



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

“ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA”.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico.

Autor:

PAÚL ALFREDO LEMA OSORIO

Tutor:

PHD. ING.

SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ

Latacunga – Ecuador.

Agosto 2018

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Paúl Alfredo Lema Osorio declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA”**, siendo el Dr. Ing. Secundino Marrero Ramírez tutor del presente trabajo; y exímo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Paúl Alfredo Lema Osorio

C.C.050309486-4



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de director del Trabajo de Investigación sobre el título:

**"ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA"**

Del señor estudiante, Lema Osorio Paúl Alfredo; postulante de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio del 2018

El tutor:

  
.....  
PhD, Secundino Marrero Ramirez  
C.I. 175710790-7

### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA); por cuanto, los postulantes: Lema Osorio Paúl Alfredo con el título de Proyecto de Investigación: “ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto. Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Para constancia firman:

Latacunga, Julio del 2018



.....  
Lector 1 (Presidente)  
Ing. Mg. Franklin Vásquez  
C.I: 171043449-7



.....  
Lector 2 (Secretario)  
Ing. Mg. Gabriel Pesantez  
C.I: 030189388-9



.....  
Lector 3  
Ing. Mg. Xavier Proaño  
C.I: 050265642-4

### ***AGRADECIMIENTO***

Agradezco a nuestro dios y todas las personas que han estado en este camino, con sus palabras de ánimo y sus consejos. Agradezco reiteradamente a mi madre Bertha lo más importante en mi vida, que junto a mis hermanos Ronald, Danny y Moisés conforman una familia única. A mi padre que siempre ha estado presente con sus consejos. A mis amigos Diego, Juan Pablo, Yessenia que espero con ansias a que ustedes estén terminando su carrera junto a mis hermanos.

A cada uno de los docentes que han permitido que concluya con esta etapa, que con su amistad y enseñanzas ha transmitido su sabiduría y conocimientos. En esta magnífica carrera.

Paúl

### ***DEDICATORIA***

Dedico este trabajo a mi madre linda que día a día se ha esforzado para poder culminar con esta carrera universitaria, siendo el motor importante de mi vida. A mis hermanos que hemos vivido momentos que perduraran en el tiempo. De todo corazón gracias.

“Una batalla se pierde solo cuando la abandonas”

Paúl

## ÍNDICE

<b>1. INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.</b> .....	3
<b>3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.</b> .....	3
<b>4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.</b> .....	4
<b>5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.</b> .....	4
<b>5.1 Situación problemática</b> .....	4
<b>5.2 Formulación del problema</b> .....	5
<b>5.3 Formulación de la hipótesis</b> .....	5
<b>6. OBJETIVOS.</b> .....	5
<b>General.</b> .....	5
<b>Específicos.</b> .....	5
<b>7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.</b> .....	6
<b>8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.</b> .....	6
<b>8.2.1 Sistemas de generación eléctrica.</b> .....	8
<b>8.2.1.1 Hidráulicas</b> .....	8
<b>8.2.1.2 Centrales termoeléctricas.</b> .....	9
<b>8.2.1.3 Centrales eólicas.</b> .....	9
<b>8.2.1.4 Centrales solares</b> .....	9
<b>8.1.2 Almacenamiento de energía y sus tecnologías</b> .....	10
<b>8.1.2.1 Almacenamiento de energía por bombeo</b> .....	10
<b>8.1.2.2 Almacenamiento de energía por aire comprimido</b> .....	11
<b>8.1.2.3 Almacenamiento de energía en supercondensadores</b> .....	12
<b>8.1.2.4 Almacenamiento magnético en superconductores</b> .....	12
<b>8.1.2.5 Almacenamiento en celdas de combustibles</b> .....	13
<b>8.1.2.6 Almacenamiento por volantes de inercia.</b> .....	13
<b>8.1.2.7 Almacenamiento de energía térmica.</b> .....	14
<b>8.1.3 Almacenamiento de energía por baterías convencionales y de flujo</b> .....	15
<b>8.1.3.1 Almacenamiento por baterías.</b> .....	15
<b>8.1.3.1.1 Baterías de Ión Litio, Li-ion</b> .....	15
<b>8.1.3.1.2 Baterías de plomo – ácido</b> .....	16
<b>8.1.3.1.3 Baterías de sulfuro de sodio, NaS</b> .....	18
<b>8.1.3.1.4 Baterías de níquel- cadmio, NiCd</b> .....	19
<b>8.1.3.2 Almacenamiento de energía en baterías de flujo (REDOX).</b> .....	20
<b>8.1.3.2.1 Hierro- Cromo, Fe/Cr</b> .....	21

8.1.3.2.2	Bromo- Polisulfuro .....	22
8.1.3.2.3	Vanadio- Bromo .....	22
8.1.3.2.4	Zinc- Bromo (Zn-Br) .....	23
8.1.3.2.5	Vanadio- Vanadio .....	24
<b>9</b>	<b>METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.</b> .....	<b>31</b>
<b>9.1</b>	<b>Método de investigación</b> .....	<b>31</b>
9.1.2	Analítica .....	31
9.1.3	Deductivo .....	34
9.1.4	Hipotético- deductivo .....	34
<b>9.2</b>	<b>Tipos de investigación.</b> .....	<b>34</b>
9.2.2	Exploratoria .....	34
9.2.3	Descriptiva .....	35
9.2.4	Correlacional .....	35
9.2.5	Explicativa .....	35
9.2.6	Documental .....	35
9.2.7	Histórica .....	36
<b>9.3</b>	<b>Técnicas de investigación.</b> .....	<b>36</b>
9.3.2	Observación .....	36
<b>10</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>37</b>
<b>11</b>	<b>VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS</b> .....	<b>68</b>
<b>12</b>	<b>IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).</b> ..	<b>68</b>
<b>13</b>	<b>PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO</b> .....	<b>69</b>
<b>14</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b> .....	<b>71</b>
<b>15</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>73</b>
<b>16</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>79</b>
	<b>ANEXO I.1: Conexiones y elementos a las baterías.</b> .....	<b>79</b>
	<b>ANEXO II.1: Características técnicas de equipos de conexión</b> .....	<b>84</b>
	<b>ANEXO III.1: Precios de equipos (inversores y controladores)</b> .....	<b>85</b>
	<b>ANEXO IV.1: Cargos tarifarios</b> .....	<b>87</b>
	<b>ANEXO V.1: Baterías comerciales seleccionadas</b> .....	<b>90</b>
	<b>ANEXO VI.1: Configuración de conexiones de baterías</b> .....	<b>92</b>
	<b>ANEXO VII.1: Dimensionamiento físico de las Baterías de flujo</b> .....	<b>94</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7. 1.- Objetivos, actividades y metodología .....	6
Tabla 10. 1.-Ventajas y desventajas de baterías.....	37
Tabla 10. 2.- Ventajas y desventajas de baterías de flujo. ....	38
Tabla 10. 3.- Características baterías convencionales.....	39
Tabla 10. 4.- Características batería de flujo.....	39
Tabla 10. 5.- Datos históricos empresa Industrias Catedral S.A [56]. ....	43
Tabla 10. 6.- Datos curva de demanda diaria, bandas horaria (Lun-Vie). ....	44
Tabla 10. 7.- Datos curva de demanda diaria, bandas horarias (Sab -Dom). ....	45
Tabla 10. 8.- Pago por energía según rango de consumo.....	46
Tabla 10. 9.- Datos de consumo Lun-Vier- Caso 1 .....	46
Tabla 10. 10.-Datos de consumo Sab-Dom- Caso 1.....	46
Tabla 10. 11.- Datos de consumo- Caso 1.....	47
Tabla 10. 12.- Demanda pico y Demanda máxima- Caso 1.....	47
Tabla 10. 13.- Planilla eléctrica Industrias Catedral S.A. ....	49
Tabla 10. 14.- Barra de la industria implementación de las baterías CASO1. ....	51
Tabla 10. 15.- Carga de la industria implementación de las baterías CASO1. ....	52
Tabla 10. 16.- Datos barra de conexión de batería CASO1. ....	52
Tabla 10. 17.- Acometida de la batería CASO1. ....	53
Tabla 10. 18.- Descarga de las baterías en la barra de la industria CASO1.....	53
Tabla 10. 19.- Descarga de la batería incidencia en la carga CASO1. ....	54
Tabla 10. 20.- Descarga de la batería CASO1.....	54
Tabla 10. 21.- Descarga de la batería acometida de la batería CASO1. ....	55
Tabla 10. 22.- Temperatura vs rendimiento baterías de flujo.....	58
Tabla 10. 23.- Datos de las diferentes tecnologías para el dimensionamiento.....	59
Tabla 10. 24.- Resultados de las diferentes tecnologías para el dimensionamiento.....	59
Tabla 10. 25.- Número de baterías Ión Litio .....	60
Tabla 10. 26.- Número de baterías Plomo acido .....	60
Tabla 10. 27.- Precio de implementación para 40 kW Ión- Litio y Plomo-acido. ....	60
Tabla 10. 28.- Capacidad en base al electrolito [60].....	60
Tabla 10. 29.- Potencia de carga y descarga en la hora de trabajo. ....	61
Tabla 10. 30.- Datos históricos al aplicar una batería ideal- Caso 1.....	62
Tabla 10. 31.- Datos de consumo Lun-Vier aplicando batería ideal- Caso 1.....	63
Tabla 10. 32.- Planilla eléctrica Industrias Catedral S.A con baterías.....	64
Tabla 10. 33.- Curva de demanda diaria de industria propuesta. ....	65
Tabla 10. 34.- Datos de consumo industria propuesta. ....	66
Tabla 10. 35.- Planilla eléctrica industria propuesta.....	66
Tabla 10. 36.- Datos de consumo Lun-Vier aplicando baterías empresa propuesta.....	67
Tabla 10. 37.- Planilla eléctrica industria propuesta con baterías. ....	67
Tabla 10. 38.- Beneficio económico al implementar las diferentes tecnologías- Caso 1 .....	69
Tabla 10. 39.-Análisis del VAN Y TIR empresa CASO 1 .....	69
Tabla 10. 40.- Planilla eléctrica industria propuesta con diferentes tecnologías- Caso 2.....	70
Tabla 10. 41.- VAN y TIR empresa propuesta CASO 2.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 8. 1.-Gestión valle punta: funcionamiento tradicional [10] .....	11
Figura 8. 2.- Sistema de almacenamiento de energía mediante aire comprimido (CAES) [7]. .....	11
Figura 8. 3.- Esquema de un ultracondensador [11] .....	12
Figura 8. 4.- Esquema de un ultracondensador [13] .....	13
Figura 8. 5.- Esquema de celda de combustible [14] .....	13
Figura 8. 6.- Volante de inercia FES (FLYWHEEL ENERGY STORAGE) [16].....	14
Figura 8. 7.- TES y sus tanques de almacenamiento en Arizona y detalle de sales [19] .....	15
Figura 8. 8.- Funcionamiento de batería de Ión Litio [6].....	16
Figura 8. 9.- Proyecto almacena REE con batería de Ión-Litio [20] .....	16
Figura 8. 10.- Funcionamiento de batería plomo- ácido [6].....	17
Figura 8. 11.- Parque Eólico Texas 36 MW batería plomo- ácido [4].....	18
Figura 8. 12.- Parque Eólico Texas 36 MW sistema de baterías plomo- ácido [4].....	18
Figura 8. 13.- Partes de celda de NaS [24].....	19
Figura 8. 14.- Instalación de sistemas de baterías de Ni-Cd, Alaska [26] .....	20
Figura 8. 15.- Sistema general de batería de flujo [4].....	20
Figura 8. 16.- Transferencia de carga batería Hierro-Cromo [28].....	21
Figura 8. 17.- Transferencia de carga batería bromo-Polisulfuro [28] .....	22
Figura 8. 18.- Transferencia de carga batería vanadio-bromo (V-Br) [28].....	23
Figura 8. 19.- Sistema de batería de flujo Zinc-Bromo (Zn-Br) [5]. .....	24
Figura 8. 20.- Sistema de batería redox de vanadio [6] .....	24
Figura 8. 21.- Diagrama de conexión de equipos. ....	25
Figura 8. 22.- Diagrama de equipos de conexión [34].....	26
Figura 8. 23. - Multicluster Boxes for SUNNY ISLAND [35] .....	27
Figura 8. 24.- Diagrama de conexión de equipos [35].....	27
Figura 8. 25.- Diagrama de conexión de equipos a las baterías trifásico [38]. ....	28
Figura 8. 26.- Diagrama de conexión de sistema fotovoltaico aislado (trifásico) [40].....	29
Figura 8. 27.- Sistema de conexión Sunny Island [41] .....	30
Figura 8. 28.- Inversor SUNNY BOY 3.0-5.0 [42] .....	30
Figura 8. 29.- Sistema de conexión generador y red [43] .....	31
Figura 10. 1.- Diagrama Sistema puntual Industria Catedral S.A .....	41
Figura 10. 2.- Factor de escalamiento Industria Catedral S.A.....	41
Figura 10. 3.- Variación de voltaje Industria Catedral S.A .....	42
Figura 10. 4.- Curva de demanda diaria Industria Catedral S.A .....	42
Figura 10. 5.- Curva de pérdidas de potencia Industria Catedral S.A .....	42
Figura 10. 6.- Curva de demanda horaria (Lunes-Viernes).....	44
Figura 10. 7.- Curva de demanda horaria (Sábado-Domingo). ....	45
Figura 10. 8.- Implementación de baterías al sistema con perfiles de carga. ....	49
Figura 10. 9.- Perfil de carga de la batería ion-litio. ....	50
Figura 10. 10.- Perfil de descarga de la batería ion-litio. ....	50
Figura 10. 11.- Variación de voltaje IÓN- Litio en el sistema Industria Catedral S.A.....	50
Figura 10. 12.- Curva de demanda diaria Ión- Litio en el sistema Industria Catedral S.A.....	51
Figura 10. 13.- Perdidas de potencia Ión- Litio en el sistema Industria Catedral S.A.....	51
Figura 10. 14.- Datos temperatura promedio de Ambato [57] .....	57
Figura 10. 15.- Diagrama de barras temperatura promedio de Ambato [57] .....	57
Figura 10. 16.- Capacidad de almacenamiento vs temperatura Pb-Acido Trojan24TMX [58] .....	58
Figura 10. 17.- Capacidad de almacenamiento vs temperatura Ión –Litio [59].....	58

Figura 10. 18.- Carga y descarga ideal de la batería.....	61
Figura 10. 19.- Comparación de curvas de energía según el rendimiento. ....	62
Figura 10. 20.- Curva de demanda horaria Lun-Vie, aplicando baterías de flujo. ....	63
Figura 10. 21.- Comparación entre la curva de empresa e implementación de baterías. ....	64
Figura 10. 22.- Curva de demanda diaria propuesta de industria Lun-vie. ....	66
Figura 10. 23.- Curva de demanda diaria propuesta de industria Lun-Vie. ....	67
Figura 10. 24.- Comparación de curvas de la propuesta de industria Lun-Vie. ....	68
Figura 16. 1.- Diagrama de conexión de baterías de flujo y sus elementos monofásico. ....	79
Figura 16. 2.- Diagrama de conexión de baterías de flujo y sus elementos trifásico [38] .....	80
Figura 16. 3.- Sistema integrado a la red doméstica [60].....	81
Figura 16. 4.- Diagramas de conexión red y generación [61] .....	81
Figura 16. 5.- Conexión Sunny Island monofásico [62] .....	82
Figura 16. 6.- Conexión Sunny Island sistema trifásico [62].....	82
Figura 16. 7.- Diagrama sistema de conexión monofásico equipo [63] .....	83
Figura 16. 8.- Diagrama sistema de conexión trifásico equipo [63].....	83
Figura 16. 9.- Datos técnicos Sunny BackUP-System M / L / XL (tablero principal [65] .....	84
Figura 16. 10.- Inversores para sistemas aislados 230 V, 50 Hz [64].....	85
Figura 16. 11.- Precios de Sunny Island según la potencia de instalación [66] .....	85
Figura 16. 12.- Precios de banco de baterías para Sunny Island según la potencia de instalación [66] .....	86
Figura 16. 13.- Precio Sunny Back up 230 V, 50 Hz [67]. ....	86
Figura 16. 14.- Cargo tarifario baja y media tensión [44].....	87
Figura 16. 15.- Cargo tarifario baja tensión con y sin demanda [44]. ....	87
Figura 16. 16.- Cargo tarifario baja tensión con demanda horaria [44].....	88
Figura 16. 17.- Cargo tarifario baja tensión con demanda horaria diferenciada [44] .....	88
Figura 16. 18.- Cargo tarifario media tensión con demanda horaria [44] .....	89
Figura 16. 19.- Cargo tarifario media tensión con demanda horaria diferenciada [44] .....	89
Figura 16. 20.- Especificaciones generales Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58] .....	90
Figura 16. 21.- Costo Trojan SPRE 12225 12V 225Ah [58] .....	90
Figura 16. 22.- Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58] .....	90
Figura 16. 23.- Ciclo de vida Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58].....	91
Figura 16. 24.- Baterías de Litio- Ion 24 V 180 Ah [68] .....	91
Figura 16. 25.- Costo de baterías de Victron Litio- Ion 24 V 180 Ah [69].....	92
Figura 16. 26.- Calculo batería serie- paralelo [70].....	92
Figura 16. 27.- Conexión de baterías convencionales en serie [71] .....	92
Figura 16. 28.- Conexión de baterías convencionales en paralelo y serie [71] .....	93
Figura 16. 29.- Sistema de conexión de baterías de flujo de 400 kW-h, 120 kW [72].....	93
Figura 16. 30.- Vista de CellCube [73].....	94
Figura 16. 31.- Vista superior CellCube [73] .....	94
Figura 16. 32.- Vista frontal CellCube [73] .....	94

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Estado de carga (9.1. 1) .....	32
Profundidad de descarga (9.1. 2) .....	32
Demanda (9.1. 3) .....	32
Potencia por días de autonomía (9.1. 4) .....	33
Estado de carga según el DOD (9.1. 5).....	33
Rendimiento necesario en base a la temperatura (9.1. 6).....	33
Potencia según la temperatura (9.1. 7).....	34
Amperio/ hora requerida (9.1. 8).....	34
Factor de corrección (10.2.1).....	47
Factor de corrección en base a tablas (10.2. 2).....	47
Valor económico factor de carga (10.2. 3).....	48
Factor de potencia (10.2. 4).....	48
Penalización por bajo factor de potencia (10.2. 5).....	48
Alumbrado publico (10.2. 6).....	48

## ACRÓNIMOS

Listado alfabético de los acógonos utilizados en esta tesis:

<b>ACB</b>	:	Activa base
<b>ACFHP</b>	:	Activa fuera hora pico
<b>ACPS</b>	:	Activa pico semana
<b>ACV</b>	:	Activa valle
<b>AP</b>	:	Alumbrado público
<b>DOD:</b>	:	Depth Of Discharge (Profundidad de descarga)
<b>FP</b>	:	Factor de potencia
<b>PBFP</b>	:	Penalización bajo factor de potencia
<b>REA</b>	:	Reactivos (VAr)
<b>SOC</b>	:	State Of Charge (estado de carga)
<b>TIR</b>	:	Tasa interna de retorno
<b>VAN</b>	:	Valor actual neto

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO: "ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA"**

Autor: Lama Osorio Paúl Alfredo

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado en la eficiencia energética y el desarrollo sostenible, en el que se tomó en consideración uno de los campos importantes y en desarrollo en la actualidad el almacenamiento de la energía, haciendo una comparación breve entre las diferentes tecnologías y enfocándose a las baterías convencionales y de flujo como caso de estudio. Se realizó una recopilación bibliográfica de datos sobre las baterías para determinar las ventajas y desventajas que tienen en la parte económica, medioambiental, costos de mantenimiento, costos de implementación y las características técnicas que disponen como los ciclos de carga/descarga, densidad de energía, rendimiento entre otros parámetros. Se procedió a utilizar los datos históricos de la demanda diaria de un industria del sector ecuatoriano analizando dicho parámetro se aplicó la normativa del pliego tarifario del ARCONEL 007/00 para evaluar su incidencia de consumo mensual y los beneficios que se tiene al corregir la curva de demanda diaria en sus picos y valles para disminuir el pago de la planilla eléctrica utilizando programas como EXCEL para la simulación de los perfiles de carga, NEPLAN para los diagramas de flujo y esquemas. Se aplicó las fórmulas matemáticas financieras (VAN, TIR, VAN-INVERSIÓN y PAY BACK), para la evaluación del proyecto, observando la viabilidad económica para la implementación. En el proyecto se observa los beneficios económicos al aplanar la curva de carga según las diferentes bandas horarias al aplicar el pliego tarifario. En el análisis de la evaluación del proyecto aún no se encuentra viable la implementación de las baterías en el sistema eléctrico ecuatoriano como alternativa para almacenamiento de energía y aplanamiento de la curva ya sea por el bajo coste de la energía eléctrica en un sistema de predominio de generación hidráulica que es considerada la más barata a comparación de los otros sistemas de generación. A pesar de esta observación es una gran alternativa para la incorporación en sistemas de generación no convencionales (solares, eólicas), por su oscilación y dificultad de almacenamiento. Con la culminación del presente trabajo de investigación se pretendió solventar la necesidad de seleccionar la tecnología adecuada al implementar las baterías de flujo (REDOX) en una industria, observando sus beneficios tanto técnicos como económicos, y el análisis a proceder para determinar un proyecto de implementación de esta tecnología y las curvas resultantes de demanda diaria de la industria.

**Palabras claves:** Baterías de flujo (REDOX), pliego tarifario, densidad de energía, ciclos de carga/ descarga, rendimiento, NEPLAN, curva de demanda diaria.



PhD. Secundino Marrero Ramirez  
C.I.175710790-7

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ACADEMIC UNIT OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME:** "ANALYSIS OF FLOW BATTERIES AS A MEANS OF ENERGY STORAGE TO LEVELING THE PEAK OF LOAD, IMPROVING THE ENERGETIC EFFICIENCY OF THE ELECTRIC DEMAND PATTERN"

Author: Lema Osorio Paúl Alfredo

## ABSTRACT

This research work is focused on energy efficiency and sustainable development, which took into consideration one of the essential fields and currently developing energy storage, making a brief comparison between the different technologies and focusing on to conventional and flow batteries as a case study. A bibliographic compilation of data on the batteries was carried out to determine the advantages and disadvantages that they have in the economic, environmental, maintenance costs, implementation costs and the technical characteristics they have such as charge/discharge cycles, energy density, performance among other parameters. The researcher proceeded to use the historical data of the daily demand of an industry, later by analyzing this parameter, the rules of the tariff schedule of ARCONEL 007/00 were applied to evaluate its monthly consumption incidence and the benefits that have to correct the pattern of daily demand in its peaks and valleys to reduce the payment of the electric sheet using programs such as EXCEL for the simulation of load profiles, NEPLAN for flow diagrams and schemes. The mathematical financial formulas (NPV, IRR, NPV-INVERSION, and PAYBACK) were applied for the evaluation of the project, observing the economic viability for the implementation. The plan shows the economic benefits of leveling the load pattern according to the different time bands when applying the rate schedule. The application of the batteries in the Ecuadorian electrical system as an alternative for energy storage and leveling of the curve due to the low cost of electric power is not viable yet since in a predominance system of a hydraulic generation that is considered the cheapest compared to the other generation systems. Despite this observation, it is an excellent alternative for incorporation in non-conventional generation systems (solar, wind), due to its oscillation and storage difficulty. This research aimed to solve the necessity to select the appropriate technology when implementing the flow batteries (REDOX) in an industry, observing its technical and economic benefits, and the analysis to proceed to determine an implementation project of this technology and the curves resulting from the daily demand of the industry.

**Keywords:** Flow Batteries (REDOX), rate fee, energy density, load/discharge cycles, efficiency, NEPLAN, daily demand pattern.



## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen del proyecto de titulación del Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA** de la Facultad de **CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**, Lema Osorio Paúl Alfredo cuyo título versa "**ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA**" lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, julio del 2018

Atentamente,

  
Mg. Carolina Cisneros  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 050276643-9





## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### **Título del proyecto:**

ANÁLISIS DE LAS BATERÍAS DE FLUJO COMO MEDIO DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA PARA EL APLANAMIENTO DE PICO DE CARGA MEJORANDO LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA CURVA DE DEMANDA ELÉCTRICA

**Fecha de inicio:** 27 de marzo del 2018

**Fecha de finalización:** 14 de julio del 2018

### **Lugar de ejecución:**

Provincia de Cotopaxi, Latacunga, Barrio San Felipe- UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI - Bloque B.

### **Facultad que auspicia:**

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.

### **Carrera que auspicia:**

INGENIERÍA ELÉCTRICA.

### **Equipo de trabajo:**

Dr. Ing. Secundino Marrero Ramírez

M.s.C. Napo Pesantez

M.s.C. Xavier Proaño.

M.s.C. Franklin Vásquez

Sr. Paúl Alfredo Lema Osorio.

### **Coordinador del proyecto:**

Nombre: **Paúl Alfredo Lema Osorio.**

Teléfonos: 0998540802

Correo electrónico: [paullema1992@hotmail.com](mailto:paullema1992@hotmail.com)

**Área de Conocimiento:** INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.

**Línea de investigación:** Eficiencia energética y desarrollo sostenible.

**Sub- líneas de investigación de la Carrera:** Conversión y uso racional de la energía eléctrica.

(Se adjunta hoja de vida resumida)

# CURRÍCULUM VITAE

## DATOS PERSONALES

**NOMBRES Y APELLIDOS:** Secundino Marrero Ramírez

**FECHA DE NACIMIENTO:** (03) de (marzo) de 1957

**CEDULA DE CIUDADANÍA:** 175710790-7

**NUMEROS TELÉFONICOS:** 0987647713

**E-MAIL:** Secundino.marrero@utc.edu.ec

## ESTUDIOS REALIZADOS

**NIVEL PRIMARIO:** Escuela José Martín

**NIVEL SECUNDARIO:** Jesús Menéndez

**NIVEL SUPERIOR:** Instituto Politécnico de Kiev

**NIVEL Post GRADO:** Instituto Tecnológico de San Petersburgo

## TÍTULOS

**POSGRADO:** Phd. Automática

**PREGRADO:** Ing. Electrónica Industrial

## DATOS PERSONALES

**NOMBRE:** Lema Osorio Paul Alfredo

**DOCUMENTO DE IDENTIDAD:** 050309486-4

**FECHA DE NACIMIENTO:** (13) de (enero) de (1992)

**LUGAR DE NACIMIENTO:** COTOPAXI, LATACUNGA, La Matriz

**ESTADO CIVIL:** Soltero

**DIRECCIÓN:** Barrio Niagara Calle. La Civilización

**TELÉFONO:** 0998540802

**E-MAIL:** paullema1992@hotmail.com

## ESTUDIOS

**Estudios Secundarios:** Instituto Tecnológico Industrial  
"RAMON BARBA NARANJO"  
2004 AL 12 DE AGOSTO DEL 2009

**Estudios Primarios:** Escuela Dr. Isidro Ayora  
1999 al 23 de julio de 1994

## TÍTULOS

**PREGRADO:** Ingeniero en Electromecánica (2016)

## **2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

La energía convencional (hidroeléctrica), ya sea por los costos de mantenimiento, operativos, facilidad de generación, han sido la principal alternativa desde sus principios; siendo el agua la energía primaria más común para la generación, se ha considerado a ésta como un recurso clave en la energías. De esta forma se ha desarrollado la tecnología de hidrogenación, durante las últimas décadas han empezado a introducirse como una alternativa de generación, la energía solar, geotérmica, eólica, etc. [1]; cuyo avance ha sido limitado por los costos de inversión que estos representan.

Las fuentes antes mencionadas dependen de las condiciones climáticas tal es el caso del viento para la generación eólica y de la presencia de lluvias para las hidráulicas, siendo la producción eléctrica en ocasiones mayor que la demanda y en otras situaciones se presentarán de forma inversa.

Para la época de producción en exceso y/o de baja demanda de la energía eléctrica, es decir, cuando se tenga energía generada disponible puede, ésta, utilizarse para su almacenamiento, para lo cual, se buscan alternativas de acumulación cuya tecnología se encuentra en desarrollo.

Con el desarrollo de la industria se fortalece el concepto de calidad de energía, la seguridad, abastecimiento constante y ahorro económico; implementando de esta forma tecnologías que permitan cumplir estos parámetros.

De la información existente en bibliografía especializada se ha escogido la utilización de baterías de flujo que por sus características físico – químicas de operación permitirán cumplir con el objetivo planteado al permitir el almacenamiento de energía eléctrica a gran escala.

## **3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.**

La curva de demanda de un sistema de distribución es el aporte de las demandas coincidentes y no del usuario final, la misma que en nuestro país tiene como resultante un gráfico que contiene, generalmente, dos picos uno al medio día y el otro en la tarde.

En cambio, la curva de demanda de una industria dependerá de la organización productiva que esta tenga.

Tanto la demanda del sistema público como demanda industrial particular obliga a diseñar y construir su infraestructura eléctrica para que soporte las demandas máximas, lo cual obliga a

dimensionar sus circuitos para valores altos de flujo de potencia, quedando subutilizadas en las horas de demanda media y mínima.

Al considerarse el suministro puntual localizado (banco de baterías) junto a la carga, a nivel industrial, o a nivel de A/P (alimentador primarios), en la subestaciones de distribución se estaría eliminando el suministro exterior con la disminución de pérdidas por transporte y el uso eficiente de la energía.

En este contexto, la utilización del concepto de eficiencia aportaría a una reducción del consumo a nivel de distribución pública y, lo particular, dentro del reporte económico que deberá desembolsar el industrial por consumo productivo.

Por tanto, el aporte investigativo del presente trabajo estará encaminado al conocimiento de las ventajas que presentan las distintas tecnologías de aprovechamiento eficiente, permitiendo el almacenamiento de energía eléctrica a gran escala para tener un uso más eficiente tanto de los sistemas de transmisión como de las redes de distribución.

#### **4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.**

Direccionado al sector industrial que permita proteger de eventos de corta duración que afecten a la calidad de energía consumida, la seguridad de abastecimiento por parte del sistema de almacenamiento incluso si es necesario trabajar en isla hasta la re-sincronización de la fuente principal de generación, el almacenamiento en periodos de bajo coste eléctrico así como y el consumo cuando el coste de electricidad es mayor y, la reducción de los picos de potencia.

#### **5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **5.1 Situación problemática**

En las últimas décadas, el panorama del mercado eléctrico ha cambiado, enfocándose en una mayor introducción de energías renovables, con el objetivo de suministrar energía, requerida para abastecer la demanda requerida del sistema de una forma fiable y eficiente. De la misma forma el desarrollo de la industria busca la implementación de sistemas que fortalezcan la calidad de energía haciendo eficiente el suministro energético y económicamente viable.

En base a estas condiciones, las instalaciones del sistema de almacenamiento aumentan así como las diferentes elecciones de equipos de almacenamiento para mejorar su funcionamiento [2].

En la necesidad de controlar la red; se carece de redes de transporte y distribución inteligentes y eficientes. De esta forma las redes deben tener puntos de almacenamiento de energía en los

lugares y momentos adecuados. Para mejorar la adaptación de la generación a la demanda (baja demanda o pico de demanda), y mantener de una manera eficiente la estabilidad de la red. Así también las condiciones que aseguren calidad de energía hacia la industria con seguridad de abastecimiento, protección sobre eventos inesperados y un suministro de energía eficiente.

Entre las alternativas de energía destacan la eólicas y solares, como fuentes de energía para el sector residencial, comercial o industrial, los beneficios que conlleva tener un sistema eficiente de suministro eléctrico; aún se encuentra limitada por los costos de su producción, sus formas de captarlas y transformarlas.

El almacenamiento de la energía eléctrica es aún un campo que se encuentra en desarrollo, es el almacenar y poder suministrar según los requerimientos del sistema o consumidor, siendo necesario mejorar la eficiencia energética.

### **5.2 Formulación del problema**

Insuficiencia en la aplicación de los sistemas de almacenamiento en la región, para el aplanamiento del pico de carga.

### **5.3 Formulación de la hipótesis**

El análisis de las baterías de flujo como medio de almacenamiento de energía permitirá el aplanamiento de pico de carga reduciendo el costo de la tarifa eléctrica.

## **6. OBJETIVOS.**

### **General.**

Analizar las baterías de flujo como medio de almacenamiento de energía para el aplanamiento de pico de carga mejorando la eficiencia energética de la curva de demanda eléctrica.

### **Específicos.**

- Verificar los tipos de baterías de flujo que se encuentran a disposición tanto en el mercado nacional e internacional por medio de una recopilación bibliográfica para establecer sus ventajas y desventajas técnicas, operativas, ambientales y económicas.
- Determinar la curva de demanda actual y en función de las baterías previamente investigadas simular una curva de demanda resultante en una industria, para reducir los costos de tarifa eléctrica.
- Evaluar técnica y económicamente la aplicación de las baterías de flujo en la industria seleccionada y caso propuesto, mediante herramientas financieros para determinar su viabilidad económica.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 7. 1.- Objetivos, actividades y metodología

Objetivo	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la metodología por actividad
Verificar los tipos de baterías de flujo que se encuentran a disposición tanto en el mercado nacional e internacional por medio de una recopilación bibliográfica para establecer sus ventajas y desventajas técnicas, operativas, ambientales y económicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analizar las diferentes fuentes bibliográficas tesis proyectos, datasheet de fabricante, publicaciones, entre otros.</li> <li>▪ Determinar las ventajas y desventajas técnicas, operativas, ambientales y económicas.</li> </ul>	Cuadro comparativo de las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías y análisis técnico sobre rendimiento, estado de carga (SOC), profundidad de descarga (DOD), entre otros parámetros.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recopilar información técnica y características sobre las diferentes tecnologías</li> <li>▪ Analizar la información y determinar las ventajas y desventajas realizando una comparación.</li> </ul>
Determinar la curva de demanda actual y en función de las baterías previamente investigadas simular una curva de demanda resultante en una industria, para reducir los costos de tarifa eléctrica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar los datos de la demanda diaria de una empresa y del caso de estudio.</li> <li>▪ Implementar las baterías de flujo a la empresa y determinar su cuadro de la demanda diaria</li> <li>▪ Simular las curvas de demanda diaria actual y de la implementación de las baterías</li> </ul>	Observar el comportamiento de las diferentes baterías al suministrar y almacenar energía en el sistema en base a su rendimiento, temperatura de trabajo, estado de carga y descarga, eficiencia y capacidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Investigar una empresa la cual tengan datos sobre la demanda diaria tanto en potencia activa como en reactiva.</li> <li>▪ Análisis del comportamiento de las baterías según su característica técnica.</li> <li>▪ Simular mediante Excel las curvas resultantes y actuales del sistema</li> </ul>
Evaluar técnica y económicamente la aplicación de las baterías de flujo en la industria seleccionada y caso propuesto, mediante herramientas financieras para determinar su viabilidad económica.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mediante el pliego tarifario 2018 del CONELEC, determinar el pago de la planilla eléctrica de la industria seleccionada y el caso propuesto.</li> <li>▪ Aplicar herramientas financieras para evaluar la viabilidad económica.</li> </ul>	Valor económico al implementar las diferentes baterías al sistema. El análisis económico mediante el VAN y el TIR del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinar las tarifas eléctrica aplicar al consumo de la industria y casos a analizar.</li> <li>▪ Mediante el flujo de efectivo obtenido anualmente aplicar el VAN y TIR para verificar la viabilidad económica.</li> </ul>

## 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Las bases teóricas que se presentan, permiten fortalecer las bases de investigación; direccionando y dando pautas que se puedan utilizar las teorías y las diferentes acciones con

los resultados obtenidos en la eficiencia energética. Cabe mencionar que ninguna teoría que se presente de forma unificada podría explicar el campo eléctrico en su totalidad.

### **8.1 Marco teórico referencial**

#### **Tecnologías de almacenamiento de energía en la red eléctrica**

En el trabajo de pregrado, el autor Alberto García expresa: La importancia de la energía eléctrica en nuestros hogares y su desarrollo. En la que se necesita una mayor generación de electricidad siendo las principales fuentes combustibles fósiles. Y recabando en la importancia de las energías renovables siendo aún tecnologías en desarrollo a comparación de las energías tradicionales, existiendo un equilibrio entre la energía demandada y la energía generada; ya que aún no existe todavía tecnologías que permitan almacenar la cantidad suficiente de energía para abastecer las necesidades de la red eléctrica [3].

En este proyecto se hace énfasis a la introducción de las energías renovables al sistema eléctrica, y la importancia que esta tiene ya que la demanda va aumentando con el paso del tiempo. Y surge la necesidad de implementar un sistema eléctrico eficiente e inteligente que permita compensar este aumento en el consumo con el menor impacto posible tanto a nivel económico, operativo y ambiental.

#### **Estudios de aplicación óptima de baterías de flujo en redes de distribución eléctrica**

El proyecto de titulación de pregrado, realizado en la Universidad Carlos III de Madrid, en el año 2015, en el que se hace énfasis a los sistemas de almacenamiento como una solución para minimizar y eliminar problemas como la fluctuación en la producción de energía, así como la imprevisibilidad de generación. Tomando en consideración las diferentes tecnologías de almacenamiento siendo estas: hidráulica de bombeo, almacenamiento por aire comprimido, almacenamiento por energía térmica, almacenamiento de energía cinética en volantes de inercia, almacenamiento en supercondensadores y superconductores, y almacenamiento por baterías [4].

De la misma forma se considera dos tipos de baterías de flujo para obtener un máximo beneficio económico de la instalación durante diferentes periodos, mediante la compra y venta de energía eléctrica.

#### **Estudio de un sistema de almacenamiento de energía eólica por medio de baterías.**

En la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas en Chile, se realizó un proyecto de titulación en el año 2012, que hace referencia a los beneficios que se tiene al utilizar los sistemas de almacenamiento de energía para el incremento del valor de un parque eólico [5].

Hace referencia a la creciente implementación de energías renovables en especial la generación eólica para poder mitigar la fluctuación, que se tiene con esta generación no convencional para la integración a la red eléctrica y seleccionar el mejor sistema del almacenamiento de energía que se puede implementar.

### **Análisis económico de un sistema de almacenamiento para la disminución de desvíos de producción en un parque eólico.**

En el año 2016, en la Universidad de Sevilla se plantea un tema para la obtención de Master, en el que se realiza un estudio sobre la viabilidad económica de la instalación de un sistema de almacenamiento en forma de baterías electroquímicas para solucionar el desvío que se puede producir en un parque eólico al momento de generar la energía eléctrica [6]. En el que se pueda suponer un ahorro económico al utilizar esta tecnología en momentos de carga y descarga que se pueden producir en un periodo de tiempo.

Así como el estudio del beneficio máximo a obtener en la capacidad del sistema de almacenamiento instalada en cada caso a analizar utilizando software como Matlab para el cálculo y demostración de resultados.

### **Estudio del almacenamiento de energía mediante aire comprimido.**

Es un estudio realizado en año 2015, en la Universidad Politécnica de Catalunya, en el que hace referencia a la importancia de la implementación de sistemas de almacenamiento a gran escala con una rápida respuesta, rendimiento aceptable e económicamente viables en el que se almacenaría mediante aire comprimido en las cavidades subterráneas cuando se necesite generar energía eléctrica [7]. Haciendo referencia a los métodos de almacenamiento convencionales más utilizados, la aplicación del aire comprimido como almacenamiento la aplicación reales que tienen las CAES (Compressed Air Energy Storage), así como el estado de la tecnología y su futuro.

## **8.2 Marco teórico conceptual**

### **8.2.1 Sistemas de generación eléctrica.**

Es aquel sistema que por medio de alternadores (generadores), transforma la energía siendo esta química, mecánica, luminosa o térmica, entre otra a energía eléctrica.

#### **8.2.1.1 Hidráulicas**

Según la página técnica EcuRED, expresa que la central hidroeléctrica: “es aquella en la que la energía potencial del agua almacenada en un embalse se transforma en la energía cinética necesaria para mover el rotor de un generador, y posteriormente transformarse en energía eléctrica” [8].



También conocidas como centrales hidráulicas, en donde el sistema de generación se relaciona al caudal y a la diferencia de altura que puede recorrer el agua desde su embalse o afluente hasta las turbinas hidráulicas que transforman en los alternadores la electricidad.

#### **8.2.1.2 Centrales termoeléctricas.**

El calor es la fuente primaria para la generación de la energía eléctrica, las formas para obtener el calor se da de la siguiente manera:

- Combustibles fósiles (petróleo, gas natural o carbón)
- Fisión nuclear (uranio u otro combustible nuclear)

El principio de funcionamiento es la quema de este combustible en donde se encuentra situado una caldera generando calor que se transfiere a unos tubos por donde circula agua, convirtiéndole en vapor a alta presión y temperatura, expandiéndose hacia una turbina de vapor, impulsando un alternador para la generación. Existen sistemas combinados utilizando el gas natural direccionadas hacia las turbinas de gas, al pasar los gases aún conservan la alta temperatura las cuales permiten reutilizar para generar vapor que mueve la turbina de vapor.

#### **8.2.1.3 Centrales eólicas.**

Mediante el uso de aerogeneradores permite transformar la energía obtenida del viento (energía cinética) en energía eléctrica ubicada en lugares donde estén expuestos a vientos frecuentes, alturas montañosas, zonas costeras o islas. El impacto ambiental que se tiene es por las grandes áreas para la implementación, el impacto estético, la muerte de aves por choque y que está fuertemente condicionada a las condiciones climatológicas variando la cantidad de energía generada.

#### **8.2.1.4 Centrales solares**

Se utiliza la radiación solar para la generación de la energía eléctrica, empleando diferentes procesos como sistemas Fotovoltaicos o Fototérmica.

- **Fotovoltaica.**

Por medio de paneles fotovoltaicos que se encuentran formados por dispositivos semiconductores tipo Diodo y la interacción de la radiación solar hacen que se existen provocando saltos electrónicos, generando de tal forma una diferencia de potencial entre sus extremos.

- **Fototérmica.**

Mediante el calor que se da por la radiación solar esta tienen como objetivo calentar un fluido produciendo vapor direccionando hacia una turbina para la generación de energía eléctrica.

## **8.1.2 Almacenamiento de energía y sus tecnologías**

### **8.1.2.1 Almacenamiento de energía por bombeo**

El principio de almacenamiento de energía por bombeo consiste, en tener dos reservas de agua que se van a encontrar a diferente altura. Por medio de una bomba de agua que se encuentra alimentado por la energía generada de un generador eólico o paneles solares. En horarios de poca demanda preferencialmente la noche se bombea el agua desde la reserva inferior hacia la superior. Recuperándose la energía, liberando el embalse que se depositó, a los generadores y depositándose nuevamente en el depósito inferior. De esta forma se crea un proceso cíclico que puede actuar de forma indefinida.

Las ventajas que se puede tener por este sistema de almacenamiento, son [9]:

- La eficiencia de almacenamiento de energía del 70%.
- El mantenimiento es bajo.
- El periodo de duración es largo

Desventajas:

- Se ve afectado por las limitaciones geográficas.
- El coste de instalación debido a las instalaciones hidráulicas y equipos hidráulicos, eléctricos y cañerías son elevados.
- Las redes de transporte o distribución tienen un elevado coste.
- Afectación ambiental por la construcción de las presas.

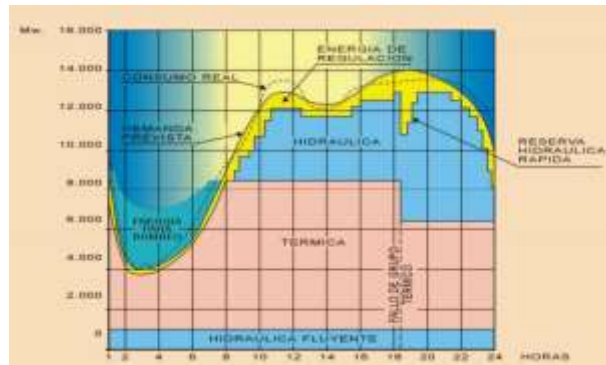


Figura 8. 1.-Gestión valle punta: funcionamiento tradicional [10]

### 8.1.2.2 Almacenamiento de energía por aire comprimido

Este sistema de almacenamiento está ligado al principio de comprimir aire, asociando la presión como método para el almacenamiento de energía. Utilizando una fuente renovable como alimentación de un compresor, inyectando aire para generar presión dentro de un contenedor en donde es necesario un entorno natural para la realización de este tipo de almacenamiento; entre los más utilizados están las cuevas o depósitos naturales en el subsuelo, ligándose a la geografía disponible. La energía es almacenada en periodos de baja demanda y posterior se usa en intervalos de alta demanda. Se utiliza en sistemas pequeños y a mediana escala.

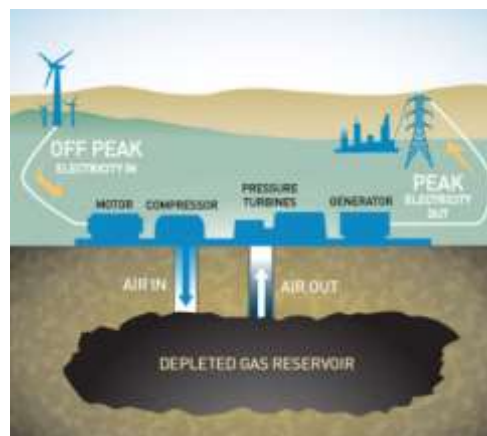


Figura 8. 2.- Sistema de almacenamiento de energía mediante aire comprimido (CAES) [7].

El funcionamiento se basa en la interacción de un motor hacia un compresor, la cual se encarga de comprimir el aire atmosférico en el subsuelo (cuevas, depósitos naturales). Se debe tomar en consideración el filtrado y el enfriamiento del aire siendo necesario para el mejoramiento del ciclo de almacenamiento. Posterior al proceso de compresión del aire, el aire comprimido se extrae de la caverna inyectando a las turbinas de alta y baja presión, siendo en esta parte donde se expande y convirtiéndose en energía cinética de rotación por la cual gira el generador y generando la energía eléctrica que será suministrada a la red.

### 8.1.2.3 Almacenamiento de energía en supercondensadores

El principio de funcionamiento es en base a las celdas formadas por dos electrodos, un electrolito y una membrana porosa que permite el paso de electrodos entre ambos electrodos. La forma de almacenar la energía es mediante un campo eléctrico entre sus electrodos. El principio que se utiliza en los supercondensadores o ultracondensadores es el mismo que se emplea en los condensadores con la diferencia del reemplazo del material aislante (dieléctrico) por un electrolito por el cual el movimiento de los electrodos se realiza a través de un electrodo que es de gran superficie específica.

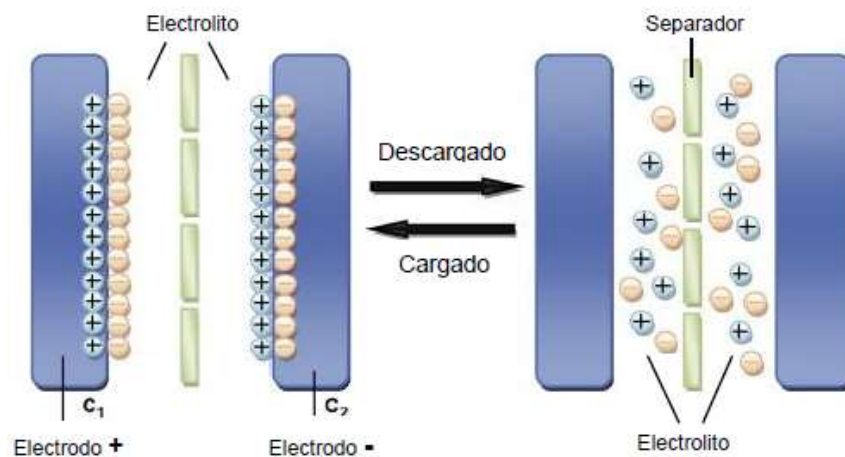


Figura 8. 3.- Esquema de un ultracondensador [11]

### 8.1.2.4 Almacenamiento magnético en superconductores

Utilizan bobinas superconductoras en donde se almacena la energía magnética la cual es creada por el paso de la corriente eléctrica continua que circula por la bobina. En donde por causa del calentamiento de la circulación de la corriente por la bobina se somete a bajas temperaturas (temperaturas criogénicas), para que no se disipe la energía almacenada en la bobina en forma de cortocircuito, siendo estas temperaturas 70 k y 4 k ( $-203.15^{\circ}\text{C}$  y  $-269.15^{\circ}\text{C}$ ) aproximadamente, convirtiendo de esta forma a la bobina en superconductora con un almacenamiento óptimo de energía magnética [12].

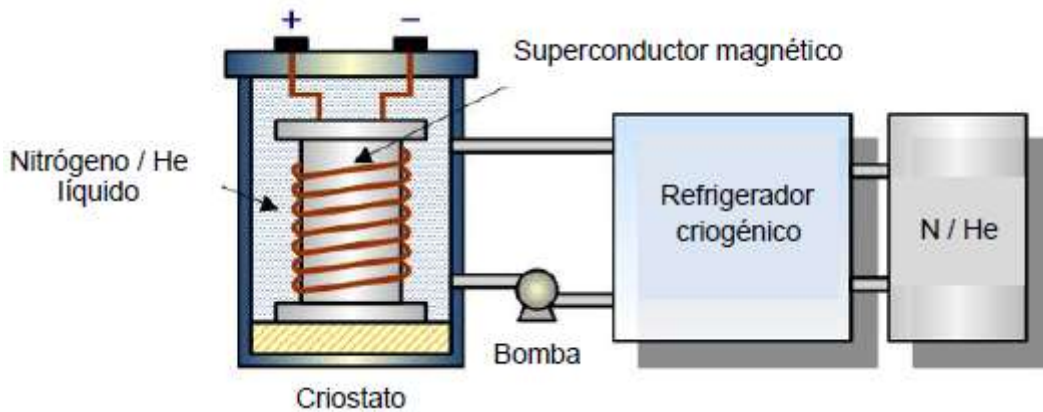


Figura 8. 4.- Esquema de un ultracondensador [13]

### 8.1.2.5 Almacenamiento en celdas de combustibles

Se da en base a las celdas de combustible, en donde se emplea hidrogeno; y por medio de la electrolisis del agua que es la acción de suministrar corriente eléctrica para separar la molécula de agua en oxígeno e hidrogeno. Utilizando la energía eléctrica para su conversión y almacenamiento en forma de hidrogeno.

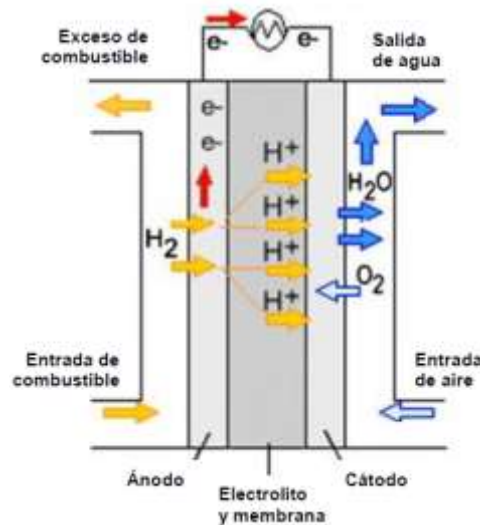


Figura 8. 5.- Esquema de celda de combustible [14]

### 8.1.2.6 Almacenamiento por volantes de inercia.

Es un elemento rotatorio que es capaz de almacenar energía cinética. Cabe mencionar que este sistema tiene un rozamiento casi nulo que se logra por medio de cojines magnéticos, y mediante una inercia generada en su movimiento cuando el par motor se detiene siendo este el que lo impulsa. Las variables que permite determinar la cantidad de energía a almacenar son la masa, distancia del eje de giro y la velocidad en la que se encuentra girando. Siendo uno de los materiales más utilizados los de fibra de carbono ya que por su resistencia y su capacidad de giro alcanza velocidades de 100.000 revoluciones por minuto (rpm). Una de las ventajas más notorias es que no requiere de tiempo de carga o descarga, llegando a almacenar una gran

cantidad de energía considerando el peso [15]. La capacidad de entregar una gran cantidad de potencia útil para la regulación de frecuencia y su impacto ambiental es nulo [16].



Figura 8. 6.- Volante de inercia FES (FLYWHEEL ENERGY STORAGE) [16]

#### 8.1.2.7 Almacenamiento de energía térmica.

Es un método de almacenamiento en el cual aprovecha el calor, teniendo la principal función de subir o bajar la temperatura de una sustancia en el que puede cambiar las fase de la sustancia o combinación de los mecanismos mencionados [17]. Las siglas que lo representan es TES (Almacenamiento térmico).

La clasificación es:

- Almacenamiento de calor sensible.- utilizando la capacidad calorífica de algunas sustancias y materiales en el que se encargan de absorber y liberar calor atreves de la variación de temperaturas.
- Almacenamiento por calor latente.- consiste en el cambio de fases en especial entre sólido y líquido, para el almacenamiento o inyección de la energía del calor de cambio de estado a una temperatura constante [18].



Figura 8. 7.- TES y sus tanques de almacenamiento en Arizona y detalle de sales [19]

### **8.1.3 Almacenamiento de energía por baterías convencionales y de flujo**

#### **8.1.3.1 Almacenamiento por baterías.**

Estas baterías se caracterizan por su almacenamiento de energía mediante procesos electroquímicos, que son capaces de devolver dicha energía al sistema, casi en su totalidad en un determinado número de ciclos de descarga [6].

Existen diferentes denominaciones entre ellas acumuladores o pilas, formados por dos electrodos, ánodo y cátodo, siendo aquí donde se produce el proceso de oxidación y reducción respectivamente; así como un electrodo por donde circula los iones [4].

A continuación se describe, algunos tipos de baterías de almacenamiento; siendo las más utilizadas actualmente:

- Baterías de Ión Litio, Li- ion,
- Baterías de plomo ácido, Pb- ácido,
- Baterías de sulfuro de sodio, NaS, y,
- Baterías de níquel cadmio, NiCd.

##### **8.1.3.1.1 Baterías de Ión Litio, Li-ion**

La batería de Ión- Litio, se caracteriza por tener un ánodo construido por material de carbono ( $Li_xC_6$ ), y por cátodo que está formado por oxido metálico de litio ( $Li_xCoO_2, LiNiO_2, LiMnO_4$ ); el electrolítico se encuentra conformado a igual que el ánodo y cátodo con sustancias que contienen litio como  $LiPF_6, LiAsF_6$ .

El proceso interno que se produce al momento que se carga la batería, los átomos de litio que se encuentran ubicados en el cátodo se trasforman en iones, siendo conducidos hasta el ánodo del carbón a través del electrolítico combinándose con los electrones externos hasta quedar

depositados como átomos de litio en el interior de las capas del ánodo de carbono. Mientras que al descargar la batería se produce el efecto al inverso. Según se puede observar en la figura 6. Entre los principales fabricantes de este tipo de batería se encuentra “J& A Electronics” (China), teniendo una amplia experiencia. Produciendo productos como baterías de Ión – Litio, baterías de polímero de litio y baterías de  $LiFePO_4$ . Otro de los fabricantes en el mercado es “Shenzhen Napel Power Tech”, fabricando este tipos de baterías, baterías VRLA y SLA (plomo- ácido), baterías de plomo- acido común y baterías GEL [6].

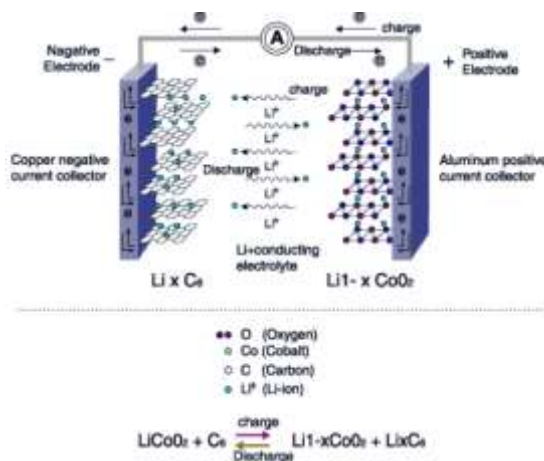


Figura 8. 8.- Funcionamiento de batería de Ión Litio [6]

Un ejemplo, de la batería de Ión – litio; se puede encontrar empleado en el proyecto almacena de REE. Como se puede observar en la figura 9.

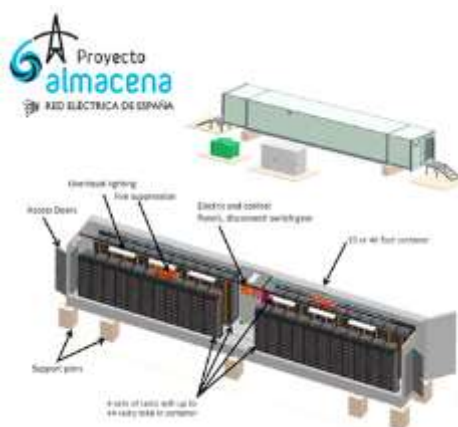


Figura 8. 9.- Proyecto almacena REE con batería de Ión-Litio [20]

### 8.1.3.1.2 Baterías de plomo – ácido

La estructura de la batería plomo- ácido, se encuentra formado por dos tipos de electrodos de plomo que están formados por sulfato de plomo II ( $PbSO_4$ ) cuando el sistema esta descargado,



incrustados en una matriz de plomo metálico (Pb). El electrolítico dentro de la batería es una disolución de ácido sulfúrico en agua. En la figura 14, se puede observar cómo funciona la batería de plomo – ácido [21].

Esta tecnología es la más desarrollada en el mercado, teniendo un menor costo de inversión. Una de las desventajas de esta tecnología es el mantenimiento complejo; se debe tener en cuenta que la energía que pueden descargar no es fija, dependiendo del mínimo estado de carga admisible por cada batería implementada.

Entre los principales fabricantes de esta batería siendo estas “Yuasa Battery”; produciendo baterías empleadas en la parte industrial, telecomunicaciones, UPS y otras aplicaciones de gran potencia. Otro fabricante se puede mencionar “Exide Technologies”, caracterizando su producto por la vida útil de hasta 25 años y su capacidad entre 50 y 500 Ah.

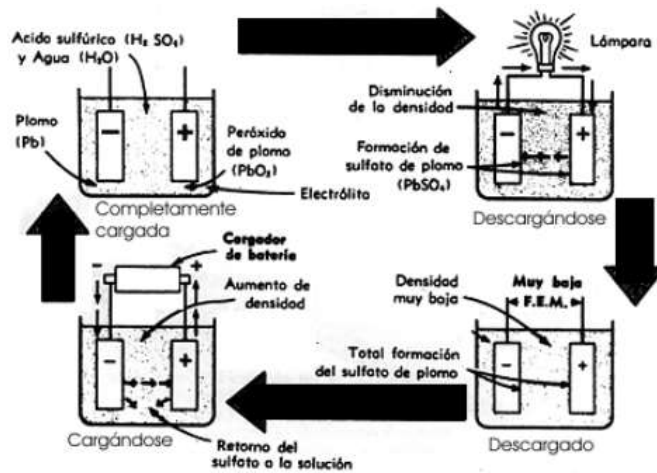


Figura 8. 10.- Funcionamiento de batería plomo- ácido [6]

La estructuración de la batería de Plomo- ácido, es por un electrodo de plomo (*Pb*), siendo este el ánodo y un electrodo de dióxido de plomo (*PbO<sub>2</sub>*) en el cátodo, encontrándose dentro de una disolución de diluida de ácido sulfúrico (*H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>*), separados por una membrana que aísla al ánodo y cátodo [22].

Un proyecto con este tipo de tecnología se encuentra implementado en el parque eólico Notrees en el oeste de Texas (EEUU), encontrándose en operación desde el mes de diciembre del 2012, con una capacidad de almacenamiento de 36 MW. Como se muestra en la figura 15.



Figura 8. 11.- Parque Eólico Texas 36 MW batería plomo- ácido [4]



Figura 8. 12.- Parque Eólico Texas 36 MW sistema de baterías plomo- ácido [4]

### 8.1.3.1.3 Baterías de sulfuro de sodio, NaS

La constitución de las baterías es en base de sales fundidas, es una tecnología madura ya que las primeras investigaciones datan en los años 60, y actualmente cuentan con más de 220 instalaciones distribuidas en diferentes países del mundo [3].

Las baterías de sulfuro de sodio, se encuentran formados por dos electrodos líquidos, entre ellas el positivo es de azufre (S) y negativo el de sodio (Na); encontrándose separadas por un electrolito sólido cerámico de beta-aluminio,  $\beta - Al_2O_3$  [23]. El cual permite el intercambio de iones.

Las baterías de este tipo son adecuadas para aplicaciones de grandes escalas y que sean fijas, teniendo un campo prometedor sobre todo en los vehículos eléctricos.

Entre las características que se tiene, se puede especificar las siguientes:

- Utilizan temperaturas mayores a 300°C, para el funcionamiento.
- Estado mínimo de carga del 10 %.
- Ciclabilidad de 4500 ciclos, considera alta.
- Rendimiento 89%.
- Se pueden reciclar en un 100%.
- Se caracteriza por una alta densidad de energía.

- Bajo coste de materiales.
- Grandes escalas de almacenamiento.
- Tecnología madura.

El costo de adquisición que se tiene es alrededor 330 \$/kWh y coste de mantenimiento de 3,47 \$/kWh.

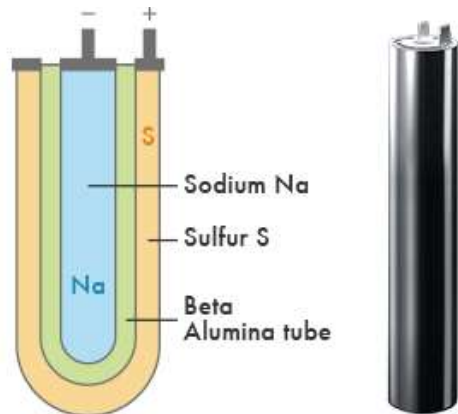


Figura 8. 13.- Partes de celda de NaS [24]

#### 8.1.3.1.4 Baterías de níquel- cadmio, NiCd

Es una tecnología altamente madura ya que sus primeras investigaciones data desde los años 50, este tipo de baterías fueron utilizadas para los vehículos eléctricos, siendo prohibidas por la UE desde el año 2008 por el cual se ha parado su producción [3].

La estructura de la batería (NiCd), se encuentra establecido por dos electrodos de níquel y cadmio, un separador y un electrolito alcalino, utilizado con mayor frecuencia hidróxido de potasio, KOH [25]. Encontrándose laminadas en forma de espiral y un aislamiento de una membrana porosa separadora. Siendo el electrodo positivo el hidróxido de níquel  $Ni(OH)_2$  y el electrodo negativo el hidróxido de cadmio,  $Cd(OH)_2$ .

Entre las características que tienen esta tecnología son:

- Ciclos aproximados de 1500 ciclos.
- Hasta el 85% de descarga.
- Descargas profundas, cargas y descargas rápidas.
- Largos periodos de tiempo en estado de carga baja.
- Operación a baja temperatura.
- La emisión de gases y mantenimiento nulos.
- Toxicidad debido al Cadmio.
- Baja densidad energética (60 Wh/kg)
- Para mantenerse en descarga lenta tiene baja capacidad.

- Tienen efecto memoria.
- La eficiencia reduce a altas temperaturas.
- Los materiales para electrodos tienen un costo elevado.



Figura 8. 14.- Instalación de sistemas de baterías de Ni-Cd, Alaska [26]

### 8.1.3.2 Almacenamiento de energía en baterías de flujo (REDOX).

Al considerar un sistema de almacenamiento de baterías de flujo se refiere a que todas las sustancias químicas reactivas (parejas redox) y electrolito que son las que constituye este tipo de tecnología se van a encontrar en estado líquido [27] .

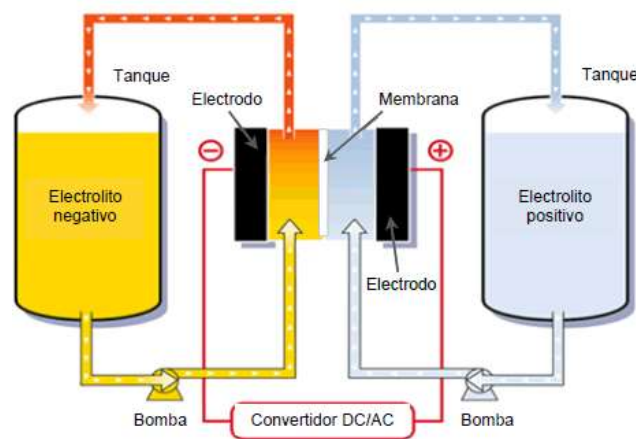


Figura 8. 15.- Sistema general de batería de flujo [4]

La capacidad energética del sistema está determinada por el tamaño de los tanques y la potencia por el tamaño del stack, siendo independientes ambos parámetros y escalables. Caracterizando por las recargas rápidas. En donde puede almacenar más electrolitos en tanques externos y se bombea dentro de los stacks de celdas.

Se encuentran constituido por dos tanques y un reactor que también se lo llama pila, en esta parte se realiza la conversión de energía química en energía eléctrica y viceversa, mientras que

en los dos tanques se encuentran disueltos elementos electroactivos y aquí se almacena la energía en forma de electrolitos, impulsados hacia el reactor mediante bombas [4]. Para la capacidad de almacenamiento de la energía está relacionado al volumen de electrolitos que se pueden almacenar en los tanques siendo ilimitada, y la potencia encontrándose delimitada por el reactor. La presentación de las baterías de flujo es en forma bipolar y que permite conseguir la potencia y energía según los requerimientos de la instalación.

A continuación se presentaran los tipos de baterías de flujo que son más representativos en la actualidad:

- Hierro-cromo, Fe/Cr,
- Bromo-Polisulfuro,
- Vanadio-Bromo,
- Zinc- Bromo, y
- Vanadio-Vanadio.

#### 8.1.3.2.1 Hierro- Cromo, Fe/Cr

Se encuentran constituidos por dos electrodos siendo positivo y negativo, en el electrodo positivo fluye un electrolítico de solución de forma acuosa de iones de hierro (fe), pareja redox  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ ; mientras que en el electrodo negativo se encuentra formado por un electrolítico en forma de mezcla de iones de cromo en disolución, par redox  $Cr^{2+}/Cr^{3+}$ . Generalmente ambos pares de reactivos, se encuentra disueltos en ácido clorhídrico, siendo electrolito de soporte [28].

Las baterías de este tipo utilizan con frecuencia electrodos de fibra de carbono de muy bajo coste. Siendo separados por una membrana de intercambio de iones de pares de redox Fe/Cr e intercambiador de carga [29]. Permitiendo la libre circulación de iones de hidrogeno y cloro que son procedentes del electrolito soporte y completa así el circuito eléctrico.

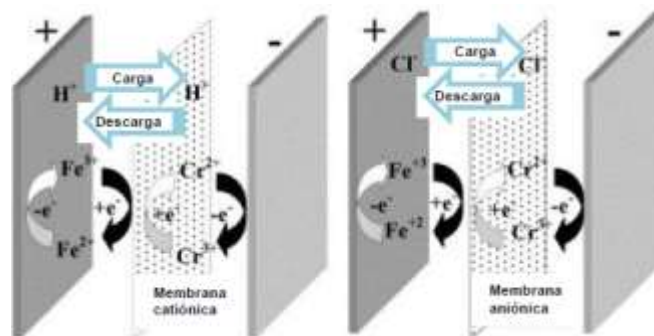


Figura 8. 16.- Transferencia de carga batería Hierro-Cromo [28]

Entre las principales características, son:

- Tiene una baja densidad de energía de 10 Wh/h.
- Circuito abierto 1,2 V.
- Probabilidad elevada de contaminación cruzada entre hierro y cobre.
- Rendimiento aproximado de 70 %.

Existen estudios que mediante la incorporación de carbono y boro se podría mejorar la eficiencia en un 95%.

#### 8.1.3.2.2 Bromo- Polisulfuro

Este tipo de baterías se han estudiado y desarrollado desde los años 1990, con un constante desarrollo. Actualmente han quedado relegadas en base a sus homologas siendo estas las baterías de vanadio y zinc-bromo siendo estas las más comercializadas.

La abundancia de los elementos químicos que forman el electrolito, el coste medio y siendo solubles en medios acuosos permitiendo reducir la cantidad de electrolito utilizado son las ventajas más notables en esta tecnología [28].

La membrana que se encuentra en celda se caracteriza por ser selectiva de cationes de sodio, permitiendo solo el paso de los cationes de sodio, para la correcta reacción química y su funcionamiento [28].

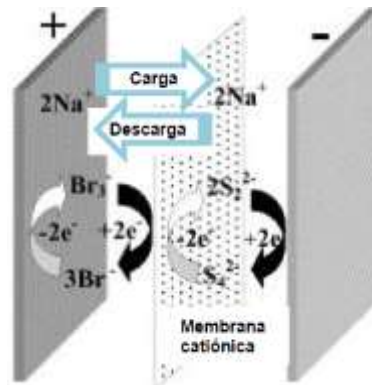


Figura 8. 17.- Transferencia de carga batería bromo-Polisulfuro [28]

#### 8.1.3.2.3 Vanadio- Bromo

Las batería de vanadio- bromo, es un resultado a la necesidad de la solubilidad, nacido de las baterías de vanadio-vanadio siendo estas las que presentan este inconveniente. Ya que estas solo se pueden almacenar en disolución una cierta cantidad, siendo una alternativa el incluir iones de halogenuros, como bromo aumentando así la solubilidad de vanadio. Aumentando así la densidad de energía a comparación de su antecesor considerando que la densidad de energía está relacionada a la cantidad de iones presentes en la disolución [30].

Entre las características que presentan, son [4]:

- Densidad de energía de 35 y 70 Wh/h.
- Tensión de circuito abierto 1,3 V.
- Energía específica de 50 Wh/kg.
- Rendimiento del 75%.

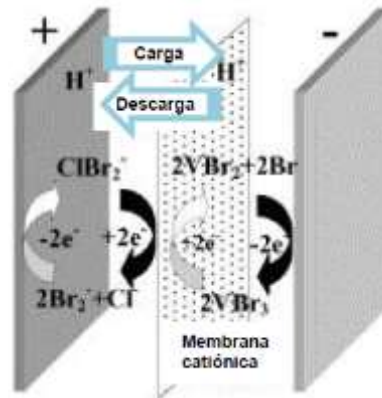


Figura 8. 18.- Transferencia de carga batería vanadio-bromo (V-Br) [28]

#### 8.1.3.2.4 Zinc- Bromo (Zn-Br)

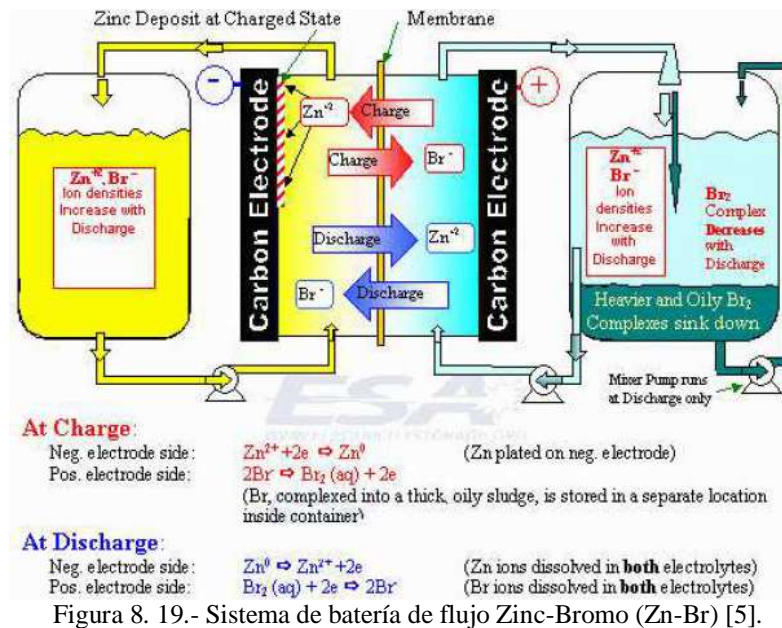
Esta tecnología tiene gran aceptación ya sea por las características que se detallan a continuación, de la misma forma por la abundancia y bajo coste de los electrolitos y su grado de reversibilidad [31].

El funcionamiento de las baterías de flujo se encuentra formados por dos electrolitos, en forma acuosa separado por una membrana dentro de la celda o pila, siendo llevados desde los tanques de almacenamiento, produciendo reacciones electroquímicas reversibles [31].

Entre las principales características que tiene esta tecnología [3]:

- Tensión de circuito abierto de 1.8 V.
- La densidad de energía 15.7-39 Wh/L.
- Energía específica 34.4-54 Wh/kg.
- La eficiencia de la batería es 70-80%.
- Vida útil 12000 ciclos.

Los costos de operación y de mantenimiento, se encuentran oscilando entre 449 y 15,15 \$/kWh respectivamente.



### 8.1.3.2.5 Vanadio- Vanadio

Consideradas como unas de las tecnologías más desarrolladas dentro de las baterías de flujo. Tienen dos tanques de electrolitos separados almacenados de iones cargados, conteniendo electrolitos para las reacciones de electrodo positivo y otros para las reacciones de electrodo negativo. Pares redox de vanadio se encuentran disueltas sobre ácido sulfúrico, la composición del electrodo negativo es  $V^{2+}/V^{3+}$  y el electrodo positivo contiene el par  $V^{4+}/V^{5+}$  [6].

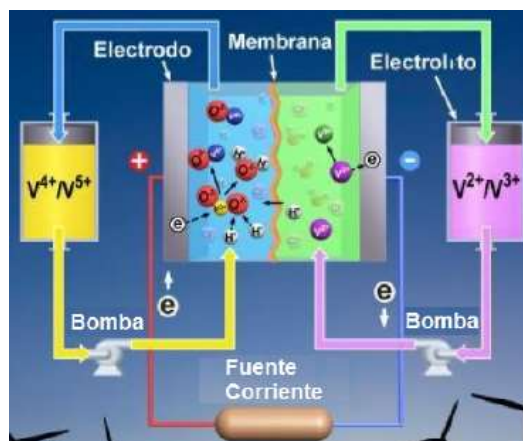


Figura 8. 20.- Sistema de batería redox de vanadio [6]

Entre las principales características que tienen estas baterías, son [3]:

- Tensión en circuito abierto se aproxima al 1.41V.
- Densidad de energía 25-35 Wh/L.
- Energía específica 10-20 Wh/kg.



- Eficiencia 75-85 %.
- Vida útil comprendida entre 15-20 años.

Uno de los inconvenientes que se puede tener es por la alta inestabilidad, si bien la estabilidad de  $V^{2+}$ ,  $V^{3+}$  y  $V^{4+}$  son estables, no es así  $V^{5+}$  siendo inestable con altas temperaturas y dar paso a precipitaciones solubles, afectando en el rendimiento. Siendo una de las soluciones el aumentando la concentración del ácido sulfúrico [32]. Una de las características que resalta y permite evitar el fenómeno de la contaminación cruzada y vida útil del electrolito sea casi ilimitado es el uso del único metal siendo este el vanadio a diferencia de las otras baterías de flujo [33]. Presentando un menor coste, alto rendimiento de energía y vida útil a comparación de las baterías de flujo convencionales.

#### 8.1.4 Diagrama de conexión general de equipos

En la figura 20, se estable los diferentes elementos que se encuentran relacionados con la conexión en general de los equipos a las baterías de flujo en el que se consideran:

- Generación eólica.
- Generación de motor síncrono.
- Alimentación de la red.

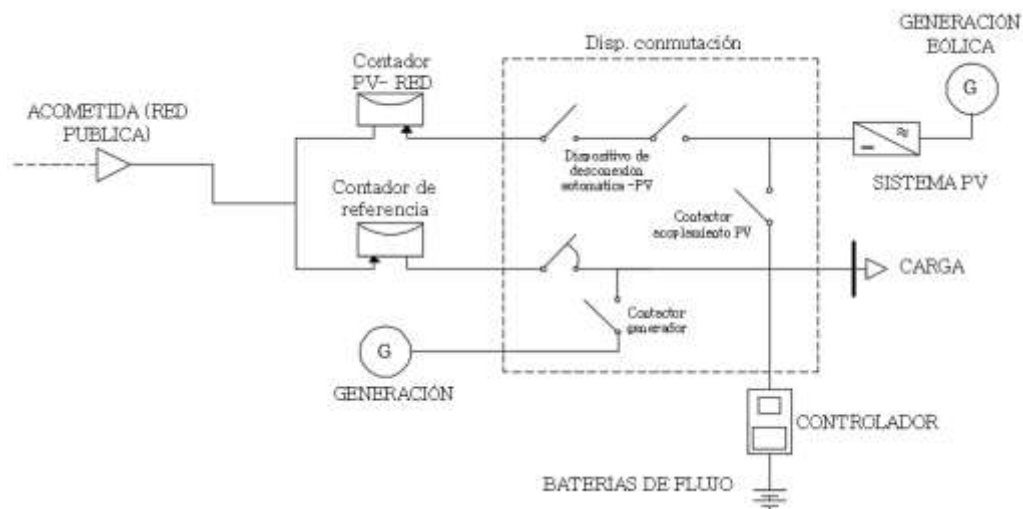


Figura 8. 21.- Diagrama de conexión de equipos.

Se aprecian los diferentes elementos de medición (contadores) que permitirán contar la energía que ingresa al sistema de la industria y en el caso que sea bidireccional el contador relacionado a la energía que se aporta a la red eléctrica pública.

Entre los equipos que se han analizado bibliográficamente y que sirven como elementos de conexión se encuentran:

#### ▪ **SUNNY BACKUP SYSTEM**

Es un sistema que se encuentra comprendido entre el equipo Sunny Backup 5000 que va conectado a las baterías y este equipo a una caja de interruptor automático que permita realizar las conexiones entre los diferentes elementos del sistema. Adicional a este se puede incluir un Sunny boy que es el equipo inversor del sistema fotovoltaico. Los componentes principales en la conexión del sistema se aprecian en la figura 21, siendo estas [34]:

1. Inversor solar
2. Automatic Sunny Backup switching o multicluster box
3. Sunny Backup 5000
4. Conjunto de baterías

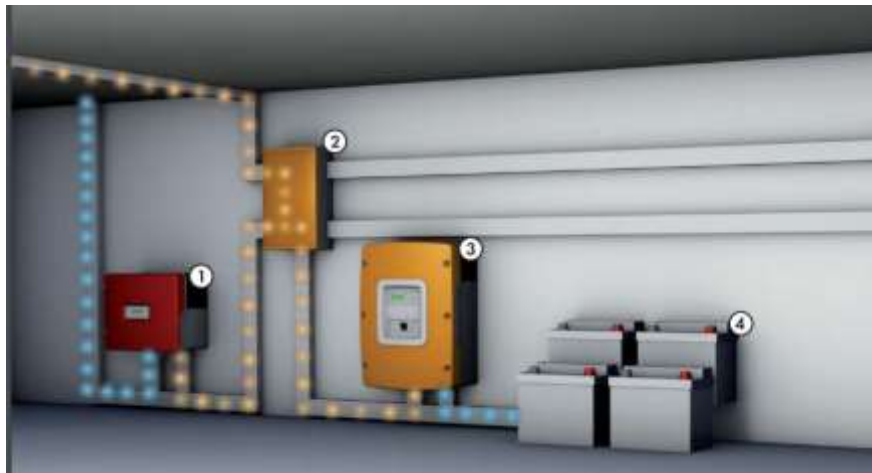


Figura 8. 22.- Diagrama de equipos de conexión [34]

**Caja de interruptor automático (Automatic Switch Box).**- tableros que permiten la instalación sencilla de sistemas híbridos, las potencias que manejan son de 30 hasta 300 kW. Diseñados por un centro de distribución de CA para conectar generadores y suministrar cargas de hasta 300 kW. Se encuentran totalmente cableadas y montadas de fábrica con el conector principal para generadores fotovoltaicos y eólicos, y cables para la comunicación [35].



Figura 8. 23. - Multicluster Boxes for SUNNY ISLAND [35]

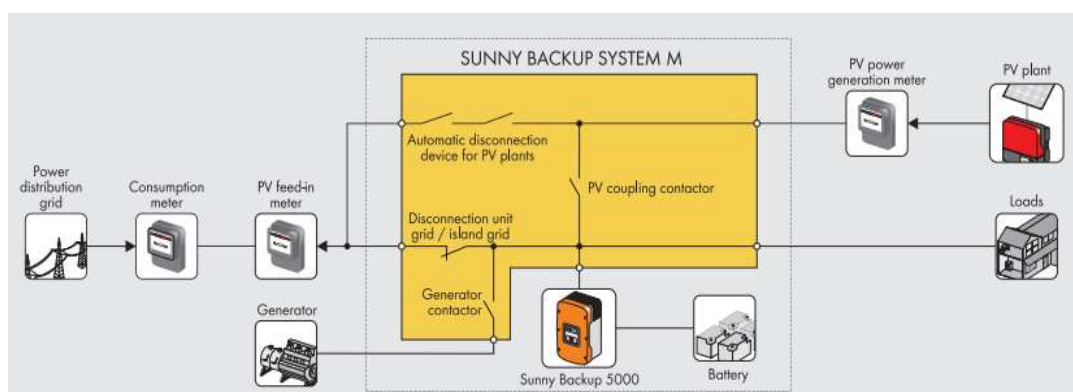


Figura 8. 24.- Diagrama de conexión de equipos [35]

**Sunny Backup 5000 (equipos de conexión a las baterías).**- es un componente que se encuentra dentro del sistema de conexión a las baterías con los sistemas convencionales o de la red, permite suministrar y almacenar la energía; cada uno de estos elementos se conectan a la una fase con la capacidad de almacenar en un sistema trifásico. Cambia automáticamente en un periodo de 20 milisegundos en el caso que sucediera una falla en la red [36].

Los rangos en los que entran en funcionalidad esta de 5 kW hasta aproximadamente 100 kW con una facilidad de instalación y ampliación.

#### Características:

- ✓ Integración a sistemas fotovoltaicos.
- ✓ Pre configuración para diferente clases de potencia.
- ✓ Para sistemas monofásicos y trifásicos.
- ✓ Capacidades de 5 kW hasta 100 kW aproximadamente.

- ✓ Suministro de energía y carga de baterías a través de la red.
- ✓ Suministro de respaldo en aproximadamente 20 ms.

El DIN VDE V 0126-1-1 es un dispositivo de desconexión automática, siendo considerado como un interfaz de seguridad entre el generador y la red de distribución pública de baja tensión, sustituyendo el interruptor de desconexión accesible en todo momento por el operador de la red de distribución evitando suministro no deseado de la energía eléctrica del generador [37]

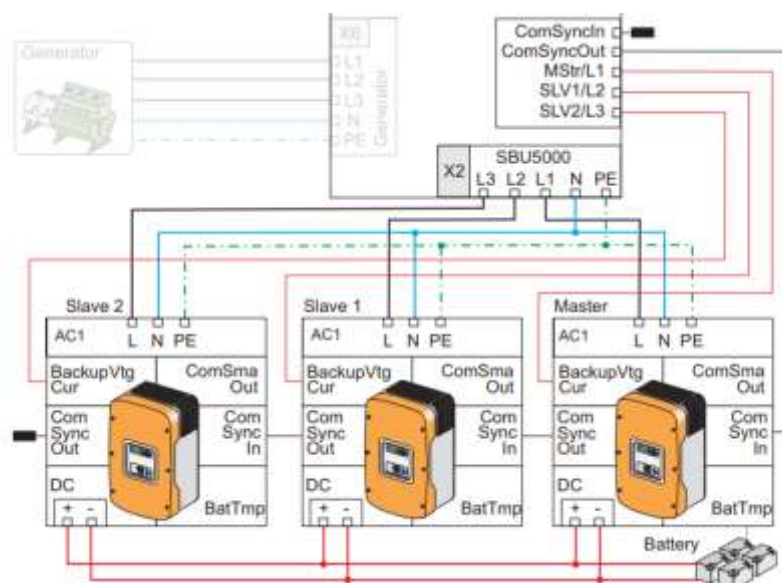


Figura 8. 25.- Diagrama de conexión de equipos a las baterías trifásico [38].

### Administración de las baterías:

1. **Temperatura de la batería.-** supervisando continuamente la batería.
2. **Opciones de inicio.-** si varían las baterías, celdas individuales se puede reiniciarse la configuración rápida.
3. **Estado de carga SOC y COH.-** cálculo de nivel de carga interno. basándose en el equilibrio de amperio horas sumando todas las corrientes que recorre dentro y fuera se suman y se basan a la capacidad nominal.
4. **Control de carga.-** aplicando el control a las 3 fases. Encontrándose aquí la carga de refuerzo que permite que a la batería se carga aproximadamente 85% a 90% mediante el alto voltaje y esta se cargue durante un corto periodo. La carga completa si ha transcurrido más de 14 días desde la falla de la red anterior recargando a un nivel de por lo menos el 95%.

Carga de igualación en la que después de una descarga más del 30% se carga a un nivel de al menos el 95% a 100%.

El modo silencioso hace que el consumo operativo del sistema disminuya significativamente.

La carga de ecualización manual en la que se puede activar manualmente una carga de compensación en la que si el generador está conectado al sistema se inicia automáticamente y se detendrá una vez que se haya completado la carga de ecualización.

5. **Modo de preservación de la batería.**- la cual evita que se descargue por completo tanto como sea posible cuando el suministro de energía es bajo y evitando la falla total del sistema como daño a la batería
6. **Diagnóstico de la batería.**- valores que permiten determinar la eficiencia observando las condiciones de funcionamiento típicas de la batería.

**Sunny Island.**- permite la conexión dentro de la red y fuera de la red, teniendo una alta clase de protección, rango de temperatura y capacidad adicional para el uso fuera de la red, teniendo una administración inteligente de carga y energía manteniendo el sistema en funcionamiento a pesar de una situación crítica [39].



Components: 1. PV array, 2. SUNNY BOY, 3. SUNNY ISLAND, 4. Batteries, 5. Diesel generator, 6. Wind turbine system

Figura 8. 26.- Diagrama de conexión de sistema fotovoltaico aislado (trifásico) [40]

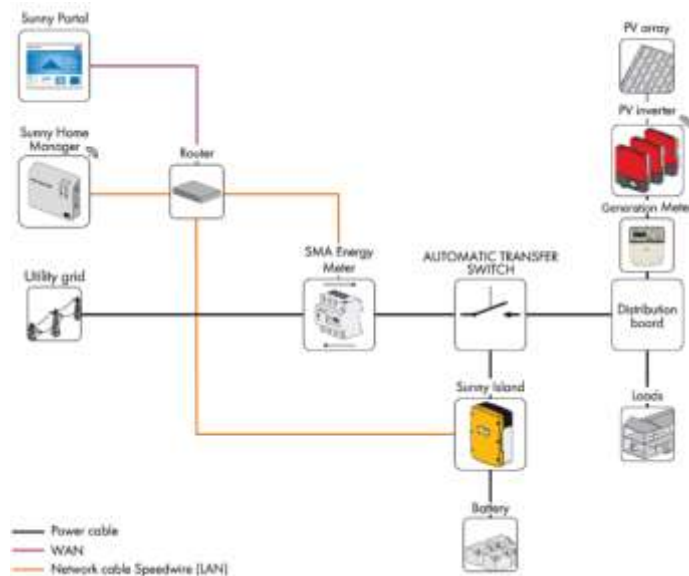


Figura 8. 27.- Sistema de conexión Sunny Island [41]

**Sunny Boy.-** considerado como un sucesor del inversor fotovoltaico ofreciendo confort a los operadores de la planta e instaladores, con la capacidad de avisar si suscita alguna irregularidad, garantizando un óptimo servicio y la máxima disposición de la planta [42].



Figura 8. 28.- Inversor SUNNY BOY 3.0-5.0 [42]

▪ **Sistema de conexión generador y red**

Se incluye la conexión de la red pública y adicional la generación para una red autónoma. Siendo útil en el caso de que suscitase fallas de la red a largo plazo incluso si el dimensionamiento de la batería no es suficiente para cerrar la falla después de un periodo de tiempo. Se utiliza un interruptor de transferencia siendo manual o automático. Conectando un generador diésel a lo que normalmente está conectado a la red de distribución de energía.

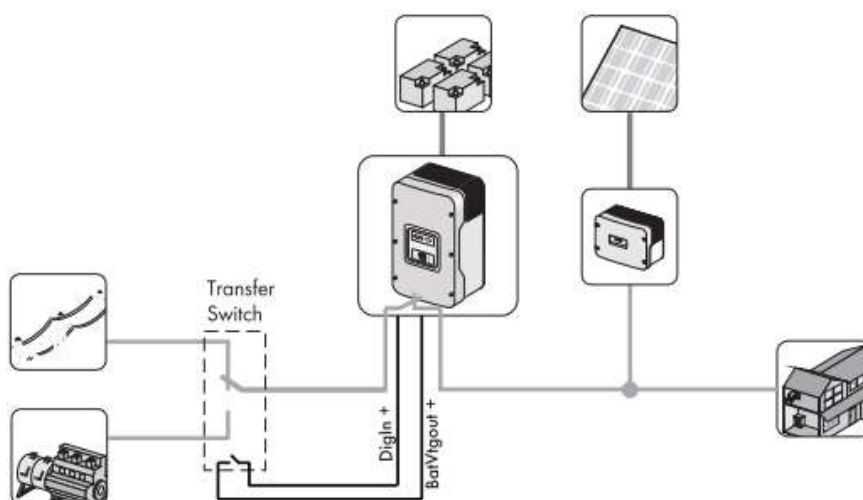


Figura 8. 29.- Sistema de conexión generador y red [43]

### 8.1.5 Pliego tarifario

Documento que como contenido tiene la estructura, nivel y régimen tarifario para el servicio público de energía eléctrica el cual será aplicado por la distribuidora cumpliendo con los principios tarifarios que se encuentran establecidos en la normativa vigente (**ANEXO 4**). Este documento es emitido por el ARCONEL. Entre los conceptos que podemos resaltar y nos servirá en el análisis de la industria [44], están:

- **Periodo de Demanda Base.-** comprendido en el periodo de 22:00 a 08:00, que corresponde al consumo de energía eléctrica.
- **Periodo de Demanda Hora Media.-** el horario comprendido de 08:00 a 18:00, correspondiente al consumo de energía eléctrica.
- **Periodo de Demanda Hora Punta.-** corresponde al horario 18:00 a 22:00, sobre el consumo de energía eléctrica.

## 9 METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

### 9.1 Método de investigación

#### 9.1.2 Analítica

Consiste en fragmentar un objeto, en sus partes constitutivas o elementos para observar sus causas, la naturaleza y los efectos [45].

Se realizará una revisión bibliográfica sobre las baterías de flujo y las baterías convencionales en las que se analizará cada una de ellas, principalmente las que son más comerciales, con mayor inserción en el mercado y con mayor desarrollo tecnológico. Para realizar la comparación se toma en cuenta indicadores como eficiencia, rendimiento, densidad e energía, entre otros.

Para el dimensionamiento de las baterías se ha tomado los parámetros principales y junto al procedimiento de cálculo mostrado a continuación se ha determinado su capacidad:

- **PARAMETROS**

Parámetros importantes en el dimensionamiento de las baterías en aplicaciones FV.

1. **Capacidad.-** producto entre la corriente por el tiempo (Ah)
2. **Capacidad nominal.-** es la capacidad que se obtiene en condiciones nominales.
3. **Régimen de carga y descarga.-** Magnitud de la corriente de carga y descarga referenciado al tiempo de descarga.
4. **Capacidad útil.-** capacidad nominal por la profundidad máxima de descarga permitida.
5. **Estado de carga de la batería (State Of Charge SOC).-** es la cantidad residual de la carga en relación a la cantidad

$$SOC (\%) = \frac{C_{actual}(Ah)}{C_n(Ah)} * 100 \quad (9.1. 1)$$

6. **Profundidad de descarga (Depth Of Discharge DOD).-** Ratio de energía descargada.

$$DOD (\%) = 100 - SOC$$

$$DOD (\%) = \frac{C_{descargado}(Ah)}{C_n(Ah)} * 100 \quad (9.1. 2)$$

7. **Ciclos.-** Considerado como el periodo de carga y descarga.
8. **Auto Descarga.-** consiste cuando el acumulador sin estar en uso, tiende a descargarse. Depende de la temperatura, envejecimiento y tecnología.
9. **Eficiencia de carga.-** Considerado la relación de la energía recuperada en el proceso de descarga con la energía utilizada en el proceso de carga.
10. **Apilamientos de celdas.-** acoplamiento en serie de celdas para conseguir mayor tensión en las bancadas. Los voltajes comprenden entre 12, 24 o 48 voltios.

- **CALCULO DE BATERIAS**

Para el cálculo de las baterías, se puede determinar de la siguiente forma, en la que se ha puesto un ejemplo de selección [46].

1. Identificar la cantidad de horas que el consumo será aplicado al banco de baterías en watts por hora (watts/h). Ejemplo:

Una lámpara de 80 watts utilizadas por 10 horas.

$$P_{Total} = Potencia * horas \quad (9.1. 3)$$

$$P_{Total} = 80 W * 10$$



$$P_{\text{Total}} = 800 \text{ W}$$

2. Se debe identificar los días de autonomía en el que el sistema estará en funcionamiento sin ningún tipo de carga para el sistema. Ejemplo:

Se toma 2 días de autonomía:

$$P_{\text{Días de autonomía}} = \text{Potencia total} * \text{días de autonomía} \quad (9.1.4)$$

$$P_{\text{Días de autonomía}} = 800 \text{ W} * 2$$

$$P_{\text{Días de autonomía}} = 1600 \text{ W}$$

Nota: al utilizar un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta que por más nublado que este el día siempre va a existir carga pero por razones de cálculo se mencionara que no hay aporte de energía al sistema.

3. Identifique la profundidad de la descarga de batería.

En este caso se tomara una profundidad de descarga de 85% y en base al dato calculado en el anterior numeral, se procede a realizar:

$$SOC (\%) = \text{Descarga total} - \text{Profundidad de descarga (DOD)} \quad (9.1.$$

5)

$$SOC (\%) = 100 \% - 85\%$$

$$SOC (\%) = 15 \%$$

$$P_{\text{capacidad}} = P_{\text{Días de autonomía}} - (1 + SOC)$$

$$P_{\text{capacidad}} = 1600 \text{ W} - (1 + 0,15)$$

$$P_{\text{capacidad}} = 1840 \text{ W}$$

4. Considere la temperatura media de la batería. Se debe considerar la temperatura media en la que se va a trabajar con la batería ya que dependiendo de este parámetro va a variar el rendimiento. Ya que no es lo mismo trabajar en una temperatura 40°C que a 0°C ya que a 40°C puede tener un rendimiento de 102% y 0°C de 85%. Ejemplo: en este caso se trabajara a 0°C en el que su rendimiento es del 85%.

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = \text{Rendimiento}_{\text{total}} - \text{Rendimiento}_{\text{Temperatura}} \quad (9.1.$$

6)

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = 100\% - 85\%$$

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = 15\%$$

Se debe sumarle=  $1+0.15= 1.15$ ; para obtener el rendimiento necesario para calcular la potencia requerida con respecto a la temperatura.

$$P_{Temperatura} = P_{capacidad} * Rendimiento_{Necesaria} \quad (9.1.)$$

7)

$$P_{Temperatura} = 1840 \text{ W} * 1.15$$

$$P_{Temperatura} = 2116 \text{ W}$$

5. Determinación del amperaje hora, para la selección comercial del equipo.

En donde:

$$P_{Temperatura} = \text{Potencia}$$

$$\frac{A}{h} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión de baterías}} \quad (9.1. 8)$$

$$\frac{A}{h} = \frac{2116 \text{ W}}{12\text{V}}$$

$$\frac{A}{h} = 176.33 \text{ A /h}$$

### 9.1.3 Deductivo

Consiste que en base a una teoría el investigador, recogerá los datos corroborando de tal forma que la realidad se comporta a lo enunciado en su explicación teórica [47] .

Según las características de las principales tecnologías relacionado con las baterías de almacenamiento. Se procederá a simular un sistema a nivel industrial y mediante una curva de carga de alguna industria se procederá a corroborar el efecto sobre el sistema siendo esta el amortiguamiento de la curva de carga.

### 9.1.4 Hipotético- deductivo

La hipótesis se deduce de una teoría dependiendo de esta las variables a estudiar [48].

Mediante la teoría de almacenamiento de energía mediante las baterías de flujo, se procede a analizar las tecnologías relacionadas y sus características, procediendo a comprobar mediante análisis bibliográfico, simulación y comparación de resultados el impacto que tiene esta al incidir en la curva de una industria a nivel industrial.

## 9.2 Tipos de investigación.

### 9.2.2 Exploratoria

Según el concepto de investigación Exploratoria, se enmarca en temas u objetivos que son pocos conocidos, en el que mediante la investigación correspondiente se puede llegar a conocer o comprender sobre el tema planteado [49].

Las baterías de flujo al ser una tecnología en desarrollo y en especial en países que llevan esta tecnología de la mano. La aplicación de este sistema aun es reducido en nuestro medio.

### **9.2.3 Descriptiva**

Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis [50].

Según la investigación a realizar esta destinado a la descripción de la tecnología de almacenamiento de energía (Baterías de flujo), su estructura, el uso, mantenimiento y la forma de implementar para que entre en operación.

### **9.2.4 Correlacional**

Tiene el propósito de mostrar o examinar la relación entre variables o resultado entre variables [51].

Relaciona las diferentes variables, entre ellas las baterías de flujo y su clasificación, y la corrección de la demanda pico al momento que se realiza el estudio de la implementación. Se debe tener en cuenta los diferentes costos por tecnológicos, ciclos de descarga, la vida útil y la capacidad de almacenamiento que presenta.

### **9.2.5 Explicativa**

Según, la autora Carballo, expresa que las causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicando las condiciones en las que se manifiesta [52].

Siendo el propósito de explicar las causas de eventos, sucesos o fenómenos. Enfocándose por qué ocurren y en qué condiciones se manifiestan. Las causas de relación entre variables (eventos, sucesos o fenómenos).

Detalla los resultados obtenidos al aplicar el estudio de la investigación, demostrando la hipótesis y su veracidad. Mediante los resultados analizados mediante el análisis económico y factibilidad y el método científico correspondiente, se podrá determinar las conclusiones y recomendaciones acorde el problema planteado.

### **9.2.6 Documental**

La investigación documental está basada a la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos. En el que se puede realizar a nivel exploratorio, descriptivo o explicativo [53].

Mediante revisión bibliográfica, documental, tesis, portales científicos y revistas científicas. Se obtendrá la información que permita fundamentar los conceptos necesarios para direccionar la investigación y su culminación.

### **9.2.7 Histórica**

Hace referencia a la investigación hacia el pasado, una visión retrospectiva de un fenómeno particular [47].

Se basa a la investigación historia, al implementar la variable a ser analizada ya que se tomara una curva de carga expuesta en algún artículo, tesis u otro. Para analizar el efecto de las baterías de flujo.

### **9.3 Técnicas de investigación.**

Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades (entrevista o cuestionario), el análisis documental, análisis de contenido, etc. Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guías de entrevista, lista de cotejo, grabadores, escalas de actitudes u opinión (tipo Likert), etc. Al referirse al tipo Likert se especifica el desacuerdo con una pregunta o declaración [54].

#### **9.3.2 Observación**

Consiste en acercarse al fenómeno estudiado y ver directamente y ver cuál es la situación [47]. Se pretende realizar simulaciones sobre las tecnologías a analizar en la que permita observar el comportamiento de la variable a tratar. De la misma forma se pretende realizar un acercamiento al laboratorio que maneja en el país las baterías de flujo para analizar sus comportamientos y análisis de las características.

## 10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### 10.1 Análisis ventajas y desventajas.

A continuación se detallara las diferentes ventajas y desventajas de las baterías como tecnología de almacenamiento:

Tabla 10. 1.-Ventajas y desventajas de baterías.

BATERIAS		
Tecnologías	Ventajas	Desventaja
Baterías Níquel-Cadmio (Ni-Cd) [6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Relativa tolerancia al abuso físico y operacional (en menor medida que NiFe):               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sobrecarga</li> <li>- Exceso de descarga</li> <li>- Cortocircuitos</li> <li>- Circuito abierto durante largos periodos</li> </ul> </li> <li>▪ Relativamente económicas</li> <li>▪ Buena densidad de energía</li> <li>▪ Excelentes capacidades de suministro de potencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Amenaza medioambiental (Cadmio, altamente tóxico)</li> <li>▪ Efecto memoria</li> </ul>
Baterías Plomo-ácido (Pb-ácido)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecnología muy madura.</li> <li>▪ Tecnología conocida</li> <li>▪ Rápida disponibilidad (cantidades, tamaños y diseños)</li> <li>▪ Comportamiento moderadamente bueno a bajas y altas temperaturas</li> <li>▪ Celdas de voltaje elevado (en comparación con otro tipo de celdas)</li> <li>▪ Componentes fácilmente reciclables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vida útil corta.</li> <li>▪ Baja densidad energética.</li> <li>▪ Necesidad de mantenimiento.</li> <li>▪ Efectos nocivos para el medio ambiente.</li> <li>▪ Energía específica baja</li> <li>▪ Potencia específica baja</li> <li>▪ Ciclo de vida relativamente corto</li> <li>▪ Mantenimiento elevado</li> <li>▪ Amenaza medioambiental (plomo y ácido sulfúrico)</li> </ul>
Baterías NaS	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rendimiento muy alto.</li> <li>▪ Elevada vida útil. Baja tasa de autodescarga</li> <li>▪ Alta energía específica y densidad de energía</li> <li>▪ No presenta efecto “memoria”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alto coste.</li> <li>▪ Necesario aporte de calor.</li> </ul>
Baterías Li-ion [6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta rendimiento.</li> <li>▪ Larga vida útil.</li> <li>▪ Selladas, no requieren mantenimiento</li> <li>▪ Larga vida útil</li> <li>▪ Amplio rango de temperatura de trabajo</li> <li>▪ Baja tasa de autodescarga</li> <li>▪ Capacidad de carga rápida</li> <li>▪ Alta energía específica y densidad de energía</li> <li>▪ No presenta efecto “memoria”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Coste elevado.</li> <li>▪ Control de temperatura de funcionamiento.</li> <li>▪ Necesidad de un circuito de protección</li> <li>▪ Degradación a altas temperaturas</li> <li>▪ Pérdida de capacidad cuando sobrecarga</li> <li>▪ Daños irreversibles en descargas bajo un límite</li> </ul>
Baterías de flujo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rendimiento medio-alto</li> <li>▪ Elevado ciclismo y vida útil.</li> <li>▪ No sufren auto-descarga.</li> <li>▪ Gran flexibilidad y casi nulo mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tecnología poco madura.</li> <li>▪ Coste elevado.</li> <li>▪ Baja densidad de energía</li> </ul>

Tabla 10. 2.- Ventajas y desventajas de baterías de flujo.

<b>BATERIAS DE FLUJO</b>		
<b>Tecnologías</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventaja</b>
Batería Vanadio-Vanadio (V)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad sin límite al aumentar el tamaño de los tanques de electrolito</li> <li>▪ No se daña al realizar descargas 100% DOD</li> <li>▪ No se daña al permanecer descargada por largos periodos de tiempo</li> <li>▪ Puede ser cargada por simple sustitución del electrolito</li> <li>▪ No se daña si accidentalmente se mezclan los electrolitos</li> <li>▪ Trabaja a temperatura ambiente</li> <li>▪ La contaminación cruzada es mínima o nula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Densidad de energía pobre</li> <li>▪ Energía específica pobre</li> <li>▪ Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura</li> <li>▪ El diseño del sistema debe asegurar la seguridad de todas las baterías</li> </ul>
Baterías Zinc-Bromo (Zn-Br)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Buen nivel de energía específica</li> <li>▪ Buena eficiencia energética</li> <li>▪ Materiales fácilmente disponibles y de bajo coste</li> <li>▪ Bajo impacto medioambiental</li> <li>▪ Trabaja a temperatura ambiente</li> <li>▪ Densidad de potencia adecuada para la mayoría de aplicaciones</li> <li>▪ Capacidad de carga rápida</li> <li>▪ No se daña al realizar descargas 100% DOD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Necesidad de sistema auxiliar para circulación y control de temperatura</li> </ul>
Baterías Hierro-Cromo (Fe-Cr)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Formado por electrodos de fibra de carbono de muy bajo coste.</li> <li>▪ Larga vida útil.</li> <li>▪ Baja tasa de mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Baja densidad de energía.</li> <li>▪ Tensión en circuito abierto inferior a 1,2 V</li> <li>▪ Alta probabilidad de contaminación cruzada entre hierro y cromo.</li> <li>▪ Bajo rendimiento del 70% aproximadamente</li> </ul>
Baterías Bromo-Polisulfuro [55]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Constancia en evolución</li> <li>▪ Los elementos químicos que forman los electrolitos son muy abundantes.</li> <li>▪ Coste medio.</li> <li>▪ Solubles en medios acuosos (reduciendo la cantidad de electrolito utilizado)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Rendimiento bajo 67% aproximadamente.</li> <li>▪ Densidad de energía 25-35 Wh/L.</li> <li>▪ Contaminación cruzada con el paso del tiempo.</li> <li>▪ Dificultad en mantener el equilibrio entre las concentraciones de electrolitos</li> </ul>
Baterías Vanadio-Bromo (V-Br) [6]	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta solubilidad (aparece como respuesta a la baja solubilidad de vanadio- vanadio)</li> <li>▪ Aumento en densidad de energía entre 35 y 70 Wh/L.</li> <li>▪ Mayor diferencial de potencial 1,3 V que las baterías de vanadio.</li> <li>▪ Elevada energía específica de casi 50 Wh/kg.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Posibilidad de contaminación cruzada</li> <li>▪ Peligro de emisión de vapor de broma.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Funcionamiento en bajas temperaturas</li> <li>▪ Rendimiento del 75%</li> </ul>	
--	---	--

En la tabla 10.3 y tabla 10.4 se describe las características de las baterías a analizar:

Tabla 10. 3.- Características baterías convencionales.

<b>BATERIAS CONVENCIONALES</b>				
DETALLE	Ión-Litio	Plomo-Acido	Sodio-Sulfuro	Níquel-Cadmio*
Densidad de Energía (MJ/m <sup>3</sup> )	10,8 – 14,40	60-180	540	60 (Wh/kg)
Rango de Energía (MJ) [6]	36000	144000	172800	
Rango de Potencia(MW)	0,1 – 10	0,1-10	0,1-10	0,1-10
Tiempo de Carga y Densidad	H-min	H-min	Horas	Horas
Ciclos de Carga/ Descarga	4500	2500	4500	1500
Rendimiento (%)	94%	90%	80%	85%
Mínimo Estado de Carga (%)	10%	20%	10%	
Carga mínima de operación recomendada	20%	50%		
Tensión a circuito abierto (V)				
Coste de Instalación (USD/kWh)	619	420	333	
Coste de Mantenimiento al Año (USD/kWh*año) [6]	3,5	2,34	3,5	Elevado

Nota: Los valores se encuentran dados según la tasa cambiaria USD/EUR= 1,167

Tabla 10. 4.- Características batería de flujo.

<b>BATERIAS DE FLUJO (REDOX)</b>					
DETALLE	Vanadio-Vanadio	Zinc-Bromo	Hierro-Cromo*	Bromo-Polisulfuro*	Vanadio-Bromo*
Densidad de Energía (MJ/m <sup>3</sup> ) (Wh/L)	25-35	39	10	35	35-75
Rango de Energía (MJ)	36000	36000			
Rango de Potencia(MW)	0,1-100	0,1-100			
Tiempo de Carga y Densidad	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
Ciclos de Carga/ Descarga	20000	12000	>2000	3000	3000-5000
Rendimiento (%)	90%	75%	70%	67%	75%
Mínimo Estado de Carga (%)	5%	10%			
Carga mínima de operación recomendada	10%	25%	30%	40%	25%
Tensión a circuito abierto (V)	1,26	1,83	1,18	1,4	1,35

Membrana	Catiónica	Catiónica	Aniónica o catiónica	Catiónica	Catiónica
<b>Transportador de carga</b>	H <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup> , H <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>
<b>Electrolito soporte</b>	Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico	Ácido clorhídrico	Ácido sulfúrico	Ácido clorhídrico, ácido bromhídrico
<b>Electrodos</b>	Grafito fieltro, fibras de grafito	Carbón activo, grafito	Fibra de carbono	Carón activo	Carbono, composites de grafito
<b>Temperatura máx. de operación (°C)</b>	50	45-50	30-55	35	45
<b>Coste de Instalación (USD/kWh)</b>	817	450			
<b>Coste de Mantenimiento al Año (USD/kWh*año)</b>	11,68	15,18			

**Nota:** Los valores se encuentran dados según la tasa cambiaria USD/EUR= 1,167, valor a **13/07/2018**

## 10.2 Evaluación técnica- económica

Para determinar el análisis técnico- económico se ha basado a los datos históricos de medición de demanda de la empresa “Industrias Catedral S.A” [56] realizadas en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Para la cual se aplicara los siguientes procedimientos, en el caso 1:

- ✓ Sistemas de conexión SEP e industria.
- ✓ Curvas de demanda horaria.
- ✓ Cálculo de planilla eléctrica
- ✓ Cálculo de planilla eléctrica aplicando baterías de flujo.

Adicional a los procedimientos realizados en la empresa se pretende determinar las curvas de demanda, cálculo de planilla eléctrica y aplicando las baterías de flujo de una empresa propuesta en la que se pueda comparar los beneficios de la implementación de esta tecnología de almacenamiento descrito en el caso 2.



## CASO 1

### 1.1 SISTEMA ACTUAL DE LA EMPRESA

#### ▪ SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DISTRIBUCIÓN

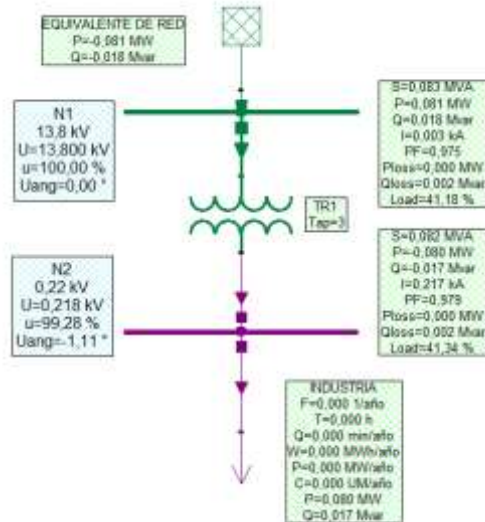


Figura 10. 1.- Diagrama Sistema puntual Industria Catedral S.A

Se ingresa los datos de curva de demanda diaria según el factor de escalamiento que va a ser máximo 1 que representara a la demanda máxima del sistema 82.02 kWh.

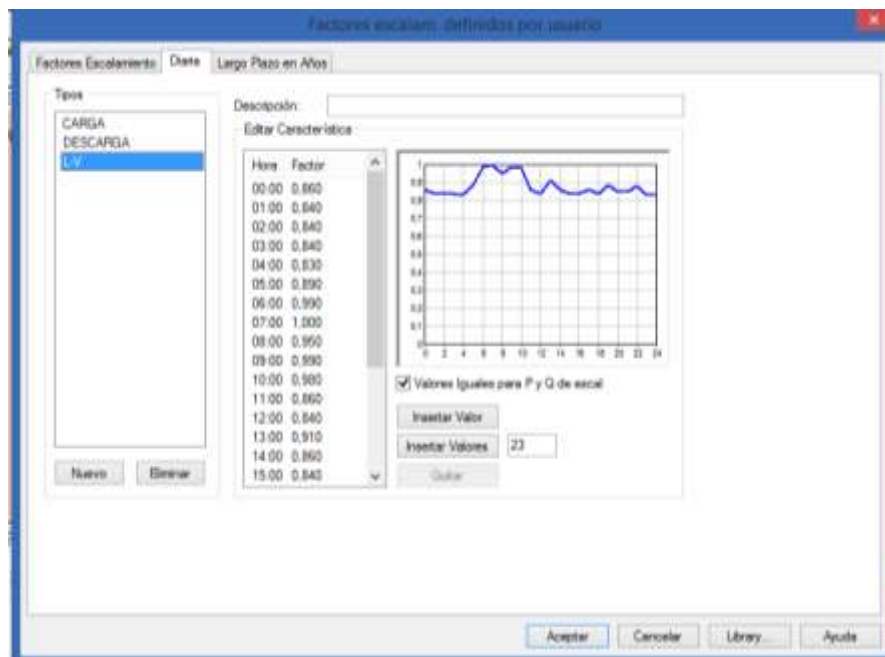


Figura 10. 2.- Factor de escalamiento Industria Catedral S.A

En la siguiente figura se describe la caída de voltaje y la curva de demanda diaria en función del tiempo.

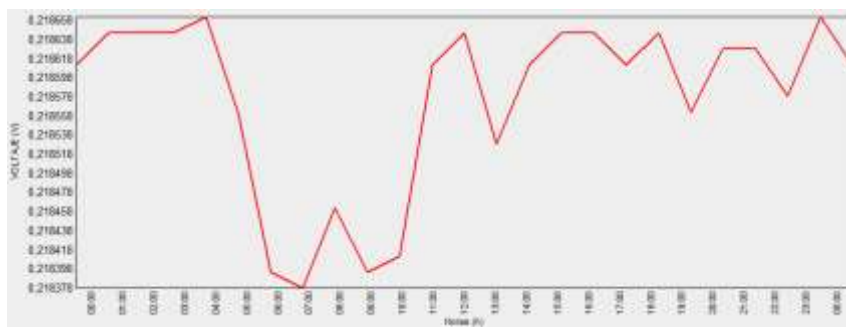


Figura 10. 3.- Variación de voltaje Industria Catedral S.A

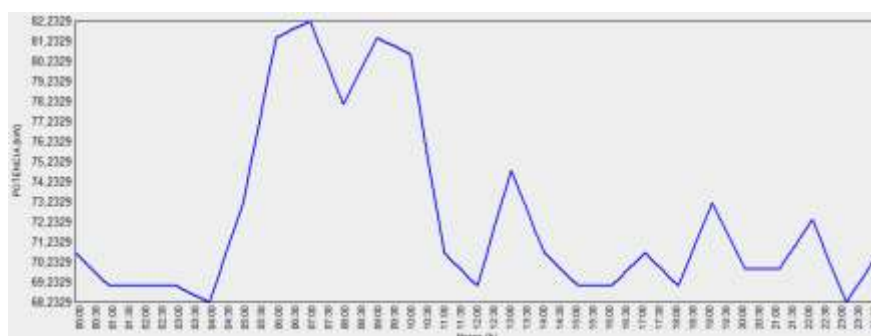


Figura 10. 4.- Curva de demanda diaria Industria Catedral S.A



Figura 10. 5.- Curva de pérdidas de potencia Industria Catedral S.A

Tabla 10. 5.- Datos de barra de conexión Industria Catedral S.A

Hora	% V	I(kA)	FP	Ploss(kw)	Qloss(kvar)	CARGABILIDAD (%)
0	99,37	0,19	0,979	0,185	1,3	36,24
1	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
2	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
3	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
4	99,39	0,184	0,979	0,172	1,21	34,97
5	99,35	0,197	0,979	0,199	1,393	37,52
6	99,27	0,219	0,979	0,246	1,726	40,76
7	99,26	0,221	0,979	0,251	1,761	42,19
8	99,3	0,21	0,979	0,226	1,588	40,06
9	99,27	0,219	0,979	0,246	1,726	40,76
10	99,28	0,217	0,979	0,241	1,691	41,34
11	99,37	0,19	0,979	0,185	1,3	36,24

12	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
13	99,33	0,201	0,979	0,208	1,457	38,36
14	99,37	0,19	0,979	0,185	1,3	36,24
15	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
16	99,33	0,201	0,979	0,208	1,457	38,36
17	99,37	0,19	0,979	0,185	1,3	36,24
18	99,38	0,186	0,979	0,177	1,24	35,39
19	99,35	0,197	0,979	0,199	1,393	37,52
20	99,38	0,188	0,979	0,181	1,27	35,82
21	99,38	0,188	0,979	0,181	1,27	35,82
22	99,35	0,195	0,979	0,194	1,361	37,09
23	99,39	0,184	0,979	0,172	1,21	34,94

▪ **CALCULO PLANILLA ELÉCTRICA.**

Tabla 10. 6.- Datos históricos empresa Industrias Catedral S.A [56].

HORA	LUNES A VIERNES			SABADOS Y DOMINGOS		
	POTENCIA ACTIVA (KW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)	POTENCIA ACTIVA (KW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)
0	70,57	11,01	72,88	10,88	5,39	14,09
1	68,9	10,99	71,07	12,58	4,29	14,34
2	68,64	10,62	70,66	12,81	4,71	15,96
3	69,24	10,73	71,21	11,44	5,36	14,56
4	68,43	10,67	70,58	11,44	5,41	14,55
5	73,01	13,59	75,22	10,43	5,55	13,74
6	81,18	15,19	84,32	13,72	8,76	15,54
7	82,06	12,15	85,5	13,42	4,27	15,82
8	78,08	15,77	81,4	14,08	4,17	16,32
9	81,52	17,52	84,87	13,99	4,13	16,19
10	80,44	17,39	83,57	15,05	3,55	16,48
11	70,44	13,98	72,77	11,6	4,42	14,08
12	68,93	11,28	71,3	6,6	6,87	11,53
13	74,76	13,22	77,2	6,74	6,81	11,3
14	70,47	12,66	72,99	6,77	6,84	11,24
15	68,94	12,13	71,3	6,62	6,85	11,24
16	69,12	12,58	71,49	6,63	6,9	11,39
17	70,22	13,06	72,33	7,38	6,54	11,68
18	69,21	12,59	71,47	6,63	6,88	11,51
19	72,79	12,89	74,83	6,6	6,82	11,24
20	69,78	12,44	71,68	6,67	6,88	11,34
21	69,71	11,15	71,4	6,92	6,97	11,5
22	72,38	13,07	74,29	7,24	6,52	11,7
23	67,87	9,69	69,89	6,3	6,86	11,53
24	70,57	11,01	72,88	10,88	5,39	14,09

**Curvas de demanda horaria y banda horaria**

A continuación se grafica la curva de demanda diaria de la empresa seleccionada para el análisis de la implementación del módulo de la batería de flujo, con referencia a las bandas horarias de lunes a viernes.

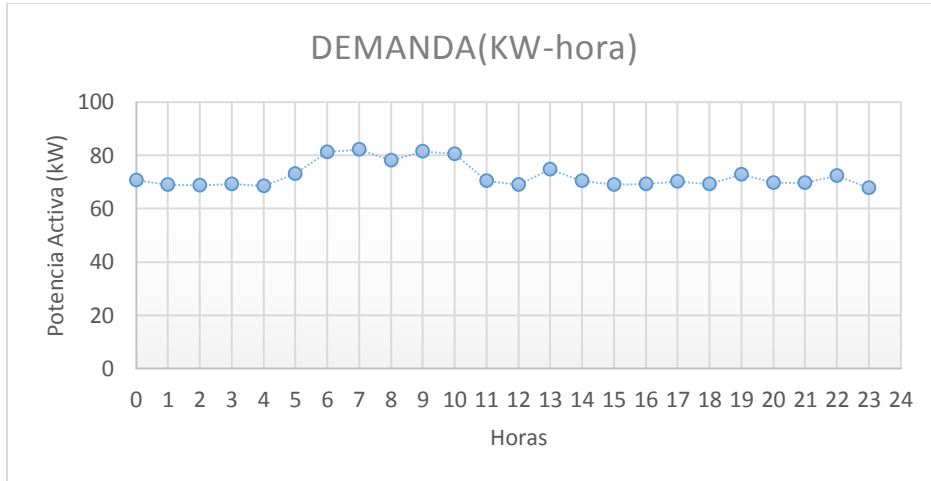


Figura 10. 6.- Curva de demanda horaria (Lunes-Viernes).

Tabla 10. 7.- Datos curva de demanda diaria, bandas horaria (Lun-Vie).

LUNES A VIERNES				
HORA	POTENCIA ACTIVA (KW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)	
ACB	0	70,57	11,01	72,88
	1	68,9	10,99	71,07
	2	68,64	10,62	70,66
	3	69,24	10,73	71,21
	4	68,43	10,67	70,58
	5	73,01	13,59	75,22
	6	81,18	15,19	84,32
	7	82,06	12,15	85,5
ACV	8	78,08	15,77	81,4
	9	81,52	17,52	84,87
	10	80,44	17,39	83,57
	11	70,44	13,98	72,77
	12	68,93	11,28	71,3
	13	74,76	13,22	77,2
	14	70,47	12,66	72,99
	15	68,94	12,13	71,3
	16	69,12	12,58	71,49
	17	70,22	13,06	72,33
	18	69,21	12,59	71,47
	19	72,79	12,89	74,83

ACPS	20	69,78	12,44	71,68
	21	69,71	11,15	71,4
	22	72,38	13,07	74,29
	23	67,87	9,69	69,89

Se considera la curva de demanda diaria del fin de semana como dato de cálculo en la planilla eléctrica, ya que su demanda es baja no se ve necesario el funcionamiento del sistema de almacenamiento.

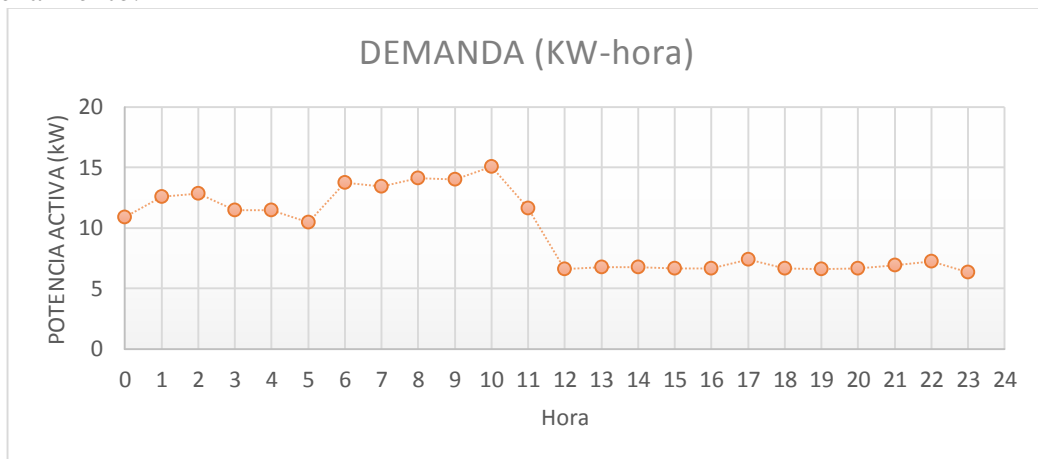


Figura 10. 7.- Curva de demanda horaria (Sábado-Domingo).

Tabla 10. 8.- Datos curva de demanda diaria, bandas horarias (Sab -Dom).

SABADOS Y DOMINGOS					
	HORA	POTENCIA ACTIVA (KW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)	
ACFHP		0	10,88	5,39	14,09
		1	12,58	4,29	14,34
		2	12,81	4,71	15,96
		3	11,44	5,36	14,56
		4	11,44	5,41	14,55
		5	10,43	5,55	13,74
		6	13,72	8,76	15,54
		7	13,42	4,27	15,82
		8	14,08	4,17	16,32
		9	13,99	4,13	16,19
		10	15,05	3,55	16,48
		11	11,6	4,42	14,08
		12	6,6	6,87	11,53
		13	6,74	6,81	11,3
		14	6,77	6,84	11,24
	15	6,62	6,85	11,24	

	Yellow	16	6,63	6,9	11,39
		17	7,38	6,54	11,68
		18	6,63	6,88	11,51
	Red	19	6,6	6,82	11,24
		20	6,67	6,88	11,34
		21	6,92	6,97	11,5
	Green	22	7,24	6,52	11,7
23		6,3	6,86	11,53	

### Calculo de planilla eléctrica

#### Datos de consumo

La siguiente información corresponde a los datos tabulados por cada franja horaria que servirá para el cálculo de la planilla eléctrica considerando los diferentes parámetros.

Tabla 10. 9.- Pago por energía según rango de consumo.

Parámetros	Rango de consumo	Energía (USD/kWh)
ACV	L-V 08h00 hasta 18h00	0,0897
ACPS	L-V 18h00 hasta 22h00	0,1037
ACB***	L-V 22h00 hasta 08h00	0,0501
ACFHP	S, D, F 18h00 hasta 22h00	0,0897

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

Tabla 10. 10.- Datos de consumo Lun-Vier- Caso 1

LUNES A VIERNES		
Detalle	D. diaria (kW-hora)	D. Mensual (kW-hora)
<b>ACB</b>	727,98	16015,56
<b>ACV</b>	724,05	15929,1
<b>ACPS</b>	284,66	6262,52
<b>ACT</b>	1736,69	38207,18
<b>REA (kVAr-h)</b>	306,37	6740,14

Tabla 10. 11.- Datos de consumo Sab-Dom- Caso 1

SABADOS Y DOMINGO		
Detalle	D. diaria (kW-hora)	D. Mensual (kW-hora)
<b>ACB</b>	117,1	936,8
<b>ACV</b>	88,01	704,08
<b>ACPS</b>	82	656
<b>ACT</b>	287,11	2296,88

<b>REA (kVAr-h)</b>	232,54	1860,32
---------------------	--------	---------

## Consumo

Tabla 10. 12.- Datos de consumo- Caso 1

<b>ACB</b>	\$ 802,38
<b>ACFHP</b>	\$ 141,05
<b>ACPS</b>	\$ 649,42
<b>ACV</b>	\$ 1.428,84
<b>Total</b>	\$ 3.021,69

## Demanda

Tabla 10. 13.- Demanda pico y Demanda máxima- Caso 1

<b>DP (kW-h)</b>	72.79
<b>DM (kW-h)</b>	82.06

$$FC = \frac{D_p}{D_M} \quad (10.2. 1)$$

Donde:

**FC:** Factor de carga.

**DP:** Demanda pico o máxima que se registra en la banda horaria 18:00-22:00

**DM:** Demanda máxima registrada durante el mes.

$$FC = \frac{72.79}{82.06}$$

$$FC = 0.88$$

Según el factor de corrección que disponemos procedemos a aplicar según el rango establecido en el pliego tarifario por tal motivo procedemos a aplicar la fórmula que se encuentra establecido en el pliego tarifario **ecuación 10.2.2.**

- 1)  $< 0.6 = 0.5$
- 2)  $0.6 - 0.9 =$  Aplicar formula
- 3)  $0.9 - 1 = 1.2$

Formula:

$$FC = 0.5833 \left( \frac{D_{pico}}{D_{max}} \right) + 0.4167 \left( \frac{D_{pico}}{D_{max}} \right)^2 \quad (10.2. 2)$$

$$FC = 0.5833 \left( \frac{72.79}{82.06} \right) + 0.4167 \left( \frac{72.79}{82.06} \right)^2$$

$$FC = 0.845278$$

Como el  $FC = 0.845$  es el dato que procederemos a tomar para el cálculo, en el que para determinar el valor económico a pagar por la demanda se utilizara la **ecuación 10.2.3**.

$$FC = Tarifa DM \left( \frac{USD}{kW} * mes \right) * F_{ci} * DM(kW * mes) \quad (10.2. 3)$$

$$FC = 4.576 \left( \frac{USD}{kW} * mes \right) * 0.8452 * 82.06(kW * mes)$$

$$FC = 317.41 \text{ USD}$$

El valor económico calculado es la demanda a pagar por el mes.

### Factor de potencia

Es necesario determinar el factor de potencia en el que se utilizara la **ecuación 10.2.4**, haciendo a la relación a potencia reactiva y potencia activa total del mes.

$$Fp = \left( \cos \left( \text{tg}^{-1} \frac{REA}{ACT} \right) \right) \quad (10.2. 4)$$

$$Fp = \left( \cos \left( \text{tg}^{-1} \frac{8600.46}{40504.06} \right) \right)$$

$$FP = 0.978$$

### Penalización por bajo factor de potencia

Se determina la penalización por el bajo factor de potencia en el que se utiliza la **ecuación 10.2.5**:

$$PBFP = \left( \frac{0.92}{fp} - 1 \right) * (Comer + Dem + Consumo) \quad (10.2. 5)$$

$$PBFP = \left( \frac{0.92}{0.978} - 1 \right) * (1,414 + 317.41 + 3021.69)$$

$$PBFP = -198.74 \text{ *Se toma el valor absoluto}$$

### Alumbrado público (valor 17% tomado de ref.)

Se considera el 17% como valor para calcular el alumbrado público tomado como referencia, se aplica la **ecuación 10.2.6**.

$$A.P = (Comer + DM + Consumo) * 17\% \quad (10.2. 6)$$

$$A.P = (1.414 + 317.41 + 3021.69) * 17\%$$

$$A.P = 567.89$$



## Planilla eléctrica

Tabla 10. 14.- Planilla eléctrica Industrias Catedral S.A.

PLANILLA	
Comer.	\$ 1,414
ACB	\$ 802,38
ACFHP	\$ 141,05
ACPS	\$ 649,42
ACV	\$ 1.428,84
Demanda	\$ 317,41
PBFP	\$ 198,74
AP (17%)	\$ 567,89
<b>Total</b>	<b>\$ 4.107,15</b>

### 1.2 APLICACIÓN DE BATERIAS A LA INDUSTRIA

#### ▪ SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA Y DISTRIBUCIÓN

A continuación se procede a simular en NEPLAN los valores correspondientes a la curva de demanda diaria de la empresa Industrias Catedral S.A; con un transformador de 200 kVA. Cabe mencionar que se toma solo para la simulación las pérdidas por el conductor para observar la interacción de las baterías en el sistema.

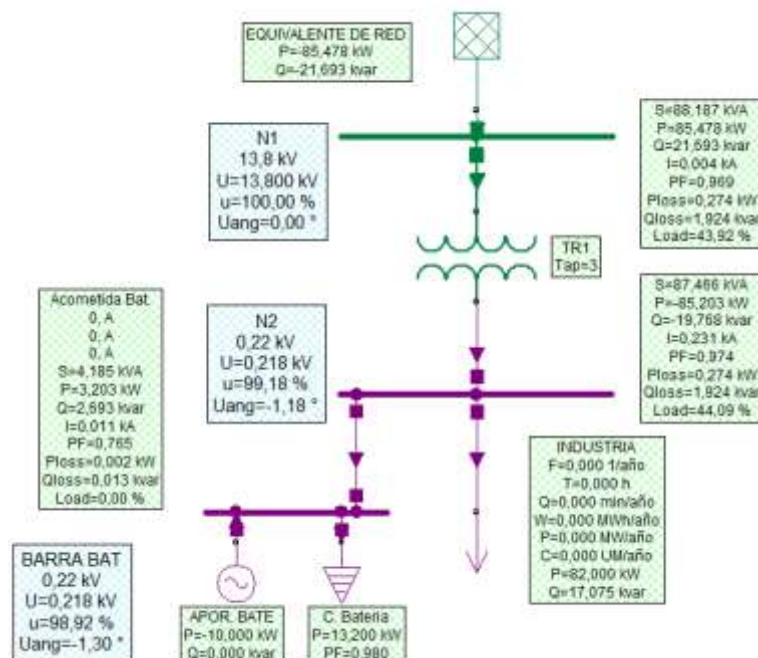


Figura 10. 8.- Implementación de baterías al sistema con perfiles de carga.

A continuación se pueden observar las curvas de las diferentes variables con relación a la implementación de las baterías al sistema.

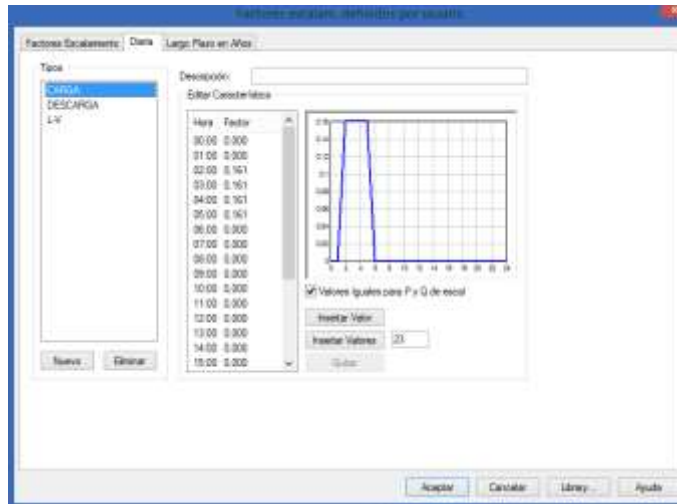


Figura 10. 9.- Perfil de carga de la batería ion-litio.

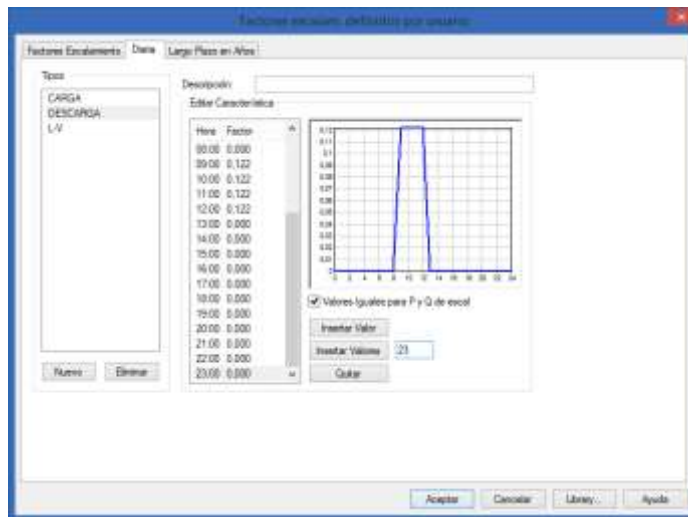


Figura 10. 10.- Perfil de descarga de la batería ion-litio.

## VARIACIÓN DE VOLTAJE

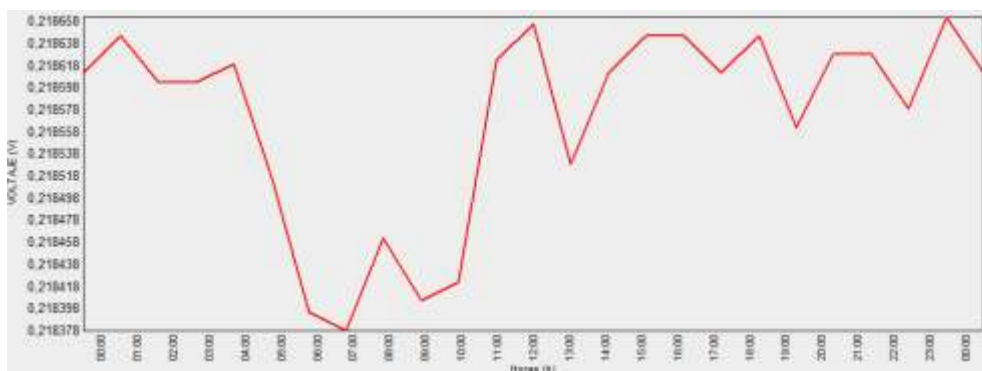


Figura 10. 11.- Variación de voltaje IÓN- Litio en el sistema Industria Catedral S.A

## CURVA DE DEMANDA DIARIA

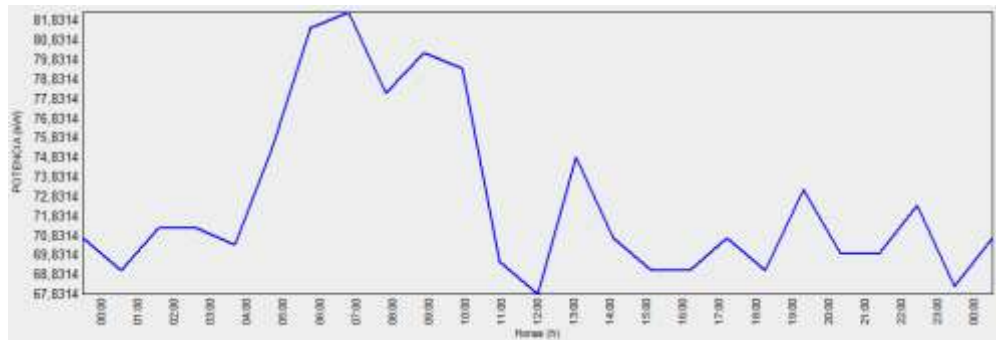


Figura 10. 12.- Curva de demanda diaria Ión- Litio en el sistema Industria Catedral S.A

## CURVA DE PERDIDA DE POTENCIA

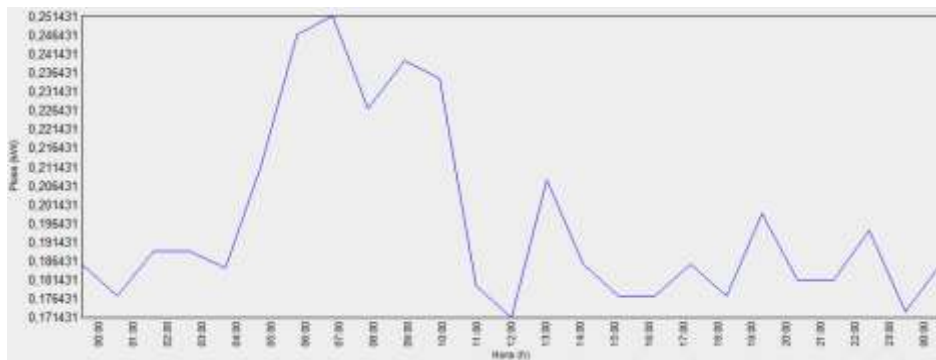


Figura 10. 13.- Perdidas de potencia Ión- Litio en el sistema Industria Catedral S.A

## CUADRO DE DATOS

### CARGA

- Barra de conexión de la industria

Tabla 10. 15.- Barra de la industria implementación de las baterías CASO1.

		BARRA DE LA INDUSTRIA								
		Hora	%V	P(KW)	Q(KVAR)	I(kA)	FP	Ploss(kw)	Qloss(kvar)	CARGAB. (%)
Ión-Litio	2	99,26	82,109	17,166	0,222	0,979	0,252	1,767	42,25	
	3	99,26	82,109	17,166	0,222	0,979	0,252	1,767	42,25	
	4	99,27	81,289	16,995	0,22	0,979	0,247	1,731	41,83	
	5	99,22	86,209	18,02	0,233	0,979	0,278	1,949	44,38	
Plomo-Acido	2	99,23	85,127	17,848	0,23	0,979	0,271	1,9	43,82	
	3	99,23	85,127	17,848	0,23	0,979	0,271	1,9	43,82	
	4	99,24	84,307	17,677	0,228	0,979	0,266	1,864	43,4	
	5	99,19	89,227	18,702	0,241	0,979	0,298	2,089	45,95	
Vn-Vn	2	99,28	79,901	16,676	0,216	0,979	0,238	1,672	41,1	
	3	99,28	79,901	16,676	0,216	0,979	0,238	1,672	41,1	
	4	99,29	79,082	16,505	0,214	0,979	0,234	1,638	40,68	
	5	99,24	84,002	17,529	0,227	0,979	0,264	1,849	43,23	

Zinc- Bromo	2	99,27	81,368	17	0,22	0,979	0,247	1,735	41,87
	3	99,27	81,368	17	0,22	0,979	0,247	1,735	41,87
	4	99,27	80,548	16,829	0,218	0,979	0,242	1,7	41,44
	5	99,23	85,468	17,854	0,231	0,979	0,273	1,915	43,99

- **Carga de la industria**

Tabla 10. 16.- Carga de la industria implementación de las baterías CASO1.

<b>CARGA DE LA INDUSTRIA</b>			
	Hora	P (KV)	Q(KVAR)
Ión- Litio	2	68,88	14,343
	3	68,88	14,343
	4	68,06	14,172
	5	72,98	15,197
Plomo- Acido	2	68,88	14,343
	3	68,88	14,343
	4	68,06	14,172
	5	72,98	15,197
Vn-Vn	2	68,88	14,343
	3	68,88	14,343
	4	68,06	14,172
	5	72,98	15,197
Zinc- Bromo	2	68,88	14,343
	3	68,88	14,343
	4	68,06	14,172
	5	72,98	15,197

- **BATERIA**

Tabla 10. 17.- Datos barra de conexión de batería CASO1.

<b>BATERIA</b>				
	Hora	% V Barra Bat	Aporte (kw)	Carga (kw)
Ión- Litio	2	98,84		13,2
	3	98,84		13,2
	4	98,85		13,2
	5	98,8		13,2
Plomo- Acido	2	98,71		16,203
	3	98,71		16,203
	4	98,72		16,203
	5	98,67		16,203
Vn-Vn	2	98,93		11,001
	3	98,93		11,001
	4	98,94		11,001
	5	98,89		11,001

Zinc- Bromo	2	98,87		12,462
	3	98,87		12,462
	4	98,88		12,462
	5	98,83		12,462

▪ **ACOMETIDA DE LA BATERIA**

Tabla 10. 18.- Acometida de la batería CASO1.

ACOMETIDA						
	Hora	P(KW)	Q(KVAR)	I (kA)	Ploss (kw)	Qloss (kvar)
Ión- Litio	2	13,229	2,823	0,036	0,029	0,142
	3	13,229	2,823	0,036	0,029	0,142
	4	13,229	2,823	0,036	0,029	0,142
	5	13,229	2,823	0,036	0,029	0,142
Plomo- Acido	2	16,247	3,5	0,044	0,043	0,214
	3	16,247	3,5	0,044	0,043	0,214
	4	16,247	3,5	0,044	0,043	0,214
	5	16,247	3,505	0,044	0,043	0,214
Vn-Vn	2	11,022	2,333	0,03	0,02	0,098
	3	11,022	2,333	0,03	0,02	0,098
	4	11,022	2,333	0,03	0,02	0,098
	5	11,022	2,333	0,03	0,02	0,098
Zinc- Bromo	2	12,488	2,657	0,034	0,025	0,126
	3	12,488	2,657	0,034	0,025	0,126
	4	12,488	2,657	0,034	0,025	0,126
	5	12,488	2,657	0,034	0,025	0,126

**DESCARGA**

▪ **Barra de la industria**

Tabla 10. 19.- Descarga de las baterías en la barra de la industria CASO1.

BARRA DE LA INDUSTRIA									
	Hora	% V	P(KW)	Q(KVAR)	I(kA)	FP	Ploss(kw)	Qloss(kvar)	CARGAB. ( %)
Ión- Litio	9	99,31	71,192	16,981	0,193	0,973	0,192	1,344	36,85
	10	99,32	70,372	16,811	0,191	0,973	0,187	1,313	36,42
	11	99,41	60,532	14,761	0,164	0,972	0,138	0,972	31,24
	12	99,42	58,892	14,42	0,16	0,971	0,131	0,92	30,49
Plomo- Acido	9	99,31	71,192	16,981	0,193	0,973	0,192	1,344	36,85
	10	99,32	70,372	16,811	0,191	0,973	0,087	1,313	36,42
	11	99,41	60,532	14,761	0,164	0,972	0,138	0,972	31,34
	12	99,42	58,892	14,42	0,16	0,971	0,131	0,92	30,49

Vn-Vn	9	99,31	71,192	16,981	0,193	0,973	0,192	1,344	36,85
	10	99,32	70,372	16,811	0,191	0,973	0,187	1,313	36,42
	11	99,41	60,532	14,761	0,164	0,972	0,138	0,972	31,34
	12	99,42	58,892	14,42	0,16	0,971	0,131	0,92	30,49
Zinc-Bromo	9	99,31	71,192	16,981	0,193	0,973	0,192	1,344	36,85
	10	99,32	70,372	16,811	0,191	0,973	0,187	1,313	36,42
	11	99,41	60,532	14,761	0,164	0,972	0,138	0,972	31,34
	12	99,42	58,892	14,42	0,16	0,971	0,131	0,92	30,49

- **Carga de la industria**

Tabla 10. 20.- Descarga de la batería incidencia en la carga CASO1.

<b>CARGA DE LA INDUSTRIA</b>			
	Hora	P (KV)	Q(KVAR)
Ión- Litio	9	81,18	16,904
	10	80,36	16,733
	11	70,52	14,685
	12	68,88	14,343
Plomo-Acido	9	81,18	16,904
	10	80,36	16,733
	11	70,52	14,685
	12	68,88	14,343
Vn-Vn	9	81,18	16,904
	10	80,36	16,733
	11	70,52	14,685
	12	68,88	14,343
Zinc-Bromo	9	81,18	16,904
	10	80,36	16,733
	11	70,52	14,685
	12	68,88	14,343

- **BATERÍA**

Tabla 10. 21.- Descarga de la batería CASO1.

<b>BATERIA</b>				
	Hora	% V Barra Bat	Aporte (kw)	Carga (kw)
Ión- Litio	9	99,46	10	
	10	99,47	10	
	11	99,56	10	
	12	99,58	10	
Plomo-Acido	9	99,46	10,004	
	10	99,47	10,004	
	11	99,56	10,004	
	12	99,58	10,004	

Vn-Vn	9	99,46	10,004	
	10	99,47	10,004	
	11	99,56	10,004	
	12	99,58	10,004	
Zinc-Bromo	9	99,46	10,004	
	10	99,47	10,004	
	11	99,56	10,004	
	12	99,58	10,004	

## ▪ ACOMETIDA DE LA BATERÍA

Tabla 10. 22.- Descarga de la batería acometida de la batería CASO1.

ACOMETIDA						
	Hora	P(KW)	Q(KVAR)	I (kA)	Ploss (kw)	Qloss (kvar)
Ión- Litio	9	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	10	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	11	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	12	9,988	0,077	0,026	0,015	0,076
Plomo-Acido	9	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	10	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	11	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	12	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
Vn-Vn	9	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	10	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	11	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	12	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
Zinc-Bromo	9	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	10	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	11	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077
	12	9,988	0,077	0,026	0,015	0,077

## ▪ DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS

Para el dimensionamiento de las baterías se tomara en cuenta, las tecnologías seleccionadas ya sea por sus características técnicas, construcción y eficiencia consideradas con anterioridad. Adicional a esto no se tomara en cuenta las perdidas en las interacción y equipos que esta comprende para su funcionamiento para obtener un resultado neto de la integración de las baterías en el sistema. Siendo estas:

Baterías convencionales:

- Ión-Litio
- Plomo- acido

Baterías de flujo:

- Vanadio- vanadio
- Zinc- Bromo

### Cálculo de A/h de las baterías

Para el dimensionamiento de las baterías se ha tomado en cuenta el desarrollo descrito en el capítulo referente a la metodología para el cálculo de Amperio- Hora de las baterías. A continuación se presentara el cálculo de la batería de Vanadio- Vanadio par indicar el procedimiento y al final una tabla resumen de las diferentes tecnologías:

### **Batería Vanadio- Vanadio**

1. Identificar la cantidad de horas que el consumo será aplicado al banco de baterías en watts por hora (watts/h).

Se va a suplir una carga de 10 kW durante un periodo de 4 horas.

$$P_{\text{Total}} = \text{Potencia} * \text{horas}$$

$$P_{\text{Total}} = 10 \text{ W} * 4$$

$$P_{\text{Total}} = 40 \text{ kW}$$

2. Se debe identificar los días de autonomía en el que el sistema estará en funcionamiento sin ningún tipo de carga para el sistema.

Se toma 1 día de autonomía ya que estará suministrada desde la red:

$$P_{\text{Días de autonomía}} = \text{Potencia total} * \text{días de autonomía}$$

$$P_{\text{Días de autonomía}} = 40 \text{ kW} * 1$$

$$P_{\text{Días de autonomía}} = 40 \text{ kW}$$

Nota: al utilizar un sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta que por más nublado que este el día siempre va a existir carga pero por razones de cálculo se mencionara que no hay aporte de energía al sistema.

3. Identifique la profundidad de la descarga de batería.

$$\text{SOC} (\%) = \text{Descarga total} - \text{Profundidad de descarga (DOD)}$$

$$\text{SOC} (\%) = 100 \% - 90\%$$

$$\text{SOC} (\%) = 10 \%$$

$$P_{\text{capacidad}} = P_{\text{Días de autonomía}} * (1 + \text{SOC})$$

$$P_{\text{capacidad}} = 40 \text{ kW} * (1 + 0,10)$$

$$P_{\text{capacidad}} = 44 \text{ kW}$$



4. Considere la temperatura media de la batería.

Según la localización de la empresa a analizar en la ciudad de Ambato se procedió a determinar la temperatura media de la ciudad y el rendimiento de las diferentes tecnologías con respecto a esta temperatura, para proceder con el cálculo siguiente al igual que el punto anterior se procede a realizar el cálculo de la batería seleccionada como forma de procedimiento y en la tabla se representa el cálculo.

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = \text{Rendimiento}_{\text{total}} - \text{Rendimiento}_{\text{Temperatura}}$$

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = 100\% - 100\%$$

$$\text{Rendimiento}_{\text{Necesario}} = 0\%$$

Se debe sumarle  $= 1+0.00= 1.00$ ; para obtener el rendimiento necesario para calcular la potencia requerida con respecto a la temperatura.

$$P_{\text{Temperatura}} = P_{\text{capacidad}} * \text{Rendimiento}_{\text{Necesaria}}$$

$$P_{\text{Temperatura}} = 44 \text{ kW} * 1.00$$

$$P_{\text{Temperatura}} = 44 \text{ kW}$$

La temperatura que se va a tener en consideración para el cálculo, es la referente a la ciudad de Ambato ya que se encuentra situado la empresa en este lugar, en el siguiente grafico se puede apreciar la temperatura promedio siendo 15 °C:

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	15.1	15.2	15	15	14.7	13.7	13.2	13.4	14.1	15	15.4	15.1
Temperatura min. (°C)	9.3	9.4	9.5	9.6	9.4	8.4	7.8	7.7	8.1	8.6	8.6	8.9
Temperatura máx. (°C)	20.9	21	20.6	20.5	20.1	19.1	18.6	19.1	20.1	21.4	22.2	21.4
Temperatura media (°F)	59.2	59.4	59.0	59.0	58.5	56.7	55.8	56.1	57.4	59.0	59.7	59.2
Temperatura min. (°F)	48.7	48.9	49.1	49.3	48.9	47.1	46.0	45.9	46.6	47.5	47.5	48.0
Temperatura máx. (°F)	69.6	69.8	69.1	68.9	68.2	66.4	65.5	66.4	68.2	70.5	72.0	70.5
Precipitación (mm)	35	48	58	63	52	39	28	28	32	50	38	37

Figura 10. 14.- Datos temperatura promedio de Ambato [57]

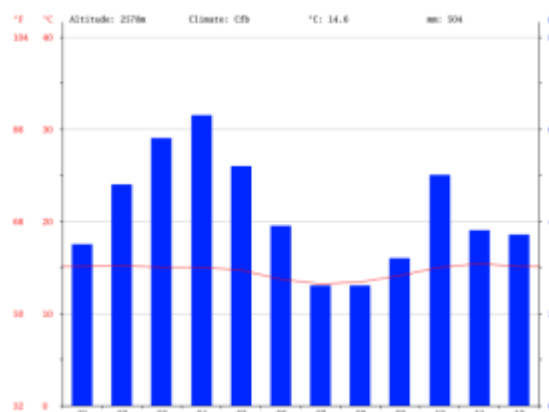


Figura 10. 15.- Diagrama de barras temperatura promedio de Ambato [57]

A continuación se describe la capacidad de almacenamiento con relación de la temperatura de las tecnologías seleccionadas:

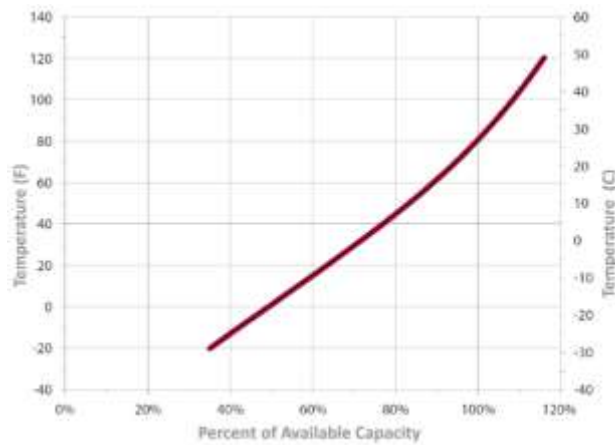


Figura 10. 16.- Capacidad de almacenamiento vs temperatura Pb-Acido Trojan24TMX [58]

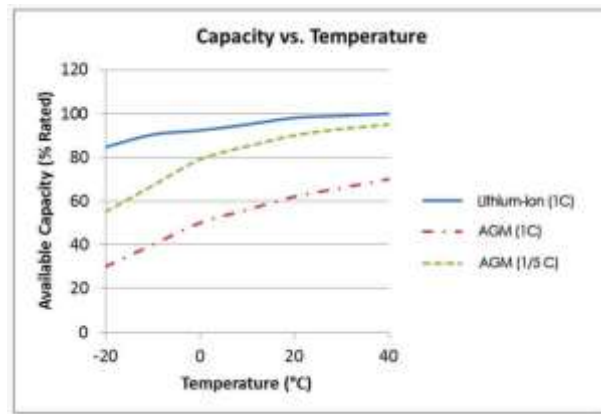


Figura 10. 17.- Capacidad de almacenamiento vs temperatura Ión –Litio [59]

En base a las características técnicas de las baterías de flujo el rango de trabajo con normalidad de las baterías de flujo se encuentran comprendido entre 10 °C hasta 50 °C, por tal motivo se considera el trabajo de las baterías de flujo:

Tabla 10. 23.- Temperatura vs rendimiento baterías de flujo.

Tecnología	Temperatura	Rendimiento
Vanadio- Vanadio	10 °C - 50 °C	100%
Zinc- Bromo	10 °C - 50 °C	100%

5. Determinación del amperaje hora, para la selección comercial del equipo.

En donde:

$$P_{\text{Temperatura}} = \text{Potencia}$$

$$\frac{A}{h} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión de baterías}} \quad (9.2.13)$$

$$\frac{A}{h} = \frac{44kW}{48V}$$

$$\frac{A}{h} = 916.667 \text{ A /h}$$

## RESUMEN DE DIMENSIONAMIENTO DE BATERÍAS

Tabla 10. 24.- Datos de las diferentes tecnologías para el dimensionamiento

DATOS		TECNOLOGIAS			
		Ión-Litio	Plomo-Acido	Vn-Vn	Zinc-Bromo
Horas de consumo	Horas (h)	4	4	4	4
	Potencia (w)	10000	10000	10000	10000
Días de autonomía (días)		1	1	1	1
Profundidad de descarga (%)		80	50	90	75
Temperatura media, buscar tablas (%)		90	92	100	100
Voltaje de banco de baterías		48	48	48	48

Tabla 10. 25.- Resultados de las diferentes tecnologías para el dimensionamiento.

CALCULO DIMENCIONAMIENTO DE LAS BATERIAS					
#	PARAMETROS	Ión- Litio	Plomo-Acido	Vn-Vn	Zn- Br
1	Potencia (Horas de consumo W)	40000	40000	40000	40000
2	Potencia (días de autonomía en W)	40000	40000	40000	40000
3	Potencia (profundidad de descarga en W)	48000	60000	44000	50000
4	Potencia (Temperatura media en W)	52800	64800	44000	50000
5	Amperio/hora (A-h)	1100	1350	916,667	1041,667

A continuación se describa la forma de conexión para obtener el voltaje de salida de los equipos de almacenamiento:

### Conexión de baterías (Baterías convencionales)

Según el elemento a utilizar que es el Sunny Island 6048 US, es admisible un voltaje de la batería al equipo de 48 VDC, por tal motivo se dimensionara para este voltaje el equipo tanto para las baterías Ión- Litio y Plomo acido ANEXO 4 se puede observar las características técnicas de los equipos.

Tabla 10. 26.- Número de baterías Ión Litio

Conexión	Ión- Litio		Capacidad requerida
	#	Características	
<b>Serie</b>	2	24 VDC	48 VDC
<b>Paralelo</b>	7	180 A/h	1100 A/h
<b>TOTAL (baterías)</b>	14		

Tabla 10. 27.- Número de baterías Plomo acido

Conexiones	Plomo acido		Capacidad requerida
	#	Características	
<b>Serie</b>	4	12 VDC	48 VDC
<b>Paralelo</b>	6	225 A/h	1350 A/h
<b>TOTAL (baterías)</b>	24		

Tabla 10. 28.- Precio de implementación para 40 kW Ión- Litio y Plomo-acido.

Precio de tecnología			
Baterías	Cantidad	Costo (USD)	Total (USD)
Ión- Litio	14	6117,93	\$ 85.651,02
Plomo- Acido	24	379,05	\$ 9.097,20

### Conexión de stacks (Baterías de flujo)

El dimensionamiento de las baterías de flujo está basado a la cantidad de almacenaje de electrolito en sus tanques, como se muestra a continuación:

Tabla 10. 29.- Capacidad en base al electrolito [60]

Capacidad (kWh)	Electrolito (litros)
40	2000
70	3500
100	5000
130	6500

#### ▪ COMPORTAMIENTO DE LA BATERÍA.

La batería será cargada en el periodo base donde el precio por la energía a nivel industrial es la más baja en los días laborables siendo esta 0,0501 USD/kWh.

A continuación se grafica la curva de carga y descarga de la bacteria ideal en el que no existe ningún tipo de perdida.

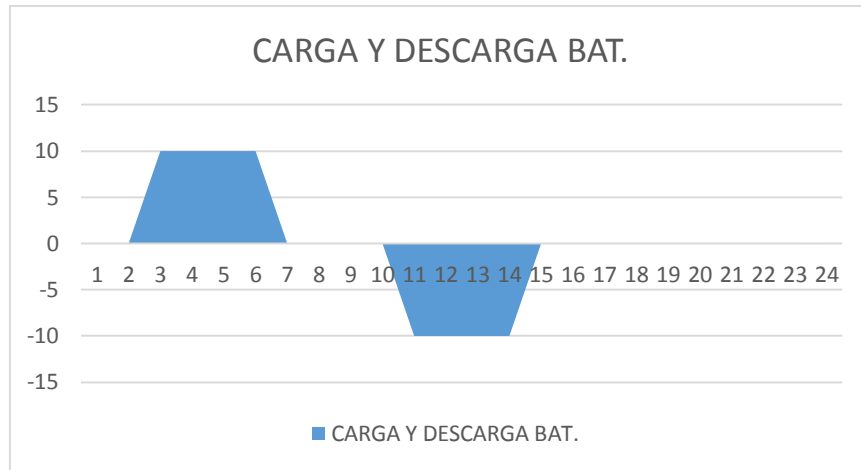


Figura 10. 18.- Carga y descarga ideal de la batería.

Según la tabla en la que se muestra el cálculo del dimensionamiento de las diferentes tecnologías, se muestra el consumo adicional que tendrá cada una de ellas ya sea por la temperatura en la que trabaja el rendimiento de la misma. Y en base a esta información se procede a dimensionar su consumo.

Tabla 10. 30.- Potencia de carga y descarga en la hora de trabajo.

Tecnología	Potencia	
	Carga (kWh)	Descarga (kWh)
<b>Ión- Litio</b>	13.2	10
<b>Plomo- acido</b>	16.2	10
<b>Vn-Vn</b>	11	10
<b>Zn-Br</b>	12.5	10

En las figuras a continuación se puede observar el aumento de la energía con respecto a la eficiencia, rendimiento y la temperatura promedio en la que se encuentran trabajando permitiendo tener un acercamiento más real al resultado.

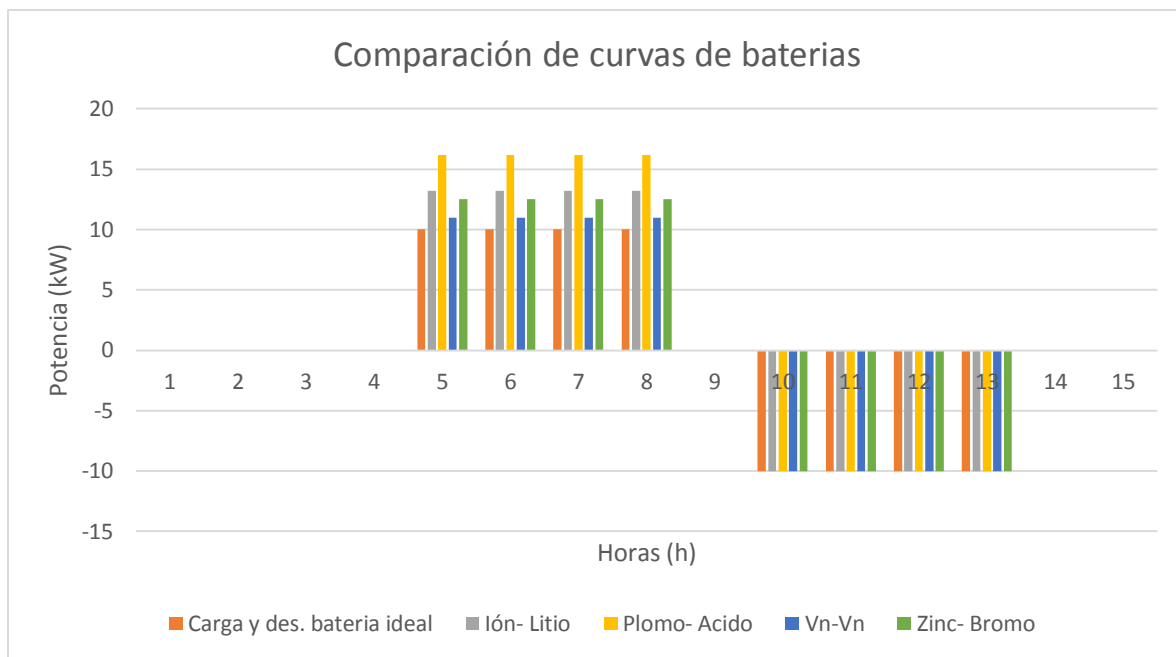


Figura 10. 19.- Comparación de curvas de energía según el rendimiento.

▪ **CALCULO PLANILLA ELÉCTRICA.**

A los datos históricos obtenidos de la empresa, se aplicara el cálculo para cada una de las tecnologías seleccionadas pero a razón de cálculo y explicación del procedimiento se realizara los cálculos correspondientes a la batería ideal en la que no hay pérdida por el uso de alguna tecnología seleccionada. En la que se tomara una demanda de 40 kWh que entrara en funcionamiento desde las 02:00 hasta 05:00 apreciando en la **Figura 43**, para que entre en funcionamiento a las 07:00 hasta las 10:00; obteniendo un desplazamiento de la cura de carga. El cual aplicando el cálculo económico se tendrá mayor consumo de energía en la banda hora base. Se aplica de lunes a viernes ya que en estos días se presentan la mayor demanda que los fines de semana viéndose innecesario la aplicación pero considerado para el cálculo de la planilla.

Tabla 10. 31.- Datos históricos al aplicar una batería ideal- Caso 1

LUNES A VIERNES				
	HORA	POTENCIA ACTIVA (KW)	POTENCIA REACTIVA (kVAr)	POTENCIA APARENTE (kVA)
ACB	0	70,57	11,01	72,88
	1	68,9	10,99	71,07
	2	68,64	10,62	70,66
	3	69,24	10,73	71,21
	4	68,43	10,67	70,58
	5	73,01	13,59	75,22
	6	81,18	15,19	84,32

	7	82,06	12,15	85,5
	8	78,08	15,77	81,4
ACV	9	81,52	17,52	84,87
	10	80,44	17,39	83,57
	11	70,44	13,98	72,77
	12	68,93	11,28	71,3
	13	74,76	13,22	77,2
	14	70,47	12,66	72,99
	15	68,94	12,13	71,3
	16	69,12	12,58	71,49
	17	70,22	13,06	72,33
	18	69,21	12,59	71,47
ACPS	19	72,79	12,89	74,83
	20	69,78	12,44	71,68
	21	69,71	11,15	71,4
	22	72,38	13,07	74,29
	23	67,87	9,69	69,89

En base a los datos se puede obtener la curva de demanda diaria de la empresa al aplicar la batería ideal al sistema.

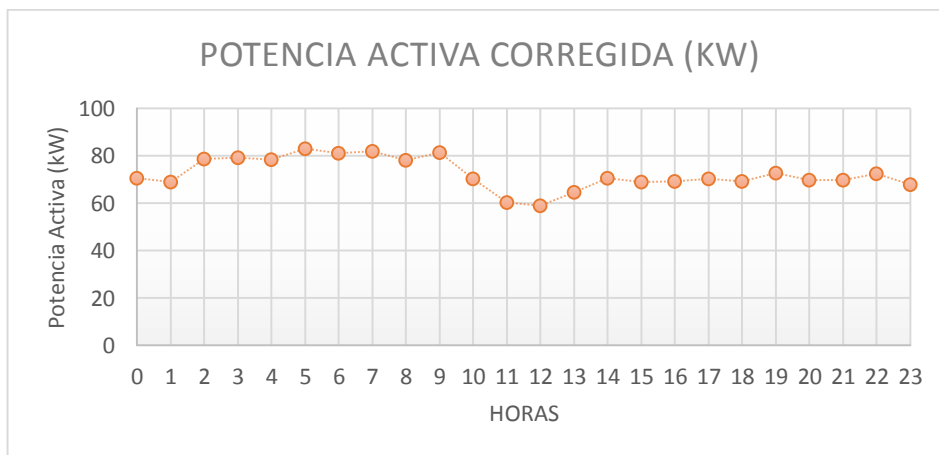


Figura 10. 20.- Curva de demanda horaria Lun-Vie, aplicando baterías de flujo.

### Datos de consumo

Tabla 10. 32.- Datos de consumo Lun-Vier aplicando batería ideal- Caso 1.

LUNES A VIERNES		
Detalle	D. diaria (kW-hora)	D. Mensual (kW-hora)
ACB	767,98	16895,56
ACV	684,05	15049,1
ACPS	284,66	6262,52

ACT	1736,69	38207,18
-----	---------	----------

REA (kVAr-h)	306,37	6740,14
--------------	--------	---------

**Planilla eléctrica con corrección**

Tabla 10. 33.- Planilla eléctrica Industrias Catedral S.A con baterías.

PLANILLA	
Comer.	\$ 1,41
ACB	\$ 846,47
ACFHP	\$ 141,05
ACPS	\$ 649,42
ACV	\$ 1.349,90
Demanda	\$ 313,54
PBFP	\$ 196,44
AP (17%)	\$ 561,31
<b>Total</b>	<b>\$ 4.059,54</b>

▪ **COMPARACIÓN DE CURVAS DE DEMANDA DIARIAS CASO 1**

En la **figura 44**, se compara la curva de la demanda histórica de la empresa con la corrección de la misma al aplicar las baterías de flujo.

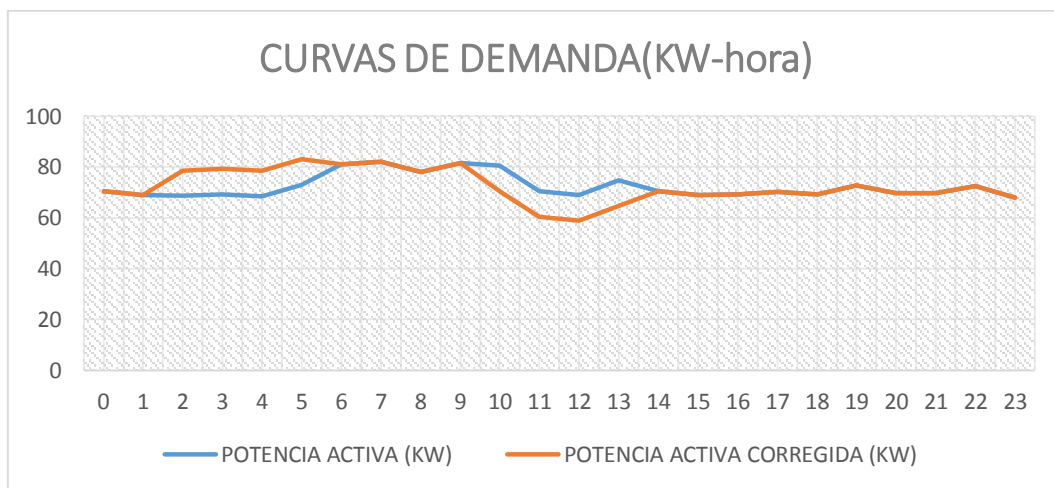


Figura 10. 21.- Comparación entre la curva de empresa e implementación de baterías.

**CASO 2**

▪ **CÁLCULO DE PLANILLA ELÉCTRICA EN BANDA HORARIA 19:00-20:00.**

Se propone una industria que tiene las siguientes características, en la que se resalta un consumo alto en la banda horaria de pico de carga observando de mejor forma los beneficios de la implementación de las baterías de flujo. Se conserva el consumo de energía como dato de referencia a igual que la implementación de una batería de flujo de 40 Kw-h.



**Industria curva de demanda diaria**

Tabla 10. 34.- Curva de demanda diaria de industria propuesta.

<b>LUNES A VIERNES</b>				
<b>HORA</b>	<b>POTENCIA ACTIVA (KW)</b>	<b>POTENCIA REACTIVA (kVAr)</b>	<b>POTENCIA APARENTE (kVA)</b>	
<b>ACB</b>	0	50,57	11,01	72,88
	1	46,9	10,99	71,07
	2	55,64	10,62	70,66
	3	55,24	10,73	71,21
	4	52,43	10,67	70,58
	5	57,01	13,59	75,22
	6	57,18	15,19	84,32
	7	50,06	12,15	85,5
	8	46,08	15,77	81,4
<b>ACV</b>	9	63,52	17,52	84,87
	10	68,44	17,39	83,57
	11	70,44	13,98	72,77
	12	68,93	11,28	71,3
	13	74,76	13,22	77,2
	14	70,47	12,66	72,99
	15	68,94	12,13	71,3
	16	82,12	12,58	71,49
	17	90,22	13,06	72,33
	18	96,21	12,59	71,47
<b>ACPS</b>	19	108,79	12,89	74,83
	20	109,78	12,44	71,68
	21	118,71	11,15	71,4
	22	114,38	13,07	74,29
	23	59,87	9,69	69,89

**Curva de demanda diaria**

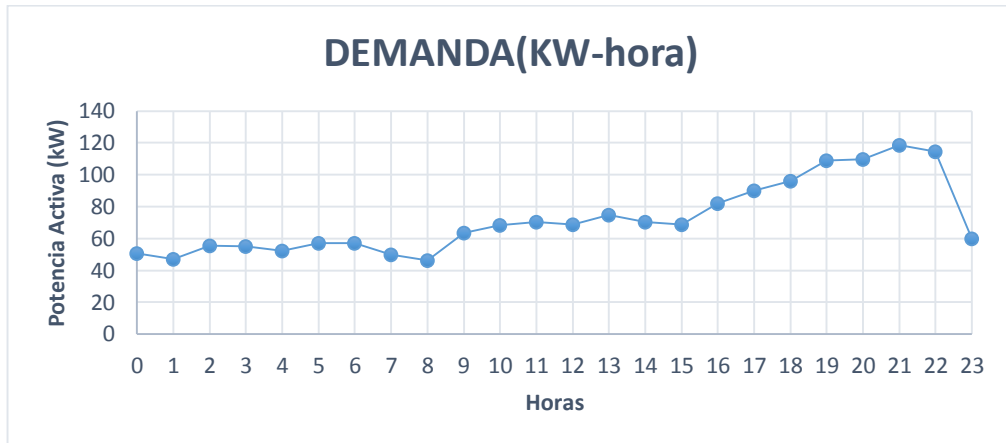


Figura 10. 22.- Curva de demanda diaria propuesta de industria Lun-vie.

**Datos de consumo**

Tabla 10. 35.- Datos de consumo industria propuesta.

<b>LUNES A VIERNES</b>		
<b>Detalle</b>	<b>D. diaria (kW-hora)</b>	<b>D. Mensual (kW-hora)</b>
<b>ACB</b>	530,98	11681,56
<b>ACV</b>	754,05	16589,1
<b>ACPS</b>	451,66	9936,52
<b>ACT</b>	1736,69	38207,18
<b>REA (kVAr-h)</b>	306,37	6740,14

**Planilla eléctrica**

Tabla 10. 36.- Planilla eléctrica industria propuesta.

<b>PLANILLA</b>	
<b>Comer.</b>	\$ 1,41
<b>ACB</b>	\$ 585,25
<b>ACFHP</b>	\$ 141,05
<b>ACPS</b>	\$ 1.030,42
<b>ACV</b>	\$ 1.488,04
<b>Demanda</b>	\$ 651,86
<b>PBFP</b>	\$ 231,91
<b>AP (17%)</b>	\$ 662,67
<b>TOTAL</b>	\$ 4.792,61

▪ **INDUSTRIA PROPUESTA DIARIA APLICANDO BATERIAS DE FLUJO**

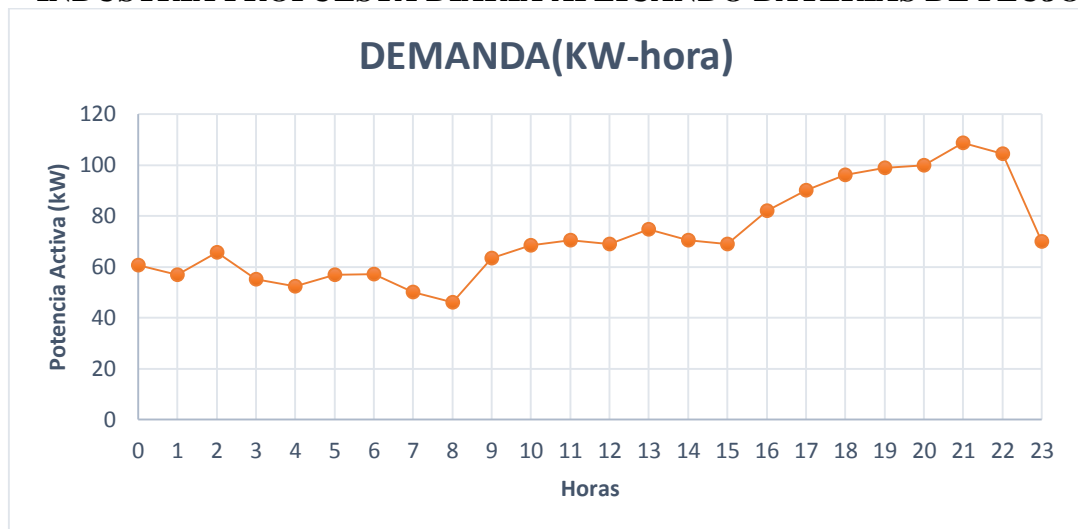


Figura 10. 23.- Curva de demanda diaria propuesta de industria Lun-Vie.

**Datos de consumo**

Tabla 10. 37.- Datos de consumo Lun-Vier aplicando baterías empresa propuesta.

<b>LUNES A VIERNES</b>		
Detalle	D. diaria (kW-hora)	D. Mensual (kW-hora)
<b>ACB</b>	560,98	12341,56
<b>ACV</b>	754,05	16589,1
<b>ACPS</b>	411,66	9056,52
<b>ACT</b>	1726,69	37987,18
<b>REA (kVAr-h)</b>	306,37	6740,14

**Planilla eléctrica**

Tabla 10. 38.- Planilla eléctrica industria propuesta con baterías.

<b>PLANILLA</b>	
<b>Comer.</b>	\$ 1,41
<b>ACB</b>	\$ 629,33
<b>ACFHP</b>	\$ 141,05
<b>ACPS</b>	\$ 939,16
<b>ACV</b>	\$ 1.488,04
<b>Demanda</b>	\$ 651,86
<b>PBFP</b>	\$ 229,10
<b>AP (17%)</b>	\$ 654,65
<b>TOTAL</b>	\$ 4.734,61

## ▪ COMPARACIÓN DE CURVAS DE DEMANDA DIARIAS CASO 2

En la siguiente grafica se puede observar la interacción de la curva actual del caso propuesto y la curva de demanda diaria con la implementación de las baterías.

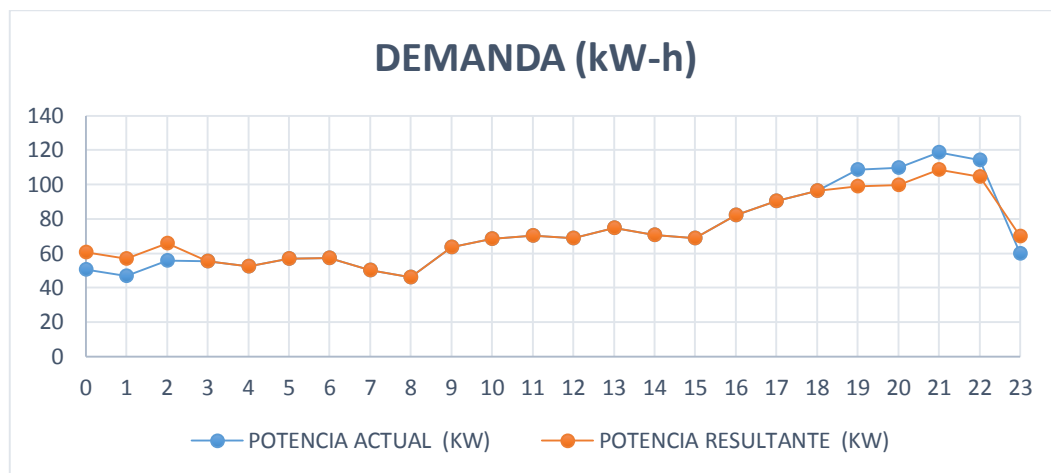


Figura 10. 24.- Comparación de curvas de la propuesta de industria Lun-Vie.

## 11 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

El análisis de las baterías de flujo como medio de almacenamiento de energía permite el aplanamiento de pico de carga mejorando la eficiencia energética de la curva de demanda eléctrica. En la que se ha observado beneficios para proteger de eventos de corta duración que afecten a la calidad de energía consumida, la seguridad de abastecimiento por parte del sistema de almacenamiento incluso si es necesario trabajar en isla hasta la re-sincronización de la fuente principal de generación, el almacenamiento en periodos de bajo coste eléctrico así como y el consumo el mayor coste y, la reducción de los picos de potencia. Mientras que los costos de implementación y de mantenimiento de los sistemas de baterías de flujo aún son elevados a comparación de los beneficios económicos que se pueden tener por su implementación al comparar con el pliego tarifario ecuatoriano al obtener la planilla eléctrica de consumo.

## 12 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

Las arterias de flujo son una nueva alternativa para el almacenamiento de la energía a grandes escalas, al igual que una solución a las generaciones eólicas, solares entre otras. Permitiendo almacenar y mejorar la eficiencia y rendimiento de la misma el cual permita el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, eólicos o de diésel en generadores que lo utilizan para un mayor ahorro y flexibilidad en el manejo de los equipos.

Cabe mencionar que el DOD, que disponen estas tecnologías al tener un electrolito líquido permite tener una mayor descarga de la energía sin que esta sufra ningún tipo de daños en los elementos, la flexibilidad en el trabajo con temperaturas permite tener un mayor rendimiento.

### 13 PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

#### CASO 1.- Industrias Catedral S.A

Tabla 10. 39.- Beneficio económico al implementar las diferentes tecnologías- Caso 1

		TECNOLOGIAS DE ALMACENAMIENTO				
PLANILLA	EMPRESA	Bat. Ideal	Ión-Litio	Plomo-acido	Vn-Vn	Zn-Br
Comer.	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41
ACB	\$ 802,38	\$ 846,47	\$ 860,58	\$ 873,80	\$ 850,88	\$ 857,49
ACFHP	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05
ACPS	\$ 649,42	\$ 649,42	\$ 649,42	\$ 649,42	\$ 649,42	\$ 649,42
ACV	\$ 1.428,84	\$ 1.349,90	\$ 1.349,90	\$ 1.349,90	\$ 1.349,90	\$ 1.349,90
<b>Demanda</b>	\$ 317,41	\$ 313,54	\$ 313,54	\$ 313,54	\$ 313,54	\$ 313,54
<b>PBFP</b>	\$ 198,74	\$ 196,44	\$ 198,20	\$ 199,85	\$ 196,99	\$ 197,82
<b>AP (17%)</b>	\$ 567,89	\$ 561,31	\$ 563,70	\$ 565,95	\$ 562,06	\$ 563,18
<b>Total</b>	\$ 4.107,15	\$ 4.059,54	\$ 4.077,81	\$ 4.094,93	\$ 4.065,25	\$ 4.073,82
<b>Beneficio (USD)</b>		\$ 47,60	\$ 29,33	\$ 12,21	\$ 41,89	\$ 33,33
<b>%</b>		1,16%	0,71%	0,30%	1,02%	0,81%

A continuación se describe mediante las formulas financieras, al considerar la implementación de las baterías de flujo como un proyecto de inversión observando su viabilidad económica.

- VAN
- TIR

Tabla 10. 40.-Análisis del VAN Y TIR empresa CASO 1

	Ión-Litio	Plomo-acido	Vn-Vn	Zn-Br
<b>Inversión</b>	\$ (24.760,00)	\$ (16.800,00)	\$ (32.600,00)	\$ (18.000,00)
<b>Costo mantenimiento al año (USD/kWh)</b>	\$ 140,00	\$ 93,60	\$ 467,20	\$ 607,20
<b>Ingresos</b>	\$ 352,00	\$ 146,57	\$ 502,72	\$ 399,95
<b>Flujo neto de efectivo</b>	\$ 212,00	\$ 52,97	\$ 35,52	\$ (207,25)
Ciclos de Carga /Descarga	4500	2500	20000	12000
Vida útil	9	9	9	9
VAN (tasa 12%)	(\$ 18.682,72)	(\$ 16.517,77)	(\$ 22.084,62)	(\$ 13.911,50)
TIR	-6%	-42%	-1%	-4%

Según el TIR que se determina en la inversión la más rentable es del 1% correspondiente a la tecnología de vanadio- vanadio. Mientras que la menos factible para la inversión es la de plomo acido que es del 42%.

Con la implementación del proyecto se debe considerar la implementación de sistemas no renovables ya que el solo el hecho de la corrección de la curva de demanda y la aplicación del pliego tarifario no es suficiente para tener un ahorro considerable.

**CASO 2.- Industria propuesta**

A continuación se describe el beneficio económico al aplicar el pliego tarifario ecuatoriano de las diferentes tecnologías a analizar en la curva de demanda propuesta. En el que se aprecia el VAN y el TIR para determinar la viabilidad económica.

Tabla 10. 41.- Planilla eléctrica industria propuesta con diferentes tecnologías- Caso 2.

		TECNOLOGIAS DE ALMACENAMIENTO				
PLANILLA	EMPRESA	Bat. Ideal	Ión-Litio	Plomo-acido	Vn-Vn	Zn-Br
Comer.	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41	\$ 1,41
ACB	\$ 585,25	\$ 629,33	\$ 643,44	\$ 656,67	\$ 633,74	\$ 640,36
ACFHP	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05	\$ 141,05
ACPS	\$ 1.030,42	\$ 939,16	\$ 939,16	\$ 939,16	\$ 939,16	\$ 939,16
ACV	\$ 1.488,04	\$ 1.488,04	\$ 1.488,04	\$ 1.488,04	\$ 1.488,04	\$ 1.488,04
<b>Demanda</b>	\$ 651,86	\$ 651,86	\$ 651,86	\$ 651,86	\$ 651,86	\$ 651,86
<b>PBFP</b>	\$ 231,91	\$ 229,10	\$ 231,02	\$ 232,81	\$ 229,71	\$ 230,60
<b>AP (17%)</b>	\$ 662,67	\$ 654,65	\$ 657,05	\$ 659,29	\$ 655,40	\$ 656,52
<b>Total</b>	\$ 4.792,61	\$ 4.734,61	\$ 4.753,04	\$ 4.770,30	\$ 4.740,37	\$ 4.749,01
<b>Beneficio (USD)</b>		\$ 57,99	\$ 39,57	\$ 22,31	\$ 52,23	\$ 43,60
%		<b>1,21%</b>	<b>0,83%</b>	<b>0,47%</b>	<b>1,09%</b>	<b>0,91%</b>

Se puede observar que la batería de flujo de vanadio- vanadio es la que mayor rentabilidad se tiene con un ahorro del 1,09% adicional, mientras que la batería de flujo Zn-Br se tiene una utilidad en la planilla eléctrica pero el mantenimiento es superior al beneficio obtenido

Tabla 10. 42.- VAN y TIR empresa propuesta CASO 2

	Ión-Litio	Plomo-acido	Vn-Vn	Zn-Br
<b>Inversión</b>	\$ (24.760,00)	\$ (16.800,00)	\$ (32.600,00)	\$ (18.000,00)
<b>Costo mantenimiento al año (USD/kWh)</b>	\$ 140,00	\$ 93,60	\$ 467,20	\$ 607,20
<b>Ingresos</b>	\$ 474,82	\$ 267,70	\$ 626,80	\$ 523,17
<b>Flujo neto de efectivo</b>	\$ 334,82	\$ 174,10	\$ 159,60	\$ (84,03)
Ciclos de Carga /Descarga	4500	2500	20000	12000
Vida útil	9	9	9	9
VAN (tasa 12%)	<b>(\$ 18.028,28)</b>	<b>(\$ 15.872,34)</b>	<b>(\$ 21.423,47)</b>	<b>(\$ 13.254,94)</b>
TIR	-5%	-32%	-1%	-3%

Al aplicar el VAN y el TIR, para el CASO 2 se observar que a pesar de tener datos negativos el TIR de la batería de flujo Vanadio- Vanadio es la que más se acerca a una tasa 0 y a una tasa

de rendimiento; mientras que la de flujo de Zinc- Bromo la batería de Plomo- acido contempla el porcentaje más alto debido a la ciclos de carga y descarga que esta contempla.

## **14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **▪ CONCLUSIONES**

- ✓ En el mercado se encuentran a disposición de diferentes tipos de baterías tanto convencionales (ion-litio, plomo-acido, sodio- sulfuro), como las de flujo (vanadio-vanadio, zinc-bromo, vanadio-bromo); en el que se caracterizan por su funcionalidad, rendimiento, sistemas de instalación y costes.
- ✓ Las baterías de flujo se caracterizan por su alta vida útil de 20 años, profundidad de descarga 100%, costes más bajos por kWh cuando se usa una vez al día siendo más frecuente, operación en temperaturas altas, escalable llegando a potencias en MW y la energía en MWh, baja toxicidad; siendo una excelente opción para el almacenamiento diario, soporte de la red en la que se eliminen picos y equilibren el sistema, e instalaciones fuera de la red para el trabajo en isla para granjas , minas, sitios turísticos entre otros.
- ✓ Las tecnologías con sistema convencional aplicando a gran escala tienen inconvenientes: las baterías de plomo acido que es una de las tecnología más utilizadas en la actualidad son toxicas, con limitaciones en implementación a gran escala y la duración debido a su límite de 2000 ciclos/ vida útil, y las baterías de ion de litio se caracterizan por su eficiencia alta y densidad de potencia pero enfrentan problemas con la escalabilidad, altos costos de instalación y producción, la composición son de materiales tóxicos e inflamables y la limitación a 3,000- 5,000 ciclos permitiendo una descarga (DOD) haciendo que más del 50 % de la batería no pueda usar.
- ✓ Mediante el programa NEPLAN, se ha logrado simular los perfiles de carga que ha tenido la industria a considerar en la ciudad de Ambato “INDUSTRIAS CATEDRAL S.A”, al igual que la industrial propuesta en donde se ha observado el comportamiento en el que han variado dependiendo del rendimiento , temperatura promedio de trabajo 15 °C; observando una variación al implementar una sistema de 40 kWh para el almacenamiento, obteniendo datos de 48, 60, 44 y 50 kWh, ya sea por las características mencionadas de operación obteniendo diferentes curvas como resultado de la implementación.

- ✓ La evaluación técnica- económica de los diferentes sistemas a considerar se a observado un claro ahorro que lleva desde el 0.29% hasta el 1,07 % en ahorro en el pago de la planilla eléctrica, a pesar de estos resultados positivos al considerar como un proyecto para el único objetivo el aplanamiento de la curva con la alimentación de la red no es viable por los costos de mantenimiento, operación y elementos que se necesitan.

- **RECOMENDACIONES**

- ✓ Se debe tener en cuenta la evolución de cada tecnología tanto en su rendimiento, ciclos de descarga, etc. Ya que esto permitirá utilizar la batería de flujo adecuadas y eficientes al momento que se lo vaya a implementar en una industria o en el sector residencial. Permitiendo tener una curva más cercana a la realidad y dimensionar el proyecto de una forma eficiente.
- ✓ Al implementar esta tecnología se debe de tener en cuenta tanto la capacidad, densidad de energía, posibles problemas y el espacio físico a utilizar e implementar a la red. De la misma forma considerar el incremento de la carga como estudio desde 1 MW hasta 65 MW, para el almacenamiento de la energía en el que se pueda apreciar de mejor manera las ventajas que tienen las baterías de flujo a comparación de las convencionales.
- ✓ Los costos que se tienen por mantenimiento e implementación se deben considerar al momento de empezar un proyecto con este tipo de tecnologías en el que se pueda evaluar mediante las formulas financieras su sensibilidad. A igual de las pérdidas de energía en los equipos que intervienen en el sistema de almacenamiento para obtener las perdidas con claridad y dimensionar la energía exacta que se pierde en el almacenamiento.



## 15 BIBLIOGRAFÍA

- [1] ABC color, «Energía convencional y no convencional,» 2011 Marzo 2011. [En línea]. Available: <http://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/escolar/energia-convencional-y-no-convencional-234637.html> .
- [2] ABB, «Almacenamiento de energía, ¿por qué es necesario?,» 29 Agosto 2012. [En línea]. Available: <http://www.abb.com/cawp/seitp202/2b45d1e37a59c31fc1257a6900337b61.aspx> .
- [3] A. García Gorriá, «Tecnologías de almacenamiento de energía en la red eléctrica,» España, 2017.
- [4] J. M. Cristóbal Olivares, «Estudios de aplicación óptima de baterías de flujo en redes de distribución eléctrica,» Octubre 2015. [En línea]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25283/PFC\\_%20JuanManuel\\_Cristobal\\_Olivares.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/25283/PFC_%20JuanManuel_Cristobal_Olivares.pdf).
- [5] S. Vélez Moreno, «Estudio de un sistema de almacenamiento de energía eólica por medio de baterías,» 2012.
- [6] A. Hernández Romero, «Análisis económico de un sistema de almacenamiento para la disminución de desvíos de producción en un parque eólico,» Junio 2016. [En línea]. Available: <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/49572>. [Último acceso: 14 Junio 2018].
- [7] A. Llado Sánchez, «ESTUDIO DEL ALMACENAMIENTO DE,» Octubre 2015. [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/81020/TFG%20-%20Adri%C3%A0%20Llad%C3%B3%20-%20Estudio%20del%20almacenamiento%20de%20energía%20mediante%20aire%20 comprimido.%20Los%20sistemas%20CAES%20%28Compressed%20Air%20Ener~1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [8] C. Haug Ramírez, «Generación de Energía Eléctrica,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n\\_de\\_Energ%C3%ADa\\_El%C3%A9ctrica](https://www.ecured.cu/Generaci%C3%B3n_de_Energ%C3%ADa_El%C3%A9ctrica).
- [9] R. Ramos, «ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA: CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE BOMBEO,» 30 Octubre 2013. [En línea]. Available: <http://ecomedioambiente.com/energias-renovables/almacenamiento-de-energia-central-hidroelectrica-de-bombeo/>.
- [10] Fenercom, «Almacenamiento de energía,» 09 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/09-10-2013-Almacenamiento%20de%20Energía%20IV/01-Almacenamiento-de-Energía-mediante-bombeo-Iberdrola> . [Último acceso: 13 Junio 2018].
- [11] X. Li y B. Wei, «Supercapacitors based on nanostructured carbon. Nano Energy,» 2013.
- [12] F. Diaz González, A. Sunper, O. Gomis bellmunt y R. Villafafila Robles, «A review of energy storage technologies for wind power applications,» 2012.
- [13] Energy Storage Sense, «Supercapacitors,» 6 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://energystoragesense.com/supercapacitors/>.
- [14] Y. Wang, J. Mishler, S. Chan Chao y X. Cordobes Adroher, «A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research,» Abril 2011. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910003958>.

- [15] CleanEnergyActionProject, «FUNCIONAMIENTO DEL VOLANTE DE INERCIA COMO SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA,» 23 Diciembre 2015. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/a/funcionamiento-del-volante-de-inercia-como-sistema-de-almacenamiento-de-energia-por-volante-de-inercia-2061>.
- [16] Aguirre, Sergio; Gonzalo, Lolas, «TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA,» [En línea]. Available: <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno15/bess/index.html#>.
- [17] I. Dincer y M. Rosen, Thermal energy storage: systems and applications (2 edición), Hoboken: N.J: Wiley. , 2011.
- [18] D. Zhou, Y. Zhao y Y. Tian, Review on thermal energy storage with phase change materials (PCMs) in building applications, Appl, 2012.
- [19] K. Shaw Yoshida, «Who needs sunlight? In Arizona, solar power never sleeps,» 18 Febrero 2014. [En línea]. Available: <https://arstechnica.com/science/2014/02/making-solar-power-even-after-the-sun-goes-down/>. [Último acceso: 14 Junio 2018].
- [20] P. Escribano, «Almacenamiento de electricidad, el proyecto Almacena,» 26 oCTUBRE 2014. [En línea]. Available: <https://blogafta.wordpress.com/2014/10/26/almacenamiento-de-electricidad-el-proyecto-almacena/#more-229>.
- [21] sapiensman, «Conceptos de Electrotecnia para Aplicaciones Industriales,» 8 Diciembre 2009. [En línea]. Available: [http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas\\_y\\_baterias1.htm](http://www.sapiensman.com/electrotecnia/pilas_y_baterias1.htm). [Último acceso: 15 Junio 2018].
- [22] F. Díaz González y R. Villafáfila Robles, «A review of energy storage technologies for wind power applications,» Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012.
- [23] D. Rastler, «MISO energy storage study phase 1 report,» 2011. [En línea]. Available: [http://www.uwig.org/miso\\_energy\\_storage\\_study\\_phase\\_1\\_report.pdf](http://www.uwig.org/miso_energy_storage_study_phase_1_report.pdf). [Último acceso: 20 junio 2018].
- [24] Copyright © 1997-2018 NGK INSULATORS, LTD, «Principle of NAS Battery,» Energy storage syatem, [En línea]. Available: <https://www.ngk.co.jp/nas/specs/>. [Último acceso: 20 Junio 2018].
- [25] M. Broussely y G. Pistoia, «Industrial Applications of Batteries: From Cars to Aerospace and Energy Storage,» Elsevier Science, 2007.
- [26] wikidot.com, «Alaska Energy,» 25 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://energy-alaska.wikidot.com/ni-cad-batteries>. [Último acceso: 21 Junio 2018].
- [27] H. Ibrahim, A. Ilinca y J. Perron, Energy storage systems-characteristics and comparisons, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2008.
- [28] C. Ponce de León, A. Frías Ferrer, J. González Garcia, D. Szánto y F. Walsh, «Redox flow cells for energy conversion,» 29 Septiembre 2006. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877530600437X>. [Último acceso: 26 Junio 2018].
- [29] A. Weber, M. Mench, J. Meyers, P. Ross, J. Gostick y Q. Liu, «Redox flow batteries,» 2011, pp. 1137-1164.
- [30] M. Skyllas Kazacos, G. Kazacos, G. Poom y H. Verseema, «Recent advances with UNSW vanadium-based redox flow batteries,» 30 Noviembre 2009. [En línea]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/er.1658>. [Último acceso: 26 Junio 2018].

- [31] L. Zhang, Q. Lai, J. Zhang y H. Zhang, «A high energy density redox flow battery based on zinc/polyhalide chemistry,» ChemSusChem, 2012.
- [32] L. Joerissen, J. Garche, C. Fabjan y G. Tomazic, Possible use of vanadium redox-flow batteries for energy storage in small grid and stand - alone photovoltaic systems, 2004.
- [33] K.-L. Huang, X.-g. LI, S.-q. Liu, N. Tan y L.-q. Chen, «Research progress of vanadium redox flow battery for energy storage in China,» Febrero 2008. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148107001449>. [Último acceso: 26 Junio 2018].
- [34] Energymatters, «SUNNY BACKUP System,» [En línea]. Available: <https://www.energymatters.com.au/images/SMA/sbu5000.pdf>. [Último acceso: 25 Julio 2018].
- [35] SMA, «Multicluster Boxes for SUNNY ISLAND 5048,» [En línea]. Available: <http://files.sma.de/dl/6966/CLUSTBOX-DAU102020W.pdf>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [36] ENERGY MATTERS, «SMA Sunny 1-phase Backup System 5000Watt 35Amp,» [En línea]. Available: <https://www.energymatters.com.au/sma-sunny-1phase-backup-system-5000watt-35amp-p-1121.html>. [Último acceso: 25 Julio 2018].
- [37] VERLAG, «Dispositivo de desconexión automática entre un generador y la red pública de baja tensión,» [En línea]. Available: <https://www.vde-verlag.de/standards/0100178/din-vde-v-0126-1-1-vde-v-0126-1-1-2013-08.html>.
- [38] Sales Solar Technology, «Sunny Backup 5000,» [En línea]. Available: <http://files.sma.de/dl/8016/SBU5000-TEN081211.pdf>.
- [39] SMA, «SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H,» [En línea]. Available: <https://www.sma.de/en/products/battery-inverters/sunny-island-60h-80h.html>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [40] Solar Electric Supply, INC, «Sunny Island Solar Battery Backup Inverter Systems-10 kW,» [En línea]. Available: <https://www.solarelectricsupply.com/sunny-island-solar-battery-backup-inverter-systems-10-kw-346>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [41] WIND & SUN, «SMA Flexible Storage System with Back-up,» [En línea]. Available: [http://www.windandsun.co.uk/information/solutions/on-grid-solar-pv-battery-storage-solutions/sma-flexible-storage-system-with-back-up.aspx#.W1o\\_EtVKjIU](http://www.windandsun.co.uk/information/solutions/on-grid-solar-pv-battery-storage-solutions/sma-flexible-storage-system-with-back-up.aspx#.W1o_EtVKjIU). [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [42] SMA, «SUNNY BOY 3.0 / 3.6 / 4.0 / 5.0,» [En línea]. Available: <https://www.sma.de/es/productos/inversor-fotovoltaico/sunny-boy-30-36-40-50.html>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [43] SMA, «SUNNY ISLAND 5048,» [En línea]. Available: <http://www.windandsun.co.uk/media/171609/Sunny-Island-5048-Installation-Operation-manual.pdf>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [44] Agencia de regulación y control de electricidad, «RESOLUCIONES PLIEGOS TARIFARIOS,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/resoluciones-plegos-tarifarios/>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [45] R. Ruiz Limón, «El Método Analítico,» 2005. [En línea]. Available: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2007a/257/7.1.htm>. [Último acceso: 27 Junio 2018].

- [46] Cavadevices, «¿Cómo calcular la capacidad necesaria de batería para almacenar energía ?,» [En línea]. Available: <http://www.cavadevices.com/archivos/FOLLETOS/calculo%20de%20bateria.pdf>. [Último acceso: 27 Julio 2018].
- [47] A. d. C. Pérez, R. Méndez y F. Sandoval Recinos, Investigación. Fundamentos y metodología, Mexico: Pearson Educación, 2007.
- [48] S. Bravo, Técnicas de Investigación Social, Madrid: Paraninfo, 2001.
- [49] R. Hernández Sampieri, C. Fernández Collado y P. Baptista Lucio, Fundamentos de metodología de la investigación, Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A, 2007.
- [50] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, Metodología de la investigación, México: McGraw-Hill, 2006.
- [51] J. Cruz, «Prezi,» 19 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://prezi.com/0w8unujcussd/tipos-de-investigacion/>. [Último acceso: 27 Junio 2018].
- [52] B. Carballo, «Definiendo el alcance de una investigación: exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa,» 4 Marzo 2013. [En línea]. Available: <http://pensamientodesistemasaplicado.blogspot.com/2013/03/definiendo-el-alcance-de-una.html>. [Último acceso: 15 Junio 2018].
- [53] F. G. Arias, El proyecto de investigación, Caracas: Episteme, C.A, 2006.
- [54] Formacion. educalab, «Escala tipo Likert,» [En línea]. Available: [http://formacion.educalab.es/pluginfile.php/43479/mod\\_imsdp/content/4/escala\\_tipo\\_likert.html](http://formacion.educalab.es/pluginfile.php/43479/mod_imsdp/content/4/escala_tipo_likert.html).
- [55] C. A. González Santacruz, «Análisis técnico de los diferentes tipos de baterías comercialmente disponibles para su integración en el proyecto de una microred aislada,» Bogotá, 2015.
- [56] M. D. Aguilar de la Cruz, «Análisis de la demanda eléctrica para realizar un dimensionamiento ante el incremento de una nueva línea de producción en la empresa Industria Catedral S.A,» Latacunga, 2016.
- [57] CLIMATE-DATA.ORG, «TABLA CLIMÁTICA // DATOS HISTÓRICOS DEL TIEMPO AMBATO,» [En línea]. Available: <https://es.climate-data.org/location/2957/>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [58] Trojan Battery Company, «Baterías plomo-ácido Trojan 24 TMX,» [En línea]. Available: [https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN\\_PLC\\_AGM\\_SP-MX.pdf](https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN_PLC_AGM_SP-MX.pdf). [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [59] PowerTech, «The Lithium Difference,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-battery-advantages/>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [60] «Sunny Backup,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=oiYKuIh3Syo>.
- [61] Ledico, «THE NEW SUNNY ISLAND-12,» [En línea]. Available: <https://www.ledico.com/wp-content/uploads/2017/08/Sunny-Island-12-Ledico-1.pdf>. [Último acceso: 25 07 2018].
- [62] SMA, «SUNNY ISLAND 6.0H / 8.0H,» [En línea]. Available: <https://www.sma.de/en/products/battery-inverters/sunny-island-60h-80h.html>. [Último acceso: 26 Julio 2018].

- [63] SMA, «Generator Settings on the Sunny Island for Off-Grid Systems,» [En línea]. Available: <https://www.sma-sunny.com/en/generator-settings-on-the-sunny-island-for-off-grid-systems/>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [64] tritec-energy, [En línea]. Available: [http://www.tritec-energy.com/images/content/10602003\\_SMA\\_Sunny\\_Backup\\_web\\_esp.pdf](http://www.tritec-energy.com/images/content/10602003_SMA_Sunny_Backup_web_esp.pdf).
- [65] SMA, «Sunny BackUP-System M / L / XL,» [En línea]. Available: <http://files.sma.de/dl/8016/SBUPSYSMLXL-DEN111810W.pdf>. [Último acceso: 25 Julio 2018].
- [66] Solar Electric Supply, INC, «SMA Sunny Island Inverter Battery Backup Systems,» [En línea]. Available: <https://www.solarelectricsupply.com/solar-battery-backup-systems/sma-sunny-island-inverter-off-grid-solar-battery-backup-systems>. [Último acceso: 26 Julio 2018].
- [67] THE ENERGY HUB, «SMA Sunny Back Up 48VDC 5kW Bi Directional inverter,» THE ENERGY HUB, [En línea]. Available: <https://www.theenergyhub.com.au/inverters/back-up-units/sma-sunny-back-up-48vdc-5kw-bi-directional-inverter.html>. [Último acceso: 25 Julio 2018].
- [68] Victronenergy, «Batería de Litio-Ion de 24V 180Ah y derivador Lynx-ion,» [En línea]. Available: <https://www.victronenergy.com/upload/documents/Datasheet-Lithium-ion-and-Lynx-ion-ES.pdf>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [69] TeknoSolar, «Batería de Litio-Ion 24V/180Ah 4,75kWh,» [En línea]. Available: <https://www.teknosolar.com/bateria-de-litio-ion-24v-180ah-4-75kwh>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [70] Trojan Battery company, «Guía para el usuario,» [En línea]. Available: [https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN0147\\_UsersGuideSP\\_SPA.pdf](https://www.trojanbattery.com/pdf/TRJN0147_UsersGuideSP_SPA.pdf). [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [71] Trittec-intervento, «CÁLCULO Y DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.tritec-intervento.cl/productostritec/calculo-y-diseno-de-un-banco-de-baterias/>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [72] Technologyreview. es, «Energía,» HydroRedox, [En línea]. Available: <https://www.technologyreview.es/s/9574/una-nueva-bateria-espanola-podria-conseguir-el-despliegue-masivo-de-las-energias-renovables>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [73] GILDEMEISTER, «TRANSPORT REGULATIONS,» 2014.
- [74] B. Mac-Clure Brintrup, «Dimencionamiento y localizacion optima de sistemas de almacenamiento de enrgia en redes de distribución,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: [http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116130/cf-macclure\\_bb.pdf?sequence=1](http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/116130/cf-macclure_bb.pdf?sequence=1).
- [75] J. Dufour, «BATERÍAS DE FLUJO REDOX: Una alternativa de carga rápida,» 25 Noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/11/25/129223>.
- [76] M. García Plaza, «Estudio y modelado de la respuesta dinámica de baterías electroquímicas destinadas a las aplicaciones estacionarias,» Noviembre 2015. [En línea]. Available: [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/.../Tesis\\_Manuel\\_Garcia\\_2015.pdf](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/.../Tesis_Manuel_Garcia_2015.pdf).
- [77] C. A. Mora Mera, «Desarrollo de un prototipo a escala laboratorio de una bateria de flujo redox como sistema de almacenamiento de energia electrica para alta densidad

- de potencia,» 2016. [En línea]. Available:  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/54239/1/1030560745.2016.pdf>.
- [78] L. Ontiveros y P. Mercado, «Nivelación de carga en turbinas eólicas empleando baterías de flujo redox,» 2011. [En línea]. Available:  
[http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2011/hyfuse\\_n\\_2011/trabajos/10-144.pdf](http://www.cab.cnea.gov.ar/ieds/images/2011/hyfuse_n_2011/trabajos/10-144.pdf).
- [79] R. Domínguez, «6 principios básicos para la generación o producción de electricidad,» 6 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://faradayos.blogspot.com/2015/10/6-principios-formas-generacion-electricidad.html>.
- [80] abcpedia, «Ciencia y tecnología,» 10 Septiembre 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.abcpedia.com/ciencia-tecnologia/pila>.
- [81] Adrianfe09, «Sistemas de generación hidráulica,» 9 Octubre 2012. [En línea]. Available: <https://adrianfe09.wordpress.com/2012/10/09/sistemas-de-generacion-hidraulica/>.
- [82] R. Dominguez, «6 principios básicos para la generación o producción de electricidad,» 6 Octubre 2015. [En línea]. Available: <http://faradayos.blogspot.com/2015/10/6-principios-formas-generacion-electricidad.html>. [Último acceso: 13 Junio 2018].
- [83] P. Escribano, «Almacenamiento de electricidad, el proyecto Almacena,» 26 Octubre 2014. [En línea]. Available:  
<https://blogafta.wordpress.com/2014/10/26/almacenamiento-de-electricidad-el-proyecto-almacena/#more-229>. [Último acceso: 14 Junio 2018].
- [84] R. Sampieri, «Tipos de Investigación. Según: Ander - Egg, Hernandez y otros.,» 19 noviembre 2011. [En línea]. Available:  
<http://tesisdeinvestig.blogspot.com/2011/11/tipos-de-investigacion-segun-ander-egg.html>.
- [85] S. Palella y F. Martins, Metodología de la investigación cuantitativa, Fedupel, 2012.
- [86] Conceptodefinicion.de, «In Situ,» 15 Noviembre 2012. [En línea]. Available:  
<http://conceptodefinicion.de/in-situ/>.
- [87] Kaliger, Metodología de la investigación, 1983.
- [88] S. Palella y F. Martins, Metodología de la Investigación Cuantitativa, Caracas: Fedupel, 2012.
- [89] GIDEMEISTER, «Service manual Vandium Redox Flow Battery,» 2013.
- [90] TeknoSolar, «Victron Energy BMS Lynx Ion,» [En línea]. Available:  
<https://www.teknosolar.com/victron-energy-bms-lynx-ion>. [Último acceso: 29 Julio 2018].
- [91] Orionairsales.co.uk, «Victron Lithium-Ion Battery 12.8V/90Ah,» [En línea]. Available:  
<https://www.orionairsales.co.uk/victron-lithium-ion-battery-128v90ah-6925-p.asp>. [Último acceso: 29 Julio 2018].

16 ANEXOS

ANEXO I.1: Conexiones y elementos a las baterías.

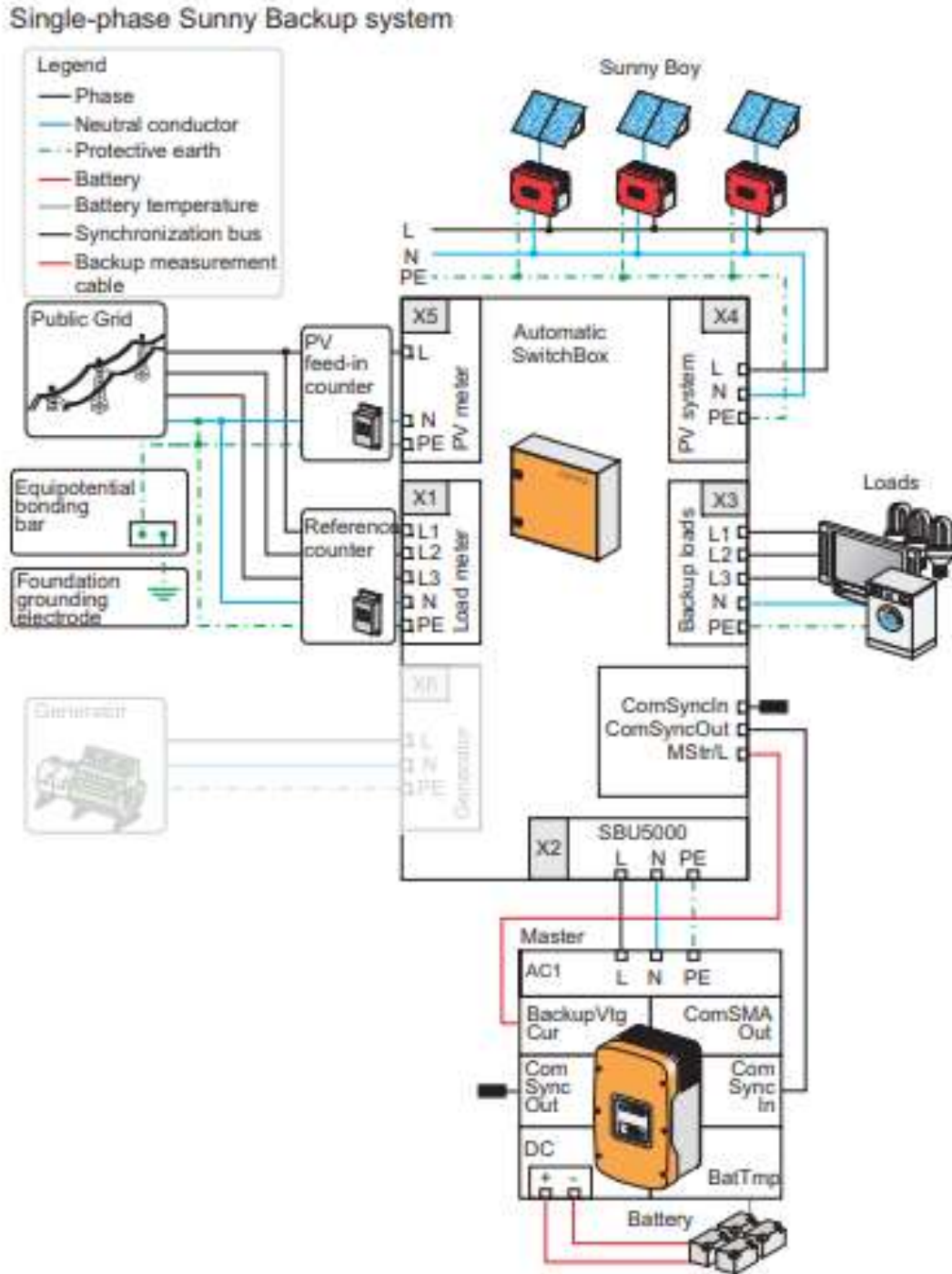


Figura 16. 1.- Diagrama de conexión de baterías de flujo y sus elementos monofásico [38]

Three-phase Sunny Backup system

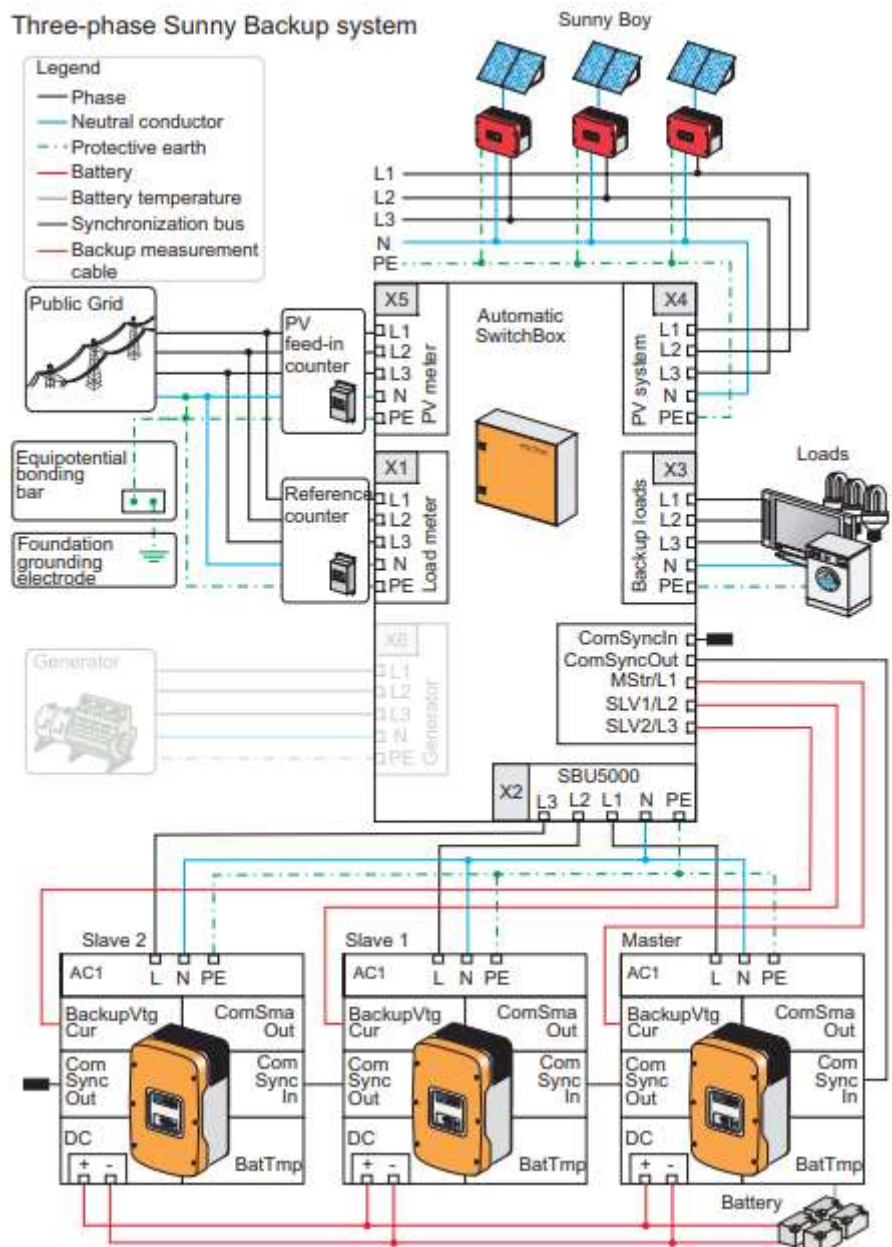


Figura 16. 2.- Diagrama de conexión de baterías de flujo y sus elementos trifásico [38]





Figura 16. 3.- Sistema integrado a la red doméstica [60]

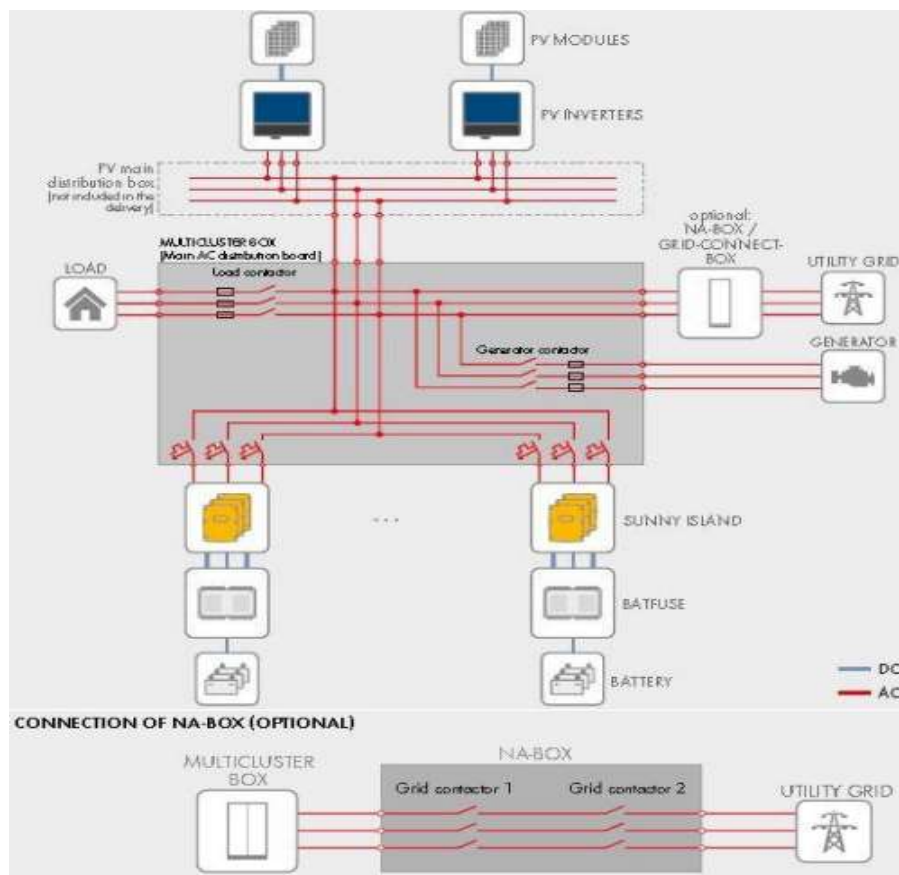


Figura 16. 4.- Diagramas de conexión red y generación [61]

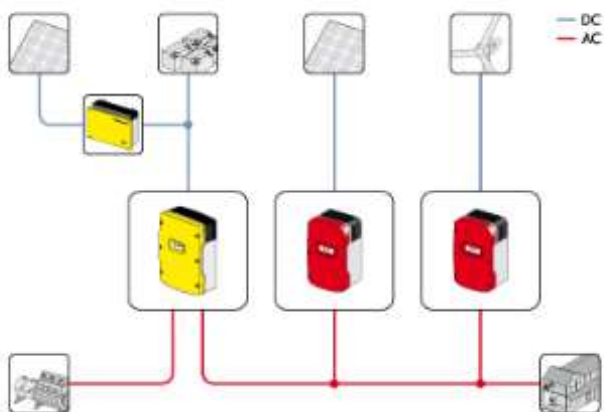
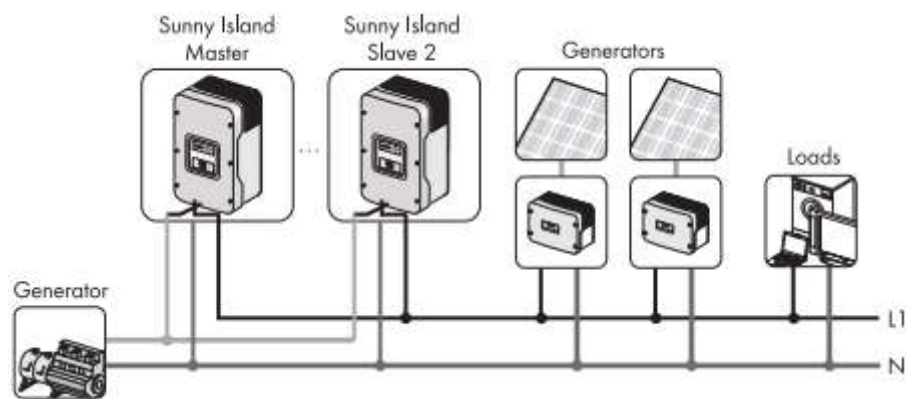


Figura 16. 5.- Conexión Sunny Island monofásico [62]

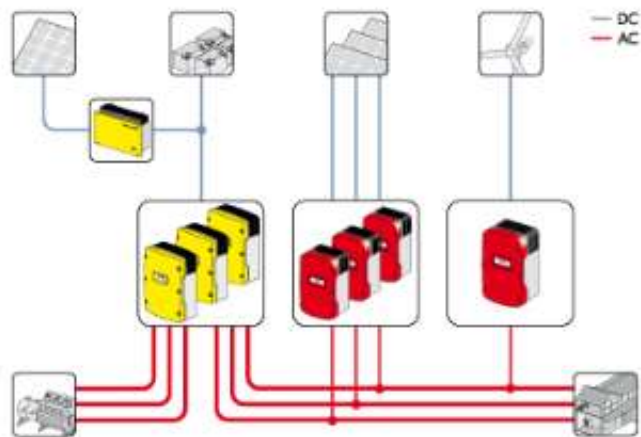


Figura 16. 6.- Conexión Sunny Island sistema trifásico [62]

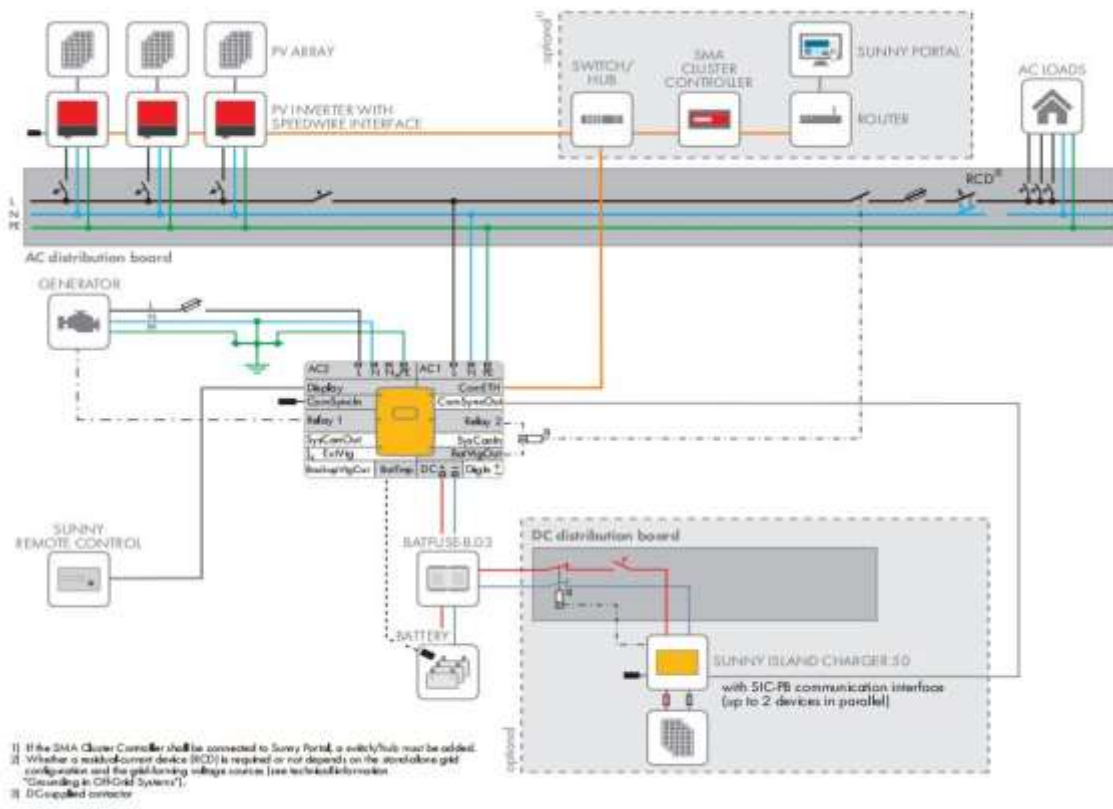


Figura 16. 7.- Diagrama sistema de conexión monofásico equipo [63]

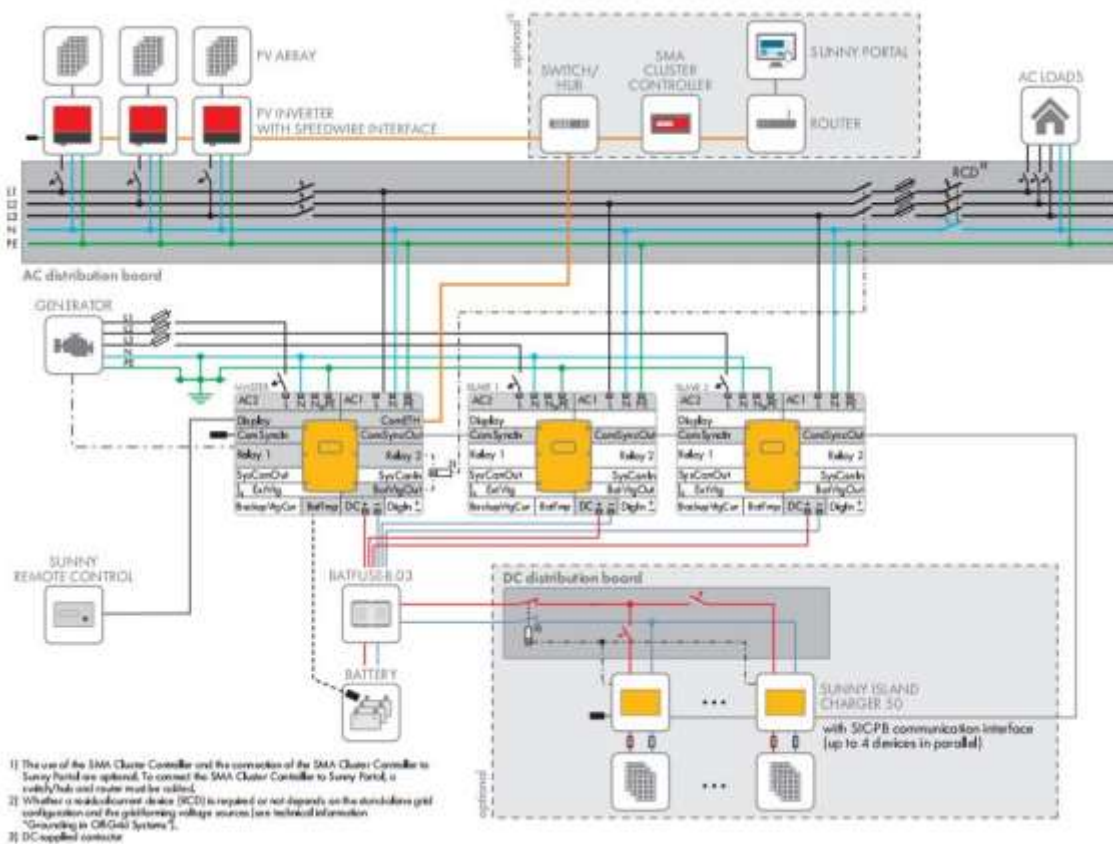


Figura 16. 8.- Diagrama sistema de conexión trifásico equipo [63]

## ANEXO II.1: Características técnicas de equipos de conexión

Technical data	Sunny Backup-System M	Sunny Backup-System L	Sunny Backup-System XL (only for TN)
<b>Output (loads)</b>			
Nominal power / current during grid operation	7.4 kW / 32 A at 35 °C	35 kW / 3 x 50 A at 35 °C	110 kW / 3 x 160 A at 25 °C
Max. power / current during grid operation for 30 min	8.9 kW / 38 A at 35 °C	41 kW / 3 x 60 A at 35 °C	–
Maximum fuse size	40 A	63 A	160 A
Backup power (nominal / 30 min / 1 min)	5 kW / 6.5 kW / 8.4 kW	15 kW / 19.5 kW / 25.2 kW	up to 60 kW / 78 kW / 100 kW
Number of phases (grid operation / backup operation)	3 / 3 x 1 <sup>~</sup>	3 / 3	3 / 3
Voltage (range)	230 V (187.0 – 253.0 V)	230 V (187.0 – 253.0 V)	230 V (187.0 – 253.0 V)
Frequency (range)	50 Hz (45 – 55 Hz)	50 Hz (45 – 55 Hz)	50 Hz (45 – 55 Hz)
Permitted grid structure	TN / TT	TN / TT	TN
Typical interruption time in the event of power outage	20 ms	20 ms	20 ms
<b>Input PV plant</b>			
Nominal AC PV power / current	5.7 kW / 25 A at 35 °C	28 kW / 3 x 40 A at 35 °C	110 kW / 3 x 160 A at 25 °C
Maximum fuse size	32 A	50 A	160 A
Compatible PV inverters	All SB and SMC-A	all SB and SMC and Tripower	all SB and SMC and Tripower
<b>Input battery</b>			
Nominal voltage	48 V	48 V	48 V
Battery type	VRLA / FLA / NiCd	VRLA / FLA / NiCd	VRLA / FLA / NiCd
<b>Efficiency/internal consumption</b>			
Max. efficiency backup operation	94 %	95 %	95 %
Internal consumption day / night (Silent Mode)	48 W / 32 W	103 W / 69 W	360 W / 230 W
<b>Protective devices</b>			
DC reverse-polarity protection / total discharge protection	●/●	●/●	●/●
AC short-circuit / AC overload	●/●	●/●	●/●
Grid monitoring (SMA Grid Guard)/galvanic isolation	●/●	●/●	●/●
Protection class (according to IEC 62103)	I	I	I
Overvoltage category as (according to IEC 60644-1)	III	III	III
<b>General data</b>			
Dimensions SBU (W / H / D) in mm	467 / 612 / 235	467 / 612 / 235	467 / 612 / 235
Dimensions AS-Box (W / H / D) in mm	550 / 950 / 225	800 / 950 / 225	1000 / 1600 / 300
Weight per (SBU / AS-Box)	63 kg / 50 kg	63 kg / 70 kg	63 kg / 180 kg
Operation temperature range	-25 °C ... +50 °C	-25 °C ... +50 °C	-25 °C ... +50 °C
Climatic category (according to IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H	4K4H
Degree of protection SBU / AS-Box (according to IEC 60529)	IP30 / IP54	IP30 / IP54	IP30 / IP65
<b>Equipment/features</b>			
Integrated bypass in the event of faults/test operation	●/●	●/●	●/●
SOC calculation	●	●	●
Communication cables	5 m	5 m	5 m
Generator input (nominal power)	○ (32 A at 35 °C)	○ (3 x 40 A at 35 °C)	○ (3 x 160 A at 25 °C)
SBU / AS-Box warranty (5 / 10 / 15 / 20 / 25 years)	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○ / ○
240 V voltage range (195.5–260.0 V)	○	○	○
Certificates and approvals	CE, VDE 0126-1-1	CE, VDE 0126-1-1	CE, VDE 0126-1-1
<b>Accessories</b>			
Battery	○	○	○
Battery fuses "BATFLUSE"	○	○	○
Interfaces (RS 485 PB/Multicluster PB)	○	○	●
● Standard features ○ optional features – not available			
Last updated: March 2011			
Type designation	SBU 5000 and AS-BoxM-20	3 x SBU 5000 and AS-BoxL-20	12 x SBU 5000 and AS-BoxXL

Figura 16. 9.- Datos técnicos Sunny BackUP-System M / L / XL (tablero principal [65])





Art. n°	0600355	0600356	0600357	0600358
				
Modelo	SMA SBU 2200 Set S	SMA SBU 5000 Set M	SMA SBU 2200 Set L	SMA SBU 2200 Set XL
Cantidad y tipo de Sunny Backup (SBU)	1 x SBU 2200	1 x SBU 5000	3 x SBU 5000	6 x SBU 5000
Tensión de salida	230 V	230 V	3 x 230 V / 400 V	3 x 230 V / 400 V
Frecuencia de red	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz
Corriente de entrada máx.	20 A	25 A	3 x 44 A	3 x 160 A
Potencia nominal inyectada	4.6 kW	5.7 kW	30.0 kW	110.0 kW
Potencia nominal consumidor	5.7 kW	8.0 kW	44.0 kW	110.0 kW
Corriente nominal consumidor	25 A	35 A	3 x 63 A	3 x 160 A
Potencia máx. Backup (Duración / 30 min / 1 min)	2.2 kW / 2.9 kW / 3.8 kW	5.0 kW / 6.5 kW / 8.4 kW	15.0 kW / 19.5 kW / 25.2 kW	30.0 kW / 39.0 kW / 50.4 kW
Tensión nominal batería AGM	12 V / 24 V	12 V / 24 V	12 V / 24 V	12 V / 24 V
Energía / Capacidad (C10) batería AGM	3.4 kWh / 142 Ah	6.7 kWh / 142 Ah	13.4 kWh / 284 Ah	2 x 13.4 kWh / 2 x 284 Ah
Bloques de batería	2 uds	4 uds	8 uds	2 x 8 uds
Fusible de batería / Línea de alimentación de batería	Incluido / 4 m	Incluido / 4 m	Incluido / 4 m	Incluido / 4 m
Temperatura ambiente	-25 a +60 °C	-25 a +60 °C	-25 a +60 °C	-25 a +60 °C
Humedad	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación	0 al 98 %, sin condensación
Modo de protección	IP54	IP65	IP65	IP65
Control de red	Punto de desconexión automática de acuerdo a VDE 0126-1-1	Punto de desconexión automática de acuerdo a VDE 0126-1-1	Punto de desconexión automática de acuerdo a VDE 0126-1-1	Punto de desconexión automática de acuerdo a VDE 0126-1-1
Carcasa	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Inversor compatible	Todos los Sunny Boys a partir de mayo 2005	Todos los Sunny Boys a partir de mayo 2005	Todos los Sunny Boys a partir de mayo 2005	Todos los Sunny Boys a partir de mayo 2005
Dimensiones SBU (a / a / p)	470 mm / 445 mm / 180 mm	467 mm / 612 mm / 235 mm	467 mm / 612 mm / 235 mm	467 mm / 612 mm / 235 mm
Dimensiones del dispositivo de conmutación (a / a / p)	200 mm / 300 mm / 120 mm	600 mm / 600 mm / 210 mm	600 mm / 760 mm / 210 mm	1000 mm / 1600 mm / 300 mm
Dimensiones de la batería AGM, cada bloque (a / a / p)	498 mm / 230 mm / 177 mm	498 mm / 230 mm / 177 mm	498 mm / 230 mm / 177 mm	498 mm / 230 mm / 177 mm
Peso (Sunny Backup / Dispositivo de conmutación / Batería AGM)	18 kg / 4.5 kg / 54.5 kg	63 kg / 29.0 kg / 54.5 kg	63 kg / 41.0 kg / 54.5 kg	63 kg / 180.0 kg / 54.5 kg
Conexión al generador	No es posible	Opcional (8 kW)	Opcional (30 kW)	Opcional (30 kW)
Garantía	5 años	5 años	5 años	5 años
Normas	Marca CE, VDE 0126-1-1	Marca CE, VDE 0126-1-1	Marca CE, VDE 0126-1-1	Marca CE, VDE 0126-1-1

Figura 16. 10.- Inversores para sistemas aislados 230 V, 50 Hz [64]

## ANEXO III.1: Precios de equipos (inversores y controladores)

1. Select one of the Sunny Island power panels below based on your peak power demand:

SES System Part Number	Inverter System Description	Continuous kW Rating	Max. Battery Charging Current	AC Voltage / # of Phases	List Price
SES-SI-6-48-240	Sunny Island 6048 / 6 kW Battery Based Inverter System - Single Phase	6 kW	130A @ 48VDC	240VAC/1PH	\$9,193
SES-SI-9-48-240	2x Sunny Island 4548 / 9 kW Battery Based Inverter System - Single Phase	9 kW	200A @ 48VDC	240VAC/1PH	\$12,641
SES-SI-12-48-240	2x Sunny Island 6048 / 12 kW Battery Based Inverter System - Single Phase	12 kW	260A @ 48VDC	240VAC/1PH	\$13,993
SES-SI-24-48-240	4x Sunny Island 6048 / 24 kW Battery Based Inverter System - Single Phase	24 kW	520A @ 48VDC	240VAC/1PH	\$27,461
SES-SI-18-48-240	3x Sunny Island 6048 / 18 kW Battery Based Inverter System - Three Phase	18 kW	390A @ 48VDC	208VAC/3PH	\$21,181
SES-SI-36-48-240	6x Sunny Island 6048 / 36 kW Battery Based Inverter System - Three Phase	36 kW	780A @ 48VDC	208VAC/3PH	\$58,471
SES-SI-54-48-240	9x Sunny Island 6048 / 54 kW Battery Based Inverter System - Three Phase	54 kW	1170A @ 48VDC	208VAC/3PH	\$77,627

Figura 16. 11.- Precios de Sunny Island según la potencia de instalación [66]

2. Select one of the battery banks below:

Part #	Battery Bank System Description	Battery Bank Capacity	Nominal Voltage	List Price	More Info
SES-BB40-0KWH	8 kWhr Sealed Solar Gel Cell Battery Bank w/ Enclosure	7.8 kWhr	48VDC	\$3,610	<a href="#">Deka Solar Gel Cell</a>
SES-BB40-16-RK	16 kWhr Sealed Solar Gel Cell Battery Bank w/ Rack	15.6 kWhr	48VDC	\$6,185	<a href="#">Deka Solar Gel Cell</a>
SES-BB40-16KWH	16 kWhr Sealed Solar Gel Cell Battery Bank w/ Enclosure	15.6 kWhr	48VDC	\$7,274	<a href="#">Deka Solar Gel Cell</a>
SES-BB40-27KWH	27 kWhr Sealed AGM Battery Bank w/ Seismic 4 Zone Battery Rack	26 kWhr	48VDC	\$10,002	<a href="#">GNS Absolute.GP</a>
SES-BB40-38KWH	38 kWhr Sealed AGM Battery Bank w/ Seismic 4 Zone Battery Rack	38 kWhr	48VDC	\$13,651	<a href="#">GNS Absolute.GP</a>
SES-BB40-52KWH	52 kWhr Sealed AGM Battery Bank w/ Seismic 4 Zone Battery Rack	52 kWhr	48VDC	\$17,237	<a href="#">GNS Absolute.GP</a>
SES-BB40-72KWH	72 kWhr Sealed AGM Battery Bank w/ Seismic 4 Zone Battery Rack	72 kWhr	48VDC	\$22,472	<a href="#">GNS Absolute.GP</a>

**Notes:**  
 1. 9-18 kWhr battery banks include a two shelf battery rack with covers, indoor only, cables included.  
 2. 26-69 kWhr banks include Seismic Zone 4 battery racks and battery terminal covers. Battery racks may be bolted to thick concrete floor.

Figura 16. 12.- Precios de banco de baterías para Sunny Island según la potencia de instalación [66]

Casa
Paneles
Inversores
Reguladores
Baterías
Agua
Calentadores



**SMA Sunny Back Up 48VDC 5kW Bi Inversor direccional**

Longitud: 467  
 Ancho: 612  
 Altura: 235  
 Marca: SMA  
 Breve descripción:

NVSBUS000SMA

**AU \$ 3,850.00**

Cantidad: 0 añadir a la cesta

Añade a la lista de deseos  Añadir a comparar

Enviar un correo electrónico a un amigo Sé el primero en revisar este producto

Carrito De Compras

sin productos

Artículos:	0
Total	AU \$ 0.00

Comparar Productos

No tienes artículos para comparar.

Comparar Productos

No tienes artículos para comparar.

Figura 16. 13.- Precio Sunny Back up 230 V, 50 Hz [67].

## ANEXO IV.1: Cargos tarifarios

### AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

#### CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE \*\*

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)
<b>CATEGORÍA</b>	<b>RESIDENCIAL</b>		
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA Y MEDIA TENSIÓN</b>		
1-50		0,091	1,414
51-100		0,093	
101-150		0,095	
151-200		0,097	
201-250		0,099	
251-300		0,101	
301-350		0,103	
351-500		0,105	
501-700		0,1285	
701-1000		0,1450	
1001-1500		0,1709	
1501-2500		0,2752	
2501-3500		0,4360	
Superior		0,6812	
	<b>RESIDENCIAL TEMPORAL</b>		
		0,1285	

Figura 16. 14.- Cargo tarifario baja y media tensión [44].

CATEGORÍA	GENERAL			
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA</b>			
	<b>COMERCIAL</b>			
1-300		0,092	1,414	
Superior		0,103		
1-300	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES			
Superior		0,082		
		0,093		
1-300	<b>BOMBEO AGUA</b>			
Superior		0,072		
		0,083		
1-300	<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>			
Superior		0,058		
		0,066		
1-300	<b>INDUSTRIAL ARTESANAL</b>			
Superior		0,073		
		0,089		
1 - 100	<b>ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO</b>			
101-200		0,034		
201-300		0,036		
Superior		0,038		
		0,063		
<b>NIVEL TENSIÓN</b>	<b>BAJA TENSIÓN CON DEMANDA</b>			
	<b>COMERCIALES</b>			
	4,790	0,090	1,414	
	<b>INDUSTRIALES</b>			
	4,790	0,080		
	<b>ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>			
	4,790	0,080		
	<b>BOMBEO AGUA</b>			
	4,790	0,070		

Figura 16. 15.- Cargo tarifario baja tensión con y sin demanda [44].

AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE \*\*

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
<b>NIVEL TENSIÓN</b>				
<b>BAJA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,090	1,414	
		0,072		
<b>INDUSTRIALES</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,065		
		0,069		
<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,080		
		0,066		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,790	0,070		
		0,056		

Figura 16. 16.- Cargo tarifario baja tensión con demanda horaria [44]

NIVEL TENSIÓN	BAJA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>			
L-V 08h00 hasta 18h00 L-V 18h00 hasta 22h00 L-V 22h00 hasta 08h00*** S.D 18h00 hasta 22h00	2,620	0,056	1,414
		0,095	
		0,045	
		0,056	
<b>VEHICULOS ELÉCTRICOS</b>			
L-V: 08h00 hasta 18h00 L-D: 18:00 hasta 22:00 L-D: 22h00 hasta 08h00 SyD: 08h00 hasta 18h00	4,050	0,080	
		0,100	
		0,050	
<b>NIVEL TENSIÓN</b>			
<b>BAJA Y MEDIA TENSIÓN</b>			
<b>BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO</b>			
1-300 Superior		0,040	0,700
		0,040	
<b>ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA</b>			
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	3,000	0,065	1,414
	<b>ASISTENCIA SOCIAL Y BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA HORARIA</b>		
	3,000	0,065	
		0,054	

Figura 16. 17.- Cargo tarifario baja tensión con demanda horaria diferenciada [44]



AMBATO-AZOGUES-CNEL BOLÍVAR-CENTROSUR-COTOPAXI-NORTE-RIOBAMBA-SUR

CARGOS TARIFARIOS ÚNICOS

ENERO - DICIEMBRE \*\*

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW-mes)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACIÓN (USD/Consumidor)	
<b>NIVEL TENSIÓN</b>				
<b>MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
	4,790	0,095	1,414	
<b>INDUSTRIALES</b>				
	4,790	0,083		
<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
	4,790	0,071		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
	4,790	0,061		
<b>NIVEL TENSIÓN</b>				
<b>MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA</b>				
<b>COMERCIALES</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,576	0,095	1,414	
		0,077		
<b>E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO Y ABONADOS ESPECIALES</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,576	0,071		
		0,059		
<b>BOMBEO AGUA</b>				
07h00 hasta 22h00 22h00 hasta 07h00	4,576	0,061		
		0,049		

Figura 16. 18.- Cargo tarifario media tensión con demanda horaria [44]

NIVEL TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA HORARIA DIFERENCIADA		
<b>BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE</b>			
L-V 08h00 hasta 18h00 L-V 18h00 hasta 22h00 L-V 22h00 hasta 08h00*** S,D 18h00 hasta 22h00	2,620	0,043	1,414
		0,073	
		0,034	
		0,043	
<b>ESTACIÓN DE CARGA RÁPIDA</b>			
L-V: 08h00 hasta 18h00 L-D: 18:00 hasta 22:00 L-D: 22h00 hasta 08h00 SyD: 08h00 hasta 18h00	4,050	0,069	
		0,086	
		0,043	
<b>INDUSTRIALES</b>			
L-V 08h00 hasta 18h00 L-V 18h00 hasta 22h00 L-V 22h00 hasta 08h00*** S,D,F 18h00 hasta 22h00	4,576	0,0897	
		0,1037	
		0,0501	
		0,0897	

Figura 16. 19.- Cargo tarifario media tensión con demanda horaria diferenciada [44]

## ANEXO V.1: Baterías comerciales seleccionadas

- Baterías de plomo-ácido Trojan 24TMX



MODEL:	24TMX with POD vent
VOLTAGE:	12
DIMENSIONS:	Inches (mm)
BATTERY:	Flooded/wet lead-acid battery
COLOR:	Maroon (case/cover)
MATERIAL:	Polypropylene
WATERING SYSTEM:	N/A

Figura 16. 20.- Especificaciones generales Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58]

### Trojan SPRE 12 225 12V 225Ah Solar Smart Carbon Deep Cycle Premium Battery

Figura 16. 21.- Costo Trojan SPRE 12225 12V 225Ah [58]

### ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

TAMAÑO DEL GRUPO BCI	TIPO	VOLTAJE	CAPACIDAD* Amp-Hora (AH)				ENERGÍA (kWh)		BORNE predeterminado	DIMENSIONES* Pulgadas (mm)			PESO lb (kg)
			Tasa de 5 h	Tasa de 10 h	Tasa de 20 h	Tasa de 100 h	Tasa de 100 h	Longitud		Ancho	Altura <sup>c</sup>		
<b>LÍNEA AGM – BATERÍAS DE VRLA DE CICLO PROFUNDO – 1,000 CICLOS A 50% DOD</b>													
U1	U1-AGM	12 VOLT	29	31	33	34	0.408	13	7.78 (198)	5.20 (138)	6.75 (171)	27 (12)	
22	22-AGM	12 VOLT	43	47	50	52	0.624	13	8.96 (228)	5.49 (139)	8.04 (204)	40 (18)	
24	24-AGM	12 VOLT	67	70	76	84	1.01	6	10.77 (274)	6.84 (174)	8.62 (219)	54 (24)	
27	27-AGM	12 VOLT	77	82	89	99	1.19	6	12.05 (306)	6.84 (174)	9.32 (237)	64 (29)	
31	31-AGM	12 VOLT	82	92	100	111	1.33	6	13.73 (349)	6.80 (173)	9.16 (233)	69 (31)	
GC12	12-AGM	12 VOLT	112	127	140	144	1.72	13	13.54 (344)	6.76 (172)	10.88 (276)	100 (45)	

Figura 16. 22.- Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58]

### TÍPICO CICLO DE VIDA DE UNA APLICACIÓN ESTACIONARIA

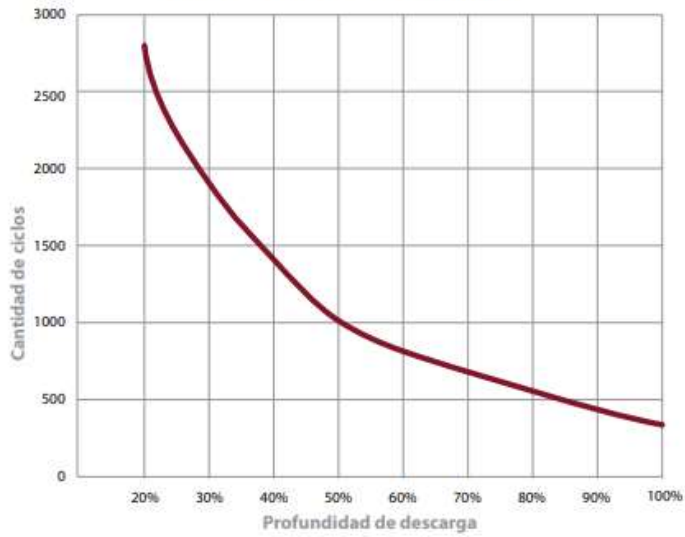


Figura 16. 23.- Ciclo de vida Baterías Trojan 24 TMX Plomo- Acido [58]

### ■ Baterías de Ión- Litio

Baterías de Litio-Ion de 24V 180Ah 4,75kWh		Lynx Ion	
Tecnología	Fosfato de hierro y litio (LiFePo4)	Cantidad máxima de baterías en serie	2
Tensión nominal	26,4 V	Cantidad máxima de baterías en paralelo	8
Capacidad nominal	180 Ah	<b>Carcasa</b>	
Potencia nominal	4,75 kWh	Peso	1,4 kg
Peso	55 kg	Dimensiones (al x an x p )	180 x 180 x 80 mm
Ratio potencia/peso	86 Wh/kg	<b>IO</b>	
Dimensiones (al x an x p )	625 x 195 x 355 mm	Contactador de seguridad	350 A
Tensión de corte de la carga a 0,05C	28,8 V	Corriente máx. del contactor de la bomba de sentina	10 A
Tensión de corte de descarga	20 V	Corriente máx. del contactor de relé externo	10 A
Corriente de carga/descarga recomendada	54 A (0,3C)	Contacto de la señal de carga	1A @ 60VDC
Corriente máxima de carga (1C)	180 A	Contacto de la señal de descarga	1A @ 60VDC
Corriente máxima de descarga (1,5C)	270 A	<b>Normativas</b>	
Corriente de descarga por pulsación (10s)	1.000 A	Emisión	EN 50081-1
Cantidad de ciclos @80% DOD (0,3C)	2000	Inmunidad	EN 50082-1
Configuración de series	Sí, hasta 2 (más series si se solicitan)		
Configuración paralela	Sí, fácilmente hasta 4 (más en paralelo si se solicita)		
Temp. de trabajo para carga	0-45 °C		
Temp. de trabajo para descarga	-20-55 °C		
Temp. de almacenamiento	-20-45 °C		

Figura 16. 24.- Baterías de Litio- Ion 24 V 180 Ah [68]



**Batería de Litio-Ion 24V/180Ah 4,75kWh**

★★★★★ [Escriba una opinión](#)

Stock: Entrega en 10 días  
SKU (Número de Referencia): TN-BAT52418000  
Fabricante: Victron Energy

Batería de Litio-Ion 24V/180Ah 4,75kWh de Victron Energy. El mercado de los sistemas de baterías se está desarrollando con mucha rapidez. Está creciendo la demanda de baterías eficientes con una gran densidad energética. Victron Energy tiene la respuesta adecuada para esta demanda: El sistema de baterías de Litio-Ion de Victron. Ver menos

**5.299,00 €**

- o bien -  
fracciones en 12 cuotas

• 2591,00€ ahora  
• Y después 11 cuotas de 292,00€

**SEGURO**

Figura 16. 25.- Costo de baterías de Victron Litio- Ion 24 V 180 Ah [69]

### ANEXO VI.1: Configuración de conexiones de baterías

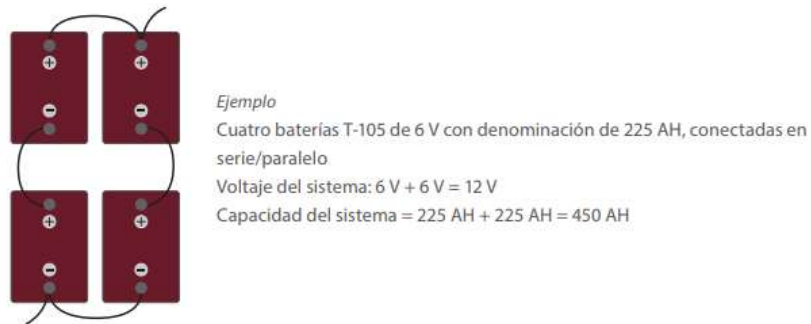


Figura 16. 26.- Calculo batería serie- paralelo [70]

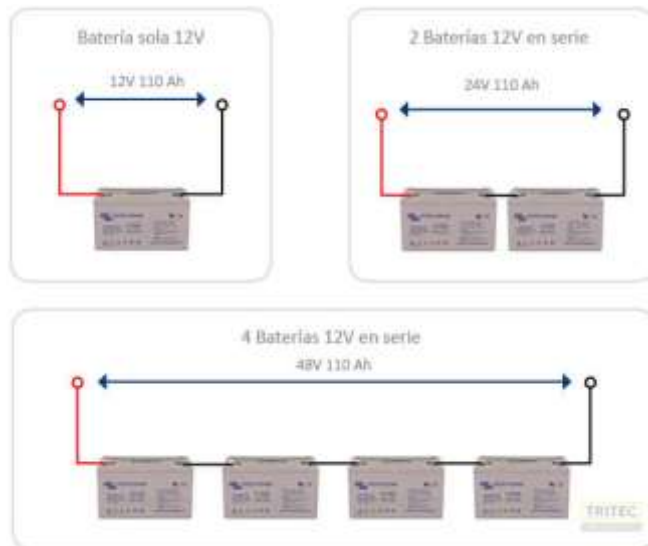


Figura 16. 27.- Conexión de baterías convencionales en serie [71]

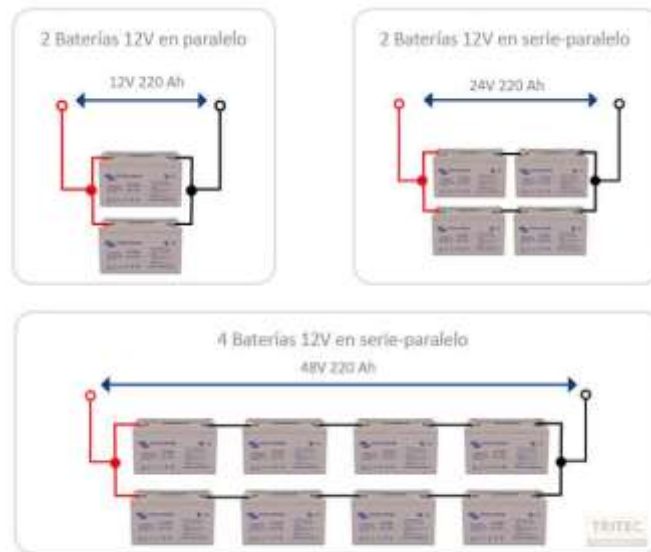


Figura 16. 28.- Conexión de baterías convencionales en paralelo y serie [71]

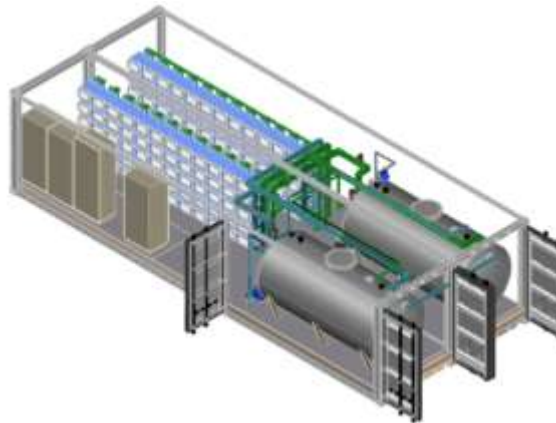


Figura 16. 29.- Sistema de conexión de baterías de flujo de 400 kW-h, 120 kW [72]

## ANEXO VII.1: Dimensionamiento físico de las Baterías de flujo

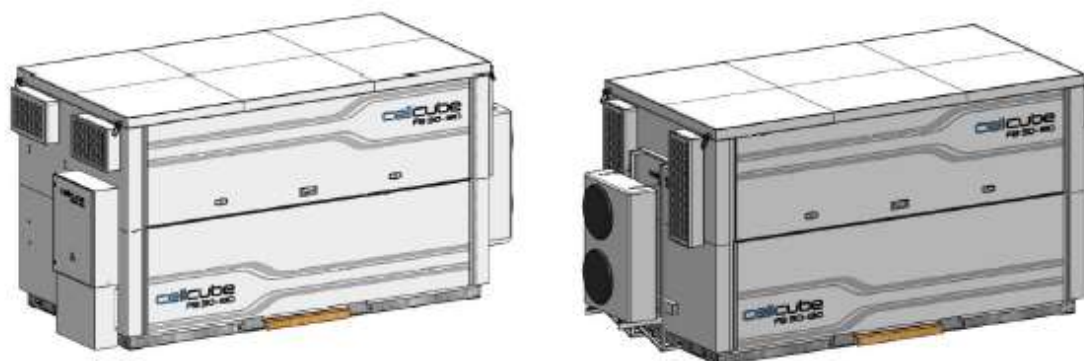


Figura 16. 30.- Vista de CellCube [73]

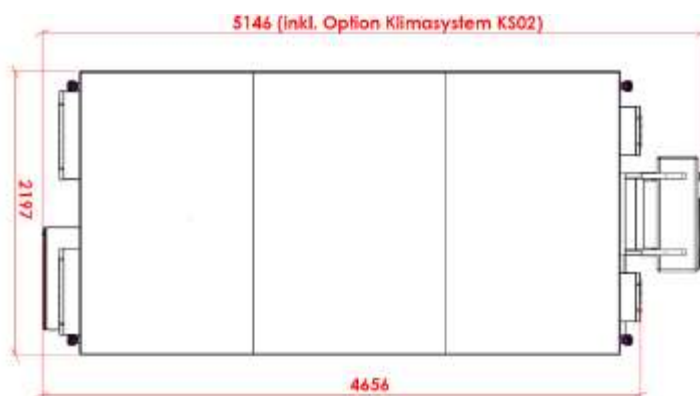


Figura 16. 31.- Vista superior CellCube [73]

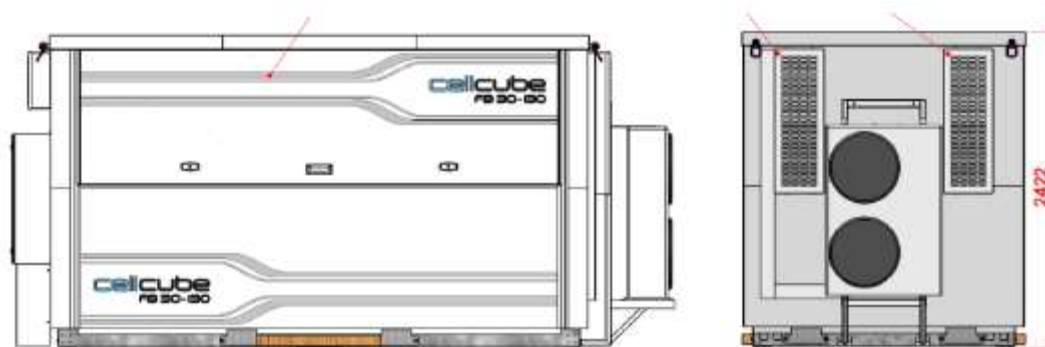


Figura 16. 32.- Vista frontal CellCube [73]