
-----------	---------------------------------------

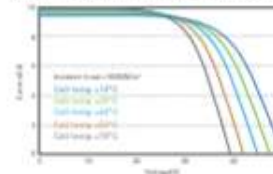
### Module Dimension



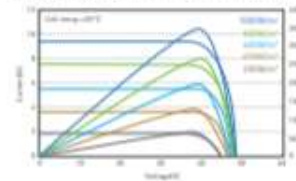
Back View



### U-I Curve at Different Temperature (370W)



### U-I/P-V Curve at Different Irradiation (370W)



CAUTION: READ INSTALLATION MANUAL BEFORE USING THE PRODUCT.



Contact Us for More Information

website: [en.gclst.com](http://en.gclst.com) email: [gclsales@gclst.com](mailto:gclsales@gclst.com)



**Highly integrated**

- Compact design with maximum power density achieves logistical cost savings
- 12 direct string inputs enable reduced labor and material costs
- Integrated AC and DC overvoltage protection

**Maximum energy harvest**

- Unique design allows for DC:AC ratios up to 150%, maximizing power throughout the day
- Six MPPT trackers ensure maximum production in any application or shading situation

**Cost effective**

- Integrated AC and DC disconnects save material costs
- No racking required for rooftop applications, creating additional cost savings
- No PV fuses required

**Fastest installation**

- Built-in Wi-Fi access from any mobile device makes accessing the CORE1 easy and effective
- Simplified inverter configuration and commissioning, which accelerates installation and saves installers' valuable time






**SUNNY TRIPOWER CORE1**

It stands on its own

The Sunny Tripower CORE1 is the world's first free-standing PV inverter for commercial rooftops, carports and ground-mount solar projects. As the next generation of SMA's industry leading Sunny Tripower product line, the CORE1 revolutionizes the commercial inverter category. Its innovative design reduces both installation time and costs to provide the highest return on investment. From distribution to construction to operation, the Sunny Tripower CORE1 enables logistical, material, labor and service cost reductions. With built-in Wi-Fi for fast commissioning, advanced communications and smart inverter grid support functions, commercial installations are up and running faster and simpler than ever.

[www.SMA-America.com](http://www.SMA-America.com)



Technical data	Sunny Tripower CORE1 (US)	Sunny Tripower CORE1 (IEC)
<b>Input (DC)</b>		
Max. array power	75000 Wp STC	75000 Wp STC
DC voltage (max)	1000 V	1000 V
Rated MPPT voltage range	300 V... 800 V	300 V... 800 V
MPPT operating voltage range	150 V... 1000 V	150 V... 1000 V
Min. DC voltage / start voltage	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Number of independent MPPT trackers / strings per MPPT input	6/2	6/2
Max. operating input current / per MPPT tracker	120 A / 20 A	120 A / 20 A
Max. short circuit current per MPPT / string input	30 A / 30 A	30 A / 30 A
<b>Output (AC)</b>		
AC nominal power	50000 W	50000 W
Max. AC apparent power	53000 VA	50000 VA
Output phases / line connections	3/3 (N)-PE	3/3 (N)-PE
Nominal AC voltage	480 V / 277 V WYE	400 V / 230 V
AC voltage range	244 V... 305 V	202... 264 V
Rated AC grid frequency	60 Hz	50 Hz
AC grid frequency / range	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz... +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -6 Hz... +5 Hz
Max. output current	64 A	72.5 A
Power factor at rated power / adjustable displacement	1 / 0.0 leading... 0.0 lagging	1 / 0.0 leading... 0.0 lagging
Harmonics THD	<3%	<3%
<b>Efficiency</b>		
Max. efficiency / CEC efficiency / European efficiency	98.3% / 98% / -	98.1% / - / 97.8%
<b>Protection devices</b>		
Load rated DC disconnect switch	●	●
Load rated AC disconnect switch	●	-
DC reverse polarity protection	●	●
Ground fault monitoring / grid monitoring	● / ●	● / ●
All-pole sensitive residual current monitoring	●	●
DC AFCI compliant to UL 1699B	●	-
DC surge arrester (Type II)	○	○
AC short circuit protection	●	●
AC surge arrester (Type II)	○	○
Protection class / overvoltage category (as per UL1840)	I / IV	-
Protection class (as per IEC 60664-1) / overvoltage category (as per IEC 60664-1)	-	I / AC III; DC II
<b>General data</b>		
Dimensions (W / H / D)	621 mm / 733 mm / 569 mm (24.4 in x 28.8 in x 22.4 in)	621 mm / 733 mm / 569 mm (24.4 in x 28.8 in x 22.4 in)
Device weight	84 kg (185 lbs)	84 kg (185 lbs)
Operating temperature range	-25 °C... +60 °C	-25 °C... +60 °C
Storage temperature range	-40 °C... +70 °C	-40 °C... +70 °C
Audible noise emissions (full power @ 1m and 25 °C)	65 dB(A)	65 dB(A)
Internal consumption at night	5.1 W	4.8 W
Topology	Transformerless	Transformerless
Cooling Concept	OptiCool	OptiCool
Enclosure protection rating	Type 4X, 3SX (as per UL 50E)	IP65 (as per IEC 60529)
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	-	4K04
Maximum permissible value for relative humidity (non-condensing)	100%	100%
<b>Features</b>		
DC Connection	Amphenol UTX PV connectors	SUNCLIX PV connectors
AC Connection	Screw terminal	Screw terminal
LED indicators (Status / Fault / Communication)	●	●
Interface: Ethernet / WLAN / RS485	● (2 ports) / ● / ○	● (2 ports) / ● / ○
Data protocols: SMA Modbus / SunSpec Modbus / Webconnect	● / ● / ●	● / ● / ●
Multifunction relay	●	●
Mounting	Free-standing with included mounting feet	Free-standing with included mounting feet
OptiTrac: Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	● / ● / ●	● / ● / ●
Off-Grid capable / SMA Fuel Save Controller compatible	● / ●	● / ●
Warranty: 5/10/15/20 years	● / ● / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○
Certifications and approvals	UL 1741, UL 1998, UL 1699B, IEEE 1547, FCC Part 15 (Class A & B), UL 1741 SA advanced inverter capabilities	BDEW 2008, CE, IEC 61737, IEC 62109-1/2, IEC 62116, VDE 0126-1-1, VDE ARN 4103, additional regional certifications available on request
<p>○ Optional features   ● Standard features   - Not available</p>		
Type designation	STP50-US-40	STP50-40
<b>Accessories</b>		
 SMA Sensor Module MD 50N-US-40	 SMA RS485 Module MD 485-US-40	 Antenna Extension Kit EXANT-US-40
 AC Surge Protection Module Kit AC_SP5_K4-10		
 DC Surge Protection Module Kit DC_SP5_K4-10		

SMA and Sunny Tripower are registered trademarks of SMA Solar Technology AG. Inverter, DC, and AC are trademarks of SMA Solar Technology AG. OptiTrac, OptiCool, and OptiMax are trademarks of SMA Solar Technology AG. SUNCLIX is a trademark of SMA Solar Technology AG. All other trademarks are the property of their respective owners. © SMA Solar Technology AG 2023.

## 9. Apéndice

### 9.1. Tablas de consumo general

Tabla 23. Resumen de consumo quinceminutal de GUTIS mes de noviembre y diciembre

Hora	Consumo KW	Consumo kWh	Facturación Potencia Inicial	Facturación Energía
00:00		211,46	\$0,00	\$7,76
00:30		209,85	\$0,00	\$7,70
01:00		206,95	\$0,00	\$7,60
01:30		207,33	\$0,00	\$7,61
02:00		207,45	\$0,00	\$7,61
02:30		206,98	\$0,00	\$7,60
03:00		207,72	\$0,00	\$7,62
03:30		206,84	\$0,00	\$7,59
04:00		206,39	\$0,00	\$7,58
04:30		208,48	\$0,00	\$7,65
05:00		226,08	\$0,00	\$8,30
05:30		329,48	\$0,00	\$12,09
06:00		365,39	\$0,00	\$18,62
06:30		378,03	\$0,00	\$19,27
07:00		389,46	\$0,00	\$19,85
07:30		399,21	\$0,00	\$20,35
08:00		407,33	\$0,00	\$20,76
08:30		409,63	\$0,00	\$20,88
09:00	1.187,00	413,81	\$15.098,09	\$21,09
09:30		413,92	\$0,00	\$21,10
10:00		412,73	\$0,00	\$42,08
10:30		414,88	\$0,00	\$42,29
11:00		415,88	\$0,00	\$42,40
11:30	1.184,00	405,24	\$21.165,51	\$41,31
12:00		401,45	\$0,00	\$40,93

Hora	Consumo KW	Consumo kWh	Facturación Potencia Inicial	Facturación Energía
12:30		409,66	\$0,00	\$20,88
13:00		412,35	\$0,00	\$21,02
13:30		414,88	\$0,00	\$21,15
14:00		389,79	\$0,00	\$19,87
14:30		387,90	\$0,00	\$19,77
15:00		387,26	\$0,00	\$19,74
15:30		387,42	\$0,00	\$19,75
16:00		381,29	\$0,00	\$19,44
16:30		378,95	\$0,00	\$19,32
17:00		373,71	\$0,00	\$19,05
17:30		369,86	\$0,00	\$37,71
18:00		351,15	\$0,00	\$35,80
18:30		346,54	\$0,00	\$35,33
19:00		354,90	\$0,00	\$36,18
19:30		351,88	\$0,00	\$35,87
20:00	1.060,00	347,93	\$8.559,07	\$12,77
20:30		343,91	\$0,00	\$12,62
21:00		335,40	\$0,00	\$12,31
21:30		320,08	\$0,00	\$11,75
22:00		228,88	\$0,00	\$8,40
22:30		218,30	\$0,00	\$8,01
23:00		216,08	\$0,00	\$7,93
23:30		213,05	\$0,00	\$7,82

Fuente: propia

Tabla 24. Datos de consumo por tablero de GUTIS

Subestación	Ubicación	Edificio	Tablero	No.	Código	Porcentaje de consumo promedio punta	Consumo promedio kWh punta	Porcentaje de consumo promedio valle	Consumo promedio kWh valle	Porcentaje de consumo promedio nocturno	Consumo promedio kWh nocturno		
A	1	Producción	Analisis	1	A1-PRO-ANA-1	0,94%	1012,66	1,03%	2284,69	0,85%	1319,22		
			Equipos 1	1	A1-PRO-ILU-1	2,00%	2144,73	2,17%	4834,30	3,20%	4967,07		
			Equipos 1	2	A1-PRO-ILU-2	2,10%	2251,97	2,80%	6237,81	2,01%	3119,94		
			Equipos 1	1	A1-PRO-ILL-1	2,00%	2144,73	2,20%	4901,14	1,50%	2328,32		
			Iluminación limpio	2	A1-PRO-ILL-2	0,11%	117,96	0,13%	289,61	0,11%	170,74		
			Iluminación limpio	3	A1-PRO-ILL-3	0,09%	96,51	0,09%	200,50	0,09%	139,70		
			Control	1	A1-PRO-CON-1	4,29%	4603,02	4,66%	10384,95	3,86%	5996,44		
			Aire comprimido	1	A1-PRO-AIR-1	8,58%	9206,04	9,32%	20769,89	7,73%	11992,87		
			Generales	1	A1-PRO-GEN-1	2,58%	2761,81	2,80%	6230,97	2,32%	3597,86		
			Generales	2	A1-PRO-GEN-2	0,43%	460,30	0,47%	1038,49	0,39%	599,64		
			Ingeniería	1	A1-PRO-ING-1	0,86%	920,60	0,93%	2076,99	0,77%	1199,29		
			Ingeniería	2	A1-PRO-ING-2	0,43%	460,30	0,47%	1038,49	0,39%	599,64		
			Compresor	1	A1-PRO-COP-1	8,58%	9206,04	9,32%	20769,89	7,73%	11992,87		
			Compresor	2	A1-PRO-COP-2	2,15%	2301,51	2,33%	5192,47	1,93%	2998,22		
			A18	1	A1-PRO-A18-1	1,55%	1657,09	1,68%	3738,58	1,39%	2158,72		
			A23	1	A1-PRO-A23-1	1,12%	1196,79	1,21%	2700,09	1,00%	1559,07		
			I+D	1	A1-PRO-I&D-1	1,85%	1979,30	2,00%	4465,53	1,66%	2578,47		
			Calidad	1	A1-PRO-CAL-1	0,73%	782,51	0,79%	1765,44	0,66%	1019,39		
			Microbiología	1	A1-PRO-MIC-1	2,58%	2761,81	2,80%	6230,97	2,32%	3597,86		
			TI	1	A1-PRO-TIN-1	3,78%	4050,66	4,10%	9138,75	3,40%	5276,86		
	2	Administración	Iluminación	1	A2-ADMI-ILU-1	0,68%	729,21	0,84%	1871,34	0,78%	1210,72		
			Iluminación	2	A2-ADMI-ILU-2	0,21%	230,15	0,15%	344,25	0,23%	356,45		
			Iluminación	3	A2-ADMI-ILU-3	0,71%	759,50	0,51%	1136,03	0,76%	1176,30		
			Generales	1	A2-ADMI-GEN-1	2,47%	2646,74	1,78%	3958,90	2,64%	4099,23		
			Generales	2	A2-ADMI-GEN-2	2,27%	2439,60	1,64%	3649,08	2,43%	3778,42		
			Generales	3	A2-ADMI-GEN-3	0,49%	529,35	0,36%	791,78	0,53%	819,85		
			Generales	4	A2-ADMI-GEN-4	0,67%	713,47	0,48%	1067,18	0,71%	1105,01		
			Accesos	1	A2-ADMI-ACC-1	0,19%	207,14	0,14%	309,83	0,21%	320,81		
			TI	1	A2-ADMI-TIN-1	1,05%	1127,74	0,76%	1686,84	1,13%	1746,63		
			Control	1	A2-ADMI-CON-1	0,43%	460,30	0,31%	688,50	0,46%	712,91		
			Investigación	1	A2-ADMI-I&D-1	0,77%	828,54	0,56%	1239,31	0,83%	1283,24		
			Gerencia	1	A2-ADMI-GEN-1	0,24%	253,17	0,17%	378,68	0,25%	392,10		
			3	Comedor	Iluminación	1	A3-COM-ILU-1	0,06%	69,05	0,01%	14,34	0,01%	9,99
					equipos cocina	1	A3-COM-ECO-1	0,17%	186,42	0,02%	38,73	0,02%	26,98
					Generales	1	A3-COM-GEN-1	0,02%	23,02	0,00%	4,78	0,00%	3,33
			B	1	Bodega	Iluminación	1	B1-BOD-ILU-1	2,15%	2301,51	1,49%	3311,04	2,35%
Iluminación	2	B1-BOD-ILU-2				2,15%	2301,51	1,49%	3311,04	2,35%	3654,49		
Generales	1	B1-BOD-GEN-1				1,46%	1565,03	1,01%	2251,51	1,60%	2485,06		
Generales	2	B1-BOD-GEN-2				2,17%	2324,52	1,50%	3344,15	2,38%	3691,04		
Accesos	1	B1-BOD-ACC-1				0,09%	92,06	0,06%	132,44	0,09%	146,18		
Recarga	1	B1-BOD-REC-1				0,24%	253,17	0,16%	364,21	0,26%	401,99		
Cortinas	1	B1-BOD-COR-1				0,02%	23,02	0,01%	33,11	0,02%	36,54		
Ventilación	1	B1-BOD-VEN-1				2,60%	2784,83	1,80%	4006,36	2,85%	4421,94		
Pruebas	1	B1-BOD-PRU-1				0,75%	805,53	0,52%	1158,86	0,82%	1279,07		
Chiller	1	B2-AUX-CHI-1				9,12%	9781,42	10,03%	22352,50	10,03%	15574,08		
2	Auxiliar	Chiller				2	B2-AUX-CHI-2	8,86%	9505,24	9,75%	21721,37	9,75%	15134,34
		Iluminación				1	B2-AUX-ILU-1	0,52%	552,36	0,57%	1262,26	0,57%	879,48
		Iluminación		2	B2-AUX-ILU-2	0,11%	115,08	0,12%	262,97	0,12%	183,22		
		Generales		1	B2-AUX-GEN-1	0,88%	942,52	0,97%	2153,85	0,97%	1500,70		
		Compresor		1	B2-AUX-COM-1	4,40%	4718,10	4,84%	10781,79	4,84%	7512,20		
		Generales		2	B2-AUX-GEN-2	1,16%	1242,82	1,27%	2840,08	1,27%	1978,82		
		Compresor		2	B2-AUX-COM-2	1,91%	2048,34	2,10%	4680,88	2,10%	3261,39		
		Iluminación exterior		1	B2-AUX-ILU-1	2,15%	2301,51	2,36%	5259,41	2,36%	3664,49		
		Seguridad ext		1	B2-AUX-SEG-1	0,45%	483,32	0,50%	1104,48	0,50%	769,54		
		TI		1	B2-AUX-TIN-1	0,43%	460,30	0,47%	1051,88	0,47%	732,90		

Fuente: GUTIS

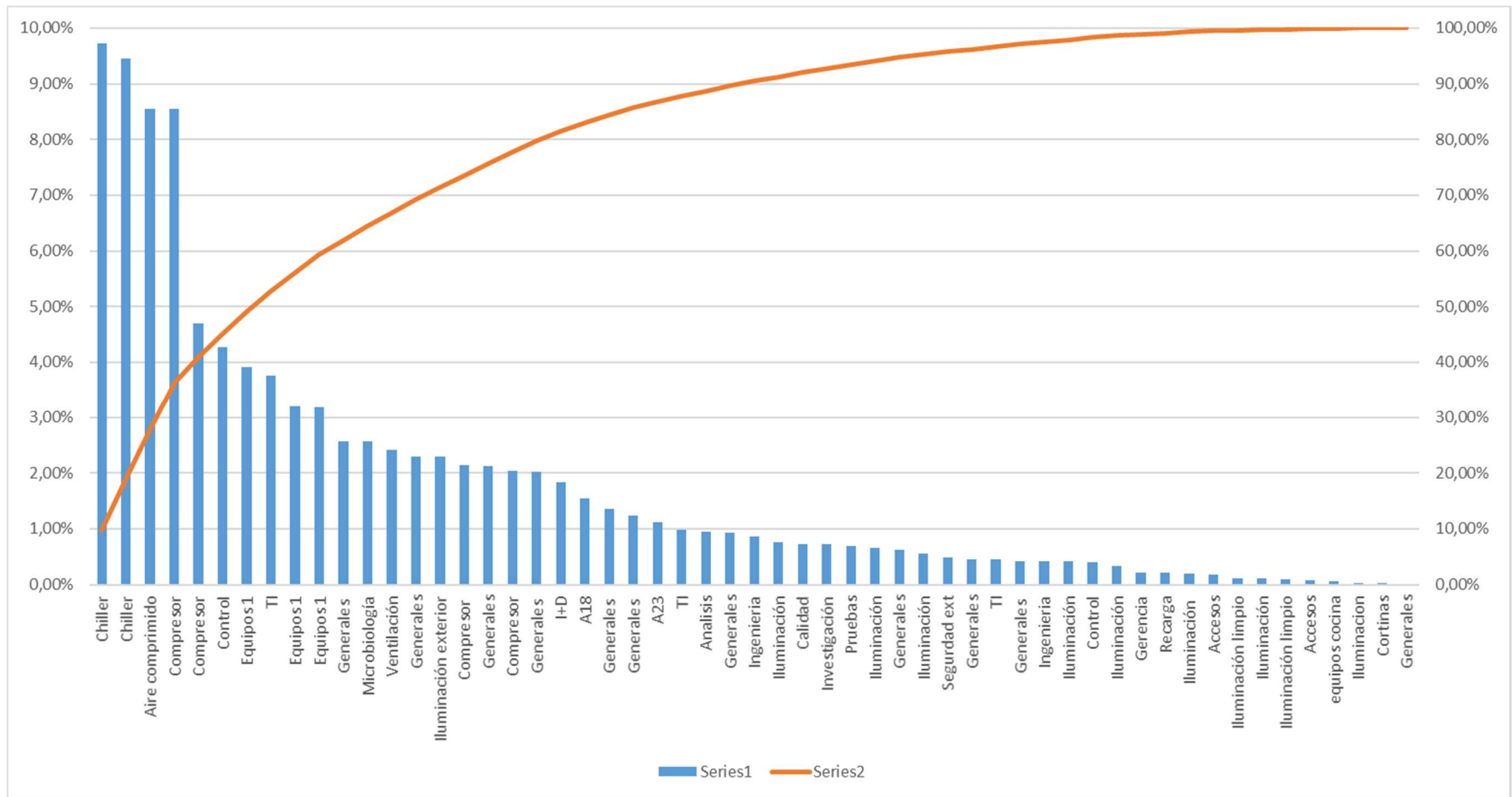


Gráfico 12. Diagrama de Pareto de consumo de equipos

Tabla 25. Orden de consumos de tableros de GUTIS

Tablero	No.	Código	Promedio de consumo porcentual	Acumulado
Chiller	1	B2-AUX-CHI-1	9,73%	9,73%
Chiller	2	B2-AUX-CHI-2	9,45%	19,18%
Aire comprimido	1	A1-PRO-AIR-1	8,54%	27,73%
Compresor	1	A1-PRO-COP-1	8,54%	36,27%
Compresor	1	B2-AUX-COM-1	4,69%	40,97%
Control	1	A1-PRO-CON-1	4,27%	45,24%
Equipos 1	1	A1-PRO-ILL-1	3,92%	49,16%
TI	1	A1-PRO-TIN-1	3,76%	52,92%
Equipos 1	1	A1-PRO-ILU-1	3,20%	56,12%
Equipos 1	2	A1-PRO-ILU-2	3,18%	59,29%
Generales	1	A1-PRO-GEN-1	2,56%	61,86%
Microbiología	1	A1-PRO-MIC-1	2,56%	64,42%
Ventilación	1	B1-BOD-VEN-1	2,41%	66,83%
Generales	1	A2-ADMI-GEN-1	2,30%	69,13%
Iluminación exterior	1	B2-AUX-ILU-1	2,29%	71,42%
Compresor	2	A1-PRO-COP-2	2,14%	73,55%
Generales	2	A2-ADMI-GEN-2	2,12%	75,67%
Compresor	2	B2-AUX-COM-2	2,04%	77,71%
Generales	2	B1-BOD-GEN-2	2,02%	79,72%
I+D	1	A1-PRO-I&D-1	1,84%	81,56%
A18	1	A1-PRO-A18-1	1,54%	83,10%
Generales	1	B1-BOD-GEN-1	1,36%	84,46%
Generales	2	B2-AUX-GEN-2	1,24%	85,69%
A23	1	A1-PRO-A23-1	1,11%	86,80%
TI	1	A2-ADMI-TIN-1	0,98%	87,78%
Análisis	1	A1-PRO-ANA-1	0,94%	88,72%
Generales	1	B2-AUX-GEN-1	0,94%	89,66%
Ingeniería	1	A1-PRO-ING-1	0,85%	90,51%
Iluminación	1	A2-ADMI-ILU-1	0,77%	91,28%
Calidad	1	A1-PRO-CAL-1	0,73%	92,01%
Investigación	1	A2-ADMI-I&D-1	0,72%	92,72%
Pruebas	1	B1-BOD-PRU-1	0,70%	93,42%
Iluminación	3	A2-ADMI-ILU-3	0,65%	94,08%
Generales	4	A2-ADMI-GEN-4	0,62%	94,70%
Iluminación	1	B2-AUX-ILU-1	0,55%	95,25%
Seguridad ext	1	B2-AUX-SEG-1	0,48%	95,73%
Generales	3	A2-ADMI-GEN-3	0,46%	96,19%
TI	1	B2-AUX-TIN-1	0,46%	96,65%
Generales	2	A1-PRO-GEN-2	0,43%	97,07%
Ingeniería	2	A1-PRO-ING-2	0,43%	97,50%
Iluminación	2	B1-BOD-ILU-2	0,42%	97,92%
Control	1	A2-ADMI-CON-1	0,40%	98,32%
Iluminación	1	B1-BOD-ILU-1	0,34%	98,66%
Gerencia	1	A2-ADMI-REC-1	0,22%	98,88%
Recarga	1	B1-BOD-REC-1	0,22%	99,10%
Iluminación	2	A2-ADMI-ILU-2	0,20%	99,30%
Accesos	1	A2-ADMI-ACC-1	0,18%	99,48%
Iluminación limpio	2	A1-PRO-ILL-2	0,12%	99,59%
Iluminación	2	B2-AUX-ILU-2	0,11%	99,71%
Iluminación limpio	3	A1-PRO-ILL-3	0,09%	99,80%
Accesos	1	B1-BOD-ACC-1	0,08%	99,88%
equipos cocina	1	A3-COM-ECO-1	0,07%	99,95%
Iluminación	1	A3-COM-ILU-1	0,03%	99,97%
Cortinas	1	B1-BOD-COR-1	0,02%	99,99%
Generales	1	A3-COM-GEN-1	0,01%	100,00%

Fuente: GUTIS

## 9.2. Tablas de iluminación

*Tabla 26. Flujo de inversión del proyecto de iluminación*

	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversión	(\$86.335)							
Ahorros generados		\$28.805	\$29.842	\$30.916	\$32.029	\$33.182	\$34.377	\$35.614
Operación y mantenimiento		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Mantenimiento PV		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo de Caja	(\$86.335)	\$28.805	\$29.842	\$30.916	\$32.029	\$33.182	\$34.377	\$35.614
Flujo de Caja Acumulado	(\$86.335)	(\$57.530)	(\$27.688)	\$3.228	\$35.257	\$68.440	\$102.816	\$138.431

### 9.3. Tablas de almacenamiento de energía

Tabla 27. Consumo quinceminutal de GUTIS con y sin el sistema de almacenamiento

Hora	Consumo KW Inicial	Consumo kWh inicio	Facturación Potencia Inicial	Facturación Energía Inicial	Diferencial kWh VIRTUE	Cosumo kW Final	Consumo kWh Final	Facturación Potencia Inicial	Facturación Final
00:00		211,46	\$0,00	\$8,03	90,00	0,00	301,46	\$0,00	\$11,44
00:30		209,85	\$0,00	\$7,97	90,00	0,00	299,85	\$0,00	\$11,38
01:00		206,95	\$0,00	\$7,85	90,00	0,00	296,95	\$0,00	\$11,27
01:30		207,33	\$0,00	\$7,87	90,00	0,00	297,33	\$0,00	\$11,29
02:00		207,45	\$0,00	\$7,87	90,00	0,00	297,45	\$0,00	\$11,29
02:30		206,98	\$0,00	\$7,86	90,00	0,00	296,98	\$0,00	\$11,27
03:00		207,72	\$0,00	\$7,88	90,00	0,00	297,72	\$0,00	\$11,30
03:30		206,84	\$0,00	\$7,85	90,00	0,00	296,84	\$0,00	\$11,27
04:00		206,39	\$0,00	\$7,83	90,00	0,00	296,39	\$0,00	\$11,25
04:30		208,48	\$0,00	\$7,91	90,00	0,00	298,48	\$0,00	\$11,33
05:00		226,08	\$0,00	\$8,58	90,00	0,00	316,08	\$0,00	\$12,00
05:30		329,48	\$0,00	\$12,51	90,00	0,00	419,48	\$0,00	\$15,92
06:00		365,39	\$0,00	\$19,26	0,00	0,00	365,39	\$0,00	\$19,26
06:30		378,03	\$0,00	\$19,93	0,00	0,00	378,03	\$0,00	\$19,93
07:00		389,46	\$0,00	\$20,53	0,00	0,00	389,46	\$0,00	\$20,53
07:30		399,21	\$0,00	\$21,04	0,00	0,00	399,21	\$0,00	\$21,04
08:00		407,33	\$0,00	\$21,47	0,00	0,00	407,33	\$0,00	\$21,47
08:30		409,63	\$0,00	\$21,59	0,00	0,00	409,63	\$0,00	\$21,59
09:00	1.187,00	413,81	\$15.612,51	\$21,81	0,00	1.187,00	413,81	\$0,00	\$21,81
09:30		413,92	\$0,00	\$21,82	0,00	0,00	413,92	\$0,00	\$21,82
10:00		412,73	\$0,00	\$43,51	-360,00	0,00	52,73	\$0,00	\$5,56
10:30		414,88	\$0,00	\$43,74	-360,00	0,00	54,88	\$0,00	\$5,79
11:00		415,88	\$0,00	\$43,84	-360,00	0,00	55,88	\$0,00	\$5,89
11:30	1.184,00	405,24	\$21.886,65	\$42,72	-360,00	184,00	45,24	\$3.401,30	\$4,77
12:00		401,45	\$0,00	\$42,32	-360,00	0,00	41,45	\$0,00	\$4,37
12:30		409,66	\$0,00	\$21,59	180,00	0,00	589,66	\$0,00	\$31,08
13:00		412,35	\$0,00	\$21,73	180,00	0,00	592,35	\$0,00	\$31,22
13:30		414,88	\$0,00	\$21,87	180,00	0,00	594,88	\$0,00	\$31,36
14:00		389,79	\$0,00	\$20,55	180,00	0,00	569,79	\$0,00	\$30,03
14:30		387,90	\$0,00	\$20,45	180,00	0,00	567,90	\$0,00	\$29,93
15:00		387,26	\$0,00	\$20,41	180,00	0,00	567,26	\$0,00	\$29,90
15:30		387,42	\$0,00	\$20,42	180,00	0,00	567,42	\$0,00	\$29,91
16:00	1.170,00	381,29	\$0,00	\$20,10	180,00	1.350,00	561,29	\$17.756,43	\$29,58
16:30		378,95	\$0,00	\$19,97	180,00	0,00	558,95	\$0,00	\$29,46
17:00		373,71	\$0,00	\$19,70	180,00	0,00	553,71	\$0,00	\$29,19
17:30		369,86	\$0,00	\$38,99	-360,00	0,00	9,86	\$0,00	\$1,04
18:00		351,15	\$0,00	\$37,02	-351,15	0,00	0,00	\$0,00	\$0,00
18:30		346,54	\$0,00	\$36,53	-346,54	0,00	0,00	\$0,00	\$0,00
19:00		354,90	\$0,00	\$37,41	-354,90	0,00	0,00	\$0,00	\$0,00
19:30		351,88	\$0,00	\$37,09	-351,88	0,00	0,00	\$0,00	\$0,00
20:00	1.060,00	347,93	\$8.850,69	\$13,21	90,00	1.240,00	437,93	\$10.353,64	\$16,62
20:30		343,91	\$0,00	\$13,05	90,00	0,00	433,91	\$0,00	\$16,47
21:00		335,40	\$0,00	\$12,73	90,00	0,00	425,40	\$0,00	\$16,15
21:30		320,08	\$0,00	\$12,15	90,00	0,00	410,08	\$0,00	\$15,56
22:00		228,88	\$0,00	\$8,69	90,00	0,00	318,88	\$0,00	\$12,10
22:30		218,30	\$0,00	\$8,29	90,00	0,00	308,30	\$0,00	\$11,70
23:00		216,08	\$0,00	\$8,20	90,00	0,00	306,08	\$0,00	\$11,62
23:30		213,05	\$0,00	\$8,09	90,00	0,00	303,05	\$0,00	\$11,50

Fuente: propia



Tabla 28. Resumen de consumo de energía con y sin sistema de almacenamiento

	Actual		VIRTUE	
	kWh	Subtotal	kWh	Subtotal
<b>Punta</b>	114.735,30	\$13.667,46	7.505,40	\$894,06
<b>Valle</b>	212.999,70	\$12.686,44	266.999,70	\$15.902,72
<b>Nocturno</b>	145.759,20	\$6.251,60	199.759,20	\$8.567,66

Fuente: propia

Tabla 29. Resumen de demanda con y sin sistema de almacenamiento

	Actual		VIRTUE	
	kW	Subtotal	kW	Subtotal
<b>Punta</b>	1.184,00	\$24.731,92	184,00	\$3.843,47
<b>Valle</b>	1.187,00	\$17.642,13	1.350,00	\$20.064,77
<b>Nocturno</b>	1.060,00	\$10.001,28	1.240,00	\$11.699,61

Fuente: propia

Tabla 30. Flujo de inversión del sistema de almacenamiento de energía

	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Inversión</b>	<b>(\$2.032.241)</b>							
<b>Ahorros generados</b>		\$298.036	\$308.765	\$319.881	\$331.397	\$343.327	\$355.687	\$368.491
<b>Operación y mantenimiento</b>		(\$6.859)	(\$7.021)	(\$7.188)	(\$7.358)	(\$7.532)	(\$7.711)	(\$7.894)
<b>Mantenimiento PV</b>		(\$7.823)	(\$8.159)	(\$8.510)	(\$8.876)	(\$9.257)	(\$9.655)	(\$10.071)
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$2.032.241)</b>	\$283.355	\$293.585	\$304.183	\$315.163	\$326.537	\$338.320	\$350.527
<b>Flujo de Caja Acumulado</b>	<b>(\$2.032.241)</b>	<b>(\$1.748.886)</b>	<b>(\$1.455.301)</b>	<b>(\$1.151.118)</b>	<b>(\$835.955)</b>	<b>(\$509.417)</b>	<b>(\$171.097)</b>	\$179.430

Fuente: propia

## 9.4. Tablas de optimización de voltaje

Tabla 31. Consumo de energía de GUTIS con el sistema de optimización de voltaje

Hora	Consumo KW Inicial	Consumo kWh inicio	Facturación Potencia Inicial	Facturación Energía Inicial	VO Potencia	VO Energía	Cosumo kW Final	Consumo kWh Final	Facturación Potencia Inicial	Facturación Final
00:00		211,46	\$0,00	\$8,28	0,00	-15,65	0,00	195,81	\$0,00	\$7,66
00:30		209,85	\$0,00	\$8,21	0,00	-15,53	0,00	194,32	\$0,00	\$7,61
01:00		206,95	\$0,00	\$8,10	0,00	-15,31	0,00	191,64	\$0,00	\$7,50
01:30		207,33	\$0,00	\$8,11	0,00	-15,34	0,00	191,99	\$0,00	\$7,51
02:00		207,45	\$0,00	\$8,12	0,00	-15,35	0,00	192,10	\$0,00	\$7,52
02:30		206,98	\$0,00	\$8,10	0,00	-15,32	0,00	191,66	\$0,00	\$7,50
03:00		207,72	\$0,00	\$8,13	0,00	-15,37	0,00	192,35	\$0,00	\$7,53
03:30		206,84	\$0,00	\$8,10	0,00	-15,31	0,00	191,53	\$0,00	\$7,50
04:00		206,39	\$0,00	\$8,08	0,00	-15,27	0,00	191,12	\$0,00	\$7,48
04:30		208,48	\$0,00	\$8,16	0,00	-15,43	0,00	193,05	\$0,00	\$7,56
05:00		226,08	\$0,00	\$8,85	0,00	-16,73	0,00	209,35	\$0,00	\$8,19
05:30		329,48	\$0,00	\$12,90	0,00	-24,38	0,00	305,10	\$0,00	\$11,94
06:00		365,39	\$0,00	\$19,87	0,00	-27,04	0,00	338,35	\$0,00	\$18,40
06:30		378,03	\$0,00	\$20,55	0,00	-27,97	0,00	350,06	\$0,00	\$19,03
07:00		389,46	\$0,00	\$21,17	0,00	-28,82	0,00	360,64	\$0,00	\$19,61
07:30		399,21	\$0,00	\$21,70	0,00	-29,54	0,00	369,67	\$0,00	\$20,10
08:00		407,33	\$0,00	\$22,15	0,00	-30,14	0,00	377,19	\$0,00	\$20,51
08:30		409,63	\$0,00	\$22,27	0,00	-30,31	0,00	379,32	\$0,00	\$20,62
09:00	1.187,00	413,81	\$16.099,01	\$22,50	-87,84	-30,62	1.099,16	383,19	\$0,00	\$20,83
09:30		413,92	\$0,00	\$22,50	0,00	-30,63	0,00	383,29	\$0,00	\$20,84
10:00		412,73	\$0,00	\$44,86	0,00	-30,54	0,00	382,19	\$0,00	\$41,54
10:30		414,88	\$0,00	\$45,10	0,00	-30,70	0,00	384,18	\$0,00	\$41,76
11:00		415,88	\$0,00	\$45,21	0,00	-30,78	0,00	385,10	\$0,00	\$41,86
11:30	1.184,00	405,24	\$22.568,68	\$44,05	-87,62	-29,99	1.096,38	375,25	\$20.898,60	\$40,79
12:00		401,45	\$0,00	\$43,64	0,00	-29,71	0,00	371,74	\$0,00	\$40,41
12:30		409,66	\$0,00	\$22,27	0,00	-30,31	0,00	379,35	\$0,00	\$20,62
13:00		412,35	\$0,00	\$22,42	0,00	-30,51	0,00	381,84	\$0,00	\$20,76
13:30		414,88	\$0,00	\$22,56	0,00	-30,70	0,00	384,18	\$0,00	\$20,89
14:00		389,79	\$0,00	\$21,19	0,00	-28,84	0,00	360,95	\$0,00	\$19,62
14:30		387,90	\$0,00	\$21,09	0,00	-28,70	0,00	359,20	\$0,00	\$19,53
15:00		387,26	\$0,00	\$21,05	0,00	-28,66	0,00	358,60	\$0,00	\$19,50
15:30		387,42	\$0,00	\$21,06	0,00	-28,67	0,00	358,75	\$0,00	\$19,50
16:00	1.170,00	381,29	\$0,00	\$20,73	-86,58	-28,22	1.083,42	353,07	\$14.694,18	\$19,20
16:30		378,95	\$0,00	\$20,60	0,00	-28,04	0,00	350,91	\$0,00	\$19,08
17:00		373,71	\$0,00	\$20,32	0,00	-27,65	0,00	346,06	\$0,00	\$18,81
17:30		369,86	\$0,00	\$40,20	0,00	-27,37	0,00	342,49	\$0,00	\$37,23
18:00		351,15	\$0,00	\$38,17	0,00	-25,99	0,00	325,16	\$0,00	\$35,35
18:30		346,54	\$0,00	\$37,67	0,00	-25,64	0,00	320,90	\$0,00	\$34,88
19:00		354,90	\$0,00	\$38,58	0,00	-26,26	0,00	328,64	\$0,00	\$35,72
19:30		351,88	\$0,00	\$38,25	0,00	-26,04	0,00	325,84	\$0,00	\$35,42
20:00	1.060,00	347,93	\$9.126,51	\$13,62	-78,44	-25,75	981,56	322,18	\$8.451,15	\$12,61
20:30		343,91	\$0,00	\$13,46	0,00	-25,45	0,00	318,46	\$0,00	\$12,46
21:00		335,40	\$0,00	\$13,13	0,00	-24,82	0,00	310,58	\$0,00	\$12,16
21:30		320,08	\$0,00	\$12,53	0,00	-23,69	0,00	296,39	\$0,00	\$11,60
22:00		228,88	\$0,00	\$8,96	0,00	-16,94	0,00	211,94	\$0,00	\$8,30
22:30		218,30	\$0,00	\$8,54	0,00	-16,15	0,00	202,15	\$0,00	\$7,91
23:00		216,08	\$0,00	\$8,46	0,00	-15,99	0,00	200,09	\$0,00	\$7,83
23:30		213,05	\$0,00	\$8,34	0,00	-15,77	0,00	197,28	\$0,00	\$7,72

Fuente: propia

Tabla 32. Resumen de consumo de energía con y sin optimización de voltaje

	Actual		VIRTUE	
	kWh	Subtotal	kWh	Subtotal
<b>Punta</b>	114.735,30	\$14.093,28	106.244,89	\$13.050,38
<b>Valle</b>	212.999,70	\$13.085,92	197.237,72	\$12.117,56
<b>Nocturno</b>	145.759,20	\$6.446,72	134.973,02	\$5.969,67

Fuente: propia

Tabla 33. Resumen de demanda con y sin optimización de voltaje

	Actual		VIRTUE	
	kW	Subtotal	kW	Subtotal
<b>Punta</b>	1.184,00	\$25.502,61	1.096,38	\$23.615,42
<b>Valle</b>	1.187,00	\$18.191,88	1.099,16	\$16.845,68
<b>Nocturno</b>	1.060,00	\$10.312,95	981,56	\$9.549,79

Fuente: propia

Tabla 34. Flujo de inversión del sistema de optimización de voltaje

	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversión	(\$247.000)							
Ahorros generados		\$83.619	\$86.630	\$89.748	\$92.979	\$96.326	\$99.794	\$103.387
Operación y mantenimiento		(\$4.607)	(\$4.716)	(\$4.828)	(\$4.942)	(\$5.059)	(\$5.179)	(\$5.302)
Mantenimiento PV		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Flujo de Caja	(\$247.000)	\$79.013	\$81.914	\$84.921	\$88.037	\$91.267	\$94.615	\$98.085
Flujo de Caja Acumulado	(\$247.000)	(\$167.987)	(\$86.074)	(\$1.153)	\$86.884	\$178.151	\$272.766	\$370.851

Fuente: propia

## 9.5. Tablas de sistema de generación solar fotovoltaica

Tabla 35. Promedio de incidencia solar en GUTIS

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Irradiación	5,78	6,49	6,85	6,22	5,12	4,82	4,83	4,83	4,75	4,41	4,5	5,13
Irradiación Corregida	4,62	5,19	5,48	4,98	4,10	3,86	3,86	3,86	3,80	3,53	3,60	4,10

Fuente: NASA

Tabla 36. Consumo teórico después de implementado el sistema solar fotovoltaico

Hora	Consumo kWh inicio	Facturación Energía Inicial	Ahorro por Prod. Solar	Consumo kWh Final	Facturación Final
00:00	211,46	\$8,28	0,00	211,46	\$8,28
00:30	209,85	\$8,21	0,00	209,85	\$8,21
01:00	206,95	\$8,10	0,00	206,95	\$8,10
01:30	207,33	\$8,11	0,00	207,33	\$8,11
02:00	207,45	\$8,12	0,00	207,45	\$8,12
02:30	206,98	\$8,10	0,00	206,98	\$8,10
03:00	207,72	\$8,13	0,00	207,72	\$8,13
03:30	206,84	\$8,10	0,00	206,84	\$8,10
04:00	206,39	\$8,08	0,00	206,39	\$8,08
04:30	208,48	\$8,16	0,00	208,48	\$8,16
05:00	226,08	\$8,85	0,00	226,08	\$8,85
05:30	329,48	\$12,90	-2,70	326,78	\$12,79
06:00	365,39	\$19,87	-20,35	345,04	\$18,76
06:30	378,03	\$20,55	-52,39	325,64	\$17,70
07:00	389,46	\$21,17	-94,67	294,79	\$16,03
07:30	399,21	\$21,70	-139,08	260,13	\$14,14
08:00	407,33	\$22,15	-185,97	221,36	\$12,04
08:30	409,63	\$22,27	-243,54	166,09	\$9,03
09:00	413,81	\$22,50	-279,88	133,93	\$7,28
09:30	413,92	\$22,50	-305,45	108,47	\$5,90
10:00	412,73	\$44,86	-327,19	85,54	\$9,30
10:30	414,88	\$45,10	-338,60	76,28	\$8,29
11:00	415,88	\$45,21	-349,87	66,01	\$7,18
11:30	405,24	\$44,05	-341,92	63,32	\$6,88
12:00	401,45	\$43,64	-333,78	67,67	\$7,36
12:30	409,66	\$22,27	-307,20	102,46	\$5,57
13:00	412,35	\$22,42	-261,58	150,77	\$8,20
13:30	414,88	\$22,56	-242,04	172,84	\$9,40
14:00	389,79	\$21,19	-196,77	193,02	\$10,49
14:30	387,90	\$21,09	-162,91	224,99	\$12,23
15:00	387,26	\$21,05	-126,51	260,75	\$14,18
15:30	387,42	\$21,06	-94,29	293,13	\$15,94
16:00	381,29	\$20,73	-66,57	314,72	\$17,11
16:30	378,95	\$20,60	-40,27	338,68	\$18,41
17:00	373,71	\$20,32	-16,34	357,37	\$19,43
17:30	369,86	\$40,20	0,00	369,86	\$40,20
18:00	351,15	\$38,17	0,00	351,15	\$38,17
18:30	346,54	\$37,67	0,00	346,54	\$37,67
19:00	354,90	\$38,58	0,00	354,90	\$38,58
19:30	351,88	\$38,25	0,00	351,88	\$38,25
20:00	347,93	\$13,62	0,00	347,93	\$13,62
20:30	343,91	\$13,46	0,00	343,91	\$13,46
21:00	335,40	\$13,13	0,00	335,40	\$13,13
21:30	320,08	\$12,53	0,00	320,08	\$12,53
22:00	228,88	\$8,96	0,00	228,88	\$8,96
22:30	218,30	\$8,54	0,00	218,30	\$8,54
23:00	216,08	\$8,46	0,00	216,08	\$8,46
23:30	213,05	\$8,34	0,00	213,05	\$8,34

Fuente: propia

Tabla 37. Resumen de ahorros de energía del sistema solar fotovoltaico

	Actual		Final	
	kWh	Subtotal	kWh	Subtotal
<b>Punta</b>	114.735,30	\$14.093,28	63.994,44	\$7.860,63
<b>Valle</b>	212.999,70	\$13.085,92	127.925,38	\$7.859,26
<b>Nocturno</b>	145.759,20	\$6.446,72	145.678,32	\$6.443,15

Fuente: propia

Tabla 38. Flujo de inversión del sistema solar fotovoltaico

	0	1	2	3	4	5	6	7
<b>Inversion</b>	<b>(\$881.261)</b>							
<b>Ahorros generados</b>		\$142.507	\$147.637	\$152.952	\$158.458	\$164.162	\$170.072	\$176.195
<b>Operación y mantenimiento</b>		\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Mantenimiento PV</b>		<b>(\$7.823)</b>	<b>(\$8.159)</b>	<b>(\$8.510)</b>	<b>(\$8.876)</b>	<b>(\$9.257)</b>	<b>(\$9.655)</b>	<b>(\$10.071)</b>
<b>Flujo de Caja</b>	<b>(\$881.261)</b>	\$134.684	\$139.478	\$144.442	\$149.582	\$154.905	\$160.417	\$166.124
<b>Flujo de Caja Acumulado</b>	<b>(\$881.261)</b>	<b>(\$746.577)</b>	<b>(\$607.099)</b>	<b>(\$462.657)</b>	<b>(\$313.075)</b>	<b>(\$158.170)</b>	\$2.247	\$168.372

Fuente: propia

## 9.6. Tablas de combinación de sistemas

Tabla 39. Consumos de energía con la implementación de los sistemas

Hora	Consumo KW Inicial	Consumo kWh inicio	Facturación Potencia Inicial	Facturación Energía Inicial	Iluminación	Diferencial kWh VIRTUE	VO Potencia	VO Energía	Ahorro por Prod. Solar	Cosumo kW Final	Consumo kWh Final	Facturación Potencia Inicial	Facturación Final/
00:00		211,46	\$0,00	\$8,28		90,00	0,00	-22,31	0,00	0,00	279,15	\$0,00	\$10,93
00:30		209,85	\$0,00	\$8,21		90,00	0,00	-22,19	0,00	0,00	277,66	\$0,00	\$10,87
01:00		206,95	\$0,00	\$8,10		90,00	0,00	-21,97	0,00	0,00	274,98	\$0,00	\$10,76
01:30		207,33	\$0,00	\$8,11		90,00	0,00	-22,00	0,00	0,00	275,33	\$0,00	\$10,78
02:00		207,45	\$0,00	\$8,12		90,00	0,00	-22,01	0,00	0,00	275,44	\$0,00	\$10,78
02:30		206,98	\$0,00	\$8,10		90,00	0,00	-21,98	0,00	0,00	275,00	\$0,00	\$10,76
03:00		207,72	\$0,00	\$8,13		90,00	0,00	-22,03	0,00	0,00	275,69	\$0,00	\$10,79
03:30		206,84	\$0,00	\$8,10		90,00	0,00	-21,97	0,00	0,00	274,87	\$0,00	\$10,76
04:00		206,39	\$0,00	\$8,08		90,00	0,00	-21,93	0,00	0,00	274,46	\$0,00	\$10,74
04:30		208,48	\$0,00	\$8,16		90,00	0,00	-22,09	0,00	0,00	276,39	\$0,00	\$10,82
05:00		226,08	\$0,00	\$8,85		90,00	0,00	-23,39	0,00	0,00	292,69	\$0,00	\$11,46
05:30		329,48	\$0,00	\$12,90		90,00	0,00	-31,04	-1,06	0,00	387,38	\$0,00	\$15,16
06:00		365,39	\$0,00	\$19,87	-2,57	0,00	0,00	-26,85	-8,01	0,00	327,96	\$0,00	\$17,83
06:30		378,03	\$0,00	\$20,55	-2,57	0,00	0,00	-27,78	-20,61	0,00	327,06	\$0,00	\$17,78
07:00		389,46	\$0,00	\$21,17	-2,57	0,00	0,00	-28,63	-37,25	0,00	321,01	\$0,00	\$17,45
07:30		399,21	\$0,00	\$21,70	-2,57	0,00	0,00	-29,35	-54,72	0,00	312,56	\$0,00	\$16,99
08:00		407,33	\$0,00	\$22,15	-2,57	0,00	0,00	-29,95	-73,17	0,00	301,63	\$0,00	\$16,40
08:30		409,63	\$0,00	\$22,27	-2,57	0,00	0,00	-30,12	-95,83	0,00	281,11	\$0,00	\$15,28
09:00	1.187,00	413,81	\$16.099,01	\$22,50	-2,57	0,00	-87,84	-30,43	-110,13	1.099,16	270,68	\$0,00	\$14,72
09:30		413,92	\$0,00	\$22,50	-2,57	0,00	0,00	-30,44	-120,19	0,00	260,72	\$0,00	\$14,18
10:00		412,73	\$0,00	\$44,86	-2,57	-360,00	0,00	-3,71	-128,74	0,00	-82,29	\$0,00	\$0,00
10:30		414,88	\$0,00	\$45,10	-2,57	-360,00	0,00	-3,87	-133,23	0,00	-84,79	\$0,00	\$0,00
11:00		415,88	\$0,00	\$45,21	-2,57	-360,00	0,00	-3,94	-137,67	0,00	-88,30	\$0,00	\$0,00
11:30	1.184,00	405,24	\$22.568,68	\$44,05	-2,57	-360,00	-13,62	-3,16	-134,54	170,38	-95,03	\$3.247,76	\$0,00
12:00		401,45	\$0,00	\$43,64	-2,57	-360,00	0,00	-2,88	-131,34	0,00	-95,33	\$0,00	\$0,00
12:30		409,66	\$0,00	\$22,27	-2,57	135,42	0,00	-40,15	-120,88	0,00	381,49	\$0,00	\$20,74
13:00		412,35	\$0,00	\$22,42	-2,57	135,42	0,00	-40,35	-102,93	0,00	401,93	\$0,00	\$21,85
13:30		414,88	\$0,00	\$22,56	-2,57	135,42	0,00	-40,53	-95,24	0,00	411,96	\$0,00	\$22,40
14:00		389,79	\$0,00	\$21,19	-2,57	135,42	0,00	-38,68	-77,43	0,00	406,54	\$0,00	\$22,10
14:30		387,90	\$0,00	\$21,09	-2,57	135,42	0,00	-38,54	-64,10	0,00	418,12	\$0,00	\$22,73
15:00		387,26	\$0,00	\$21,05	-2,57	135,42	0,00	-38,49	-49,78	0,00	431,85	\$0,00	\$23,48
15:30		387,42	\$0,00	\$21,06	-2,57	135,42	0,00	-38,50	-37,10	0,00	444,67	\$0,00	\$24,18
16:00	1.170,00	381,29	\$0,00	\$20,73	-2,57	135,42	-108,97	-38,05	-26,20	1.241,03	449,90	\$16.831,81	\$24,46
16:30		378,95	\$0,00	\$20,60	-2,57	135,42	0,00	-37,87	-15,84	0,00	458,09	\$0,00	\$24,91
17:00		373,71	\$0,00	\$20,32	-2,57	135,42	0,00	-37,49	-6,43	0,00	462,65	\$0,00	\$25,15
17:30		369,86	\$0,00	\$40,20	-2,57	-360,00	0,00	-0,54	0,00	0,00	6,75	\$0,00	\$0,73
18:00		351,15	\$0,00	\$38,17	-2,57	-351,15	0,00	0,19	0,00	0,00	-2,38	\$0,00	\$0,00
18:30		346,54	\$0,00	\$37,67	-2,57	-346,54	0,00	0,19	0,00	0,00	-2,38	\$0,00	\$0,00
19:00		354,90	\$0,00	\$38,58	-2,57	-354,90	0,00	0,19	0,00	0,00	-2,38	\$0,00	\$0,00
19:30		351,88	\$0,00	\$38,25	-2,57	-351,88	0,00	0,19	0,00	0,00	-2,38	\$0,00	\$0,00
20:00	1.060,00	347,93	\$9.126,51	\$13,62	-2,57	90,00	-91,76	-32,22	0,00	1.148,24	403,14	\$9.886,25	\$15,78
20:30		343,91	\$0,00	\$13,46	-2,57	90,00	0,00	-31,92	0,00	0,00	399,42	\$0,00	\$15,63
21:00		335,40	\$0,00	\$13,13	-2,57	90,00	0,00	-31,29	0,00	0,00	391,54	\$0,00	\$15,33
21:30		320,08	\$0,00	\$12,53	-2,57	90,00	0,00	-30,16	0,00	0,00	377,35	\$0,00	\$14,77
22:00		228,88	\$0,00	\$8,96		90,00	0,00	-23,60	0,00	0,00	295,28	\$0,00	\$11,56
22:30		218,30	\$0,00	\$8,54		90,00	0,00	-22,81	0,00	0,00	285,49	\$0,00	\$11,17
23:00		216,08	\$0,00	\$8,46		90,00	0,00	-22,65	0,00	0,00	283,43	\$0,00	\$11,09
23:30		213,05	\$0,00	\$8,34		90,00	0,00	-22,43	0,00	0,00	280,62	\$0,00	\$10,98

Fuente: propia

Tabla 40. Resumen de ahorros de energía y potencia con la implementación de los sistemas

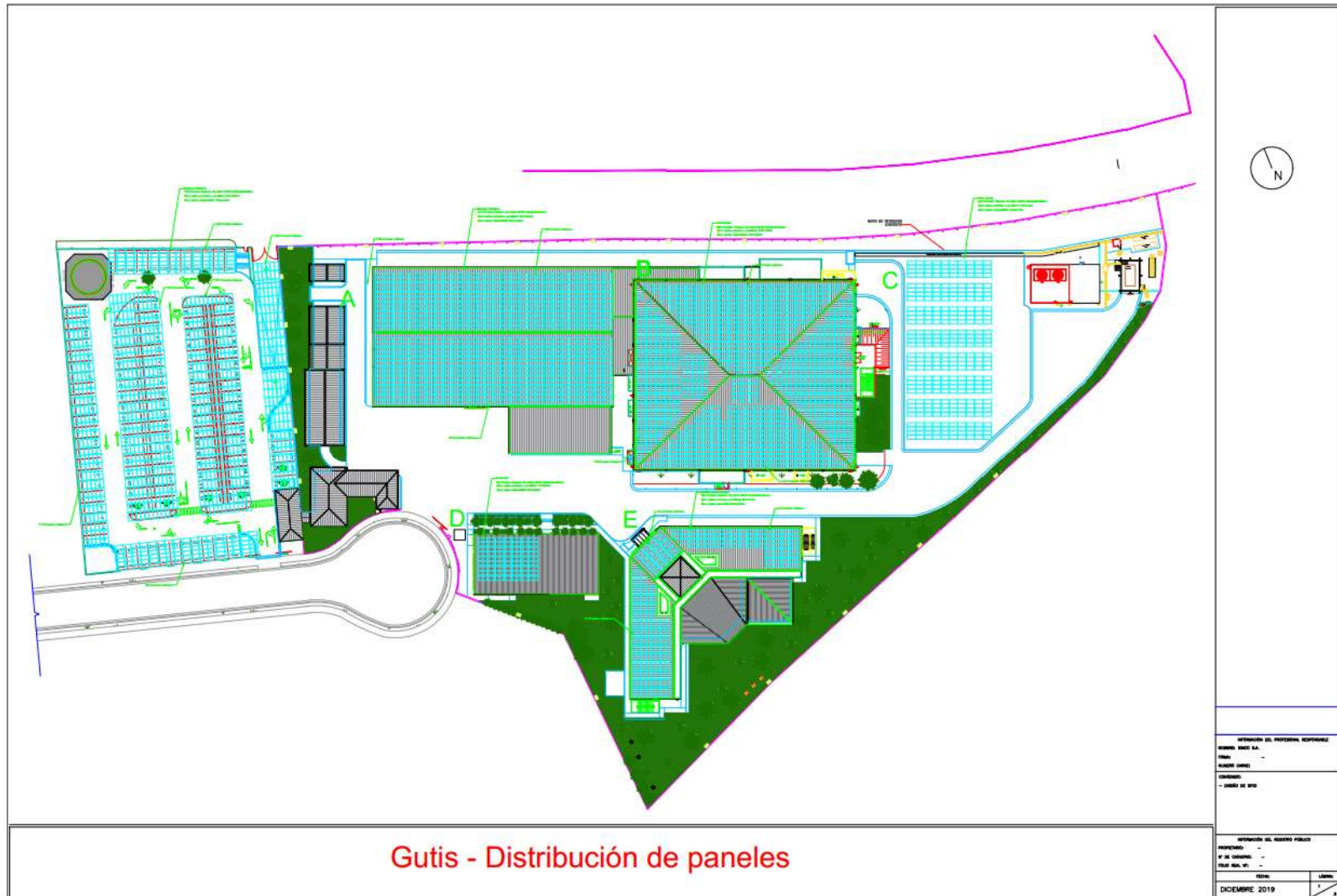
	Actual		VIRTUE	
	kWh	Subtotal	kWh	Subtotal
<b>Punta</b>	114.735,30	\$14.093,28	0,00	\$0,00
<b>Valle</b>	212.999,70	\$13.085,92	200.098,56	\$12.293,32
<b>Nocturno</b>	145.759,20	\$6.446,72	184.659,62	\$8.167,24

	Actual		VIRTUE	
	kW	Subtotal	kW	Subtotal
<b>Punta</b>	1.184,00	\$25.502,61	170,38	\$3.669,96
<b>Valle</b>	1.187,00	\$18.191,88	1.241,03	\$19.019,94
<b>Nocturno</b>	1.060,00	\$10.312,95	1.148,24	\$11.171,46

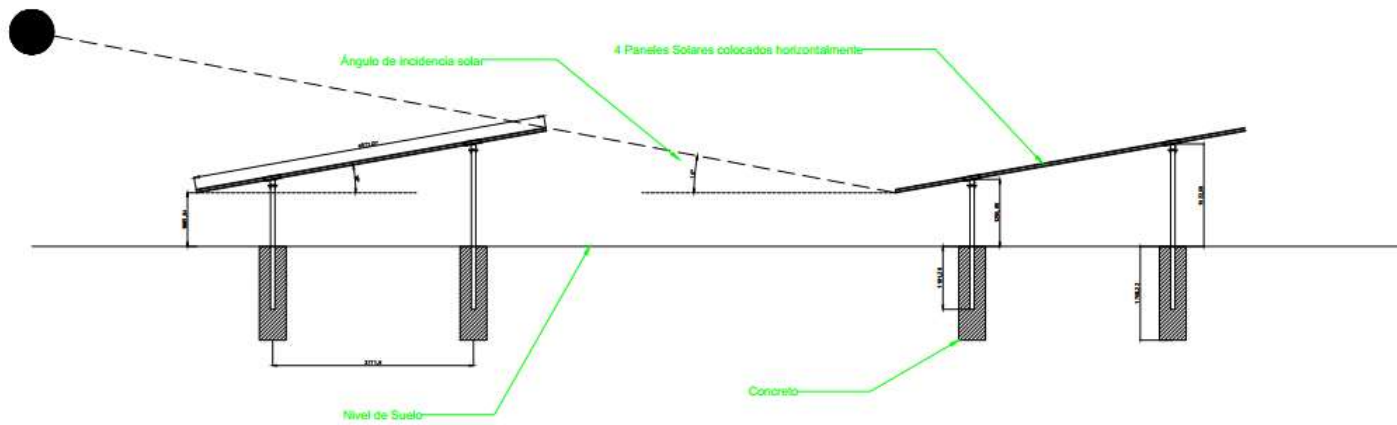
Tabla 41. Flujo de inversión de la combinación de sistemas

	0	1	2	3	4	5	6	7
Inversión	(\$2.732.150)							
Ahorros generados		\$413.819	\$428.716	\$444.150	\$460.139	\$476.704	\$493.866	\$511.645
Operación y mantenimiento		(\$6.859)	(\$7.021)	(\$7.188)	(\$7.358)	(\$7.532)	(\$7.711)	(\$7.894)
Mantenimiento PV		(\$7.823)	(\$8.159)	(\$8.510)	(\$8.876)	(\$9.257)	(\$9.655)	(\$10.071)
Flujo de Caja	(\$2.732.150)	\$399.137	\$413.536	\$428.452	\$443.906	\$459.915	\$476.499	\$493.681
Flujo de Caja Acumulado	(\$2.732.150)	(\$2.333.013)	(\$1.919.477)	(\$1.491.024)	(\$1.047.119)	(\$587.204)	(\$110.705)	\$382.976

### 9.7. Distribución preliminar del sistema fotovoltaico





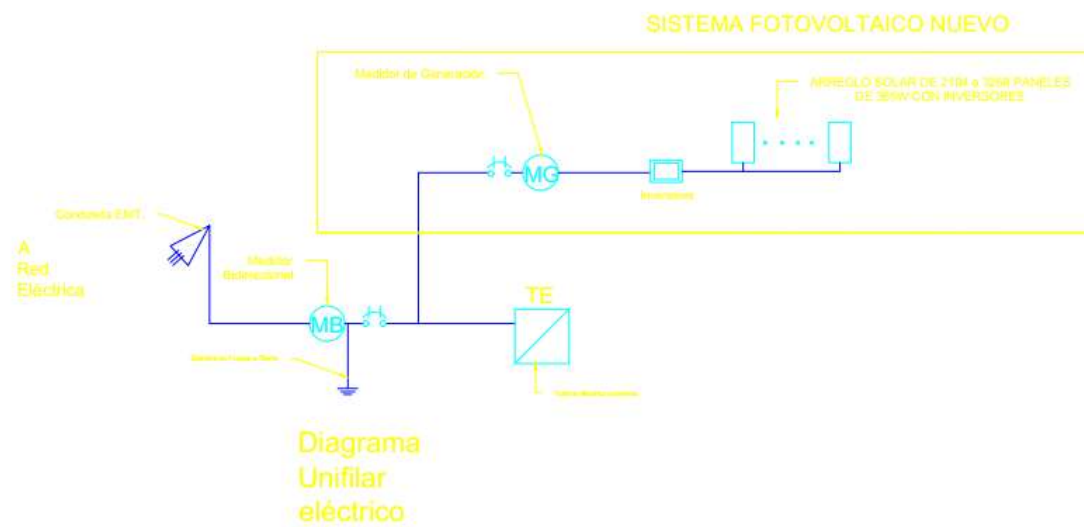


## Gutis - Detalle instalación en suelo

INFORMACIÓN DEL PROFESIONAL RESPONSABLE  
 NOMBRE: GUSTO S.A.  
 FIRMA: -  
 RUC: 201001000000000  
 CATEGORÍA:  
 - OBRERO DE OBRAS

INFORMACIÓN DEL PROYECTO  
 PROYECTO: -  
 Nº DE DISEÑO: -  
 FECHA DEL DISEÑO: -

FECHA	ÚLTIMO
SEPTIEMBRE 2019	1



## Gutis - Canalización Eléctrica Proyecto Solar Fotovoltaico

<b>INFORMACION AL PROYECTO RESPONSABLE</b>	
NOMBRE RESPONSABLE	-
FECHA	-
<b>INFORMACION AL CLIENTE FINAL</b>	
NOMBRE CLIENTE	-
Nº DE CANTON	-
FECHA DEL PLAN	-
FECHA	JUNIO
DIOS	2
DICIEMBRE 2018	