

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS  
AMÉRICAS**

**INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE  
ENERGÍA MEDIANTE BATERÍAS AQUACORPORACIÓN  
INTERNACIONAL**

**AUTOR**

**EDGAR JOSUÉ CAMPOS MEJÍA**

**TUTOR**

**MÁSTER BILLY RETANA PEÑA**

**SAN JOSÉ, AGOSTO, 2018**

**Dedicatoria:**

A mi Princesa, quién siempre está ahí apoyándome en este camino de altos y bajos que llamamos vida.

A mi madre, que me brindó su apoyo durante toda esta etapa de estudios y siempre me creíó en mí como persona y en el profesional que puedo ser.

A mis hermanos, fuente inagotable de alegrías y buenos consejos que me ayudan a ser una mejor persona cada día de mi vida.

**Agradecimientos:**

Al Máster Billy Retana, persona fundamental en la guía del presente proyecto, dedicando parte de su valioso tiempo con la finalidad ver concluido de forma exitosa el presente Proyecto.

A la Empresa Aquacorporación Internacional por brindar el espacio para desarrollar el presente Proyecto en su Planta Terrapez.

## **Resumen:**

El presente trabajo presenta una alternativa a los sistemas de generación de energía presentes en el mercado costarricense, en materia de generación y/o control de potencia en empresas bajo el esquema de zona franca.

Se investiga y evidencia la posibilidad de realizar reducciones en la facturación eléctrica, dentro del modelo tarifario TMT del distribuidor eléctrico ICE. Lo anterior mediante el almacenamiento de energía eléctrica con baterías, logrando un uso eficiente del perfil de carga en la empresa Aquacorporación Internacional, dentro de la planta de producción Terrapez.

Las características del modelo tarifario TMT permite la posibilidad, de administrar el perfil de carga de una empresa controlando la potencia máxima facturada en horario punta, mediante el desplazo del consumo de energía de esta zona horaria a la nocturna. El consumo en horario punta representan un 49% del costo total de la facturación eléctrica para esta planta en cuestión.

El costo total de este proyecto es de ¢466.690.000,00 millones de colones cotizados por la empresa de integración Quanta Services en esquema de llave en mano, el sistema de almacenamiento de energía cuenta con equipos de marca BYD empresa líder en sistemas de almacenamiento.

Analiza la rentabilidad económica de la implementación mediante dos opciones, la primera opción un financiamiento del 100% del proyecto mediante un crédito del Banco Popular durante un plazo de 12 años obteniendo un VAN (Valor Actual Neto) de ¢151.422.674,16 millones de colones con un ROI (Retorno de Inversión) de 21,25%, una segunda opción que contempla la inversión mediante la compra de los equipos por parte de Aquacorporación Internacional donde obtiene un ROI (Retorno de Inversión) de 5,19 años con un TIR (Tasa interna de Retorno) de 14,84.

## Tabla de contenido

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
Perfil de la empresa .....	1
Valores de la empresa .....	1
Actitud:.....	1
Calidad: .....	1
Iniciativa:.....	1
Localización .....	1
Historia de la empresa .....	2
Descripción del proceso productivo.....	2
Planteamiento del problema .....	3
Pregunta.....	3
Objetivo general .....	3
Objetivos específicos.....	4
Justificación.....	4
Proyección.....	5
Limitaciones .....	5
Antecedentes .....	5
Antecedente nro. 1 .....	5
Tarifa Media Tensión .....	6
Antecedente nro. 2 .....	7
Tema: Análisis Técnico Financiero de la Generación Distribuida en la CNFL.....	7
Autor: Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica. ....	7
Institución: Universidad de Costa Rica.....	7

Año: 2015.....	7
Antecedente nro. 3 .....	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	10
Sector eléctrico costarricense.....	10
Historia.....	10
Definición del sector .....	11
Estructura de mercado.....	11
Generación.....	12
Transmisión .....	12
Distribución .....	13
Modelo tarifario ICE .....	13
Categorías y bloques de consumo .....	13
Consumo Monoico (Cargo por Energía) .....	13
Cargo por demanda .....	14
Cargo mínimo por facturar .....	14
Definición de horario.....	14
Facturación de energía y potencia a abonados productores de energía eléctrica .....	14
Cargos adicionales.....	14
Tarifa Aquacorporación Internacional .....	15
Tarifa T MT Media Tensión .....	15
Aplicación: .....	15
Características del servicio:.....	15
Almacenamiento de energía para aplicaciones eléctricas .....	16
Parámetros de las tecnologías de almacenamiento .....	16
Capacidad de almacenamiento .....	16

Energía disponible .....	16
Tiempo de descarga .....	16
Durabilidad .....	16
Autonomía .....	16
Beneficios del almacenamiento de energía .....	17
Suministro eléctrico .....	17
Tecnologías de almacenamiento de energía .....	19
Aplicaciones de la tecnología para usuario final .....	21
Principales proveedores de sistemas de almacenamiento de energía .....	22
Matemática financiera .....	23
Valor Actual Neto (VAN) .....	23
Tasa interna de rentabilidad (TIR) .....	25
Calcular la TIR de una inversión .....	25
<b>CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO</b> .....	<b>26</b>
Enfoque de la investigación .....	26
Fuentes de la información .....	27
Instrumentos .....	27
Proceso de recolección y análisis de datos .....	27
<b>CAPÍTULO 4. ANÁLISIS</b> .....	<b>29</b>
Mediciones del distribuidor .....	29
Gráfica del perfil: carga promedio durante seis meses de lunes a domingo .....	29
Valores promedio de energía y potencia: enero a junio .....	34
Facturación eléctrica .....	35
Cálculo de almacenamiento promedio semanal .....	35
Período crítico de almacenamiento .....	37

Cálculo del estado de carga y descarga del sistema .....	38
Comportamiento del perfil de carga con la inclusión del sistema de almacenamiento .....	38
Cálculo facturación eléctrica propuesta con sistema de almacenamiento .....	39
Componentes del sistema de almacenamiento BYD .....	40
Gabinetes de baterías .....	40
Diseño inversor.....	41
Análisis financiero de la propuesta de almacenamiento de energía.....	42
Sistema de almacenamiento de energía baterías BYD.....	42
Escenario 1. Préstamo bancario Banco Popular.....	43
Cálculo de flujo de efectivo los primeros 12 meses .....	44
Cálculo de flujo de efectivo durante el plazo del préstamo .....	45
Gráfica de flujo de efectivo durante el plazo del préstamo.....	46
Escenario 2. Inversión realizada por Aquacorporación Internacional .....	47
Gráfica retorno de inversión del sistema de almacenamiento de energía BYD.....	48
CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
CAPÍTULO 6. PROPUESTA .....	53
Equipos sistema de almacenamiento BYD .....	53
Inversor BYD .....	54
Quanta Control System .....	54
Detalle de implementación en planta .....	55
Costo de implementación de la propuesta .....	58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
Anexo 1 .....	63
Perfil de carga enero 2018.....	63
Perfil de carga febrero 2018.....	64

Perfil de carga marzo 2018 .....	65
Perfil de carga abril 2018 .....	66
Perfil de carga mayo 2018.....	67
Perfil de carga junio 2018 .....	68
Perfil de carga promedio enero - junio 2018.....	69
Anexo 2. Cálculo de almacenamiento.....	70
Anexo 3. Cálculo SOC.....	71
Anexo 3. Fichas técnicas equipos BYD.....	72

### **Índice de figuras**

Ilustración 1. Ubicación Aquacorporación Internacional. Fuente: Google Earth.....	2
Ilustración 2 Costa Rica índice de cobertura según empresa distribuidora. Fuente: Base de Datos Proceso Expansión del Sistema ICE – Planificación y Desarrollo Eléctrico, Atlas CR 2017, ITCR. Elaboró: geógrafo José Luis Rivas Mora.....	11
Ilustración 3. Distribución Ventas GWh por Empresa Generación Eléctrica. Fuente: ARESEP (2018).....	12
Ilustración 4. Distribución Ventas GWh por Empresa Distribución Eléctrica. Fuente: ARESEP (2018).....	13
Ilustración 5. Cambio tiempo uso de energía. Fuente: Energy Storage Association - E&I Consulting.....	17
Ilustración 6. Composición batería de LI-ION. Fuente: Energy Storage Association - Altairmano. .....	20
Ilustración 7. Ejemplo Gestión de factura eléctrica. Fuente: The economics of energy storage, Rocky Mountain Institute (2017).....	22

Ilustración 8. Participación de mercado integradores de sistemas de almacenamiento. Fuente: Bloomberg New Energy Finan. ....	23
Ilustración 9. Proceso cuantitativo. Fuente: Hernández et al. (2014). ....	26
Ilustración 10. Mediciones por hora de TERRAPEZ proporcionadas por el ICE. Fuente: Aquacorporación Internacional.....	29
Ilustración 11. Semana promedio mes de enero 2018. Fuente: elaboración propia. ....	31
Ilustración 12. Semana promedio mes de febrero 2018. Fuente: elaboración propia. ....	31
Ilustración 13. Semana promedio mes de marzo 2018. Fuente: elaboración propia. ....	31
Ilustración 14. Semana promedio mes de abril 2018. Fuente: elaboración propia. ....	32
Ilustración 15. Semana promedio mes de mayo 2018. Fuente: elaboración propia. ....	32
Ilustración 16. Semana promedio mes de junio 2018. Fuente: elaboración propia. ....	32
Ilustración 17. Semana promedio de enero a junio 2018. Fuente: elaboración propia. ....	33
Ilustración 18. Sistema máximo de almacenamiento. Fuente: elaboración propia. ....	37
Ilustración 19. SOC. Fuente: elaboración propia.....	38
Ilustración 20 Perfil de carga corregido con almacenamiento de energía. Fuente: elaboración propia. ....	39
Ilustración 21. Modelado gabinetes BYD. Fuente: elaboración propia.....	41
Ilustración 22. Modelado de gabinetes más inversor BYD. Fuente: elaboración propia. ....	42
Ilustración 29. Condiciones Ecocrédito Banco Popular. Fuente: El Financiero.....	43
Ilustración 30. Gráfica de efectivo durante el plazo del préstamo. Fuente: elaboración propia. ...	47
Ilustración 31. ROI sistema de almacenamiento BYD. Fuente: elaboración propia. ....	49
Ilustración 23 Gabinetes BYD 250 KWh / 61,25 KW. Fuente: BYD. ....	53
Ilustración 24. Inversor 500KW. Fuente: BYD. ....	54

Ilustración 25 Sistema de Control Quanta Services . Fuente: Quanta Services.....	55
Ilustración 26. Detalle del sistema de almacenamiento BYD para Planta Terrapez. ....	56
Ilustración 27. Ubicación del sistema BYD para Planta Terrapez.....	57
Ilustración 28. Diagrama unifilar sistema de almacenamiento BYD. Fuente: Quanta Services. .	58

### **Índice de tablas**

Tabla 1. Precios Tarifa TMT .....	15
Tabla 2. Promedio de facturación enero - julio Terrapez Tarifa Media Tensión .....	35
Tabla 3. Facturación Propuesta Mediante Almacenamiento de Energía .....	39
Tabla 5. Valores de entrada para cálculo mensual de cuota .....	43
Tabla 6. Condiciones de financiamiento obtenidas .....	44
Tabla 7. Flujo efectivo para los primeros 12 meses.....	44
Tabla 8. Flujo de efectivo para el plazo del préstamo .....	45
Tabla 9. Flujo de efectivo inversión sistema de almacenamiento .....	47
Tabla 4. Inversión Equipos BYD.....	58

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **Perfil de la empresa**

#### **Valores de la empresa**

En este apartado, se presentan los valores que rigen la labor de la empresa Aquacorporación Internacional, donde se llevará a cabo este proyecto.

#### **Actitud:**

Esas pequeñas cosas que hacen las grandes diferencias:

- Positivismo.
- Trabajo en equipo.
- Disposición de cambio.

#### **Calidad:**

Hacer las cosas bien desde la primera vez:

- Perfeccionar lo que hacemos.
- Compromiso.
- Servicio al cliente.
- Sentido de urgencia.

#### **Iniciativa:**

Crear el futuro:

- Búsqueda de la mejora continua.
- Creatividad.
- Proactividad.

#### **Localización**

La planta se ubica en el cantón de Cañas en Guanacaste, a 2.7 km con dirección a Bebedero.



Ilustración 1. Ubicación Aquacorporación Internacional. Fuente: Google Earth

### **Historia de la empresa**

Aquacorporación Internacional S.A. (Grupo ACI) fue establecida en 1986 y es el segundo mayor productor individual de filetes frescos de tilapia en las Américas, además, es un importante exportador de tilapia fresca a Estados Unidos con una cuota de mercado estimada en un 25%.

Rain Forest Aquaculture Products Inc. es la empresa en los Estados Unidos que se dedica a la comercialización de los productos de ACI a nivel internacional y es la marca más reconocida en América del Norte. Después de un período de crecimiento y expansión en los años noventa, Empresas AquaChile S.A., un importante productor y exportador mundial de salmón y trucha en Chile, adquirió una participación mayoritaria de la compañía en 2005. En la actualidad, la tilapia de Rain Forest Aquaculture está disponible tanto fresca como congelada en todo el mundo.

### **Descripción del proceso productivo**

ACI es uno de los líderes mundiales en la producción, proceso y comercialización de tilapia (pez de agua dulce), cuenta con alrededor de 600 hectáreas de terreno, en las que cultiva tilapia desde su nacimiento hasta que la misma alcanza los 1000g de peso. Las condiciones climatológicas y la calidad del agua en Costa Rica son ideales para la producción de tilapia de alta calidad.

El cultivo de tilapia de ACI ha permitido el aprovechamiento del recurso hídrico proveniente de la generación eléctrica del embalse Arenal, ya que el agua utilizada para la generación eléctrica se usa luego para la producción de tilapia y, posteriormente, se aprovecha en los sistemas de riego. La planta de procesamiento Terrapez recibe la tilapia viva de la finca de producción y la convierte en diferentes productos, principalmente, en filetes frescos de tilapia.

Esta planta de procesamiento se encuentra bajo el régimen aduanero de zona franca, operando bajo estrictas normas internacionales, entre ellas FDA/EE, norma ISO 9001, ISO 14001, INTE 18001 y BASC HACCP, esto asegura un producto final de la más alta calidad.

### **Planteamiento del problema**

Debido a la existencia de un mercado tan competitivo y dinámico en el cual se encuentra la industria exportadora costarricense, se genera la necesidad para estas empresas de realizar una constante búsqueda de métodos y procesos que contribuyan a la disminución en sus costos de operación, para maximizar así su potencial; esto aunado al hecho de que en Costa Rica uno de los costos de operación más altos corresponde al pago del recibo eléctrico mensual. Por lo tanto, la presente investigación se enfocará en el distribuidor ICE para tarifa de Media Tensión.

### **Pregunta**

¿Cómo reducir la facturación eléctrica en Aquacorporación Internacional mediante sistemas de almacenamiento de energía eléctrica por medio de baterías?

### **Objetivo general**

Reducir la facturación eléctrica en Aquacorporación Internacional mediante sistemas de almacenamiento de energía eléctrica por medio de baterías.

### **Objetivos específicos**

- 1- Determinar el perfil de carga del sistema eléctrico para la empresa Aquacorporación Internacional durante seis meses.
- 2- Determinar el costo promedio de los últimos seis meses para cada zona horaria.
- 3- Calcular la capacidad de almacenamiento promedio en tarifa nocturna de los últimos seis meses en kilowatts desplazada de tarifa punta.
- 4- Dimensionar la capacidad de suministro eléctrico en kilowatts hora del sistema de almacenamiento de energía eléctrica.
- 5- Determinar la contribución en ahorro y costos sobre la facturación eléctrica mensual del diseño de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías en la empresa Aquacorporación Internacional.

### **Justificación**

La presente investigación analiza la viabilidad de utilizar sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías, con la finalidad de disminuir los costos de operación para empresas en régimen de zona franca con tarifa Media Tensión siendo el ICE su distribuidor. Realizando un uso eficiente de la energía, es posible alcanzar un desplazo en consumo sin afectar los procesos productivos de las empresas, utilizando como beneficio los distintos costos en potencia y energía presentes en las diferentes zonas horarias.

Esta aplicación es innovadora en Costa Rica, por lo cual un resultado favorable en materia de rentabilidad para un proyecto de este tipo brindaría otra alternativa para la disminución de costos en facturación eléctrica.

## **Proyección**

El proyecto aportará a la empresa Aquacorporación Internacional la siguiente documentación, la cual respalda la propuesta de reducción en el recibo eléctrico:

- Perfil de carga promedio de seis meses graficado
- Diagrama de conexión equipos.
- Costo del proyecto.
- Ahorros generados.

## **Limitaciones**

Las siguientes limitaciones restringirán el diseño del proyecto:

- Carencia de investigaciones o estudios similares en Costa Rica, debido a las características técnicas del diseño, así como lo reciente de esta tecnología en el mercado alrededor del mundo y el hecho de que no se encontró información relacionada directamente con el almacenamiento de energía mediante baterías en empresas del sector industrial costarricense con modelo tarifario T MT.

## **Antecedentes**

### **Antecedente nro. 1**

Tema: Tarifas en Electricidad y Combustibles para el año 2017.

Autor: Carlos Montenegro

Institución: Cámara de Industrias de Costa Rica

Año: 2016

En el VII Congreso de la Energía, el Sr. Carlos Montenegro, subdirector ejecutivo de la Cámara de Industrias de Costa Rica (CICR), presenta su investigación titulada: *Tarifas en Electricidad y*

*Combustibles para el año 2017: ¿Apoyarán o empeorarán la competitividad de la Industria?* (2016), donde presenta la tendencia al alza de los precios en tarifas eléctricas desde el 2005 comparando los precios promedio del KW y KWh con el mercado centroamericano, estadounidense, europeo y sudamericano; demuestra un deterioro en los abonados del sector industrial costarricense pasando de pagar 0,072 US\$/KWh en 2005 a 0,145 US\$/KWh en 2015. Para el 2018, según tarifas vigentes, los costos varios son entre un promedio de 0,11 US\$/KWh y 0,13 US\$/KWh dependiendo del distribuidor eléctrico.

Dicha investigación concluye en la necesidad que existe de disminuir los cargos por potencia (demanda en el recibo eléctrico), ya que significan entre un 40% - 60% del costo eléctrico, para 7000 abonados en 2015 que forman parte del sector industrial y cuentan con la Tarifa T MT (Tarifa Media Tensión).

### **Tarifa Media Tensión**

Basado en la publicación de La Gaceta nro. 60 (20 de marzo de 2018) del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), se establece la Tarifa Media Tensión como una de las tarifas opcionales para el suministro de energía y potencia, dirigida a los abonados servidos en media tensión y cualquier uso de energía donde el abonado debe consumir como mínimo 120 000 KWh por contrato, por un año calendario (Instituto Costarricense de Electricidad [ICE], 2018b, p. 6).

Aquacorporación Internacional forma parte de las empresas costarricenses en Tarifa Media Tensión, en mayo del 2018 facturó 569096 KWh para un monto de ₡17.390.159,82 colones por concepto de energía y 2.556,33 KW para un monto de ₡22.344.260,09 colones por concepto de demanda, la cual factura un total de ₡39.937855 colones después de impuestos.

**Antecedente nro. 2**

Tema: Análisis Técnico Financiero de la Generación Distribuida en la CNFL

Autor: Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica.

Institución: Universidad de Costa Rica.

Año: 2015.

Como una alternativa dentro del mercado costarricense para ayudar a amortiguar los costos de producción, se maneja la tecnología de los paneles fotovoltaicos.

Según el análisis realizado a Sistemas FV (Fotovoltaicos), por parte de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica, el Ing. Gustavo Valverde coordinó el estudio titulado: *Análisis Técnico-Financiero de la Generación Distribuida en la CNFL (2015)*, en el cual analiza la rentabilidad de los Sistemas FV en todas las tarifas eléctricas existentes dentro del modelo costarricense desde la perspectiva del consumidor.

El mismo establece costos para sistemas de 3 KW o inferiores bajo el costo promedio de 2930 US\$/KW instalado; para sistemas entre 3 y 5 KW, el costo promedio es 2330 US\$/KW instalado; para sistemas mayores a 5 KW y hasta 10 KW, el costo promedio es de 2130 US\$/KW instalado y para los sistemas mayores a 10 KW con un costo promedio de 1900 US\$/KW. Determinando así que la tecnología fotovoltaica afecta únicamente el cargo de energía en tarifas T MT para los clientes de la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) e Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), y no así en el cargo de potencia para estos abonados.

De igual forma, señala que según su análisis los retornos de inversión de la tarifa T MT serían de alrededor de 15 años, sin importar el consumo eléctrico del cliente, haciendo poco atractiva la implementación de Sistemas FV en grandes consumidores dentro del mercado costarricense (Escuela de Ingeniería Eléctrica Universidad de Costa Rica, 2015, p. 107).

Por lo que, se puede concluir del estudio presentado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR que la utilización de Sistemas FV para T MT cuenta con poca viabilidad financiera y apunta a descartar todas aquellas tecnologías que se consideran como incapaces de controlar el factor potencia del recibo eléctrico de las empresas costarricenses de consumo.

### **Antecedente nro. 3**

Tema: Evaluación Económica de un Sistema de Baterías para la Optimización de Cargos por Potencia en el Mercado Chileno.

Autor: Sebastián Hörmann Valenzuela

Institución: Universidad de Chile.

Año: 2016

El sistema de almacenamiento de energía eléctrica mediante baterías ha tomado fuerza a nivel mundial, debido a los distintos avances tecnológicos logrados por empresas como Tesla Inc.; la cual en el 2016 logró construir en una sección industrial de Ontario, California, una planta con una capacidad de 80MW/h durante un período de 5 horas por medio de *power pack* conformados por baterías de Ion-litio (Cardwell, 2017).

En este sentido, se está abriendo el mercado para la creación de empresas que brinden estos servicios, un ejemplo de esto es Sebastián Hörmann Valenzuela de la Universidad de Chile, quien, a través de su tesis del 2017, plantea la creación de una empresa dedicada a la comercialización de baterías y la entrega de servicios de administración de cargo por potencia, evaluando así la rentabilidad de este nuevo campo de negocio.

Con base en el análisis de Sebastián Hörmann, sobre el modelo tarifario horario de su país, este separa en dos zonas horarias: Punta y Fuera de Punta, los precios por KW consumido. Además, descubre que alrededor de un 30% de la facturación eléctrica corresponde a un cargo por potencia.

A raíz de esto, se puede observar en este trabajo la similitud entre el modelo tarifario chileno por zonas horarias y la Tarifa T MT costarricense; donde los costos de *Energía/Potencia* fluctúan con diferencias de 50 CR¢/KWh en energía, ¢6000CR¢/KW en demanda.

El mismo establece costos promedio de 400 US\$/KWh, donde somete a estudio el edificio de la facultad de Química de la Universidad de Chile con una potencia cercana a los 500KW en potencia pico (Hörmann, 2017, p. 55), concluye en su caso con un retorno de la inversión cercana a los 7 años, gracias al desplazamiento de la Curva de Carga que logra un uso más eficiente de la energía consumida (Hörmann, 2017, p. 70).

La tesis presentada por Valenzuela en la Universidad de Chile arroja resultados favorables en su país bajo la utilización de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías, en sistemas tarifarios similares al T MT de Costa Rica, comprobando que no solo reduce, también controla el factor *Potencia* mediante la carga de baterías durante las horas de poco uso y bajo un menor precio para el sujeto del estudio.

## **CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO**

### **Sector eléctrico costarricense**

#### **Historia**

Los inicios del sector eléctrico costarricense se dan con la creación de la primera planta hidroeléctrica en 1884, la cual se ubicaba en barrio Aranjuez en San José centro, con una capacidad de 50 KVA que fueron utilizados para 25 luminarias de alumbrado público. Lo que convirtió a San José en la primera ciudad latinoamericana y tercera a nivel mundial en ser iluminada (Cartín, 2016).

Costa Rica entró en una etapa de desarrollo del sector eléctrico en manos de empresarios nacionales y extranjeros, fruto de un esfuerzo político por la nacionalización del creciente sector y con la mentalidad de realizar una cobertura total, se realiza la fusión de las tres compañías más grandes existentes dando paso a La Compañía Nacional de Electricidad (CNFL) en 1941 (Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), 2018). Debido al crecimiento del país en los años 40, se plantea la necesidad de establecer el Plan General de Electrificación de Costa Rica, el cual da pie para la creación del Instituto Costarricense de Electricidad en 1949 como una Institución Estatal Autónoma (ICE, 2018).

Hoy en día muchas empresas privadas, municipalidades y cooperativas participan en el sector brindando servicio a zonas específicas del territorio costarricense, esto da como resultado una cobertura del 99,4 % con 3.263.400 abonados en 2018 (ICE, 2017).

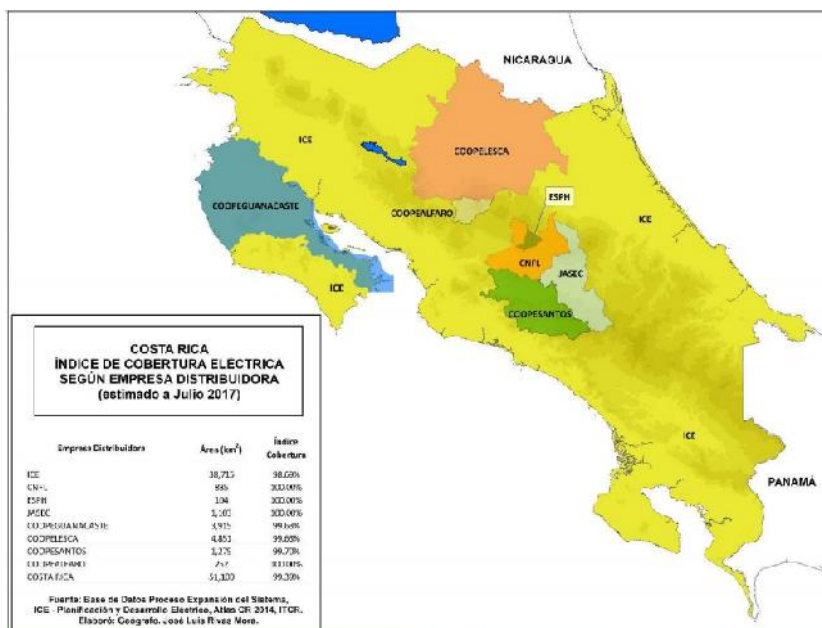


Ilustración 2 Costa Rica índice de cobertura según empresa distribuidora. Fuente: Base de Datos Proceso Expansión del Sistema ICE – Planificación y Desarrollo Eléctrico, Atlas CR 2017, ITCR. Elaboró: geógrafo José Luis Rivas Mora.

## Definición del sector

La Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) regula este sector bajo la Ley 7593, conforme el mercado evoluciona se aprueban leyes que modifican esta primera. Es operado por el Centro Nacional de Control de Energía perteneciente al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el cual administra y planifica de acuerdo con el comportamiento de consumo.

La administración y planificación del sector está en manos del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAET) con la elaboración del Plan Nacional de Energía (PNE) que orienta a todos los integrantes, así como el Plan de Desarrollo Eléctrico Nacional (PDEN) que dicta sobre el desarrollo de generación, transmisión y distribución eléctrica del ICE y todas las empresas del sector.

## Estructura de mercado

El mercado costarricense está estructurado en dos fases, a continuación, se presentan las características de cada una:

## Generación

El mercado cuenta con 36 agentes en la industria eléctrica (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), 2018). Sus principales actores son:

- Empresas del Estado como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) con un 81,38 % de la generación.
- Empresas de servicio público municipales como Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC) con un 8,67 %.
- Cooperativas y usuarios directos con un 9,95 %.

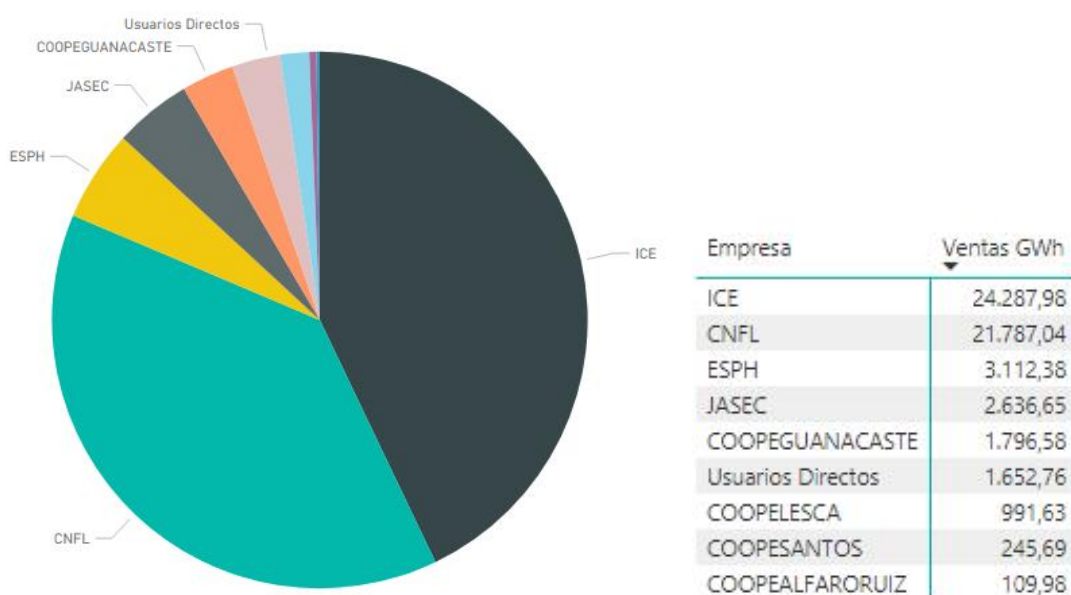


Ilustración 3. Distribución Ventas GWh por Empresa Generación Eléctrica. Fuente: ARESEP (2018).

## Transmisión

El mercado cuenta únicamente con dos proveedores del servicio que son:

- ICE.
- Empresa Propietaria de la Red (EPR).

## Distribución

El mercado cuenta con ocho agentes en la industria eléctrica. Sus principales actores son:

- Empresas del Estado como Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) con un 71,38 % de la generación.
- Empresas de servicio público municipales como Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) y Junta Administradora del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC) con un 12,19 %.
- Cooperativas con un 16,43 %.

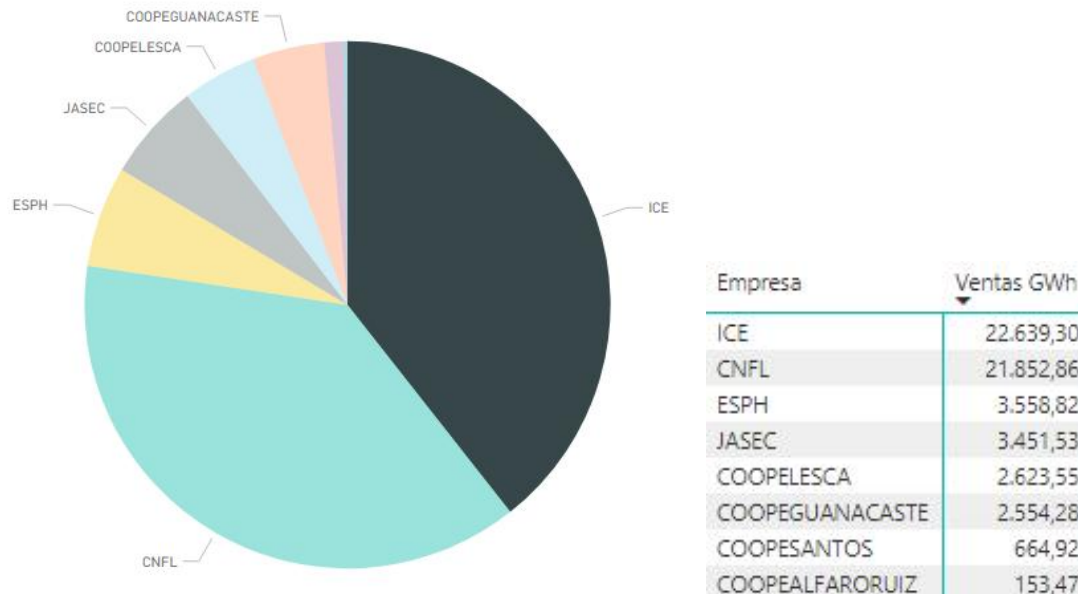


Ilustración 4. Distribución Ventas GWh por Empresa Distribución Eléctrica. Fuente: ARESEP (2018).

## Modelo tarifario ICE

### Categorías y bloques de consumo

#### Consumo Monoico (Cargo por Energía)

Las tarifas T-IN (Tarifa Industrial), T-CO (Tarifa Comercial y Servicios) y T-CS (Tarifa Carácter Preferencial) serán reclasificadas al bloque de binómico (Cargo por energía y potencia) de la misma tarifa cuando en seis de las últimas 12 facturas exceden los 3000 KWh (ICE, 2018).

**Cargo por demanda**

Es la potencia más alta medida en intervalos de 15 min durante el mes correspondiente.

**Cargo mínimo por facturar**

En cada tarifa se cobrará la suma equivalente a 40KWh. En tarifa MT (Tarifa Media Tensión) y MTb (Tarifa Media Tensión B), el cargo mínimo se aplicará a precio de periodo punta.

**Definición de horario**

Período punta: comprendido entre las 10:01 y las 12:30 horas, además, entre las 17:31 y las 20:00 horas. La demanda por facturar será la máxima potencia registrada durante el mes, exceptuando la registrada los sábados y domingos.

Período valle: comprendido entre las 6:01 y las 10:00 horas, así como entre las 12:31 y las 17:30 horas. La demanda por facturar será la máxima potencia registrada durante el mes.

Período nocturno: comprendido entre las 20:01 y las 6:00 horas del día siguiente. La demanda por facturar será la máxima potencia registrada durante el mes

**Facturación de energía y potencia a abonados productores de energía eléctrica**

Los abonados en modalidad de generación distribuida para autoconsumo en los que aplica cargo por demanda, la energía y potencia vendida se factura conforme al bloque correspondiente al período de medición o bloque horario. De modo que el bloque tarifario dependerá de la energía total retirada o del período horario que corresponda. La potencia en factura será la máxima demanda registrada sobre el retiro total de energía, por su parte, la energía por facturar vendida por la empresa a la tarifa del bloque que corresponda.

**Cargos adicionales**

Los precios no incluyen cargos de alumbrado público, impuesto de venta ni el importe de bomberos.

## **Tarifa Aquacorporación Internacional**

Aquacorporación Internacional forma parte de 628 abonados correspondientes al distribuidor eléctrico ICE en tarifa T MT.

### **Tarifa T MT Media Tensión**

#### **Aplicación:**

Tarifa opcional para el suministro de potencia y energía, para abonados servidos en media tensión y cualquier uso de la energía, bajo un contrato de un año calendario, prorrogable por períodos anuales, debiendo cumplirse que el abonado consuma como mínimo 120 000 KWh por un año calendario.

#### **Características del servicio:**

Suministro de energía y potencia a servicios eléctricos en media clasificados como M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 y M8, conforme a lo especificado en el artículo 26 de la Norma técnica regulatoria AR-NT-SUCOM, *Supervisión de la comercialización del suministro eléctrico en baja y media tensión.*

Tabla 1. Precios Tarifa TMT

<b><i>Precios Tarifa TMT</i></b>	
Cargo por potencia, por cada KW	
Periodo Punta	10.816,08
Periodo Valle	7.551,94
Periodo Nocturno	4.837,20
Cargo por energía, por cada KWh	
Periodo Punta	66,65
Periodo Valle	24,76
Periodo Nocturno	15,23

Fuente: La Gaceta nro. 26, Alcance 60 del 20 de marzo del 2018.

### **Almacenamiento de energía para aplicaciones eléctricas**

El almacenamiento de energía permite una neutralidad en cuanto al uso de recursos, además, permite utilizar electricidad de cualquier fuente de energía de manera más eficiente. Desde fuentes de energía solar hasta plantas de energía térmica, las tecnologías de almacenamiento la capturan para ser utilizada en demanda cuando más sea necesaria (Energy Storage Association, 2018).

### **Parámetros de las tecnologías de almacenamiento**

Los parámetros que definen el almacenamiento son los mencionados a continuación (Universidad de Eibar, 2011):

#### **Capacidad de almacenamiento**

Es la cantidad de energía disponible en un equipo luego de completar un ciclo de carga, teniendo en cuenta que, en muchas ocasiones, no se tiene una carga completa, se define con base en la energía total almacenada, esta es más alta que la energía útil.

#### **Energía disponible**

Es el proceso de conversión de la energía almacenada, la potencia máxima se utiliza para representar la potencia máxima del sistema en los ciclos de carga y descarga.

#### **Tiempo de descarga**

Tiempo transcurrido en el equipo al completar el ciclo de descarga.

#### **Durabilidad**

Cantidad de veces que el dispositivo de almacenamiento es capaz de liberar energía, corresponde al nivel para el que fue diseñada, número de ciclos máximo carga y descarga.

#### **Autonomía**

Máximo de tiempo en el cual el sistema libera energía almacenada.

## Beneficios del almacenamiento de energía

El almacenamiento de energía proporciona una gran cantidad de beneficios para una red eléctrica, usuarios finales y sociedad. Los cuales se pueden agrupar en seis categorías:

### Suministro eléctrico

**Desplazamiento horario de la energía eléctrica.** El almacenamiento de energía permite realizar un traslado horario en consumo de energía en momentos donde su uso y costo sean bajos, con la finalidad de utilizar o vender cuando los mismos se encuentren en picos de consumo, donde su uso y costo son muy elevados.

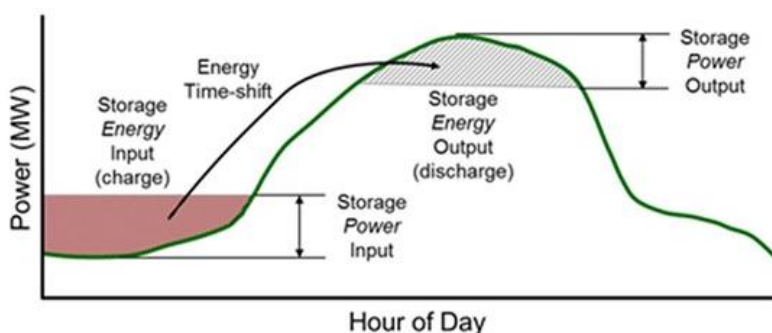


Ilustración 5. Cambio tiempo uso de energía. Fuente: Energy Storage Association - E&I Consulting.

El cambio de horario puede ser utilizado por los distribuidores eléctricos reduciendo costos de energía.

**Capacidad de suministro eléctrico.** En medida que el almacenamiento de energía compensa las necesidades de suministro, se ve la reducción de equipos de generación. Una empresa de servicio eléctrico verá reducido su costo relacionado con la capacidad total del sistema.

### Operación de la red eléctrica

Los usos y beneficios de las operaciones de red para el almacenamiento de electricidad incluyen lo que a menudo se conoce como servicios auxiliares. Los servicios auxiliares son aquellas funciones que realizan los equipos y las unidades de generación, transmisión, control de sistema,

distribución de electricidad y las personas, para respaldar los servicios básicos de generación de capacidad y suministro de energía.

### ***Infraestructura eléctrica***

Las aplicaciones de infraestructura de red y los beneficios implican el almacenamiento de energía utilizado en los sistemas de transmisión y distribución de servicios (T & D) para:

- Gestión en la congestión de transmisión.
- Aplazamiento de actualización de transmisión y distribución.
- Extensión de la vida del equipo de transmisión y distribución.

### ***Usuario final***

Los usuarios finales de la energía pueden almacenarla logrando:

- Gestión de la demanda.
- Ajustar el tiempo de uso.
- Calidad de servicio de energía.

### ***Integración con energías renovables***

El almacenamiento de energía está bien posicionado para desempeñar un papel significativo en ese sentido dentro de la red eléctrica moderna. Tres aportes del almacenamiento en la generación de energías renovables son:

- Atacar la variabilidad en tiempo.
- Realizar un ajuste entre generación y demanda.
- Atacar incertidumbre de condiciones meteorológicas.

***Incidental.*** Entre algunos beneficios derivados del uso de energía almacenada se encuentran:

- Menor uso de combustibles fósiles.
- Corrección del factor de potencia.

## **Tecnologías de almacenamiento de energía**

Los sistemas de almacenamiento de energía proporcionan una alta gama de medios tecnológicos para administrar el suministro de energía, creando una infraestructura más resistente y reduciendo los costos de generación y consumo (Iglesias et al., 2014).

**Baterías de estado sólido.** En su nivel más elemental, una batería es un dispositivo de una o más celdas electroquímicas que convierte la energía química almacenada en energía eléctrica. Cada celda tiene un terminal positivo o cátodo y un terminal negativo o ánodo. Los electrolitos permiten a los iones moverse entre los electrodos y los terminales permiten a la corriente fluir fuera de la batería para producir un trabajo.

Los avances tecnológicos aumentan la confiabilidad y el rendimiento de sistemas de baterías modernos, la economía a gran escala ha reducido en mucho los costos. Parámetros específicos para almacenamiento con baterías:

- Voltaje circuito abierto: voltaje medido cuando la batería no está en funcionamiento.
- Capacidad: cantidad de corriente que puede suministrar en una descarga (Ah).
- Estado de carga (SOC): porcentaje de capacidad de energía disponible valor nominal.
- Estado de salud (SOH): refleja el estado de la batería y su rendimiento versus una batería nueva.
- Estado de rendimiento (SOF): indica la capacidad de la batería de realizar partes específicas del ciclo de trabajo.
- Profundidad de descarga (DOD): cantidad de energía que se puede extraer de una batería, se expresa como un porcentaje.
- Se pueden separar las baterías de estado sólido en:

*Baterías de iones de litio (Li-ion).* Las primeras baterías se usaron para productos de consumo y ahora, basándose en el éxito de estas baterías de ion de litio (Li-ion), muchas compañías están desarrollando celdas de mayor formato para su uso en aplicaciones de almacenamiento de energía. Muchos también esperan que haya sinergias significativas con la aparición de vehículos eléctricos (EV) alimentados por baterías de iones de litio.

La flexibilidad de la tecnología de iones de litio en aplicaciones, desde pequeñas baterías de alta potencia para almacenamiento de energía en híbridos, baterías de potencia media que proporcionan rango solo eléctrico y almacenamiento de energía en híbridos enchufables, hasta baterías de alta energía en electricidad -únicamente vehículos-, tiene un valor similar en el almacenamiento de energía.

Las baterías de ion de litio se han implementado en una amplia gama de aplicaciones de almacenamiento de energía, desde baterías de energía de unos pocos kilovatios-hora en sistemas residenciales con matrices fotovoltaicas en la azotea, hasta baterías en contenedores de varios megavatios para la provisión de servicios auxiliares de red.

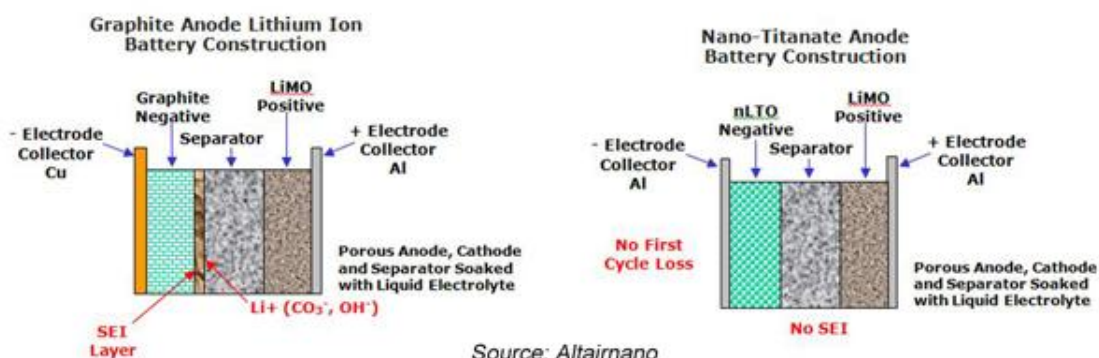


Ilustración 6. Composición batería de LI-ION. Fuente: Energy Storage Association - Altairmano.

*Baterías de níquel – cadmio (Ni-Cd).* Las primeras células Ni-Cd usaban tecnología de placa de bolsillo, un diseño que todavía está en producción hoy en día. Las placas sinterizadas entraron en producción a mediados del siglo XX, para ser seguidas más adelante por placas de fibra,

electrodos unidos por plástico y placas de espuma. Las celdas con placas de bolsillo y de fibra generalmente usan el mismo diseño de electrodo para el níquel positivo y el cadmio negativo, mientras que las sinterizadas y las espumas positivas se usan ahora más comúnmente con los negativos unidos a plástico.

Todos los diseños industriales de Ni-Cd son de tipo ventilado, lo que permite que los gases formados en la sobrecarga se disipen, pero requieran cierto grado de reposición de agua para compensar. Esto ha llevado a la implementación de diseños de separadores que permiten diferentes niveles de combinación, con algunos productos diseñados para aplicaciones de energía renovable fuera de la red o de telecomunicaciones que logran un funcionamiento casi libre de mantenimiento con respecto al electrolito.

Las baterías de Ni-Cd se usaron en algunas aplicaciones anteriores de almacenamiento de energía, eólico y fotovoltaico.

### **Aplicaciones de la tecnología para usuario final**

**Gestión facturación eléctrica.** Se lleva a cabo realizando un almacenamiento de energía en horarios con bajos precios de demanda y energía, así como utilizándola en horarios donde la energía y demanda tengan precios elevados creando una gestión adecuada de la consumida (Rocky Mountain Institute, 2017).

En tarifa T MT se obtienen precios bajos en horario nocturno de ¢15 colones / KWh y ¢4862,19 colones / KW, versus en horario punta que alcanzan precios de ¢66,99 colones / KWh y ¢10871,96 colones / KW.

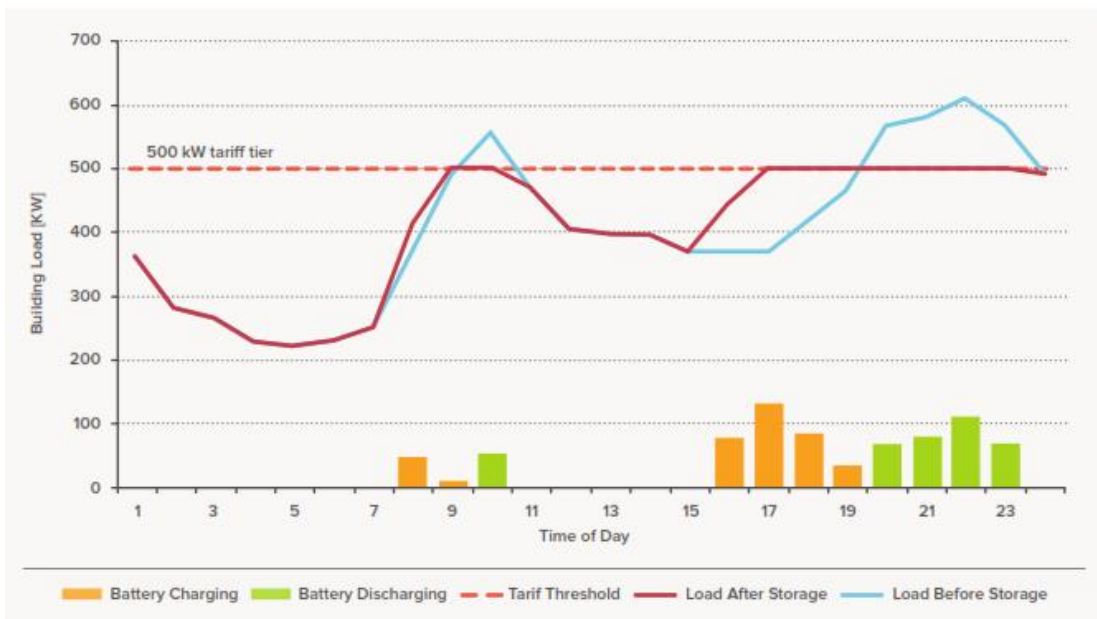


Ilustración 7. Ejemplo Gestión de factura eléctrica. Fuente: The economics of energy storage, Rocky Mountain Institute (2017).

**Reducción de la demanda.** El monto de demanda corresponde de un 30 al 60 % del pago en el recibo eléctrico, mediante el almacenamiento de energía se puede limitar el consumo de la planta en concepto de demanda.

**Energía de reserva.** En eventos de apagones en la red, el almacenamiento de energía puede proveer potencia de reserva a diferentes escalas, desde reserva para las funciones básicas de una industria, hasta total suministro al combinarse con generación fotovoltaica instalada en el lugar.

### Principales proveedores de sistemas de almacenamiento de energía

Existe una gran cantidad de proveedores que brindan la integración de sistemas de almacenamiento de energía.

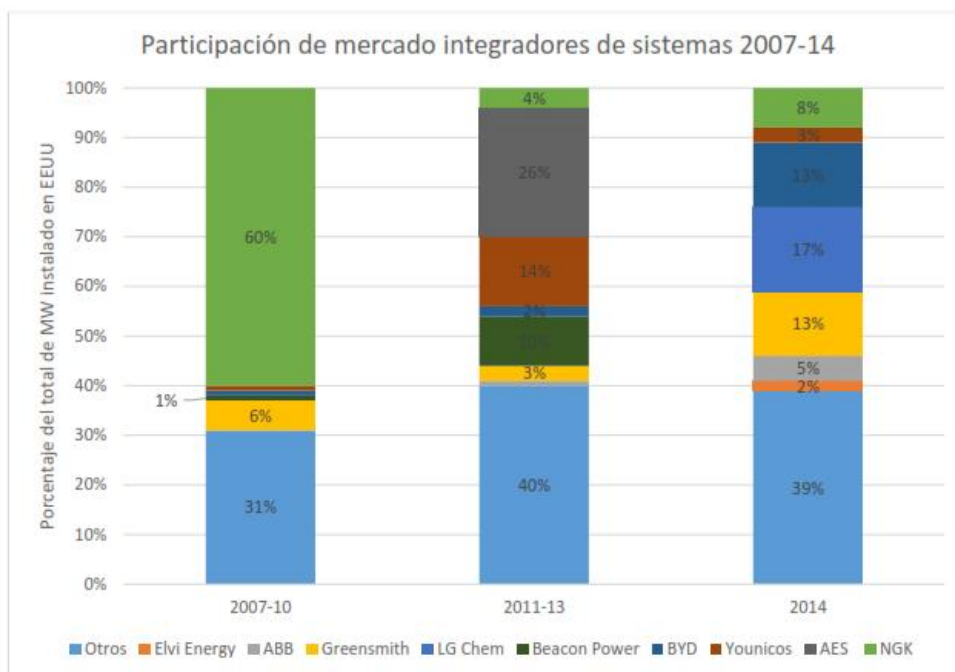


Ilustración 8. Participación de mercado integradores de sistemas de almacenamiento. Fuente: Bloomberg New Energy Finan.

## Matemática financiera

### Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto de una inversión es el valor actualizado de todos los rendimientos esperados. Así, por ejemplo, si se propone invertir 100 millones de euros hoy, con el compromiso de que en los próximos cinco años se recibirán sucesivamente cada año: 30, 30, 30, 30 y 50 millones de euros, sería erróneo analizarlo con la premisa de aplicar 100 millones y recibir un total de 170 millones, no se puede comparar 100 millones de euros con 30 millones de euros dentro de tres años o 50 millones de euros dentro de 5 años (Brun, Elvira y Puig, 2008).

Para analizar la inversión, se debe comparar la inversión inicial (100) con los flujos futuros (30, 30, 30, 30, 50) actualizados, es decir, convertir esas cifras en euros de años posteriores a la fecha de inicio de la inversión a euros correspondientes a dicha fecha de inicio.

Fórmula del VAN:

$$V. = -A + \frac{CF_1}{(1+K)} + \frac{CF_2}{(1+K)^2} \dots + \frac{CF_n}{(1+K)^n} \quad (1)$$

Donde:

$A$ = Inversión inicial.

$CF_1$ = Flujo de fondos que ingresan en el primer período.

$CF_2$ = Flujo de fondos que ingresan en el segundo período.

$CF_n$ = Flujo de fondos que ingresan en el período número.

$K$ = Tasa de actualización de flujos futuros (tasa única).

Cuando se calcula el VAN en una inversión, lo que interesa conocer es si este es positivo o negativo. Si el VAN es positivo se puede deducir que la inversión es aconsejable, si fuese negativo la inversión no es aconsejable.

***Interpretación del VAN.*** Hay tres factores que inciden en el resultado final del VAN:

- a) La inversión inicial: cuanto menor sea más posibilidades de que el VAN sea positivo.
- b) Flujo de fondos: cuanto mayor sea, más probabilidad de que el VAN sea positivo.
- c) La tasa de actualización: cuanto menor sea esta, también mayor posibilidad tendrá el VAN de ser positivo.

El VAN permite generar un criterio de decisión para visualizar cuál inversión es mejor que otra en términos absolutos

$VAN > 0$ : el proyecto genera beneficios.

$VAN = 0$ : el proyecto no genera beneficios ni pérdidas.

$VAN < 0$ : el proyecto genera pérdidas.

## Tasa interna de rentabilidad (TIR)

### Calcular la TIR de una inversión

Si al calcular el VAN de una inversión el resultado es igual a cero, resulta que la inversión no tiene una rentabilidad mayor que el listón ni menor que el listón, luego la TIR sería igual a ese listón o tasa de actualización utilizada (Brun, Elvira y Puig, 2008). En este caso, en la fórmula de VAN, ahora la incógnita no es el VAN, sino la tasa de actualización (k), ya que se debe hallar una (k) tal que haga que el VAN sea cero. En este caso concreto a (k) se le denomina TIR.

De aquí se deduce que la TIR es aquella tasa de actualización que hace que el VAN sea igual a cero.

$$V. = -A + \frac{CF_1}{(1+T)} + \frac{CF_2}{(1+T)^2} \dots + \frac{CF_n}{(1+T)^n} = 0 \quad (2)$$

Para despejar la (k) de la fórmula existe un problema matemático, ya que se está frente a un polinomio de grado (n) y esta operación no tiene una solución única; la forma de calcular este valor (k) que haga que el VAN sea cero se realiza por el método de iteraciones sucesivas. Este método de cálculo no es más que ir acotando el valor de (k) entre aquellos que den un VAN positivo y un VAN negativo, hasta conseguir uno que dé como resultado un VAN igual a cero.

El criterio de la selección será donde (k) es la tasa de flujos elegida para el cálculo del VAN:

- a)  $TIR > k$ , la tasa de rendimiento interno que se obtiene es mayor que la tasa mínima de rentabilidad exigida para la inversión. El proyecto es viable.
- b)  $TIR = k$ , igual situación que un VAN igual a cero, el proyecto obtiene la misma tasa de rentabilidad que la exigida para la inversión.
- c)  $TIR < k$ , el proyecto no obtiene la rentabilidad exigida para ser efectuado.

### CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

Una vez planteado el problema de la presente investigación, así como los objetivos por obtener, se establecen los procedimientos en el orden metodológico que permiten realizar la investigación. Esto comprende el tipo y diseño. El marco metodológico constituye el cómo realizar la investigación para responder al problema anteriormente planteado.

#### Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cualitativo dividido en 10 fases secuenciales y de carácter probatorio, cada etapa procede a la siguiente y las mismas no pueden ser eludidas, ya que forman un orden riguroso. La misma será limitada al periodo de la información obtenida; donde se revisará literatura correspondiente al problema antes expuesto observando, evaluando y analizando el comportamiento de la planta (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

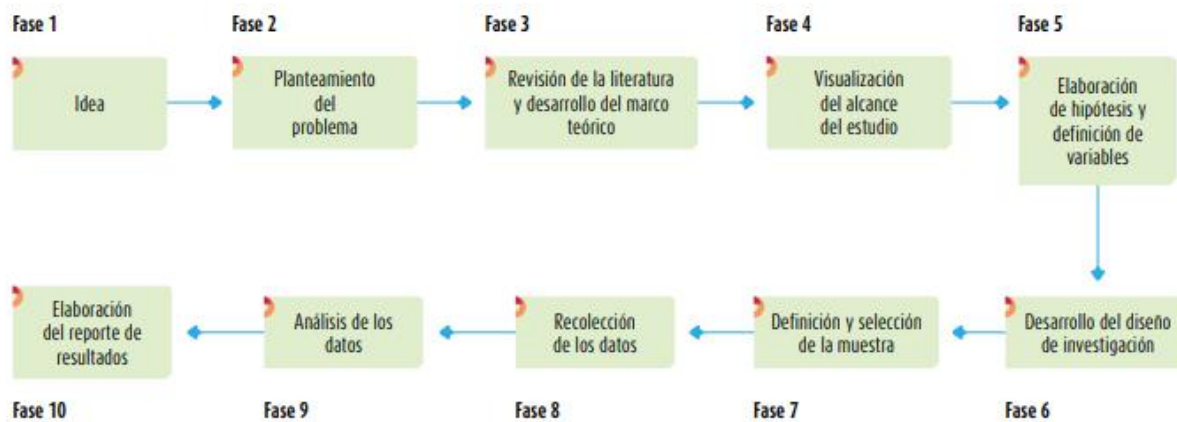


Ilustración 9. Proceso cuantitativo. Fuente: Hernández et al. (2014).

Esta investigación tiene un carácter exploratorio, ya que se analiza un problema poco estudiado en Costa Rica y no cuenta con un modelo teórico ni amplia bibliografía que se pueda consultar. El proyecto no tiene como finalidad generalizar, ya que los resultados obtenidos serán propios de la presente investigación.

## **Fuentes de la información**

En la presente investigación se señalan los datos obtenidos y la naturaleza exacta de los mismos, así como la ubicación de donde son extraídos. Las visitas a Planta de Aquacorporación Internacional Terrapez, mediciones de consumo eléctrico por parte del distribuidor ICE, así como la revisión de bibliografía tanto física como documentos de internet (tesis, revistas, libros) dan como resultado los mayores componentes de la presente investigación.

## **Instrumentos**

La recolección de datos para la presente investigación será realizada por el investigador, el cual mediante el análisis de la información logrará responder a los objetivos planteados comparando las distintas fuentes recolectadas e interpretando los resultados obtenidos.

## **Proceso de recolección y análisis de datos**

Para el desarrollo de la investigación, se procede a realizar una división por etapas de manera cronológica, con la finalidad de interpretar nueva información según se recolecte en el estudio.

Etapa 1. Estudio del perfil de carga.

- Solicitud del perfil de carga del medidor Planta Terrapez.
- Obtener perfil promedio de seis meses.
- Determinar valores promedio energía y potencia.

Etapa 2. Costos promedio de facturación eléctrica de enero a julio de 2018.

- Obtener costo de facturación promedio.

Etapa 3. Demanda promedio en periodo punta por desplazar en nocturno.

- Obtener capacidad de almacenamiento KWh.

Etapa 4. Estudio de la capacidad de almacenamiento de la planta.

- Determinar periodo crítico de almacenamiento.

- Dimensionar sistema de almacenamiento.

Etapa 5. Determinar factibilidad del sistema propuesto.

- Obtener el VAN y TIR del proyecto.

## CAPÍTULO 4. ANÁLISIS

### Mediciones del distribuidor

Mediante la solicitud de información de consumo diaria al ICE como distribuidor eléctrico de la empresa bajo análisis, se obtienen mediciones de KW instantáneas cada 15 minutos, estas mediciones varían de acuerdo con el comportamiento del consumo eléctrico a través del tiempo. Este es un servicio brindado por los distribuidores eléctricos a sus clientes de Media Tensión e Industrial, en el cual brindan las mediciones obtenidas en el transcurso de la operación de la planta.

En la siguiente tabla de la ilustración 10, se puede observar un ejemplo de mediciones diarias entregadas por el ICE para el miércoles 2 de febrero del 2018, da inicio a las 00:15 y termina a las 6:00 de ese día.


 <b>INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD</b> <b>UN SERVICIO AL CLIENTE - AREA MEDICION</b> <b>REPORTE DE MEDICIONES DE CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN</b>		
CLIENTE:	TERRAPEZ_SA	MEDIDOR: 1341976
UBICACIÓN	CLIENTES - TERRAPEZ	
Fecha	Hora	KVA-D
7/2/2018	00:15	470,75
7/2/2018	00:30	466,83
7/2/2018	00:45	457,29
7/2/2018	01:00	486,17
7/2/2018	01:15	474,91
7/2/2018	01:30	497,19
7/2/2018	01:45	493,27
7/2/2018	02:00	465,36
7/2/2018	02:15	467,81
7/2/2018	02:30	463,90
7/2/2018	02:45	449,94
7/2/2018	03:00	440,40
7/2/2018	03:15	536,85
7/2/2018	03:30	552,76
7/2/2018	03:45	584,34
7/2/2018	04:00	609,06
7/2/2018	04:15	693,27
7/2/2018	04:30	810,04
7/2/2018	04:45	809,55
7/2/2018	05:00	797,80
7/2/2018	05:15	795,84
7/2/2018	05:30	822,04
7/2/2018	05:45	814,20
7/2/2018	06:00	814,20

Ilustración 10. Mediciones por hora de TERRAPEZ proporcionadas por el ICE. Fuente: Aquacorporación Internacional.

### Gráfica del perfil: carga promedio durante seis meses de lunes a domingo

Con la finalidad de comprender el comportamiento del consumo eléctrico durante una semana cotidiana de trabajo, se evalúa el promedio de todas las mediciones obtenidas por día de la semana

de los meses de enero a junio. En el cálculo de la semana promedio del mes de enero del 2018, se realiza la sumatoria de cada una de las 31 mediciones realizadas para cada segmento de 15 minutos, se encuentra un valor promedio, el cual seguidamente es graficado. Se realiza este ejercicio para cada uno de los meses en estudio.

En la siguiente fórmula se obtiene el valor promedio para los cinco lunes presentes en el mes de enero de 2018 en la medición de las 00:15h (Ver Anexo 1).

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{3,1 + 4,2 + 5,9 + 4,7 + 5,0}{5}$$

$$\bar{x} = 465,41 \text{ KW}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Promedio

$\Sigma$  = Sumatoria mediciones.

$n$  = Número de mediciones

Gráficas para semanas promedio enero – junio 2018

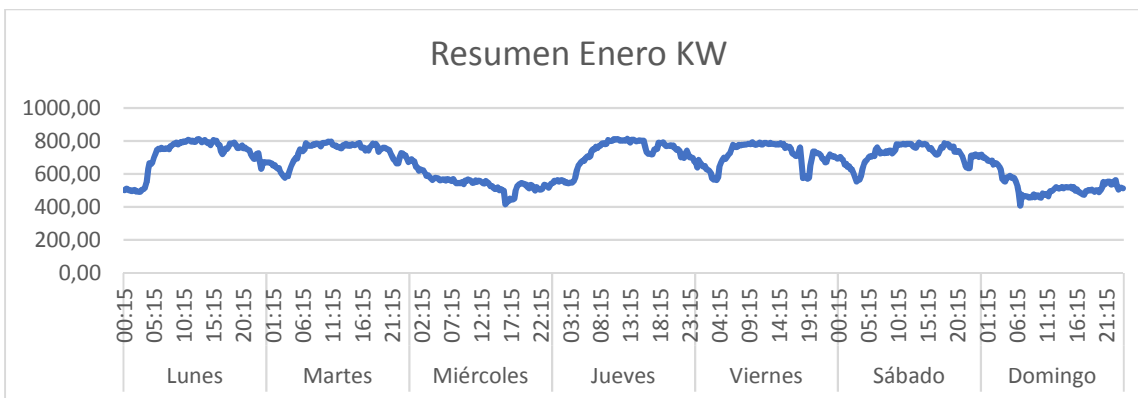


Ilustración 11. Semana promedio mes de enero 2018. Fuente: elaboración propia.

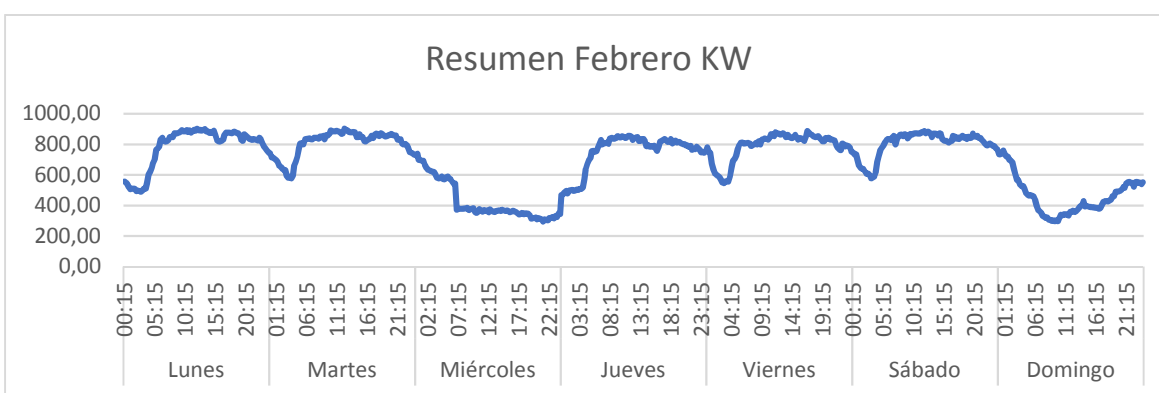


Ilustración 12. Semana promedio mes de febrero 2018. Fuente: elaboración propia.

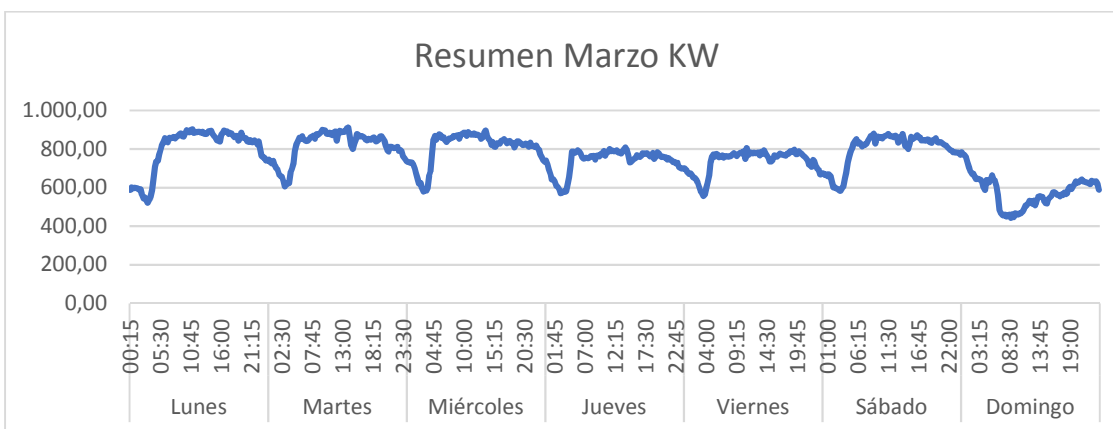


Ilustración 13. Semana promedio mes de marzo 2018. Fuente: elaboración propia.

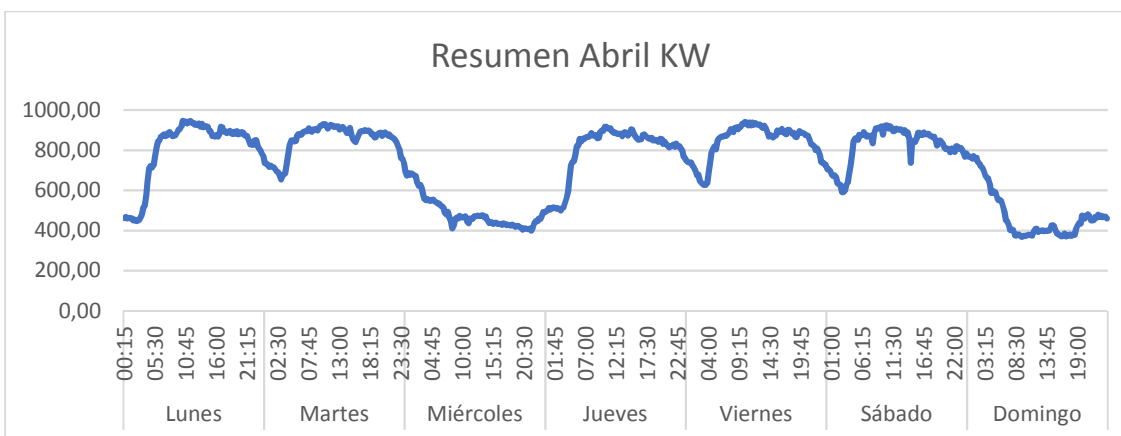


Ilustración 14. Semana promedio mes de abril 2018. Fuente: elaboración propia.

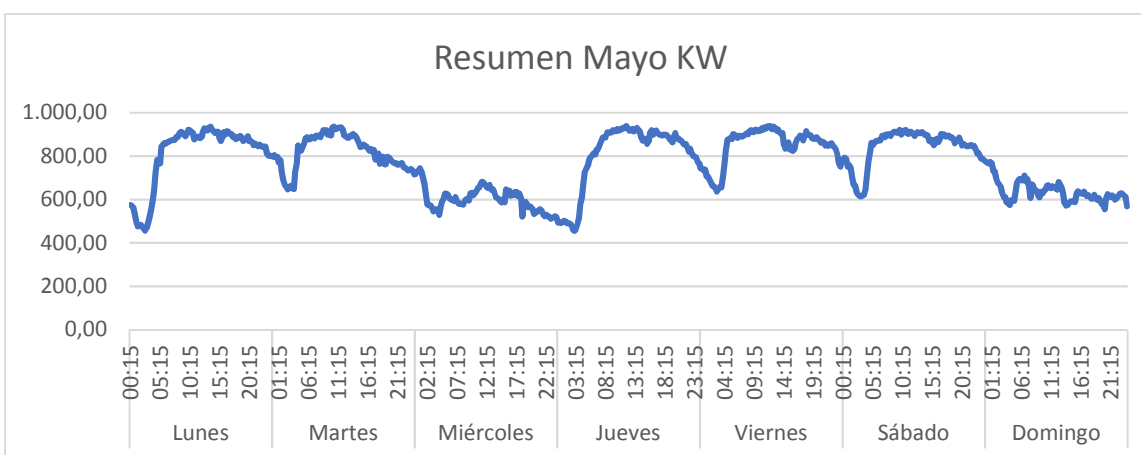


Ilustración 15. Semana promedio mes de mayo 2018. Fuente: elaboración propia.

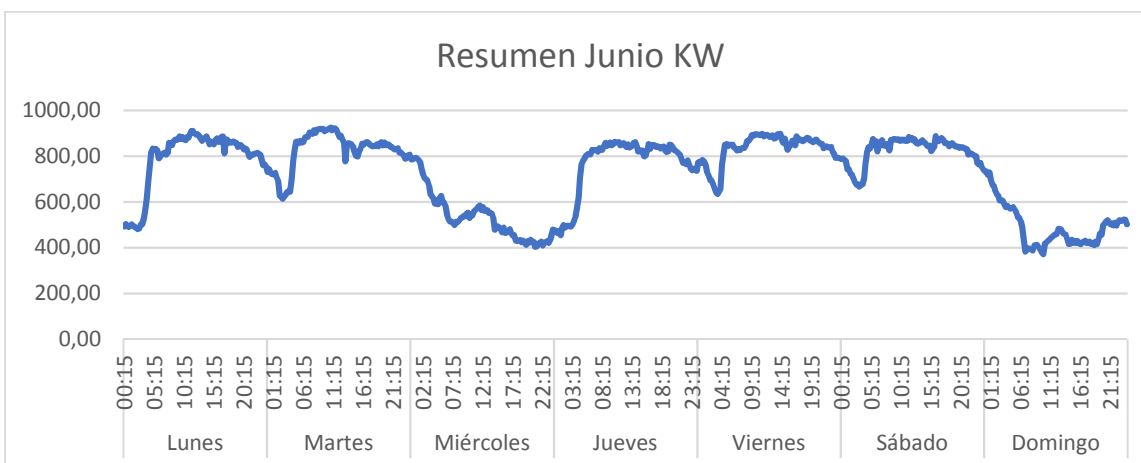


Ilustración 16. Semana promedio mes de junio 2018. Fuente: elaboración propia.

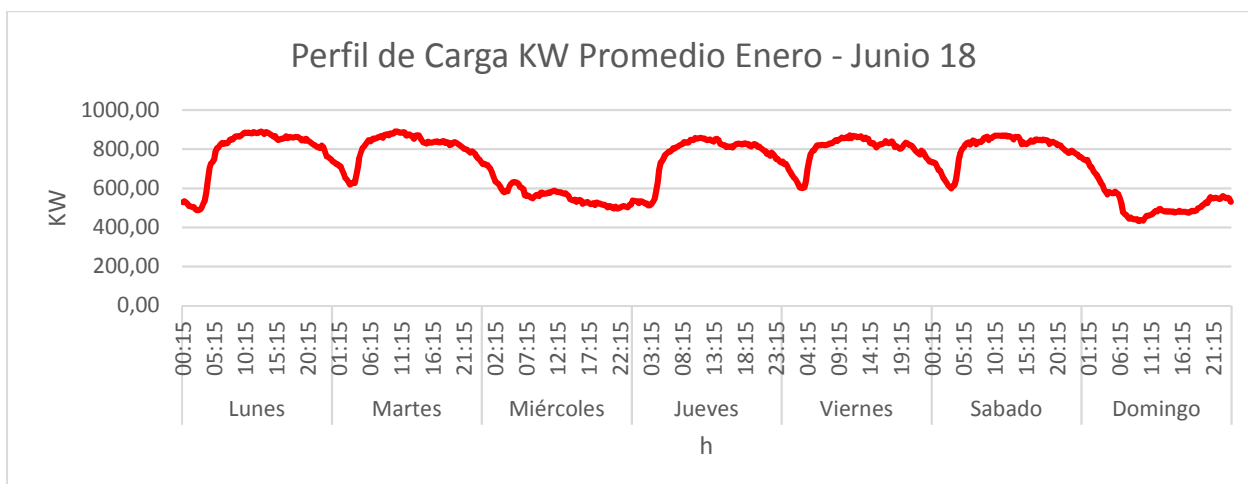


Ilustración 17. Semana promedio de enero a junio 2018. Fuente: elaboración propia.

Para realizar el cálculo de la energía promedio consumida en cada zona horaria, se realiza la siguiente ecuación para cada uno de los siete días de la semana:

$$E = P \times t$$

$$E = E \quad \text{ía } C \quad (K \quad h)$$

$$P = P \quad R \quad (K \quad )$$

$$t = T \quad (h)$$

Para el siguiente ejemplo, se realiza el cálculo de energía para zona punta con la medición de lunes a domingo 10:00.

$$E_{1:0} = (P_L + P_M + P_K + P_J + P_S + P_D) \times t$$

$$E_{1:0} = (882,75 + 881,36 + 571,32 + 847,17 + 856,58 + 864,85 + 433,74)K \quad \times \frac{1}{4} h$$

$$E_{1:0} = 1334,44 K \quad h$$

Donde:

$$E_{1:0} = E \quad \text{ía } T \quad C \quad m \quad \text{ón } 10:00 (K \quad h)$$

$$P_L = \text{Potencia lunes medición } 10:00 (KWh)$$

$$P_M = \text{Potencia martes medición } 10:00 (KWh)$$

$P_K =$  Potencia miércoles medición 10:00 (KWh)

$P_J =$  Potencia jueves medición 10:00 (KWh)

$P_V =$  Potencia viernes medición 10:00 (KWh)

$P_S =$  Potencia sábado medición 10:00 (KWh)

$P_D =$  Potencia domingo medición 10:00 (KWh)

Cálculo de Energía Total Promedio zona punta de 10:00 – 12:30, 17:30 – 20:00.

$$E_P = (E_{1:0} + E_{1:1} + E_{1:3} + E_{1:4} + E_{1:0} + E_{1:1} + E_{1:3} + E_{1:4} + E_{1:0} + E_{1:1} + E_{1:3} + E_{1:4} + E_{1:0} + E_{1:1} + E_{1:3} + E_{1:4} + E_{1:0} + E_{1:1} + E_{1:3} + E_{1:4} + E_{2:0}) \times 4,28$$

$$E_P = 142606,42 \text{ KWh}$$

Donde

$$E_P = E_{\text{pot}} \times F_{\text{d}} \quad (\text{K h}).$$

$$E_{1:0-1:3}, 1:3-2:0 = E_{\text{pot}} \times F_{\text{d}} \quad \text{ir} \quad \text{d} \quad 15 \text{ min} \quad (\text{K h})$$

Este cálculo se realiza para cada zona horaria determinando la energía facturada promedio.

Para el cálculo de potencia, se toma el máximo valor de KW promedio obtenido para cada zona horaria.

### Valores promedio de energía y potencia: enero a junio

Según los gráficos promedios realizados, se obtienen los siguientes valores: demanda máxima en horario punta de 981,01 KW con un consumo de energía de 124606,42 KWh; en valle se obtiene 890,01 KW en demanda y 190926,88 KWh por concepto de energía y para nocturno se obtiene 845,64 KW en demanda y 203665,30 KWh en consumo de energía.

De los cuales se puede determinar que los días fuertes de producción son lunes, martes, jueves, viernes, sábado y los demás días que la planta utiliza en los procesos de producción para realizar

limpieza general. El recibo eléctrico no presenta cargos por Factor de Potencia a nivel histórico, ya que son superiores al 0,90 y cuenta con un Factor de Carga oscilante entre 0,7 y 0,8.

### **Facturación eléctrica**

Utilizando los valores obtenidos en el perfil de carga promedio y los precios de tarifa T MT publicados en la Gaceta nro. 26, alcance 60 (20 de marzo del 2018), se obtienen los costos en facturación eléctrica promedio para los primeros seis meses del 2018.

En el cuadro de la tabla 2, se puede visualizar el costo de la facturación promedio en los meses de enero a junio del año 2018, con su respectivo porcentaje del monto total antes de impuestos, visualizando así que los costos para carga de potencia son 26,43% y energía 22,70%, en horario punta representa el 49,04% de la facturación eléctrica.

Tabla 2. Promedio de facturación enero - julio Terrapez Tarifa Media Tensión

<b><i>Promedio Facturación Enero - Julio 2018 Terrapez Tarifa Media Tensión</i></b>				
Cargo por potencia 6 Meses, por cada KW				
Periodo Punta	10.816,08	891,01	9.637.266,16	26,34%
Periodo Valle	7.551,94	890,10	6.722.004,45	18,37%
Periodo Nocturno	4.837,20	845,64	4.090.535,61	11,18%
Cargo por energía 6 meses, por cada KWh				
Periodo Punta	66,65	124606,42	8.305.017,70	22,70%
Periodo Valle	24,76	190926,88	4.727.349,58	12,92%
Periodo Nocturno	15,23	203665,30	3.101.822,46	8,48%
			36.583.995,97	

Fuente: elaboración propia.

### **Cálculo de almacenamiento promedio semanal**

Al realizar el análisis del comportamiento del perfil de carga de la empresa en estudio, los principales parámetros de diseño se sustentan en mantener el mismo consumo de energía promedio de la empresa, realizando variaciones únicamente en la potencia en horario punta y la energía consumida en horario nocturno.

Manteniendo el cargo por potencia máximo promediado en seis meses en horario nocturno, este corresponde a 845,64 KW y genera una posibilidad de almacenamiento de energía máximo semanal de 11,65 MWh de lunes a domingo en horario nocturno. Lo anterior se logra mediante la resta del máximo cargo por potencia en período nocturno, menos cada una de las mediciones de potencia realizada por medidor eléctrico en el mismo período, para un total de 40 mediciones de 8 p.m. a 6 a.m.

El siguiente cálculo de máxima energía almacenada se realiza para el lunes con una medición promedio realizada en 00:15 h:

$$E_{Máx 0 :1} = (P_{0 :1} - P_{Máx N})t$$

$$E_{0 :1} = (845,64 K - 528,97 K) \frac{1}{4} h$$

$$E_{0 :1} = 79,01 K h$$

Donde:

$E_{Máx 0 :1}$  = Energía Máxima Almacenada (KWh)

$P_{Máx N}$  = Potencia Máxima Nocturno (KW)

$P_N$  = Potencia Medida Nocturno (KW)

$t$  = Tiempo (h)

Se obtiene la máxima energía almacenada manteniendo la demanda máxima en horario nocturno de 845,64 KW, este ejercicio se realiza para cada una de las 96 mediciones diarias para cada día de la semana (Ver Anexo 2).

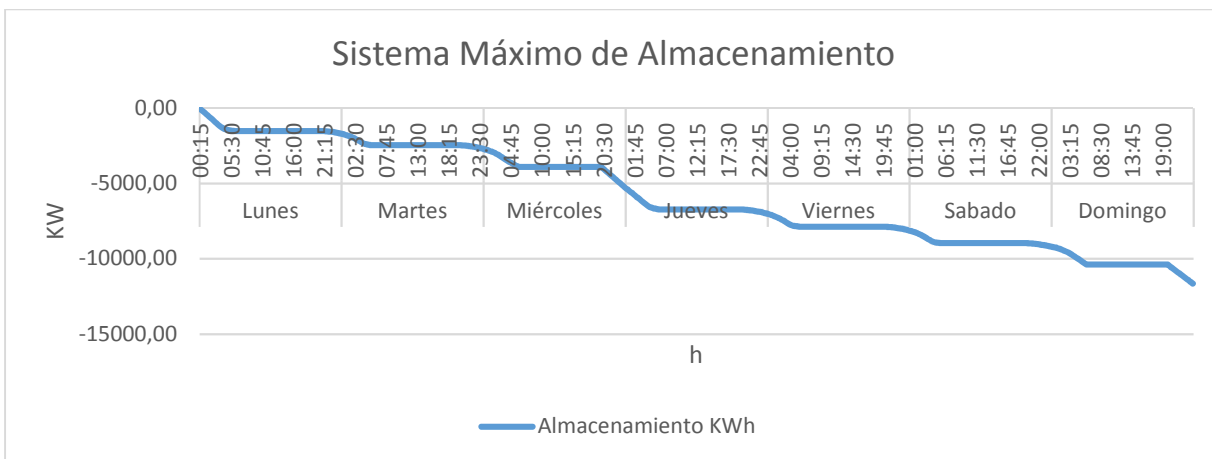


Ilustración 18. Sistema máximo de almacenamiento. Fuente: elaboración propia.

### Período crítico de almacenamiento

El comportamiento mensual del consumo de energía de la empresa en cuestión se diseña para el sistema de almacenamiento del mes de mayor producción: marzo de 2018, en el cual se puede observar una actividad promedio de seis días de producción.

$$E_M = \frac{E_{Máx}}{D_M}$$

$$E_M = \frac{11,65 \text{ K } h}{6}$$

$$E_M = 1,94 \text{ KWh}$$

Donde:

$E_M$  = Energía mes de marzo

$E_{Máx}$  = Energía Máxima Almacenada.

$D_M$  = Promedio de días laborados por semana mes de marzo.

Para efectos del diseño, se pueden analizar sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías de 2 MWh, con el fin de utilizar los dimensionamientos comerciales de la marca por utilizar para el sistema BYD.

### Cálculo del estado de carga y descarga del sistema

Como límite de descarga el fabricante BYD indica un máximo del 80% en la capacidad instalada, para lo cual se corren los escenarios del sistema de 2 MW, con el fin de determinar la máxima reducción de potencia en horario punta. Como se puede observar en la gráfica de la ilustración 19, se limitó a un máximo de 19,74% el estado mínimo de energía presente en el sistema, para la descarga del sábado con medición de las 8 p.m. (Ver Anexo 3).

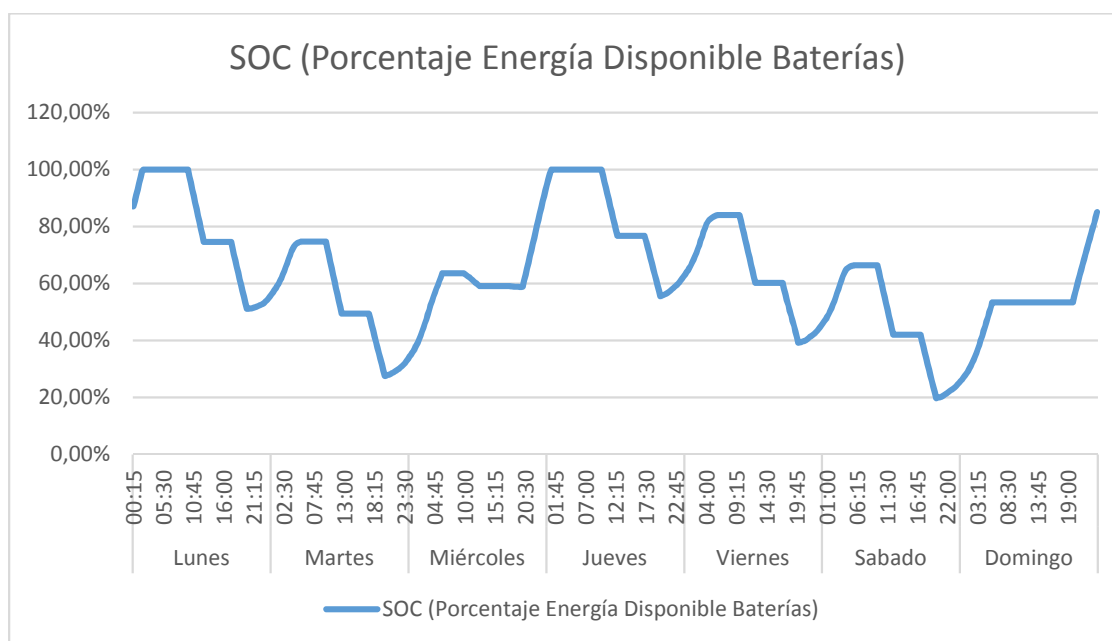


Ilustración 19. SOC. Fuente: elaboración propia.

### Comportamiento del perfil de carga con la inclusión del sistema de almacenamiento

La nueva potencia máxima en horario punta será de 515 KW consumidos solicitando al sistema una potencia pico de 376,01 KW. El cual se considera un sistema de almacenamiento de 2 MWh, el sistema mantendrá la potencia nocturna en 865,64 KW igual a la demanda promedio actual, el aumento se da en el consumo de energía pasando a 243828,44 KWh versus los 203665,30 KWh, se obtiene una diferencia de 40163,14 KWh superior.

En horario punta se tiene una disminución a 515 KW en potencia versus 891,01 KW obtenidos de la medición promedio. El horario valle se mantiene en las mismas condiciones 890 KW en potencia y 190926,88 KWh por concepto de energía (Ver Anexo 3).

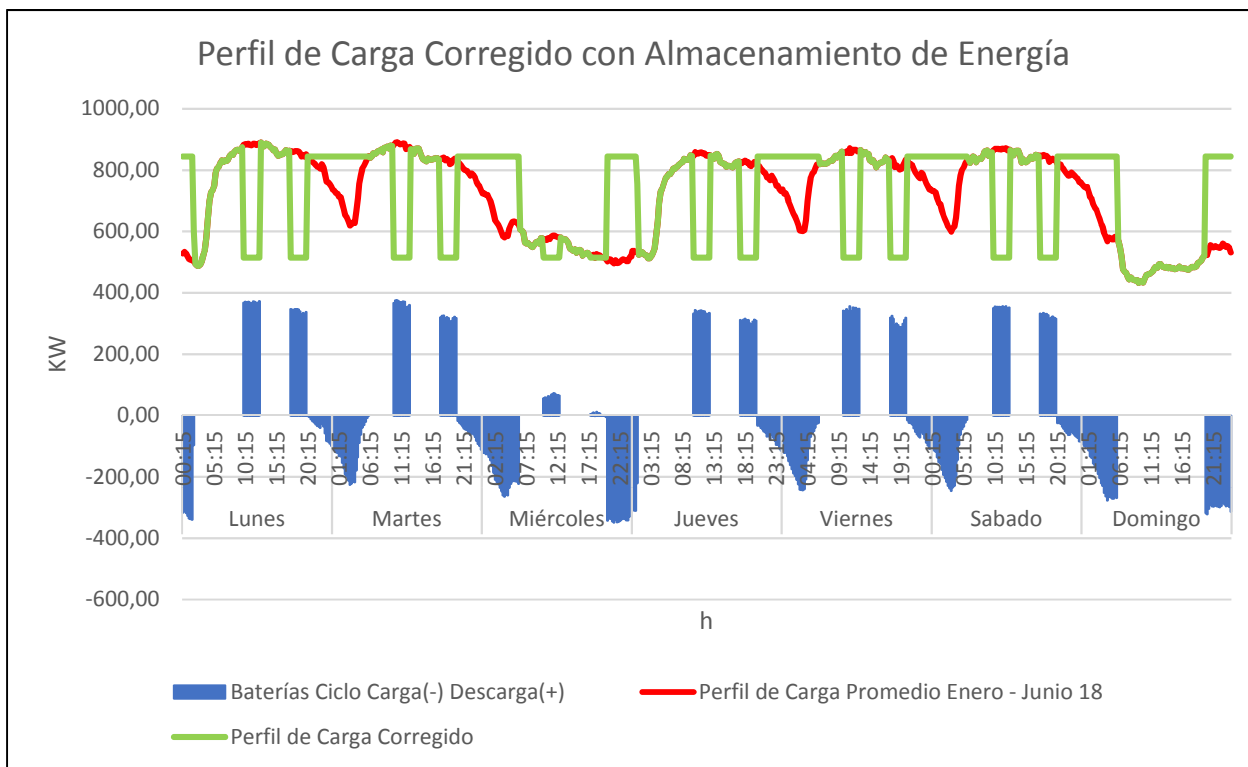


Ilustración 20 Perfil de carga corregido con almacenamiento de energía. Fuente: elaboración propia.

### Cálculo facturación eléctrica propuesta con sistema de almacenamiento

La nueva facturación propuesta mediante el sistema de almacenamiento genera un ahorro mensual promedio de 6.132.259,39 colones. En la tabla 3 se puede ver la facturación propuesta con el sistema de almacenamiento de energía:

Tabla 3. Facturación Propuesta Mediante Almacenamiento de Energía

<b>Facturación Propuesta Mediante Almacenamiento de Energía</b>				
Carga por potencia 6 Meses, por cada KW				
Periodo Punta	10.816,08	515,00	5.570.281,20	18,29%
Periodo Valle	7.551,94	890,10	6.722.004,45	22,07%
Periodo Nocturno	4.837,20	845,64	4.090.535,61	13,43%

Cargo por energía 6 meses, por cada KWh				
Periodo Punta	66,65	84441,99	5.628.058,59	18,48%
Periodo Valle	24,76	190926,88	4.727.349,58	15,52%
Periodo Nocturno	15,23	243828,44	3.713.507,15	12,19%
			30.451.736,58	

Fuente: elaboración propia.

### Componentes del sistema de almacenamiento BYD

La marca BYD fue establecida en 1995 y dentro de su gama de productos, es uno de los proveedores más grandes de baterías recargables en el mundo. BYD ha proporcionado más de 300 MWh sistemas de almacenamiento de energía en una amplia cantidad de proyectos.

#### Gabinetes de baterías

Los armarios de baterías marcan BYD permiten modular sistemas acordes a las necesidades del proyecto, para Aquacorporación se utilizarán gabinetes para exteriores litio-ferrofosfático (LiFePO<sub>4</sub>) de 272 celdas, las cuales cuentan con su propio sistema contra incendios y aire acondicionado, así como sistemas de comunicación modular con otros armarios.

Los armarios escogidos cuentan con capacidad nominal de 250 KWh y una potencia nominal de 61,25 KW.

Cálculo energía total sistema de almacenamiento BYD

$$E_T = E_G * N$$

$$E_T = 250 K \quad h * 8$$

$$E_T = 2000 KWh$$

$$E_T = \text{Energía Total Sistema de Almacenamiento (KWh)}$$

$$E_G = \text{Energía Gabinete (KWh)}$$

$$N = \text{Número de Gabinetes.}$$

Cálculo potencia total sistema de almacenamiento BYD.

$$P_T = P_G * N$$

$$P_T = 61,25 \text{ KW} * 8$$

$$P_T = 490 \text{ KW}$$

$P_T =$  Potencia Total Sistema de Almacenamiento (KW)

$P_G =$  Potencia Gabinete (KW)

$N =$  Número de Gabinetes.

Corriente total sistema de almacenamiento BYD.

$$C_T = C_G * N$$

$$C_T = 70,4 \text{ A} * 8$$

$$C_T = 563,2 \text{ A.}$$

$C_T =$  Corriente Total suministrado por Sistema de Almacenamiento (A)

$C_G =$  Corriente Gabinete (A)

$N =$  Número de Gabinetes.

En la ilustración 21 se puede observar la composición del sistema de almacenamiento:

G#1	G#2	G#3	G#4	G#5	G#6	G#7	G#8
250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh
61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW
70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A
870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V

Ilustración 21. Modelado gabinetes BYD. Fuente: elaboración propia.

### Diseño inversor

La marca BYD provee inversores específicos para sus sistemas de almacenamiento en exterior.

En el caso de Aquacorporación Internacional, cuenta con un voltaje de operación de 480/277V. El

sistema de almacenamiento de energía BYD suministra un máximo de 500 KW en sus modelos de inversores con voltaje de salida en 480/277 Vac.

Se procede a agrupar ocho gabinetes por cada inversor BYD con una eficiencia del 98%, para ajustar el sistema de almacenamiento al máximo inversor de BYD.

Cálculo de potencia nominal inversor

$$P_n = \frac{P_{máx}}{E_{I_i}}$$

$$P_n = \frac{490 \text{ K}}{.98}$$

$$P_n = 500 \text{ K}$$

$P_n$  = Potencia Nominal Inversor.

$P_{máx}$  = Potencia Máxima.

$E_{I_i}$  = Eficiencia Inversor.

En la ilustración 22 se puede observar el agrupamiento de gabinetes e inversores BYD:

G#1	G#2	G#3	G#4	G#5	G#6	G#7	G#8	Inversor #1
250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	250 KWh	2000 KWh
61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	61,25 KW	490 KW
70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	70,4 A	563,2 A
870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V	870 V

Ilustración 22. Modelado de gabinetes más inversor BYD. Fuente: elaboración propia.

## Análisis financiero de la propuesta de almacenamiento de energía

### Sistema de almacenamiento de energía baterías BYD.

El presente análisis financiero tomará en cuenta dos escenarios, el primero dado por el Banco Popular, con el financiamiento del 100 % de la implementación del sistema BYD, el cual cuenta

con una línea de crédito llamada Ecocréditos para proyectos diversos. Siendo el proyecto inferior a \$1,5mdd, la tasa de interés es de TBP (tasa básica pasiva) más 2 pp (puntos porcentuales); la tasa básica pasiva para julio del 2018 es de 4,60%, esto da como resultado un 7,60%.

El segundo escenario tomará en cuenta el análisis basado en la empresa Aquacorporación Internacional realizando la inversión, todos los cálculos serán realizados en colones por el movimiento ascendente del dólar en el último año.

### Escenario 1. Préstamo bancario Banco Popular.

Para el presente cálculo, se basa en las condiciones bancarias ofrecidas por la entidad crediticia, en la ilustración 29 se pueden visualizar las condiciones dependientes del monto económico.

Banco Popular	Ecocrédito, dirigido a personas. Permite financiar planes de inversión como el cambio de iluminación tradicional a LED, sustitución de tanques de inodoro, tratamiento de desechos y cambios estructurales en vivienda. Gestión Ambiental dirigida a organizaciones, Mipymes y personas jurídicas, para financiar proyectos de manejo de recursos hídricos, residuos sólidos, generación de energía limpia, eficiencia energética, entre otros.	Ecocrédito: Colones, TBP +7 pp, plazo de 144 meses, comisión 2,50% sobre el monto aprobado y 1,25% si se afilia al PAS. Garantía: Pagaré con o sin fiador, según perfil, o hipotecaria. Gestión Ambiental: Colones y dólares. Tasa dependerá del monto del financiamiento. Por ejemplo, en colones, para créditos mayores a \$1,5 millones, es TBP +1pp, pero si el crédito está por debajo del \$1 millón la tasa es TBP +2 pp. En dólares, créditos mayores a \$1,5 millones TP +2pp y créditos menores a \$1 millón TP +2,5pp. Garantía: Según reglamento.
---------------	---	---

Ilustración 23. Condiciones Ecocrédito Banco Popular. Fuente: El Financiero.

En la presente grafica se visualiza un resumen de las condiciones ofrecidas por el banco.

Tabla 4. Valores de entrada para cálculo mensual de cuota

<i>Valores de entrada para cálculo mensual de cuota</i>	
Importe del préstamo	466.690.000,00
Comisión BP	5.833.625,00
Total del préstamo	472.523.625,00
Tasa de interés anual	7,60%
Plazo del préstamo en años	12
Numero de pagos al año	12
Fecha inicial del préstamo	01/12/2018

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de la cuota mensual para préstamo en colones Banco Popular.

Tabla 5. Condiciones de financiamiento obtenidas

<i>Condiciones de financiamiento obtenidas</i>	
Cuota mensual	4.947.299,50
Número de pagos programados	144
Número de pagos real	144
Total de pagos anticipados	0
Monto total por pagar durante todo el Plazo	712.411.128,41
Interés total	245.721.128,41

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, para realizar el cálculo de flujo de caja, se toman en cuenta los siguientes valores de entrada:

- Ahorro mensual para el primer año de aplicación de ¢6132259,39 (ICE, 2018).
- Incrementos en facturación eléctrica tarifa TMT 4% (Montenegro, 2016).
- Tasa de descuento del 7,60%, corresponde al ser la tasa de interés del financiamiento.
- Se prevé un incremento de 0,2% en la TBP anual.
- BYD garantiza la operación de los equipos por un periodo de 15 años.
- Quanta Services ofrece una operación libre de costos durante los primeros tres años, para los siete años restantes se calculó una cuota mensual por este concepto de ¢1.500.000 anuales.

### **Cálculo de flujo de efectivo los primeros 12 meses**

Para el primer año, se presentarán las siguientes condiciones entre el pago mensual por concepto de cuota y el ahorro generado por la implementación.

Tabla 6. Flujo efectivo para los primeros 12 meses

<b>Flujo Efectivo para los primeros 12 meses</b>			
Mes	Cuota de Ahorro de Préstamo	de Facturación Eléctrica	Balance Total
1	0	6.132.259,39	6.132.259,39
2	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
3	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
4	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
5	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
6	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
7	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
8	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
9	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
10	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
11	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
12	4.947.299,50	6.132.259,39	1.184.959,88
			19.166.818,10

Fuente: elaboración propia.

Durante el primer mes, se tiene un periodo de gracia en el pago de la cuota mensual acorde a las políticas del préstamo, se puede visualizar un flujo positivo en el balance total, lo que contribuye en la rentabilidad del proyecto, la tabla entrega un flujo positivo de ¢19.166.818,10 colones para el primer año de implementación.

### **Cálculo de flujo de efectivo durante el plazo del préstamo**

Para el presente cálculo, se toman en cuenta los incrementos en facturación eléctrica, incrementos en la TBP y el mantenimiento del sistema de almacenamiento.

Tabla 7. Flujo de efectivo para el plazo del préstamo

<b>Flujo efectivo para el plazo del préstamo</b>						
Año	Ahorro de Facturación Eléctrica	Cuota de Préstamo	del Costos de Mantenimiento	de Flujo neto de Efectivo	de Valor presente de FNE	
1	73.587.112,63	54.420.294,53	0,00	19.166.818,10	17.813.027,97	
2	76.530.597,13	65.007.515,47	0,00	11.523.081,67	9.952.772,96	

3	79.591.821,02	66.194.867,35	0,00	13.396.953,67	10.753.980,42
4	82.775.493,86	67.382.219,23	1.500.000,00	13.893.274,63	10.364.671,34
5	86.086.513,61	68.569.571,11	1.575.000,00	15.941.942,50	11.052.992,67
6	89.529.974,16	69.756.922,99	1.653.750,00	18.119.301,17	11.675.293,73
7	93.111.173,12	70.944.274,87	1.736.437,50	20.430.460,75	12.234.670,05
8	96.835.620,05	72.131.626,75	1.823.259,38	22.880.733,92	12.734.203,33
9	100.709.044,85	73.318.978,63	1.914.422,34	25.475.643,88	13.176.944,82
10	104.737.406,65	74.506.330,51	2.010.143,46	28.220.932,67	13.565.901,19
11	108.926.902,91	75.693.682,39	2.110.650,63	31.122.569,88	13.904.022,64
12	113.283.979,03	76.881.034,27	2.216.183,17	34.186.761,59	14.194.193,04
				VAN	151.422.674,16
				ROI	21,25%

Fuente: elaboración propia.

Se obtiene un VAN positivo de ¢151.422.674,16mdc durante el plazo del préstamo y un ROI bastante favorable para la implementación del proyecto del 21,25%.

### **Gráfica de flujo de efectivo durante el plazo del préstamo**

En la ilustración 30, se puede visualizar un comparativo entre los ahorros generados y la cuota del préstamo.

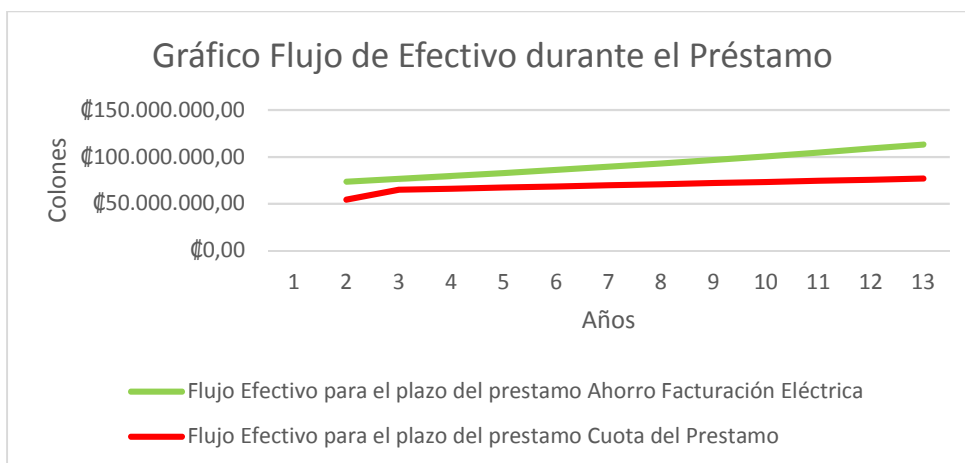


Ilustración 24. Gráfica de efectivo durante el plazo del préstamo. Fuente: elaboración propia.

## Escenario 2. Inversión realizada por Aquacorporación Internacional

La tasa de descuento utilizada es definida por el interés generado por un certificado de depósito a plazos (CDP) del Banco Popular, las cuales son inversiones de muy bajo riesgo para certificados con plazo de cinco años; el banco utiliza 8,14% con el cual se obtienen los valores de descuento en el presente análisis.

Tabla 8. Flujo de efectivo inversión sistema de almacenamiento

<i>Flujo Efectivo Inversión Sistema de Almacenamiento BYD</i>						
Año	Inversión	Ahorro Facturación Eléctrica	Costos de Mantenimiento	Balance Anual	Balance Total	Valor presente
0	-	0,00	-	-	-	-
	466.690.00		466.690.00	466.690.00	466.690.00	466.690.00
	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,00	73.587.112,63	0,00	73.587.112,63	-	68.048.005,02
					393.102.887,37	
2	0,00	76.530.597,13	0,00	76.530.597,13	-	65.442.875,18
					316.572.290,24	

3	0,00	79.591.821 ,02	0,00	79.591.821 ,02	- 236.980.46 9,22	62.937.479 ,37
4	0,00	82.775.493 ,86	1.500.000, 00	81.275.493 ,86	- 155.704.97 5,36	59.431.153 ,03
5	0,00	86.086.513 ,61	1.575.000, 00	84.511.513 ,61	- 71.193.461, 75	57.145.765 ,39
6	0,00	89.529.974 ,16	1.653.750, 00	87.876.224 ,16	16.682.762, 41	54.948.165 ,36
7	0,00	93.111.173 ,12	1.736.437, 50	91.374.735 ,62	108.057.49 8,04	52.834.983 ,57
8	0,00	96.835.620 ,05	1.823.259, 38	95.012.360 ,67	203.069.85 8,71	50.802.979 ,87
9	0,00	100.709.04 4,85	1.914.422, 34	98.794.622 ,51	301.864.48 1,22	48.849.038 ,40
10	0,00	104.737.40 6,65	2.010.143, 46	102.727.26 3,18	404.591.74 4,40	46.970.162 ,81
11	0,00	108.926.90 2,91	2.110.650, 63	106.816.25 2,28	511.407.99 6,68	45.163.471 ,71
12	0,00	113.283.97 9,03	2.216.183, 17	111.067.79 5,86	622.475.79 2,54 VAN	43.426.194 ,23 189.310.27 3,96 TIR 14,84% ROI 5,19

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar en el año 6 un flujo positivo de €16.682.762,41 colones, según la tabla, el retorno de inversión es de 5,19 años; se tiene un VAN para el periodo de 12 años de €189.310.273,23 colones y un TIR positivo de 6,20%.

### **Gráfica retorno de inversión del sistema de almacenamiento de energía BYD**

En la ilustración 31 se puede visualizar el comportamiento del balance total para la inversión realizada.

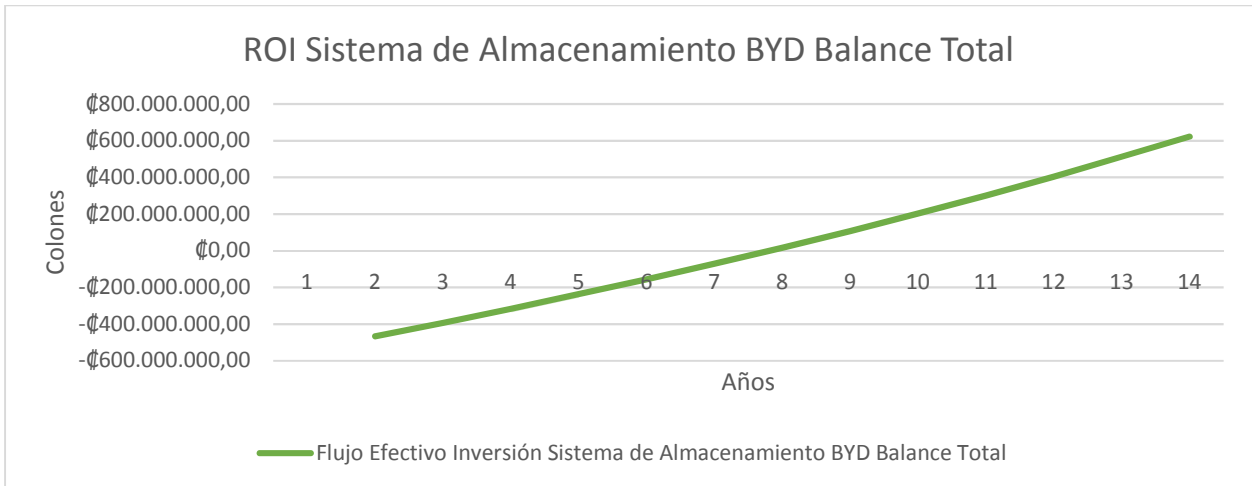


Ilustración 25. ROI sistema de almacenamiento BYD. Fuente: elaboración propia.

## CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente trabajo, se analizó la implementación de un sistema de almacenamiento de baterías para la empresa Aquacorporación Internacional en su Planta Terrapez, con el fin de aprovechar los beneficios de la Tarifa Media Tensión del ICE, la cual ofrece distintos costos de energía y potencia en sus zonas horarias, realizando un uso más eficiente de la energía consumida.

Mediante la solicitud del perfil de carga del medidor nro. 1341976 al distribuidor eléctrico ICE, el cual entregó la documentación de las 96 mediciones diarias realizadas por el medidor para los meses de enero a junio del presente año, se logra determinar que los costos promedio de energía y potencia en horario punta representan el 49,04% del valor total de la facturación eléctrica, por un monto de 17.940.283,56 colones, correspondiendo a 9.637.266,16 colones por concepto de potencia y 8.305.017,70 por concepto de energía, siendo su facturación total promedio de 36.583.995,97 colones. Marzo del 2018 es su mes más productivo laborando seis días a la semana en promedio.

La Planta Terrapez cuenta con un horario de trabajo de 24 horas, realizando un mayor consumo de 4 a.m. a 1 p.m., esto da una gran oportunidad de almacenamiento en su horario nocturno cercano a los 11,5 MWh, logrando un desplazo significativo a esta zona horaria; este cálculo se realizó manteniendo la máxima potencia en horario nocturno determinada en el promedio.

La capacidad de almacenamiento de la planta logra reducir la facturación eléctrica a 30.451.736,58 colones, correspondiendo 5.570.281,20 colones por concepto de potencia y 5.628.058,59 colones para energía, pasando el porcentaje de horario punta a 36,77% del total de la facturación eléctrica propuesta, lo cual genera un ahorro mensual de 6.132.259,45mdc, un 16,76% de la facturación eléctrica promedio.

Al Costa Rica no contar con empresas dedicadas a la venta y distribución de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías, es necesario buscar en el mercado internacional, por lo cual se basa este diseño en BYD, empresa dominante del mercado de almacenamiento, la cual obtuvo un 39% del mismo en el año 2014. Los costos del equipo fueron facilitados por el integrador americano Quanta Services, costos en los cuales se basaron los cálculos de factibilidad del proyecto.

Para el análisis financiero, se tiene un costo total de implementación de 466.690.000,00 colones cotizados por la empresa integradora Quanta Services con equipos BYD. Son generadas dos opciones, en la primera un financiamiento por parte del Banco Popular a 12 años, mismos años de garantía para equipos BYD. La propuesta tiene números muy favorables generando flujos de caja promedio superiores a los 20.000.000 colones anuales para el plazo del préstamo, un VAN de 151.422.674,16 colones y un ROI de 21,25%.

La segunda opción, a pesar de tener un retorno de inversión muy atractivo para este tipo de sistemas de 5 años y 2 meses, no es bien vista, ya que, por lineamientos, la empresa no realiza inversiones en proyectos superiores a 3 años en sus retornos de inversión.

Realizando un comparativo con el antecedente del estudio realizado por la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la UCR, los sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías brindan una mejor recuperación de la inversión para empresas en modelo tarifario de Media Tensión, ya que esta tecnología logra mantener un control sobre el rubro de potencia de una manera fidedigna, reduciendo el periodo de recuperación a la mitad.

Costa Rica aprobó modificaciones a la Ley 7447, *Regulación del uso racional de la energía*, en su artículo 38 *Exoneraciones* que entrará a regir en el 2019, se exoneran del impuesto selectivo inversores y algunos modelos de baterías para capacidades mayores a 50 amperios hora, lo que

disminuirá en un 49% el costo de la nacionalización para todas aquellas empresas fuera del esquema de Zona Franca, permitiendo mejores periodos de recuperación de la inversión para tarifa Media Tensión. Esto generará un crecimiento en la demanda de dichos sistemas, logrando tener proveedores locales que brinden mantenimiento y garantías locales.

Finalmente, considerando el crecimiento acelerado de las tarifas eléctricas en Costa Rica, la implementación de sistemas de almacenamiento de energía mediante baterías empezará a considerarse como una opción real, ya que la tecnología permite realizar una administración real del consumo de energía logrando reducciones considerables en la facturación eléctrica mediante el desplazo de energía.

## CAPÍTULO 6. PROPUESTA

### **Equipos sistema de almacenamiento BYD**

El sistema de almacenamiento de energía BYD es cotizado por un integrador, quien proporciona servicios de diseño, ingeniería, adquisición y construcción para el mercado norteamericano llamado Quanta Services, el mismo realiza una cotización llave en mano del sistema contemplando el mantenimiento y operación del equipo durante los primeros tres años. BYD cuenta con una alta aceptación y confiabilidad a nivel mundial. En su currículum se pueden observar proyectos como China State Grid de 6MW / 36MWH, uno de los sistemas de almacenamiento más grandes del mundo.

### ***Batería para almacenamiento BYD***

El sistema consiste en LiFePO<sub>4</sub> (Litio Ferrofosfático) exterior independiente tipo armario de 250 KWh, 61,25 KW. Su modularidad proporciona una alta fiabilidad, aumenta la seguridad, mejora y facilita el mantenimiento. Cada armario contiene 272 celdas, protección contra incendios, aire acondicionado y capacidad de comunicación (Ver Anexo 4).



Ilustración 26 Gabinetes BYD 250 KWh / 61,25 KW. Fuente: BYD.

## **Inversor BYD**

Inversor de 500 KW para exterior modular, utiliza tecnología avanzada. Fue diseñado para múltiples aplicaciones, tales como conversión de energía, regulación de potencia y frecuencia; cuenta con un amplio rango de operación en temperatura. Además, cuenta con una pantalla táctil que facilita la interfaz de la máquina al operador.



Ilustración 27. Inversor 500KW. Fuente: BYD.

## **Quanta Control System**

La experiencia de Quanta en sistemas de control es reconocida en el mercado. En el 2016, la tecnología de Quanta fue seleccionada para revisar las prácticas de control en sistemas de distribución, evaluando la escalabilidad y desempeño en una de las mayores empresas de servicio público de los Estados Unidos en San Diego, GAS y Electricidad (SDG & E).

Quanta proporciona los sistemas de control necesarios con la finalidad de realizar un correcto funcionamiento del sistema de almacenamiento de energía garantizado. El diseño del Control no fue contemplado en esta propuesta; el mismo es diseñado y operado por parte del integrador Quanta Services.

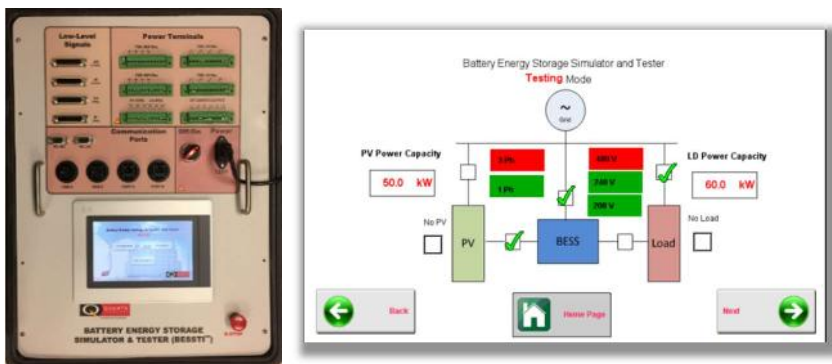


Ilustración 28 Sistema de Control Quanta Services . Fuente: Quanta Services.

### Detalle de implementación en planta

En la ilustración 26, se puede observar un detalle del montaje de cada gabinete e inversor de la marca BYD.

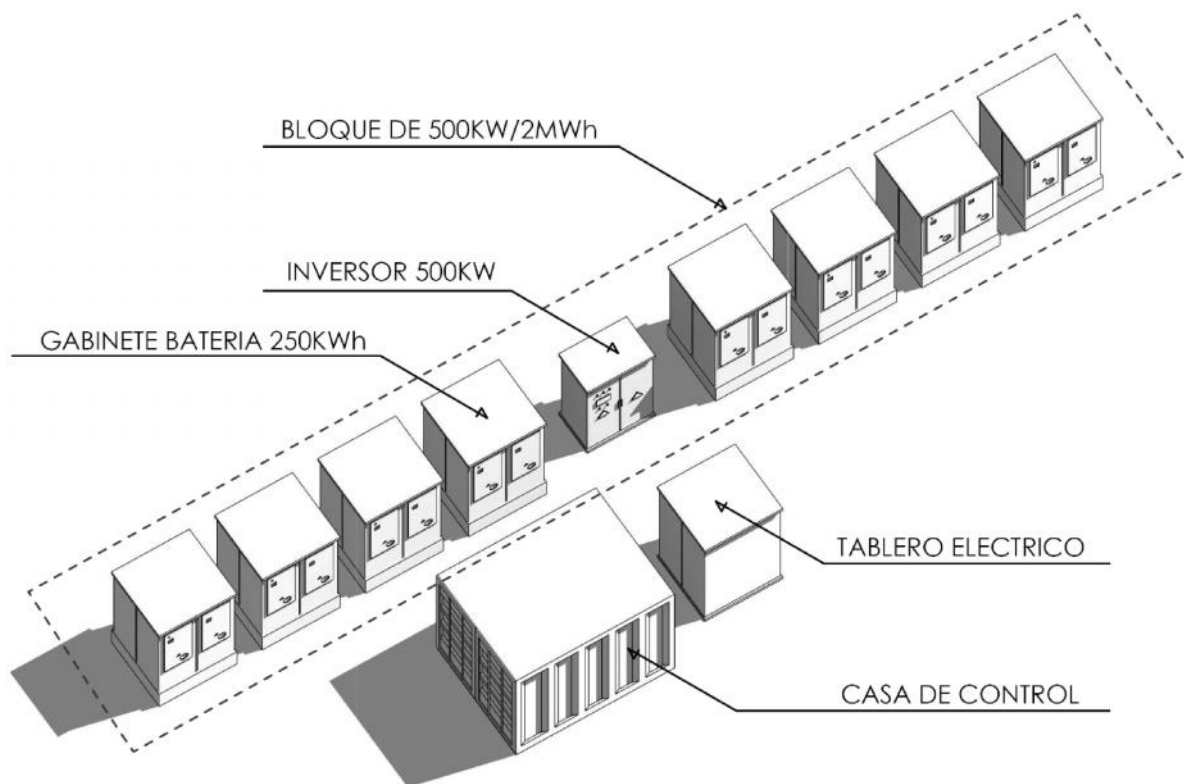


Ilustración 29. Detalle del sistema de almacenamiento BYD para Planta Terrapez.

En la imagen se puede observar el detalle de ubicación en sitio del sistema de almacenamiento BYD.



Ilustración 30. Ubicación del sistema BYD para Planta Terrapez.

En la ilustración 28, se puede visualizar el detalle unifilar de la propuesta BYD para un sistema de almacenamiento de energía de 500KW/2MWh.

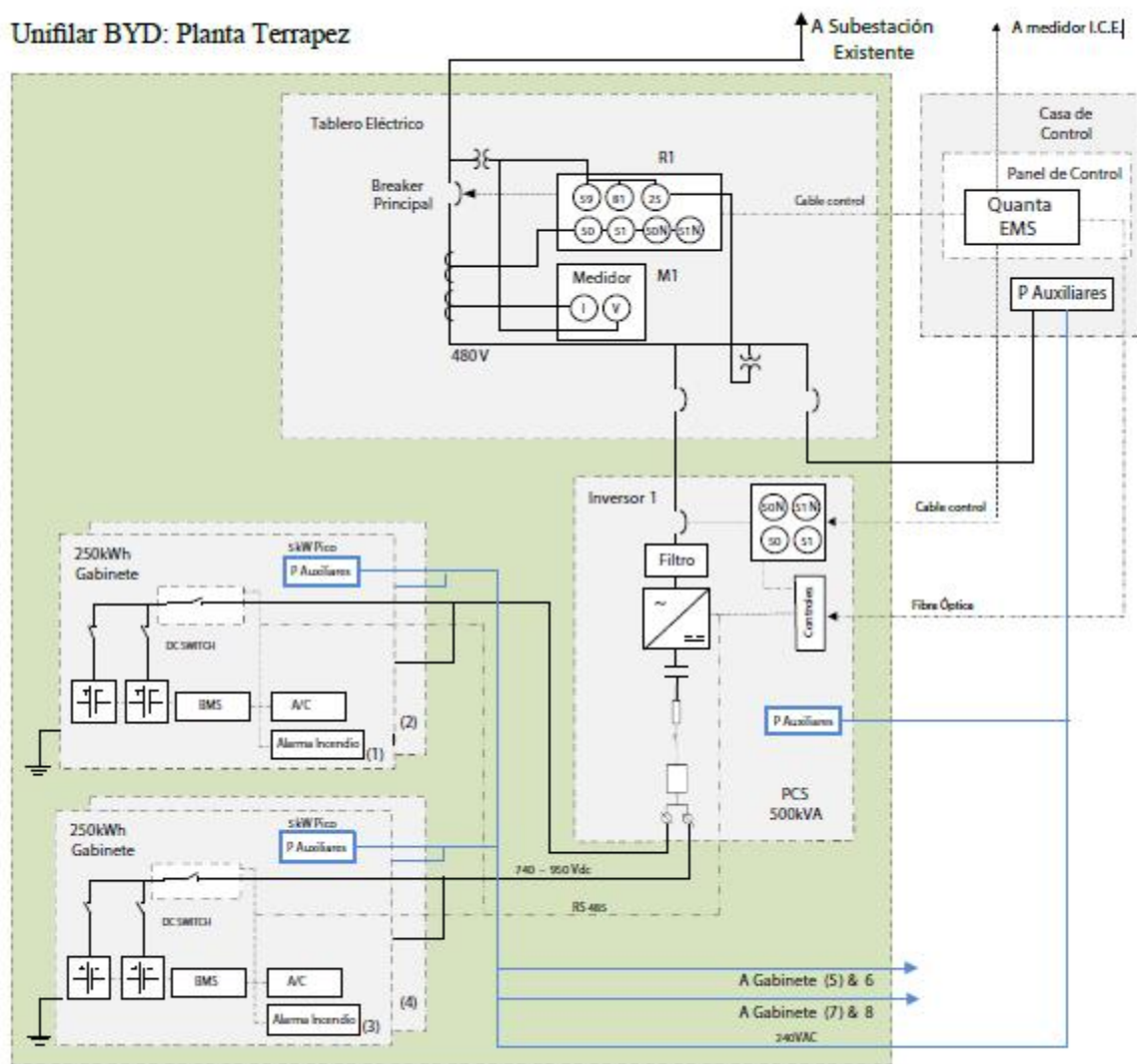


Ilustración 31. Diagrama unifilar sistema de almacenamiento BYD. Fuente: Quanta Services.

### Costo de implementación de la propuesta

La propuesta realizada por Quanta Services para el sistema de almacenamiento es un contrato llave en mano, donde implementan una caseta de control con la finalidad de cumplir con los requerimientos del sistema de almacenamiento.

Tabla 9. Inversión Equipos BYD

<i>Inversión Equipos BYD</i>
8 Gabinetes de Baterías BYD
2000 KWh Energía Instalada

---

500 KW Inversor BYD	
Contenedor de Control	
1 Semana Supervisión Instalación	
1 Semana Comisionamiento Equipos	
1 Semana Entrenamiento Personal	
<b>Total</b>	<b>\$826.000,00</b>

---

Fuente: elaboración propia.

La presente propuesta brinda, en cualquiera de las dos opciones financieras anteriormente planteadas, excelentes propuestas de valor para la reducción de su facturación eléctrica; en la primera siendo financiada a 12 años por el Banco Popular, brinda ahorros anuales significativos obteniendo un VAN por el periodo del préstamo de 151.422.674,16. Para la segunda propuesta financiera, Aquacorporación Internacional tendría un retorno de inversión para la implementación de los equipos de almacenamiento de 5 años y dos meses, a pesar de no ser viable por lineamientos propios de la empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP). (2018). *Comportamiento de los precios medios*. Recuperado de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODMwOGM4MGMtOTljMy00NTdjLTliZmUtN2Y1MGM5Njk4OGIxIiwidCI6IjBkNzIzOGY4LWI3ODQtNDk2MC1iZGUyLTZlMzY1MGMwNDcwZCIsImMiOiR9>
- Brun, X., Elvira, O., y Puig, X. (2008). *Matemática Financiera y Estadística Básica*. Barcelona: Bresca Editorial S. L.
- Cardwell, D. (30 de junio de 2017). Tesla Gives the California Power Grid a Battery Boost. *The New York Times*. Recuperado de <https://www.nytimes.com/2017/01/30/business/energy-environment/battery-storage-tesla-california.html>
- Cartín, M. (13 de junio de 2016). *Primera Planta Hidroeléctrica* [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://micostaricadeantano.com/2016/06/13/primera-planta-hidroelectrica/>
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL). (2018). *Historia*. Recuperado de <https://www.cnfl.go.cr/sobre-cnfl-p/historia>
- Energy Storage Association. (2018). *End-User Bill Management*. Recuperado de <http://energystorage.org/energy-storage/technology-applications/end-user-bill-management>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

Hörmann, S. (2017). *Evaluación económica de un sistema de baterías para la optimización de cargos por potencia en el mercado chileno*. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/145400/Evaluaci%C3%B3n-economica-de-un-sistema-de-baterias-para-la-optimizacion-de-cargos-por-potencia-en-el.pdf?sequence=1>

Iglesias, R., Lago, A., Nogueiras, A., Martínez-Peñalver, C., Marcos, J., Quintans, C., Moure, M. y Valdés, M. (2014). *Modelado y Simulación de una Batería de Ion-Litio comercial multicelda*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Alfonso\\_Lago/publication/234588217\\_MODELADO\\_Y\\_SIMULACION\\_DE\\_UNA\\_BATERIA\\_DE\\_ION-LITIO\\_COMERCIAL\\_MULTICELDA/links/00b4951c16e463ba61000000/MODELADO-Y-SIMULACION-DE-UNA-BATERIA-DE-ION-LITIO-COMERCIAL-MULTICELDA.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Alfonso_Lago/publication/234588217_MODELADO_Y_SIMULACION_DE_UNA_BATERIA_DE_ION-LITIO_COMERCIAL_MULTICELDA/links/00b4951c16e463ba61000000/MODELADO-Y-SIMULACION-DE-UNA-BATERIA-DE-ION-LITIO-COMERCIAL-MULTICELDA.pdf)

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2017). *Registro de Agentes en la Cadena Mayorista de la Industria Eléctrica Nacional*. Recuperado de [file:///C:/Users/Ingenieria\\_03/Downloads/Registro%20de%20Agentes%20SEN.pdf](file:///C:/Users/Ingenieria_03/Downloads/Registro%20de%20Agentes%20SEN.pdf)

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2018a). *Historia del ICE*. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/AcercadelGrupoICE/quienes-somos/historia-del-ice>

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2018b). Tarifas del ICE. *La Gaceta nro. 123, Alcance 115*. Recuperado de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/669c79e9-84c9-4682-b63b-136238ebc7e2/tarifas+ice+gaceta+alcance+106+junio+27+2016.pdf?MOD=AJPERES>

Montenegro, C. (2016). Tarifas en Electricidad y Combustibles para el año 2017: ¿Apoyarán o empeorarán la competitividad de la Industria? *VII Congreso Nacional de la Energía*. San José.

Rocky Mountain Institute. (2017). *The Economics of Battery Energy Storage*. Recuperado de <https://www.rmi.org/wp-content/uploads/2017/03/RMI-TheEconomicsOfBatteryEnergyStorage-FullReport-FINAL.pdf>

St. Peter's Fish. (2004). *Tilapia*. Recuperado de <http://www.tilapia.co.cr/>

Universidad de Eibar. (2011). *Energías Renovables*. Escuela de Industrial, País Vasco. Recuperado de <http://www.sc.ehu.es/sbweb/energias-renovables/temas/almacenamiento/almacenamiento.html#r1>

## Anexo 1

## Perfil de carga enero 2018

ENERO										
Hora	L	K	M	J	V	S	D	L	K	M
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	324,12	510,16	727,55	725,34	645,78	659,49	742,97	483,24	642,11	628,40
00:30	340,52	508,20	729,26	739,79	479,32	660,72	721,18	513,59	637,70	646,03
00:45	328,28	518,49	695,72	745,42	680,05	662,92	732,69	501,84	619,83	635,01
01:00	343,94	510,41	690,09	721,43	669,28	639,17	727,06	496,21	626,93	633,79
01:15	322,40	501,11	660,96	719,71	697,68	640,15	706,74	498,41	612,00	594,37
01:30	342,23	511,39	670,51	732,20	683,48	650,19	688,87	492,78	612,73	594,13
01:45	327,79	507,72	635,75	714,57	677,12	636,72	694,74	487,15	592,91	581,16
02:00	339,29	494,01	614,20	731,22	677,12	649,70	677,12	495,72	570,63	588,50
02:15	329,99	504,53	617,14	706,25	671,49	629,63	592,17	479,32	547,62	594,13
02:30	333,42	503,80	618,85	693,52	676,63	624,97	599,27	483,48	504,78	595,60
02:45	332,93	482,50	605,88	687,15	683,97	569,40	615,43	464,88	453,37	574,79
03:00	329,01	483,97	538,56	680,30	627,18	540,76	613,96	437,21	463,65	573,08
03:15	334,15	497,19	541,74	681,52	593,40	541,50	623,51	471,00	477,85	572,34
03:30	324,12	526,32	559,61	690,09	613,22	536,11	621,55	484,95	537,83	557,16
03:45	342,48	579,20	549,33	700,37	551,29	541,99	574,30	508,69	589,72	546,88
04:00	323,87	576,99	567,69	667,08	554,72	554,72	554,96	569,16	657,04	522,65
04:15	339,78	642,11	655,82	667,08	651,17	591,19	554,23	627,91	668,30	508,94
04:30	325,83	668,06	674,67	668,79	683,24	639,17	610,29	671,98	675,40	519,71
04:45	342,48	671,49	686,17	668,79	687,64	673,44	624,00	659,00	698,66	512,61
05:00	327,05	677,36	692,54	685,68	694,99	672,22	640,89	668,55	695,97	499,15
05:15	334,89	673,93	681,28	687,15	705,76	669,04	623,51	673,44	694,99	497,43
05:30	324,36	682,99	694,74	692,05	718,49	688,62	628,89	688,13	735,38	503,80
05:45	340,27	667,32	706,25	695,23	710,41	691,32	623,51	743,95	780,91	492,54
06:00	314,32	669,77	679,32	698,41	712,37	679,81	606,12	753,74	769,41	500,62
06:15	319,46	671,98	674,91	707,72	751,54	695,72	568,18	761,33	772,10	481,28
06:30	311,39	669,77	687,40	687,89	797,07	763,04	501,84	769,65	769,65	463,90
06:45	323,63	659,49	675,16	699,39	771,85	747,62	396,82	758,88	753,25	471,97
07:00	318,00	603,68	681,52	729,99	772,83	743,95	359,61	765,73	786,79	448,23
07:15	326,07	672,71	681,03	774,30	776,75	755,70	345,90	779,69	766,22	464,14
07:30	321,91	662,92	696,46	756,43	780,67	734,64	336,60	761,33	751,05	451,41
07:45	327,30	666,84	691,07	769,90	774,55	753,00	347,86	762,55	775,77	459,98
08:00	326,81	673,69	682,50	783,12	762,31	748,35	315,79	791,93	793,89	438,19
08:15	322,89	679,56	710,65	765,24	784,09	743,70	331,46	785,56	781,40	443,58
08:30	331,70	671,00	678,83	768,18	774,30	720,20	327,30	802,45	777,48	457,04
08:45	322,89	680,79	678,10	784,09	780,42	750,31	334,15	790,95	792,42	468,06
09:00	332,19	704,29	711,88	777,97	775,53	762,80	360,10	794,38	781,89	459,49
09:15	312,12	679,32	701,60	778,22	778,71	740,03	360,59	794,38	773,08	413,22
09:30	329,26	680,05	713,35	793,64	738,56	738,32	375,52	797,56	796,33	457,29
09:45	318,48	698,66	719,47	796,33	773,57	749,58	365,98	792,91	767,45	458,51
10:00	338,56	698,41	713,84	803,92	763,04	760,59	338,07	804,90	777,00	483,24

## Perfil de carga febrero 2018

FEBRERO										
Hora	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	522,89	755,45	681,52	720,69	476,87	763,29	790,70	487,15	853,86	826,20
00:30	504,29	730,73	696,46	719,47	472,22	762,55	786,05	497,68	817,88	816,65
00:45	521,18	730,24	666,59	728,28	470,26	767,20	789,72	506,49	794,62	805,64
01:00	524,85	647,99	672,71	780,18	449,21	771,36	828,65	533,66	735,62	703,80
01:15	510,65	609,06	668,79	735,38	455,57	764,27	793,64	510,41	677,12	689,36
01:30	533,91	594,62	652,64	690,34	455,82	761,33	776,02	525,83	655,82	679,08
01:45	522,40	538,56	669,28	712,61	444,31	750,31	783,60	554,96	670,26	666,84
02:00	540,76	551,53	647,99	685,44	434,52	743,21	758,15	524,12	654,84	666,84
02:15	529,01	522,65	581,16	669,77	405,39	752,03	748,84	513,10	645,05	665,12
02:30	533,66	536,36	529,26	640,64	408,33	718,24	746,40	516,04	565,00	678,10
02:45	549,33	554,96	544,19	596,33	411,26	706,74	721,67	511,88	541,99	663,90
03:00	533,42	539,05	546,39	500,13	398,53	625,46	725,83	526,56	527,30	636,97
03:15	548,11	541,01	550,07	465,36	421,30	601,23	734,89	534,15	544,92	592,66
03:30	530,24	556,43	561,57	466,34	437,95	609,06	709,43	527,30	535,87	597,07
03:45	534,40	553,25	571,61	458,27	436,97	565,98	658,27	528,52	541,25	611,27
04:00	593,88	587,76	673,20	466,83	478,34	551,78	669,77	569,65	560,10	600,25
04:15	632,81	674,67	700,37	460,47	544,19	630,60	652,88	623,02	616,90	697,19
04:30	684,95	680,05	763,29	470,02	552,76	645,78	663,16	651,41	665,12	746,40
04:45	671,98	693,03	755,45	417,87	571,12	677,85	582,13	699,39	667,08	857,53
05:00	686,66	710,90	762,06	388,99	570,38	748,35	575,52	690,34	683,24	870,02
05:15	763,78	750,56	837,95	384,09	557,16	839,66	597,80	741,50	827,91	845,29
05:30	760,10	782,38	844,07	380,42	722,40	861,45	585,81	742,23	836,73	867,33
05:45	738,81	781,16	823,26	368,91	753,98	840,15	570,63	740,76	846,27	871,98
06:00	731,22	752,76	837,71	375,77	793,64	843,34	569,16	770,14	844,32	845,54
06:15	766,96	741,99	841,62	348,11	809,31	829,63	552,27	754,96	823,02	862,92
06:30	764,27	758,88	821,55	255,08	802,70	853,37	558,39	753,49	854,35	839,66
06:45	768,43	764,02	812,74	274,18	788,99	820,32	565,98	838,93	833,30	843,09
07:00	779,93	770,63	807,60	262,92	737,34	841,62	551,78	816,65	836,97	853,86
07:15	777,48	769,41	711,39	271,73	704,78	813,96	570,38	833,79	839,66	828,89
07:30	771,85	765,24	753,25	259,00	752,03	837,22	568,67	840,89	766,96	844,56
07:45	781,65	775,28	817,88	260,71	760,59	829,87	554,23	832,08	770,39	841,87
08:00	762,55	760,59	828,65	248,23	794,87	819,59	574,79	842,36	812,49	893,52
08:15	797,07	774,30	840,40	246,27	810,78	819,35	566,96	818,86	824,98	882,26
08:30	782,38	781,89	810,04	244,56	818,86	833,79	580,18	777,73	848,23	862,19
08:45	784,09	777,24	845,54	245,53	851,90	838,20	591,68	794,38	826,93	855,33
09:00	788,99	791,93	838,93	257,28	834,03	859,98	570,63	799,52	852,64	858,51
09:15	788,26	779,20	835,99	246,76	845,78	829,14	580,67	807,35	841,38	869,77
09:30	792,42	798,05	854,60	267,08	870,26	868,80	583,11	826,20	834,52	862,43
09:45	785,56	805,15	862,92	250,92	878,59	857,29	565,98	810,53	853,37	866,35
10:00	786,79	784,58	840,40	274,91	863,16	878,83	543,95	809,80	861,94	878,34
10:15	808,57	774,30	856,80	275,89	881,04	853,86	495,48	835,26	882,99	858,02
10:30	797,07	812,49	861,94	277,11	913,84	883,48	502,33	827,42	855,58	867,08
10:45	783,85	863,41	833,79	277,36	885,69	886,42	522,89	804,90	892,05	858,02
11:00	781,65	870,02	828,65	270,99	892,30	876,63	493,27	824,00	873,69	866,10
11:15	791,93	856,80	838,93	282,01	872,22	878,10	500,13	831,10	871,73	858,02
11:30	790,95	904,29	849,95	275,64	915,80	869,28	494,74	829,87	863,65	848,72
11:45	798,05	874,67	855,09	274,91	893,76	855,33	495,96	820,57	860,47	858,02
12:00	796,58	847,99	866,59	282,74	893,03	799,76	498,66	851,66	895,48	858,51

## Perfil de carga marzo 2018

Marzo										
Hora	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	736,85	756,68	764,51	751,54	498,41	753,74	756,92	745,17	790,70	769,65
00:30	742,97	782,14	745,17	735,87	510,41	749,58	766,96	733,67	773,32	768,43
00:45	732,20	770,88	752,52	745,17	509,92	737,09	759,12	740,28	776,26	768,43
01:00	721,92	737,34	734,89	759,12	523,63	783,60	766,96	741,74	776,75	764,76
01:15	653,13	737,83	753,74	714,08	527,05	731,71	756,19	724,61	773,81	774,30
01:30	647,25	688,38	748,35	666,59	506,74	744,68	726,57	714,57	791,44	740,28
01:45	665,61	654,11	734,64	634,03	523,38	731,95	728,04	701,60	754,23	687,15
02:00	641,62	661,94	673,69	601,47	513,35	615,18	677,85	654,35	741,74	666,35
02:15	637,95	653,37	657,29	609,31	500,13	600,98	601,72	656,55	730,48	673,69
02:30	586,30	658,02	652,15	605,15	511,63	610,04	605,15	630,12	665,86	677,61
02:45	534,64	609,31	631,34	591,68	513,35	606,12	560,35	579,93	633,05	659,74
03:00	540,27	589,23	577,48	597,80	477,85	539,05	533,91	577,97	609,80	682,50
03:15	538,07	580,67	589,97	591,93	501,84	547,13	546,88	605,64	613,22	668,55
03:30	529,01	533,91	599,76	590,46	522,89	552,02	537,09	597,80	636,97	684,46
03:45	546,39	549,58	596,82	591,19	539,05	555,70	550,07	600,25	619,83	694,01
04:00	569,89	569,65	623,51	584,09	542,48	590,70	611,27	665,86	695,72	704,29
04:15	652,88	641,87	667,32	592,42	607,35	646,76	632,81	693,27	703,31	723,14
04:30	699,64	718,73	793,15	652,15	657,29	701,11	773,57	819,10	779,69	852,15
04:45	774,30	759,37	843,83	673,93	661,45	800,50	840,40	881,04	874,92	894,99
05:00	777,97	834,52	846,03	617,88	682,99	883,97	853,62	866,59	885,93	882,75
05:15	819,59	854,84	853,62	638,93	751,29	864,14	852,64	849,70	894,25	861,21
05:30	826,20	843,83	841,62	660,47	791,68	879,57	861,45	855,58	907,47	894,25
05:45	820,08	879,08	834,77	668,30	845,05	889,11	858,02	870,26	898,91	883,73
06:00	840,64	858,02	847,74	680,30	850,92	869,04	857,29	856,07	901,84	866,35
06:15	814,45	854,35	845,54	654,60	852,64	858,02	839,66	879,32	883,48	854,60
06:30	854,84	849,70	838,93	592,17	852,15	865,12	845,54	853,62	882,50	868,80
06:45	808,33	871,73	818,12	494,50	850,68	831,10	853,13	857,04	889,85	843,83
07:00	815,18	858,27	810,78	471,00	853,86	822,53	832,56	877,12	875,16	842,11
07:15	821,55	858,02	852,88	486,66	841,62	843,34	836,97	858,02	880,06	845,29
07:30	814,20	882,01	831,10	480,05	844,32	851,66	854,84	859,74	880,06	837,71
07:45	832,56	858,51	826,69	464,14	869,53	861,94	856,80	871,98	879,57	860,96
08:00	826,44	855,58	841,13	458,51	825,22	848,48	863,65	877,36	872,47	866,10
08:15	832,08	887,16	849,70	478,58	868,55	841,87	879,81	875,40	884,95	859,25
08:30	871,73	888,13	853,62	458,27	894,99	878,83	854,35	885,20	886,67	869,04
08:45	898,66	901,84	833,79	468,79	874,67	853,13	852,64	858,51	904,05	865,12
09:00	900,86	900,37	850,68	503,31	870,75	903,80	876,14	869,28	893,03	870,26
09:15	879,32	884,22	848,48	461,20	873,20	902,33	844,07	885,93	886,18	625,22
09:30	894,25	891,56	835,99	509,18	885,69	902,58	837,22	846,52	913,84	854,84
09:45	878,34	876,63	849,21	508,45	877,85	900,62	894,25	912,86	885,44	841,38
10:00	867,57	900,62	851,90	515,30	893,52	888,38	898,91	896,46	895,23	845,29
10:15	852,88	873,94	851,17	522,89	892,30	884,95	878,83	928,04	903,31	835,01
10:30	858,51	909,68	855,09	490,09	873,20	865,61	847,25	841,62	886,42	851,41
10:45	917,76	907,47	861,21	497,68	885,69	872,71	875,89	877,36	938,07	877,61
11:00	899,64	937,09	866,84	540,76	886,91	886,91	873,20	911,39	910,66	885,20
11:15	918,24	901,11	854,35	621,06	859,74	867,82	842,36	944,93	868,06	874,43
11:30	907,23	906,74	864,14	610,29	879,57	858,27	854,11	904,29	885,44	876,14
11:45	908,21	902,58	874,67	624,97	888,87	869,53	872,22	916,29	862,43	872,22
12:00	928,53	883,97	866,59	605,15	880,06	874,43	874,18	896,95	891,32	880,06

## Perfil de carga abril 2018

ABRIL										
Hora	D	L	K	M	J	V	S	D	L	K
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	770,39	453,86	680,79	620,08	448,47	635,99	533,42	742,23	518,49	718,49
00:30	767,69	451,41	696,46	633,79	437,70	626,93	530,97	679,08	530,73	723,63
00:45	767,94	449,21	692,05	611,27	458,02	624,97	517,51	651,90	517,75	721,18
01:00	762,80	460,22	676,63	611,76	451,17	628,40	525,83	651,66	532,20	717,75
01:15	768,67	458,27	697,44	610,29	443,58	617,63	539,29	681,52	534,40	708,21
01:30	750,31	445,29	689,60	598,05	462,18	643,09	533,17	671,00	517,51	697,92
01:45	765,24	451,41	687,89	606,61	442,11	611,76	531,95	683,24	509,18	709,43
02:00	734,16	451,66	674,67	612,00	454,59	612,00	510,90	632,56	513,84	690,34
02:15	741,25	434,76	665,37	588,74	459,49	607,35	517,02	635,50	499,88	699,88
02:30	739,30	457,04	660,23	595,11	453,61	604,66	487,40	658,02	513,10	688,38
02:45	725,10	449,94	600,98	616,65	452,15	618,36	491,56	669,04	516,53	713,59
03:00	724,36	451,66	605,15	590,21	461,45	618,61	517,51	666,84	518,00	617,39
03:15	662,92	471,48	618,36	584,34	454,10	622,53	515,55	651,90	525,34	637,46
03:30	644,07	467,81	629,14	585,32	520,69	632,56	589,23	639,42	544,68	645,54
03:45	603,68	473,20	627,91	573,57	595,84	654,84	636,97	668,79	552,02	645,78
04:00	600,49	529,26	675,40	577,48	644,31	685,20	653,86	624,97	592,17	671,73
04:15	575,04	561,08	766,47	583,36	685,93	728,04	720,94	570,63	629,63	734,16
04:30	585,56	591,93	817,63	585,32	777,48	766,47	771,61	565,98	677,12	789,24
04:45	593,15	593,15	867,57	586,79	808,82	811,51	797,80	566,71	686,66	812,49
05:00	574,79	603,19	874,18	600,74	835,99	824,73	812,74	582,62	690,09	804,66
05:15	514,08	596,58	865,61	587,03	844,80	794,87	790,95	570,63	708,94	813,96
05:30	504,29	616,65	880,30	574,79	842,11	804,90	807,84	568,43	712,61	804,90
05:45	511,14	775,77	886,18	578,46	842,11	814,20	878,10	570,63	781,65	875,89
06:00	513,59	802,45	881,77	570,87	850,19	801,72	861,70	563,04	821,55	904,29
06:15	494,25	803,43	896,95	554,72	833,30	810,04	872,47	553,98	858,51	880,06
06:30	511,14	803,68	884,71	566,47	858,76	797,56	893,52	543,21	882,26	908,70
06:45	497,92	806,13	875,65	553,25	877,12	804,66	884,22	408,08	858,02	881,04
07:00	493,76	811,76	863,16	554,47	881,28	806,62	868,55	360,84	876,14	896,70
07:15	440,15	800,74	871,73	493,27	899,40	829,14	879,57	359,61	861,94	895,72
07:30	343,45	807,11	877,36	519,22	902,09	878,10	869,53	320,69	878,10	891,07
07:45	359,37	836,73	886,91	538,56	879,32	909,92	884,95	329,50	882,01	920,45
08:00	341,25	889,85	865,12	530,97	929,02	889,36	905,03	304,29	890,09	916,78
08:15	350,80	882,75	881,28	542,23	907,96	899,40	901,11	301,59	884,71	902,33
08:30	347,13	887,16	887,64	536,36	904,54	891,32	913,35	287,15	824,73	917,51
08:45	360,84	907,23	882,75	556,92	911,39	927,06	906,49	309,92	835,26	919,96
09:00	346,88	898,42	883,24	538,56	904,05	938,07	910,17	296,45	835,99	921,18
09:15	355,45	892,30	857,29	555,70	899,15	922,16	902,33	311,14	850,19	918,00
09:30	346,39	911,64	877,36	547,86	913,59	927,30	904,05	295,47	910,17	913,35
09:45	356,18	902,82	869,04	551,78	898,91	931,46	762,31	308,94	912,37	956,68
10:00	345,90	895,48	877,36	552,76	904,54	914,08	905,27	302,08	943,21	937,34
10:15	357,41		914,08	553,25	906,74	929,51	893,28	301,35	955,70	936,85
10:30	339,29		899,40	567,45	890,58	940,52	898,91	304,04	932,20	964,51
10:45	355,69		915,06	490,09	894,74	929,51	871,00	297,92	944,68	927,06
11:00	342,23		901,11	442,35	895,23	934,16	884,71	311,14	939,30	927,79
11:15	359,86		904,05	488,87	880,30	916,29	875,16	290,09	938,07	916,29
11:30	344,43		917,27	506,98	844,80	938,56	856,56	308,94	946,64	913,10
11:45	358,14		904,54	494,50	830,61	924,61	871,24	290,58	932,44	920,20
12:00	345,66		898,17	510,90	818,61	924,61	876,38	304,04	936,85	924,61

## Perfil de carga mayo 2018

MAYO										
Hora	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	803,43	610,04	439,17	661,94	801,72	783,85	397,07	830,85	828,16	650,68
00:30	805,39	619,83	438,68	662,18	804,66	738,56	408,57	833,79	836,24	672,47
00:45	812,74	626,69	451,41	665,37	796,82	726,32	402,70	822,04	840,40	682,26
01:00	824,49	629,63	457,04	658,27	754,47	756,68	404,41	837,22	847,74	677,36
01:15	767,20	615,67	458,27	637,95	722,40	768,67	405,63	817,88	824,24	704,53
01:30	792,42	540,03	462,43	644,80	712,12	737,09	407,10	821,06	820,32	672,71
01:45	719,96	535,62	461,94	631,83	693,76	752,27	423,99	755,94	758,88	648,72
02:00	677,85	536,60	467,08	617,63	708,45	656,31	427,18	706,49	698,66	618,61
02:15	630,85	537,83	463,65	611,02	702,58	631,58	430,60	694,25	657,04	622,04
02:30	624,24	536,36	458,76	629,38	693,76	647,01	423,50	670,75	627,18	600,98
02:45	620,57	535,13	454,35	624,97	688,62	620,32	400,74	621,30	616,16	496,21
03:00	631,34	531,95	457,04	628,16	705,02	578,22	410,04	622,77	584,58	463,65
03:15	642,84	527,30	479,32	639,17	706,49	583,85	443,82	630,36	523,87	459,49
03:30	635,26	530,48	499,39	653,13	706,98	579,44	461,20	625,95	538,56	457,04
03:45	651,41	535,13	501,84	646,27	699,64	570,14	552,51	644,80	539,54	471,97
04:00	794,13	524,36	542,48	694,74	730,97	574,55	624,24	698,66	534,40	505,51
04:15	820,81	501,11	585,07	767,94	789,48	558,63	713,10	718,24	516,77	577,97
04:30	879,81	502,57	600,74	886,18	853,13	550,31	793,89	762,06	580,67	651,66
04:45	882,01	509,67	683,48	899,88	874,18	561,08	797,80	809,31	632,07	689,85
05:00	855,09	505,51	734,89	871,73	873,45	544,92	763,53	807,11	656,31	672,47
05:15	866,84	496,70	762,80	905,03	877,61	546,15	833,79	848,97	722,16	669,77
05:30	890,09	509,18	778,71	892,30	880,30	548,84	899,40	882,26	727,79	743,95
05:45	883,97	508,20	792,66	910,41	886,67	538,56	906,00	866,84	712,61	758,15
06:00	899,40	494,25	787,77	910,17	901,35	549,82	896,46	907,72	687,15	764,76
06:15	890,58	499,39	786,30	919,22	899,40	528,28	904,54	882,75	669,28	822,53
06:30	880,79	504,04	798,78	904,78	914,57	544,44	927,30	872,22	631,34	830,12
06:45	894,25	486,17	834,52	910,17	909,68	548,35	917,02	899,64	595,60	838,68
07:00	895,48	500,86	867,08	922,41	917,27	459,49	910,17	864,63	608,08	833,05
07:15	896,46	464,39	865,61	902,09	888,38	536,11	909,43	867,33	587,76	874,18
07:30	906,98	436,48	878,10	913,84	918,49	544,19	914,82	899,88	534,15	894,50
07:45	915,55	460,71	885,93	931,71	923,63	536,60	907,96	878,59	529,75	902,82
08:00	901,60	461,94	871,73	928,53	915,31	531,22	910,90	883,97	543,46	910,41
08:15	883,48	464,88	890,09	929,26	918,49	519,47	893,03	883,73	531,46	892,05
08:30	905,52	477,36	903,56	954,48	932,93	525,10	946,15	905,52	549,09	937,34
08:45	918,49	482,75	904,29	945,66	924,85	529,50	946,64	929,51	537,34	906,98
09:00	924,36	479,32	925,83	934,65	941,01	553,98	918,00	929,75	556,19	909,68
09:15	931,22	507,47	920,94	938,32	930,48	611,27	914,57	914,82	533,66	920,20
09:30	911,64	554,72	912,37	928,77	926,08	629,38	904,54	910,66	570,87	923,14
09:45	908,70	536,36	906,98	948,11	947,62	617,63	913,59	921,43	569,89	930,24
10:00	902,33	424,97	925,10	932,69	934,65	632,56	917,51	927,06	567,94	933,91
10:15	952,52	412,73	937,58	922,16	923,14	695,48	949,82	920,20	646,03	943,21
10:30	957,41	401,47	935,14	958,64	958,39	768,67	945,66	941,26	645,78	932,93
10:45	950,80	430,11	928,04	945,17	933,42	764,76	949,82	903,80	636,24	956,68
11:00	936,60	420,08	923,39	943,46	927,06	763,53	831,10	891,32	698,90	944,68
11:15	941,01	446,27	921,92	943,21	923,63	741,01	852,88	921,92	697,19	957,41
11:30	953,74	441,62	944,44	953,25	930,00	781,16	879,32	921,67	724,36	955,70
11:45	936,36	452,64	948,36	937,58	919,71	745,66	868,55	935,38	700,62	945,17
12:00	941,50	446,03	962,06	960,11	930,73	775,77	866,10	946,89	700,86	917,27

## Perfil de carga junio 2018

JUNIO										
Hora	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
KW										
00:15	818,12	802,45	720,20	533,91	806,86	812,74	464,63	816,41	820,57	797,56
00:30	816,16	833,79	738,56	543,46	804,90	808,82	427,18	805,15	802,45	784,34
00:45	822,28	817,14	740,52	519,96	813,47	809,06	383,36	804,41	793,40	789,72
01:00	843,09	778,22	740,03	518,00	799,27	819,10	399,27	814,45	801,96	812,00
01:15	820,81	728,77	679,32	541,25	809,06	825,47	398,78	799,27	800,99	781,16
01:30	763,78	738,56	662,18	552,02	820,32	821,55	520,93	798,54	803,68	741,74
01:45	686,42	718,24	666,35	539,29	817,14	804,66	529,50	814,20	788,50	714,08
02:00	668,79	727,79	648,72	539,05	803,68	787,28	525,59	792,91	811,76	671,73
02:15	650,68	733,42	648,48	538,07	655,82	723,14	530,97	743,95	768,18	633,30
02:30	650,43	718,24	646,76	536,85	648,96	716,53	523,63	716,77	709,68	658,02
02:45	652,39	726,81	640,40	520,69	636,48	727,55	516,77	699,88	638,19	648,72
03:00	668,06	724,61	645,29	546,15	649,94	699,64	528,77	641,62	646,76	636,97
03:15	664,88	717,02	645,54	553,00	651,90	667,32	541,74	646,76	646,76	644,31
03:30	682,26	740,52	635,50	576,01	665,61	576,75	550,56	654,60	656,80	596,58
03:45	700,86	756,92	641,62	584,83	678,59	554,72	581,16	673,69	673,44	569,89
04:00	634,03	752,76	653,13	609,55	707,96	565,73	610,04	662,18	705,02	567,94
04:15	803,92	832,56	640,89	673,20	751,05	547,37	667,32	731,95	749,58	569,16
04:30	908,94	904,54	637,21	823,75	881,04	561,57	761,57	770,39	800,25	560,10
04:45	925,83	906,00	638,93	887,40	911,88	552,27	795,84	870,75	824,98	568,43
05:00	919,96	898,17	639,91	884,71	924,61	531,22	801,23	909,68	822,77	577,48
05:15	913,59	902,58	634,52	896,46	931,71	544,92	819,59	887,40	870,75	560,59
05:30	927,06	915,55	608,33	907,47	891,56	531,22	851,41	858,76	894,74	538,07
05:45	933,18	916,29	546,64	894,50	925,59	526,81	875,65	879,08	875,65	541,01
06:00	930,24	915,31	553,74	895,97	910,90	532,68	872,22	922,16	891,07	519,71
06:15	927,79	888,38	508,69	883,48	917,02	499,88	863,90	913,10	911,64	532,44
06:30	910,90	915,55	498,90	904,78	901,60	496,94	888,62	912,61	893,52	492,54
06:45	903,80	901,35	400,98	909,92	900,13	483,24	869,28	885,69	898,66	466,59
07:00	914,57	899,88	334,64	917,02	903,80	497,92	893,76	896,46	913,84	359,12
07:15	898,66	916,04	340,03	901,11	903,80	499,88	885,69	910,17	888,87	370,63
07:30	920,20	894,74	357,65	897,68	902,33	471,00	887,40	899,15	893,76	362,79
07:45	917,02	908,70	350,31	917,02	910,90	491,31	916,29	914,82	906,49	368,42
08:00	920,45	916,53	353,49	898,91	921,43	488,38	894,99	911,15	896,21	362,79
08:15	910,66	718,73	338,80	901,84	905,52	534,40	895,23	906,98	935,38	359,61
08:30	909,68	935,87	343,21	907,47	921,92	498,41	905,27	927,30	927,06	368,91
08:45	923,39	909,68	355,94	929,26	939,54	544,68	922,41	907,72	899,15	378,46
09:00	929,51	911,15	332,19	915,06	928,04	530,48	899,40	929,02	899,40	376,01
09:15	919,47	893,76	356,67	917,27	906,49	529,26	929,02	916,53	922,16	368,67
09:30	930,48	916,29	348,60	915,80	926,81	554,72	928,77	930,48	902,09	372,83
09:45	957,90	909,92	336,36	922,65	902,09	551,04	917,02	924,12	916,53	371,85
10:00	934,16	908,70	341,50	914,57	891,81	538,56	940,77	896,95	902,82	370,38
10:15	928,53	892,54	330,48	916,29	911,15	506,49	956,43	941,75	900,86	369,89
10:30	936,12	893,03	350,31	922,65	911,64	546,39	931,95	927,55	895,23	373,32
10:45	915,80	903,56	345,66	945,17	900,13	535,38	943,70	909,19	896,95	388,50
11:00	907,96	901,60	383,60	920,94	898,91	522,89	939,79	936,85	891,56	392,90
11:15	913,84	896,95	425,46	925,34	905,76	534,64	920,45	907,72	886,67	377,48
11:30	906,49	919,47	426,44	923,39	920,94	559,61	915,80	925,10	918,24	398,53
11:45	906,00	882,50	466,10	926,08	917,76	549,09	915,06	918,24	893,03	381,64
12:00	905,52	907,23	483,97	931,22	909,19	502,82	919,47	914,33	913,84	375,77

## Perfil de carga promedio enero - junio 2018

Día	Hora	Perfil de Carga Promedio Enero - Junio 18
Lunes	00:15	528,97
	00:30	533,92
	00:45	528,01
	01:00	518,09
	01:15	510,29
	01:30	507,27
	01:45	505,14
	02:00	505,32
	02:15	494,01
	02:30	489,00
	02:45	488,10
	03:00	491,76
	03:15	500,19
	03:30	519,72
	03:45	536,34
	04:00	578,16
	04:15	642,18
	04:30	699,39
	04:45	727,37
	05:00	734,58
	05:15	749,17
	05:30	788,72
	05:45	805,67
	06:00	811,22
	06:15	823,84
	06:30	832,27
	06:45	826,99
	07:00	832,40
	07:15	830,14
	07:30	833,99
	07:45	846,78
	08:00	851,89
	08:15	850,04
	08:30	860,64
	08:45	865,86
	09:00	866,81
09:15	863,71	
09:30	868,98	
09:45	874,96	
10:00	882,75	
10:15	885,64	
10:30	882,90	
10:45	886,23	
11:00	882,36	
11:15	881,33	
11:30	886,74	
11:45	886,35	
12:00	882,48	

## Anexo 2. Cálculo de almacenamiento

Día	Hora	Perfil de Carga Promedio Enero - Junio 18	Perfil de Carga Corregido	Baterías Ciclo de Carga (-)	Energía Bat KWH	Almacenamiento KWh
Lunes	00:15	528,97	845	-316,03	-79,01	-79,01
	00:30	533,92	845	-311,08	-77,77	-156,78
	00:45	528,01	845	-316,99	-79,25	-236,02
	01:00	518,09	845	-326,91	-81,73	-317,75
	01:15	510,29	845	-334,71	-83,68	-401,43
	01:30	507,27	845	-337,73	-84,43	-485,86
	01:45	505,14	845	-339,86	-84,96	-570,83
	02:00	505,32	845	-339,68	-84,92	-655,75
	02:15	494,01	845	-350,99	-87,75	-743,49
	02:30	489,00	845	-356,00	-89,00	-832,49
	02:45	488,10	845	-356,90	-89,22	-921,72
	03:00	491,76	845	-353,24	-88,31	-1010,03
	03:15	500,19	845	-344,81	-86,20	-1096,23
	03:30	519,72	845	-325,28	-81,32	-1177,55
	03:45	536,34	845	-308,66	-77,17	-1254,72
	04:00	578,16	845	-266,84	-66,71	-1321,43
	04:15	642,18	845	-202,82	-50,70	-1372,13
	04:30	699,39	845	-145,61	-36,40	-1408,53
	04:45	727,37	845	-117,63	-29,41	-1437,94
	05:00	734,58	845	-110,42	-27,60	-1465,55
	05:15	749,17	845	-95,83	-23,96	-1489,50
	05:30	788,72	845	-56,28	-14,07	-1503,57
	05:45	805,67	845	-39,33	-9,83	-1513,41
	06:00	811,22	845	-33,78	-8,45	-1521,85
	06:15	823,84	823,84	0,00	0,00	-1521,85
	06:30	832,27	832,27	0,00	0,00	-1521,85
	06:45	826,99	826,99	0,00	0,00	-1521,85
	07:00	832,40	832,40	0,00	0,00	-1521,85
	07:15	830,14	830,14	0,00	0,00	-1521,85
	07:30	833,99	833,99	0,00	0,00	-1521,85
07:45	846,78	846,78	0,00	0,00	-1521,85	
08:00	851,89	851,89	0,00	0,00	-1521,85	
08:15	850,04	850,04	0,00	0,00	-1521,85	
08:30	860,64	860,64	0,00	0,00	-1521,85	
08:45	865,86	865,86	0,00	0,00	-1521,85	
09:00	866,81	866,81	0,00	0,00	-1521,85	
09:15	863,71	863,71	0,00	0,00	-1521,85	
09:30	868,98	868,98	0,00	0,00	-1521,85	
09:45	874,96	874,96	0,00	0,00	-1521,85	
10:00	882,75	882,75	0,00	0,00	-1521,85	
10:15	885,64	885,64	0,00	0,00	-1521,85	
10:30	882,90	882,90	0,00	0,00	-1521,85	
10:45	886,23	886,23	0,00	0,00	-1521,85	
11:00	882,36	882,36	0,00	0,00	-1521,85	
11:15	881,33	881,33	0,00	0,00	-1521,85	
11:30	886,74	886,74	0,00	0,00	-1521,85	
11:45	886,35	886,35	0,00	0,00	-1521,85	
12:00	882,48	882,48	0,00	0,00	-1521,85	
12:15	882,94	882,94	0,00	0,00	-1521,85	
12:30	888,12	888,12	0,00	0,00	-1521,85	

## Anexo 3. Cálculo SOC

Día	Hora	Perfil de Carga Promedio Enero - Junio 18	Perfil de Carga Corregido	Baterías Ciclo Carga(-) Descarga (+)	Energía Bat KWH	SOC (Porcentaje Energía Disponible Baterías)
Lunes	00:15	528,97	845	-316,03	-79,01	87,09%
	00:30	533,92	845	-311,08	-77,77	89,03%
	00:45	528,01	845	-316,99	-79,25	91,02%
	01:00	518,09	845	-326,91	-81,73	93,06%
	01:15	510,29	845	-334,71	-83,68	95,15%
	01:30	507,27	845	-337,73	-84,43	97,26%
	01:45	505,14	845	-339,86	-84,96	99,39%
	02:00	505,32	602,00	-96,68	-24,17	99,99%
	02:15	494,01	494,01	0,00	0,00	99,99%
	02:30	489,00	489,00	0,00	0,00	99,99%
	02:45	488,10	488,10	0,00	0,00	99,99%
	03:00	491,76	491,76	0,00	0,00	99,99%
	03:15	500,19	500,19	0,00	0,00	99,99%
	03:30	519,72	519,72	0,00	0,00	99,99%
	03:45	536,34	536,34	0,00	0,00	99,99%
	04:00	578,16	578,16	0,00	0,00	99,99%
	04:15	642,18	642,18	0,00	0,00	99,99%
	04:30	699,39	699,39	0,00	0,00	99,99%
	04:45	727,37	727,37	0,00	0,00	99,99%
	05:00	734,58	734,58	0,00	0,00	99,99%
	05:15	749,17	749,17	0,00	0,00	99,99%
	05:30	788,72	788,72	0,00	0,00	99,99%
	05:45	805,67	805,67	0,00	0,00	100,00%
	06:00	811,22	811,22	0,00		100,00%
	06:15	823,84	823,84	0,00		100,00%
	06:30	832,27	832,27	0,00		100,00%
	06:45	826,99	826,99	0,00		100,00%
	07:00	832,40	832,40	0,00		100,00%
	07:15	830,14	830,14	0,00		100,00%
	07:30	833,99	833,99	0,00		100,00%
	07:45	846,78	846,78	0,00		100,00%
	08:00	851,89	851,89	0,00		100,00%
	08:15	850,04	850,04	0,00		100,00%
	08:30	860,64	860,64	0,00		100,00%
	08:45	865,86	865,86	0,00		100,00%
	09:00	866,81	866,81	0,00		100,00%
09:15	863,71	863,71	0,00		100,00%	
09:30	868,98	868,98	0,00		100,00%	
09:45	874,96	874,96	0,00		100,00%	
10:00	882,75	515	367,75	91,94	97,70%	
10:15	885,64	515	370,64	92,66	95,39%	
10:30	882,90	515	367,90	91,98	93,09%	
10:45	886,23	515	371,23	92,81	90,77%	
11:00	882,36	515	367,36	91,84	88,47%	
11:15	881,33	515	366,33	91,58	86,18%	
11:30	886,74	515	371,74	92,93	83,86%	
11:45	886,35	515	371,35	92,84	81,54%	
12:00	882,48	515	367,48	91,87	79,24%	

## Anexo 3. Fichas técnicas equipos BYD

### 5.5.1 BYD Battery System



BYD has developed a distributed battery storage solution. The system consists of independent outdoor LiFePO<sub>4</sub> battery cabinets. Its modularity provides high reliability, increases safety, improves capacity and makes maintenance easy.

Each battery cabinet contains 272 cells, fire protection, air conditioning system and communication capabilities. The wide operating temperature range and permissible ambient humidity make the system operate at its best efficiency even in extreme environmental conditions.

Performance parameter		
Nominal capacity (kWh)	250	Test@61.25kW
Nominal power (kW)	61.25	Max power @DC side
Nominal working voltage (V)	870	
Working voltage range(V)	762 ~ 979	
Working condition		
Working environment temperature range	-20°C ~ +55°C	
Permissible Ambient Humidity	5% ~ 95%	Non-condensing
Permissible Altitude	< 2000m	
Mechanical		
Enclosure Protection Grade	IP55	Outdoor
Noise	< 65dB	
Communication Interface	RS485	
Dimension (W×D×H)	1.5 × 1.4 × 2.3 m	
Weight	3t	reference
External interface		
Power interface	1 pcs	
Auxiliary power supply interface	1 pcs	
Communication interface	1 pcs	RS485
Grounding interface	2 pcs	

### 5.5.2 BYD Inverter



BYD 500kW outdoor modularized PCS (Power Conversion System) uses advanced three-level inverter technology and modular structure design. The inverter was designed for various applications including energy conversion, power-and frequency regulation with high conversion efficiency, low output harmonics and wide permissible working environment temperature range. The compact design of PCS also makes maintenance easier, touch screen human machine interface helps operation in site and makes querying information more convenient. Remote monitoring system can be used to inspect and modify the system settings providing quick adjustment and troubleshooting capability.

DC Side Parameter		System Parameter	
DC Voltage	780-1000Vdc	Insulation Method	Without Transformer
Max. DC Current	700A	Max. Efficiency	98.25%
DC Max. Current (per input)	175A	European Efficiency	98%
AC Side Parameter		Enclosure Protection Grade	IP54
Nominal AC Voltage	480Vac	Permissible Environment Temperature	-25~+50°C
Voltage Range	432-528Vac	Permissible Humidity	4~100%
Rated.AC Current	600A	Permissible Altitude	≤3000m
Nominal Power	500kW	Noise	<65dB
Nominal Grid Frequency	60Hz	Cooling Method	Forced Wind Cooling
Power Factor	-0.9~+0.9	Ways of remove	Manual/Motor Forklift
THD	≤3%	Display	HMI
Protect Function		Communication Interface	RS485
Short Cut Protection	√	Dimension (W×D×H)	1.3m×0.8m×2m
Over Load Protection	√	Weight	<1700kg
Over Voltage/Current Protection	√	Reference standards and certification	
Voltage Abnormity Protection	√	Safety	UL 1741-2 <sup>nd</sup> Ed
Over Temperature Protection	√	Grid-connected	IEEE 1547 (2003)
Direct Current Electrode Positive Protection	√		IEEE 1547.1(2005)
LVRT	√		
Islanding Protection	√		