



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR,
REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN
RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA
PROFUNDA)**

Walter Alfonso De León Barreno

Asesorado por el Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR,
REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN
RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA
PROFUNDA)**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALTER ALFONSO DE LEÓN BARRENO
ASESORADO POR EL ING. BYRON ODILIO ARRIVILLAGA MÉNDEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
EXAMINADOR	Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
EXAMINADOR	Ing. Jonathan Natanael Requena Gómez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR,
REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN
RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA
PROFUNDA)**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 6 de octubre de 2015.


Walter Alfonso De León Barreno

Guatemala, 18 de Septiembre 2,017

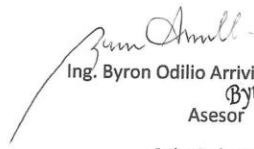
Ingeniero
Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador Area de Electrotecnia
Escuela de Mecánica eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Señor Coordinador:

Por medio de la presente me permito informarle que he revisado por completo el trabajo de EPS del estudiante Walter Alfonso De León Barreno, carné 8912506, titulado "SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN RED DE ENERGIA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (Baterías de descarga profunda)".

Dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos, por lo tanto extiendo la presente como visto bueno al trabajo de EPS en mi calidad de asesor.

Sin otro particular atentamente;


Ing. Byron Odilio Arrivillaga Méndez
Asesor Ingeniero Electrónico
Colegiado 5217

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 17 de mayo de 2018.
Ref.EPS.DOC.399.05,18.

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Walter Alfonso De León Barreno** de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, Registro Académico No. **8912506** y CUI **2530 45827 0101**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA PROFUNDA)”**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Eléctrica



c.c. Archivo
NIRG/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EPS

Guatemala 17 de mayo de 2018.
Ref.EPS.D.185.05.18.

Ing. Otto Fernando Andrino González
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Andrino González:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "**SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA PROFUNDA)**" que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Walter Alfonso De León Barreno**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Byron Arrivillaga Méndez y supervisado por el Ing. Natanael Jonathan Requena Gómez.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor y del Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CCdP/ra

Edificio de EPS, Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, zona 12.
Teléfono directo: 2442-3509

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 36. 2018.
6 de OCTUBRE 2017

Señor Director
Ing. Otto Fernando Andrino González
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL
FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR
MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2
PARA REGIONES SIN RED DE ENERGÍA COMERCIAL,
DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA
PROFUNDA), estudiante; Walter Alfonso De León Barreno,
que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
DID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio Rolando Barrios Archila
Coordinador de Electrotécnica



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF. EIME 36. 2018.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; **WALTER ALFONSO DE LEÓN BARRENO** titulado: **SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA PROFUNDA)**, procede a la autorización del mismo.


Ing. Otto Fernando Andriano González



GUATEMALA, 18 DE MAYO 2018.

Universidad de San Carlos
de Guatemala

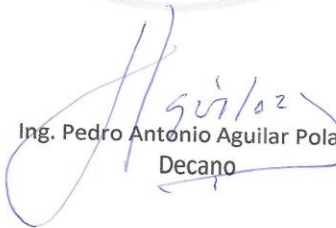


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 383.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **SISTEMA ALTERNATIVO PARA REDUCIR EL FUNCIONAMIENTO DE MOTOGENERADOR, REDUCIR MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y EMISIONES DE CO2 PARA REGIONES SIN RED DE ENERGÍA COMERCIAL, DEEP OF DISCHARGE DOD (BATERÍAS DE DESCARGA PROFUNDA)**, presentado por el estudiante universitario: **Walter Alfonso De León Barreno**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Para él sea la honra. Gracias Padre Santo todo logro es por ti y para ti.
- Mis padres** Marcelino Barreno Rodriguez (q. e. p. d.) y Bernarda Barreno García, por guiarme en los caminos de Dios, por su sacrificio y dedicación.
- Mi esposa** Sandra Chacón, por su acompañamiento.
- Mi hijo** Gabriel Isaac de León Chacón, por ser la bendición de Dios en mi vida, y por ser el motivo de la renovación de mis fuerzas.
- Mis hermanos** Marvin Orlando, Amilcar Iraín (q. e. p. d.), por su cariño y apoyo.
- Mis amigos y amigas** Por los gratos momentos y por haber estado en las buenas y en las malas, a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser el templo del saber y sabiduría para mi formación profesional.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme la oportunidad de pertenecer a tan honorable y respetada facultad

A mis catedráticos

Agradecimientos por compartir sus conocimientos y enseñanzas

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTADO DE SIMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. ANTECEDENTES DE COMUNICACIONES CELULARES.....	1
1.1. Historia.....	1
1.2. Comunicaciones celulares actualmente.....	1
2. CARGADOR INVERSOR DEL SISTEMA DOD.....	3
2.1. Cargador inversor características básicas.....	3
2.2. Funcionamiento del cargador inversor.....	5
2.3. Errores.....	8
2.4. Salidas auxiliares del cargador inversor.....	8
2.5. Panel de información del inversor.....	10
2.5.1. Supervisión.....	12
2.5.2. Supervisión del estado de la entrada de CA.....	13
2.5.3. Supervisión del estado del cargador.....	16
2.5.4. Supervisión de errores y advertencias.....	16
2.6. Banco de baterías <i>Rolls Surrrette</i>	17

3.	ASPECTOS IMPORTANTE DE LAS BATERÍAS.....	23
3.1.	El electrolito.....	23
3.2.	Régimen de carga.....	24
3.3.	Tipos de electrolito.....	24
3.4.	Nomenclatura en las baterías.....	26
3.5.	Ecuación de las baterías.....	27
3.5.1.	Daños en la batería.....	28
3.5.2.	Supervisión del nivel de la batería.....	29
3.5.3.	Método a utilizar.....	29
3.5.4.	Cuando ecualizar las baterías.....	32
4.	INSTALACION SISTEMA DOD EN SEPENS.....	35
4.1.	Ingeniería sitio Sepens.....	35
4.2.	Instalaciones eléctricas sitio Sepens.....	39
4.3.	Cálculo banco de baterías y conexiones radio base	41
4.4.	Componentes del sistema DOD instalado.....	47
4.5.	Secuencia de funcionamiento sistema DOD.....	49
5.	CÁLCULOS DE FACTIBILIDAD DEL NEGOCIO.....	55
5.1.	Análisis de factores que intervienen en el proyecto	55
5.2.	Comparativo de flujo de capital en el tiempo	57
5.3.	Cálculo del VAN	62
6.	ASPECTOS LEGALES	65
6.1.	Marco legal constitucional	65
6.2.	Legislación ordinaria aplicable.....	66
6.3.	Requisitos y trámites.....	69
6.4.	Convenios ambientales.....	69
6.5.	Antecedentes.....	71

7	RIESGOS NATURALES Y AMBIENTALES	75
7.1	Riesgos naturales	75
7.2	Posible impacto ambiental del proyecto	77
7.3	Efectos nocivos para la salud del ácido sulfúrico	77
7.4	Efectos del ácido sulfúrico en el ambiente.....	80
7.5	Efectos nocivos para la salud del plomo.....	81
7.6	Efectos del plomo en el ambiente.....	82
7.7.	Impactos significativos.....	84
8.	CAPACITACIÓN.....	85
8.1	Métodos de capacitación	85
8.1.1	Objetivo del método de capacitación	85
8.1.2	Método Magistra	85
8.1.3.	Práctica de campo	86
8.1.4	Resultados del curso impartido.....	86
	CONCLUSIONES.....	87
	RECOMENDACIONES.....	89
	BIBLIOGRAFÍA.....	91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Panel de información del inversor	11
2.	Panel de control vista externa	12
3.	Supervisión del inversor	13
4.	Configuración del sistema DOD	19
5.	Plano y medidas baterías 6CS21P	20
6.	Características batería 6CS21P	21
7.	Datos de configuración radio base Sepens	35
8.	Datos eléctricos y orientación radio base Sepens	36
9.	Datos de sectores radio base Sepens	37
10.	Mapa de ubicación Sepens	38
11.	Instalación de equipos	39
12.	Instalación de equipos externo radio base	40
13.	Conexión de equipos internos radio base	41
14.	Conexión del banco de baterías	42
15.	Gráfica % descarga vs ciclos de vida	43
16.	Planta torre Sepens	45
17.	Perfil torre Sepens	46
18.	Banco de 24 baterías del sistema DOD	47
19.	Gabinete contenedor de baterías	48
20.	Gabinete para inversor cargador	48
21.	Inversor cargador	49
22.	Baterías del sistema DOD entregando carga	50
23.	Motogenerador energizando y cargando baterías	51

24.	Baterías energizando la radio base de nuevo	52
25.	Punto de retorno de inversión en el tiempo.....	61
26.	Componentes de una batería de plomo ácido.....	78

TABLAS

I.	Supervisión del estado de entrada AC	14
II.	Supervisión de estado de entrada AC	14
III.	Supervisión del estado del inversor.....	15
IV.	Supervisión del estado del cargador	16
V.	Supervisión de errores y advertencias	17
VI.	Comparativo flujo de capital en el tiempo.....	59
VII.	Cálculo del VAN	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios.
AH	Amperios Hora
CO2	Dióxido de carbono
Hz	Hertz
KW	Kilo Watt
mA	miliamperio
V	Voltios
W	Watt
°C	Centígrados
%	Porcentaje

GLOSARIO

AC	<i>Alternating current</i> , corriente eléctrica en la que su magnitud y sentido varían cíclicamente con el tiempo.
Cargador	Dispositivo electrónico utilizado para suministrar una corriente eléctrica a una batería o pila para que recupere su carga energética
DC	<i>Direct current</i> , flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor, no cambia de sentido con el tiempo.
DOD	<i>Deep of discharge</i> , profundidad de descarga, una de las características de las baterías utilizadas en soluciones de energía alternativa.
Inversor	Dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de corriente continua en un voltaje de salida de corriente alterna.
Interruptor	Dispositivo que separa dos o más partes eléctricas.
RBS	<i>Radio Base Station</i> , nombre genérico que se utiliza para una estación base, según sea el desarrollador este nombre puede variar

Rele	Dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, en el que por medio de una bobina o electroimán se acciona un juego de uno o varios contactos.
ROI	<i>Return On Investment</i> , es el valor económico generado como resultado de diferentes actividades, mide el rendimiento de una inversión.
V	Voltio, diferencia de potencial a lo largo de un conductor cuando una corriente de un amperio consume un vatio de potencia.
VAN	Valor actual neto, indicador financiero que sirve para determinar la viabilidad de un proyecto.
Xambus	Protocolo de comunicación registrado por Xantrex, que simplifica la configuración, control y monitoreo de dispositivos que generan o distribuyen energía eléctrica.

RESUMEN

Este informe del Ejercicio Profesional Supervisado, está enfocado en una solución alternativa para energizar radio bases de telefonía en lugares donde no se cuenta con energía comercial, para el caso se analiza el sitio de telefonía celular llamando Sepens en el Petén. El presente informe consta de ocho capítulos.

Capítulo 1, es la fase de análisis para decidir que alternativa es la más conveniente a implementar, así como como una reseña histórica del inicio de la telefonía celular en Guatemala.

Capítulo 2, constituye el servicio técnico profesional que incluye las características y funcionamiento del cargador inversor, todos los aspectos que se deben conocer para interpretar los mensajes en el panel de control, de igual manera se incluyen los fundamentos del banco de baterías seleccionado.

Capítulo 3, está integrado por aspectos teóricos del diseño y funcionamiento de las baterías y la forma de proporcionar un correcto mantenimiento a los bancos de baterías.

Capítulo 4, muestra el cálculo y la secuencia de funcionamiento del sistema DOD en sus diferentes etapas, de igual manera se presentan los datos de ingeniería de la radio base donde fue instalado el sistema.

Capítulo 5, se realiza un análisis de la factibilidad de invertir en el proyecto, haciendo un comparativo del flujo de capital en el tiempo de tener un motogenerador los 365 días del año funcionando para energizar la radio base.

En los capítulos 6 y 7 se analizan el marco legal y regulatorio a respetar, así como los posible impactos tanto ambientales como a la salud, de los diferentes componentes del proyecto.

Capítulo 8, Se hace referencia a la capacitación efectuada, la metodología y los beneficios alcanzados en el grupo de personas a las que les fue impartida.

OBJETIVOS

Generales

Mitigar la ausencia de energía comercial por un medio alternativo que sea más económico que un sistema solar y al mismo tiempo lograr reducir las emisiones de CO2 propias de la quema de diesel, al mismo tiempo hacer más rentable el proyecto reduciendo el mantenimiento preventivo del motogenerador

Específicos

1. Lograr instalar y poner en funcionamiento sitios de telefonía, en áreas donde aún no llega la red de energía comercial
2. Lograr una solución viable para reducir el índice de sitios rescindidos por falta de energía comercial en un 50% (de 4 sitios a 2 sitios rescindidos mensualmente)
3. Lograr un ahorro en el gasto OPEX por medio de la disminución de mantenimientos para este tipo de sitios
4. Reducir la cantidad de sitios que funcionan con motogenerador las 24 horas del día los 365 días del año

INTRODUCCION

El presente informe del Ejercicio Profesional Supervisado titulado, sistema alternativo para reducir el funcionamiento de moto generador, reducir mantenimiento preventivo y emisiones de CO2 para regiones sin red de energía comercial, deep of discharge DOD (baterías de descarga profunda), está realizado con la finalidad de poner fin a la problemática de llevar cobertura de telefonía celular y servicio de internet a regiones de nuestro país a las cuales aún no ha llegado el servicio de energía comercial por parte de la empresa Unión Fenosa DEOCSA, DEORSA y donde tener un motogenerador funcionando las 24 horas del día se vuelve poco rentable para el operador de telefonía celular lo cual conlleva variables de mantenimiento muy complejas y costosas.

Para solucionar esto la empresa Comunicaciones Celulares S.A ha dispuesto presupuesto de tal manera que sea implementada una solución basada en energía alternativa por medio de un sistema denominado DOD (por sus siglas en inglés, Deep off discharge), este nombre ha sido designado por el Operador de Telefonía. Con la implementación de estos sistemas se ha logrado obtener el beneficio de poder contar con los usuarios de estas regiones y al mismo tiempo beneficiar a las mismas regiones con el servicio de telefónica celular y de internet que hoy en día se ha convertido en una parte vital para el desarrollo regional.

Para poder llevar este proyecto a una implementación exitosa se ha requerido de un análisis de factibilidad, la aplicación de conocimientos del área electrónica y eléctrica y temas de economía para el análisis de rentabilidad y

tiempo de recuperación de la inversión, al mismo tiempo se ha necesitado de una administración de recursos bastante minuciosa para optimizar los resultados.

1. ANTECEDENTES COMUNICACIONES CELULARES, S. A.

1.1. Historia

La historia de las Telecomunicaciones en Guatemala tiene inicio en el año 1989 con la concesión de la banda B en 800 MHz a Comunicaciones Celulares S.A , En el año 1990 se inicia a dar el servicio de telefónica celular basado en la tecnología Motorola (analógica), de 1990 a la fecha han transcurrido 21 años y Comunicaciones Celulares ha ido evolucionando de la mano con la tecnología llegando al uso de banda ancha y la tecnología 3.5G, incidiendo en gran medida para que Guatemala sea uno de los países a nivel Latinoamérica con mayor cantidad de usuarios de telefonía celular en relación al total de habitantes.

1.2. Comunicaciones Celulares S.A actualmente

En la actualidad las telecomunicaciones se han convertido en uno de los factores que contribuyen al desarrollo de las diferentes regiones y/o comunidades de nuestro país, ya que sumado al servicio de telefonía se brinda el servicio de acceso a internet y con ello la apertura a un mundo nuevo, como por ejemplo la posibilidad de nuevos mercados en el caso de la agricultura, ganadería entre otros

En ocasiones llevar el servicio de telefonía celular e internet a algunas regiones se hace bastante complicado debido a que una radio base típica consume en promedio 2.4 KW por hora de energía, actualmente existen muchas regiones de nuestro país a donde la energía comercial aún no llega,

por lo que se debe contar con sistemas de energía alternativo para energizar la radio base y así reducir al máximo el posible funcionamiento de un moto generador, ya que esto implica reducir el consumo de diesel y también las emisiones de CO2 que tanto daño están haciendo a nuestro planeta.

En el presente trabajo de Ejercicio Profesional Supervisado se presenta la alternativa de implementación de un sistema de baterías de descarga profunda junto a un sistema inversor cargador controlador, con lo cual se logrará reducir el funcionamiento del moto generador en un 50 % en estas radio bases ubicadas en regiones en las cuales aún no se cuenta con energía comercial, al mismo tiempo se logrará la reducción de las emisiones de CO2 en un 50 %.

Es importante mencionar que esta aplicación es una solución desarrollada en casa y personalizada de acuerdo a las necesidades de Comunicaciones Celulares S.A, esta solución es derivada de un análisis de factibilidad económica y también de la factibilidad de que el hardware corra el menor riesgo a consecuencia de actos de vandalismo, ya que en los últimos años se ha dado un incremento de vandalismos en sitios donde se instalan equipos de telecomunicaciones, al mismo tiempo con esta solución se contribuye con el medio ambiente ya que se reducen las emisiones CO2 en aproximadamente un 50 %. Esta solución ha sido seleccionada después de analizar las diferentes posibilidades existentes en el mercado como lo son:

- Energía solar pura
- Energía solar hibrida
- Energía eólica

2. CARGADOR INVERSOR DEL SISTEMA DOD

2.1. Cargador inversor características básicas

Para la realización del proyecto se utilizó un cargador inversor como parte medular, se tuvo el cuidado en seleccionar el que cumpliera con características como:

- Amplio respaldo de fábrica.
- Garantía del proveedor local.
- El más conocido y utilizado en el mercado en aplicaciones similares.

Según los aspectos anteriores se llegó a la conclusión que el cargador inversor híbrido Xantrex XW era el más adecuado y cumplía con los requisitos para ser usado en nuestro proyecto, el Xantrex XW es un cargador inversor de onda sinusoidal pura que se puede utilizar perfectamente en aplicaciones industriales como: respaldo de red y conexión a red. Además actúa en su función de cargador como almacenamiento de energía para baterías. El cargador inversor Xantrex XW puede interactuar con la red o de forma independiente, y en el presente proyecto funciona con un grupo generador de 20 KW promedio y tiene la gran ventaja que sí en el futuro puede aceptar conexiones a fuentes de energía renovable como paneles solares o sistemas eólicos para proporcionar energía a tiempo completo o de respaldo, esto pensando en que este tipo de tecnología puede reducir sus costos de manufactura en el futuro, lo anterior ha sido un punto muy importante para seleccionar esta solución.

Entre otras de las características del cargador inversor se incluyen las siguientes:

- Salida de onda sinusoidal pura de elevada eficiencia.
- Niveles de energía modular: se pueden instalar hasta cuatro inversores en una configuración de dos hilos, monofásica, de 240 voltios para producir hasta 24 Kilovatios. También se pueden conectar varias unidades para crear un sistema trifásico.
- Es necesario al menos un inversor por fase. Además, se pueden conectar hasta dos inversores en paralelo en cada fase, incrementando la potencia disponible
- Resistencia a la sobrecarga para arrancar cargas de gran consumo como por ejemplo, bombas, compresores de CA, en nuestro proyecto se ha elegido debido a que debe soportar el arranque de los aires acondicionados de las radio bases, aún en los horarios de pico de tráfico que sumados estos dos factores resultan en mayor consumo
Además debe soportar la carga de los bancos de baterías al mismo tiempo
- La entrada de factor de potencia corregido (FPC) reduce la corriente necesaria para la carga, lo que aumenta la capacidad de transferencia de CA.
- El cargador en varias etapas y la corriente de salida CC elevada reducen el tiempo de carga de los bancos de baterías
- El módulo de arranque de generador automático permite el funcionamiento con una amplia variedad de generadores, esto es muy importante ya que en la red de comunicaciones celulares existen varias marcas de generadores instalados y el módulo debe acoplarse a esta diversidad.
- Admite el funcionamiento de conexión a red multimodal.

- Conmutador de transferencia integrado.
- Ventilador de refrigeración interno de velocidad variable termorregulado. El ventilador se activa cuando la temperatura interna alcanza los 45 °C y alcanza su velocidad máxima a los 70 °C. El ventilador se desactiva cuando la temperatura interna desciende a los 40 °C. Esta funcionalidad es muy útil para propósitos del proyecto ya que en Guatemala tenemos regiones muy cálidas como por ejemplo el Peten en donde se cuenta con muchas radio bases de telefonía funcionando con un moto generador 24 horas, y es una de las regiones en donde se implementará el proyecto
- El diseño del bastidor estimula el flujo de aire vertical a través del inversor. Este efecto chimenea natural proporciona refrigeración por convección en los niveles de energía inferiores y reduce el tiempo de uso del ventilador.
- El diseño de la unidad es seguro y su mantenimiento en sitio será sencillo.

El cargador inversor utiliza un protocolo llamado Xantrex Xanbus, un protocolo de comunicaciones de red desarrollado por el fabricante para comunicar su configuración y actividad a otros dispositivos con tecnología Xantrex Xanbus. Es posible configurar y supervisar el cargador inversor y todos los dispositivos con tecnología Xantrex Xanbus del sistema a través de un panel de control en el sistema.

2.2. Funcionamiento del inversor cargador

El cargador inversor Xantrex XW es un cargador inversor de onda sinusoidal modular que se puede utilizar tanto en aplicaciones comerciales como industriales, con la ventaja de la aplicación para el almacenamiento de energía en baterías. El cargador inversor es un inversor de CC a CA

independiente, un cargador de baterías y un conmutador de transferencia de CA integrado. Para el proyecto es ventajosa la posibilidad de lograr un funcionamiento en paralelo con varias unidades de Inversión. En el caso de que existan varios cargadores inversores de la serie Xantrex XW, el cargador inversor principal emitirá impulsos a la red Xantrex Xanbus para sincronizar el funcionamiento del resto de unidades paralelas.

Esta ha sido una ventaja que se ha aprovechado en el proyecto al momento de decidir cuáles serían los sitios de celda en los que se podía implementar la solución, ya que sabiendo el consumo de los sitios en horas pico y el presupuesto con el que se cuenta, se ha determinado cuántos cargadores inversores se pueden instalar satisfaciendo la necesidad sin incurrir en riesgos de mayor demanda por parte de la carga

Con el presente proyecto se debe cumplir con satisfacer una demanda completa de AC, para las siguientes cargas:

- Radio Base
- Sistemas de aire acondicionado
- Radios de transmisión
- Balizas de navegación
- Iluminación del sitio

En el momento de entrar en operación, todas las unidades del inversor cargador producirán energía, lo que producirá un reparto eficaz de la carga. Cuando el sistema de búsqueda es activado en el panel, algunas unidades no producirán energía, ya que funcionaran solo las unidades que cumplan con la energía requerida por la carga. Los cargadores inversores sincronizan las etapas de carga para garantizar la carga eficiente del banco de baterías que

conforma el proyecto. Todas las unidades pasan a la etapa de absorción en cuanto lo hace una única unidad. En la etapa de absorción, todas las unidades deben completar dicha etapa antes de pasar a la siguiente. Se ha tomado en cuenta que las unidades no comparten la carga mientras se encuentran en carga, salvo en la etapa en bruto. Los cargadores inversores dejan de compartir la corriente de carga justo antes de completar la etapa en bruto. Las unidades no comparten la corriente de carga durante las etapas de absorción ni flotación. Cada unidad carga las baterías en función de la configuración de nivel de carga máxima y las reducciones internas activas (basadas en la temperatura).

Si la opción de ecualización está activada en uno o varios dispositivos capaces de ecualizar la batería, sólo estos dispositivos realizarán un ciclo de ecualización después de la absorción. El resto de dispositivos pasarán a la etapa de flotación (si se ha seleccionado la carga en tres etapas) o pasarán a la etapa de transferencia de CA (si se ha seleccionado la carga-en dos etapas). Si se han instalado uno o más controladores de carga y están en funcionamiento en el sistema, los cargadores inversores sincronizarán sólo la etapa de carga en bruto con los controladores de carga.

Para realizar la transferencia de CA que para el caso del proyecto es el encendido del motogenerador, los cargadores inversores se supervisan entre sí a través de una técnica de supervisión de igual a igual para determinar la calidad de la entrada de CA. Si alguna de las unidades paralelas considera la entrada de CA como incorrecta, no se producirá la transferencia de CA y el indicador led de CA parpadeará de forma constante en el panel de información de cada unidad. Si el sistema se encuentra en etapa de transferencia y se produce un error de CA en cualquiera de las unidades, todas las unidades pasarán a la etapa de inversión de forma simultánea, lo cual significa que

tomarán carga de las baterías para luego realizar el proceso de inversión y proporcionar AC por sus propios recursos

2.3. Errores

Si se produce un error en un cargador inversor de un sistema compuesto por varias unidades, sólo se apagará el dispositivo afectado, excepto en las siguientes circunstancias:

- Si se produce un error de modo de inversión en una unidad principal que provoca que deje de invertir, se producirá un error generalizado del sistema. Si el error de modo de inversión se produce en una unidad subordinada, sólo se apagará la unidad subordinada afectada.
- Si se producen errores relacionados con la batería de ciclo profundo como, por ejemplo, la sobretensión o el sobrecalentamiento de la batería.

Por otro lado los cargadores inversores dan la ventaja de funcionar de forma independiente cuando se encuentran en los siguientes modos: respaldo de red (incluido el modo de suministro de energía), reducción de carga, respaldo del generador y bloqueo de cargador. De este modo, se puede configurar la ejecución de varias funciones de forma independiente y el sistema funciona con mayor flexibilidad. Si se ejecuta una de estas funciones se deben cumplir las normas eléctricas concernientes.

2.4. Salidas auxiliares del cargador inversor

Cada cargador inversor tiene una salida auxiliar programable que permite poner en funcionamiento un pequeño ventilador de 12 V o utilizar un relé externo para llevar a cabo otras funciones como, por ejemplo, poner en marcha

un generador de forma remota, para desconectar cargas externas no importantes o activar una carga en derivación para la regulación del voltaje de la batería. El cargador inversor cuenta con un relé de transferencia, este admite cargas de hasta 56 Amperios. Si se detecta una fuente de CA externa en una de las dos entradas de CA, el conmutador transferirá las cargas desde el cargador inversor a la fuente de alimentación externa y, a continuación, activará el cargador de baterías. Se dispone un juego de relés denominados AC1 y AC2 los cuales en el diseño evitan que el flujo eléctrico de la entrada del generador revierta hacia la red pública si existiera una conexión, dado que para el caso del proyecto no hay una red pública en funcionamiento solo se ha tenido la precaución de que la transferencia automática que siempre se deja en los sitios de celda dentro de los gabinetes de distribución eléctrica, esté desconectada de una posible entrada de energía comercial ya que en paralelo a este proyecto existen grupos de trabajo buscando llevar energía comercial a los sitios.

Una de las características de este tipo de cargador inversor es que a diferencia de muchos otros, éste evita que el voltaje descienda de forma considerable durante los estados de sobrecarga. El cargador inversor soporta una sobrecarga de más del doble de la salida de potencia del inversor con sólo una caída mínima del voltaje de salida. Se ha tenido el cuidado de seleccionar este dispositivo debido a que ya ha demostrado ser muy eficiente en la protección contra la formación de islas, esta es una función de seguridad esencial que garantiza que ninguna persona que trabaje en la red pública sufra daños causados por una fuente de energía distribuida. La protección contra la formación de islas también evita que las cargas conectadas al inversor sufran daños causados por una entrada de energía fluctuante desde la red pública. El cargador inversor utiliza un control de retroalimentación positiva para alcanzar el nivel fiable de protección contra la formación de islas mientras conserva la

distorsión armónica total en un nivel reducido. Si la frecuencia y el voltaje de la red caen por debajo de los intervalos predeterminados del cargador inversor, por ejemplo durante un corte de energía o una sobretensión, el cargador inversor dejará de suministrar energía a la entrada AC1 y se desconectará de la red pública durante cinco minutos. (Cinco minutos es el tiempo mínimo de reconexión, y no se puede ajustar). Si la frecuencia y el voltaje de la red han vuelto a sus valores nominales una vez finalizado el tiempo de reconexión, el cargador inversor comenzará a suministrar energía de nuevo.

La luz de error del panel de información del cargador inversor indica un error de la red, en la pantalla de tres caracteres no aparecerá ningún código de error, ya que el error es de la red y no del cargador inversor, este problema se da muy seguido en los sitios de celda cuando existe conexión a una red pública. Para este caso la red es referida a la AC proporcionada por el motogenerador. El panel de control del sistema indica un error de la red a través de la luz de error y un mensaje de error en su pantalla (los errores comprendidos entre F23 y F37 son errores de la red (pública); El error no se puede borrar manualmente. Los errores de red (pública) se borran automáticamente cuando la frecuencia y el voltaje de la red (pública) vuelven a los intervalos programados en el cargador inversor

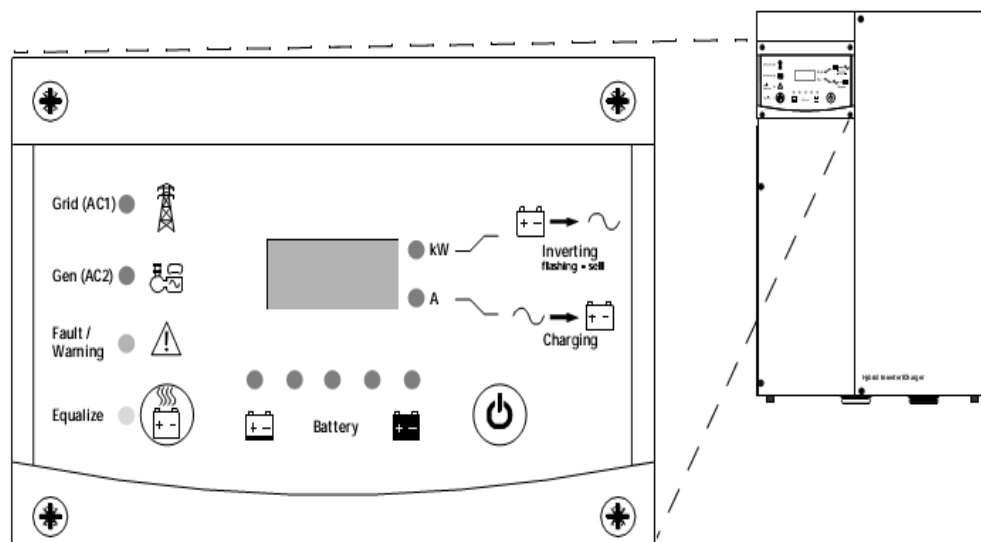
Puede supervisarse el funcionamiento del cargador inversor a través del panel de información del inversor instalado o mediante un panel de control del sistema opcional. Para configurar el cargador inversor, sólo se puede utilizar el panel de control del sistema Xantrex XW.

2.5 Panel de información del inversor

Las características del panel de información del inversor son las siguientes:

- Botones para controlar la activación y la desactivación del cargador inversor, eliminar errores y advertencias y ecualizar la batería.
- Pantalla de tres caracteres para indicar la potencia entregada, la corriente de carga o la información de resolución de problemas.
- Indicadores led para indicar el estado de entrada del inversor, el estado de salida del inversor, el estado de la batería, y errores o advertencias del sistema.

Figura 1. **Panel de información del inversor**



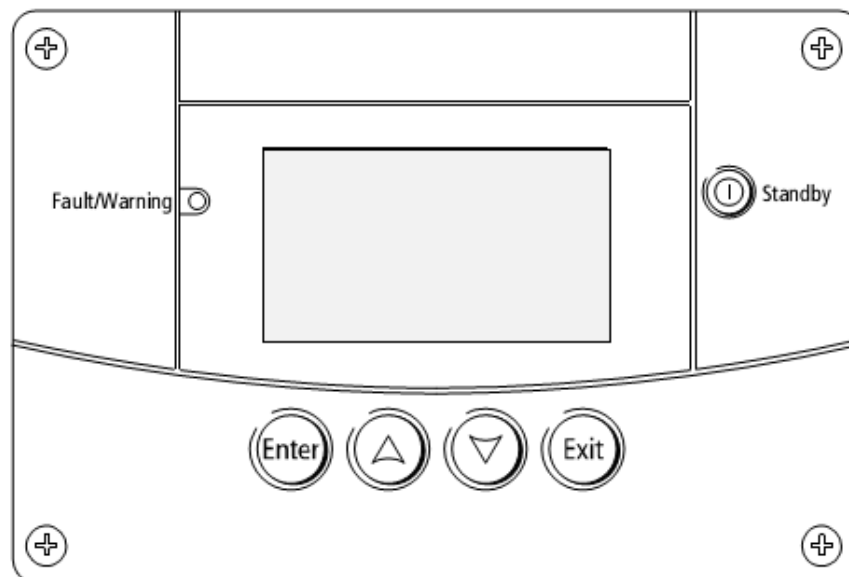
Fuente: *Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento.* p. 6

Algunas características del panel de control son:

- Pantalla de cristal líquido que suministra información de estado y funcionamiento en forma de texto y gráficos en tiempo real.

- Indicador led de error y advertencia.
- Reloj interno para controlar la configuración del cargador inversor dependiente del tiempo.
- Botones para seleccionar menús de configuración, personalizar la configuración del cargador inversor y borrar los errores y las advertencias.

Figura 2. **Panel de control vista externa**



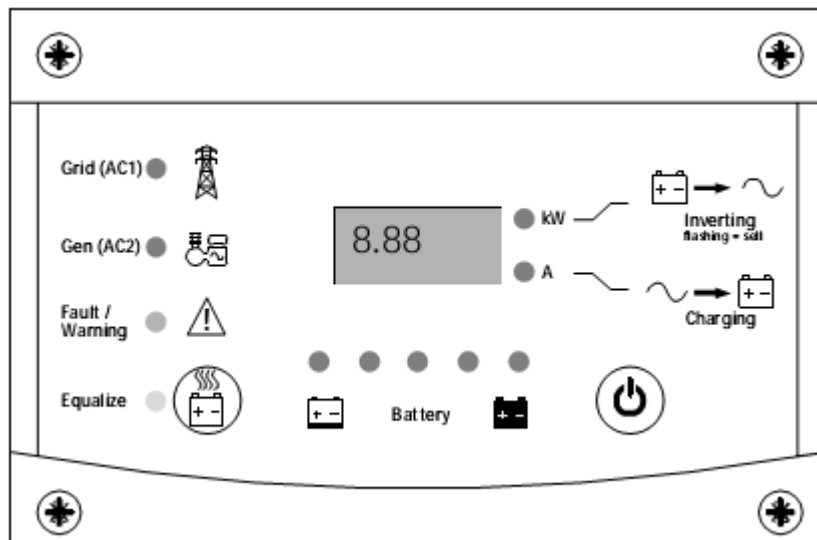
Fuente: Cargador/Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p. 7

2.5.1. Supervisión

Cada cargador puede ser supervisado a través del panel de información del inversor. El panel de información del inversor supervisa un único cargador inversor, el panel de información del inversor muestra información básica y, además, permite activar y desactivar el cargador inversor y comenzar la ecualización de la batería. Los indicadores led del panel de información indican

el estado de la entrada de CA, el estado del inversor, el estado de la batería, y el estado de la ecualización y carga. Los indicadores led y la pantalla de tres caracteres también señalan los estados de error y alarma del cargador inversor.

Figura 3. **Supervisión del inversor**



Fuente: Cargador/Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p. 2.

2.5.2. **Supervisión del estado de la entrada de CA**

El indicador led verde Grid (AC1) indica la presencia y el estado de una fuente de CA conectada a la entrada AC1.


Tabla I. **Supervisión del estado de entrada AC**

Símbolo	Indicador LED encendido	Indicador LED parpadeando	Indicador LED apagado
	La entrada de CA está presente y habilitada. El cargador/inversor de la serie Xantrex XW está listo para cargar las baterías, suministrar energía a la red o transferir CA a las cargas.	La entrada de CA está presente, se encuentra dentro del rango nominal y está siendo cualificada (validada).	El cargador/inversor de la serie Xantrex XW no está conectado a la red. La entrada de CA no está presente o está presente pero no se encuentra dentro del rango nominal.

Fuente: Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p. 2

El indicador led verde Gen (AC2) indica la presencia y el estado de un generador u otra fuente de CA auxiliar en la entrada AC2


Tabla II. **Supervisión del estado de entrada AC e inversor**

Símbolo	Indicador LED encendido	Indicador LED parpadeando	Indicador LED apagado
	La fuente de CA está presente y la entrada de CA está habilitada. El cargador/inversor de la serie Xantrex XW está preparado para cargar las baterías y transmitir energía a las cargas.	La entrada de CA está presente, se encuentra dentro del rango nominal y está habilitada.	La entrada de CA no está presente o está presente pero no se encuentra dentro del rango nominal.

Fuente: Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. P.3

Si uno de los indicadores led de entrada de CA está encendido y el otro indicador led de entrada de CA está parpadeando, significa hay CA presente en ambas entradas, AC1 y AC2. No obstante, el cargador inversor se podrá habilitar y recibir entrada de CA de una única fuente a la vez. El indicador led iluminado ininterrumpidamente señala cuál es la fuente habilitada. Si hay dos fuentes de entrada de CA presentes, el cargador inversor utilizará la fuente seleccionada en AC Priority (Prioridad de CA) en el menú AC Settings (Configuración de CA) del panel de control del sistema. El indicador led verde Kw indica que el cargador inversor está invirtiendo la entrada de CC a salida de CA. Si este indicador led está encendido o parpadea, en la pantalla de visualización aparecerá la potencia de salida del inversor expresada en kilovatios.

Tabla III. **Supervisión estado del inversor**


Símbolo	Indicador LED encendido	Indicador LED parpadeando	Indicador LED apagado
	El cargador/ inversor de la serie Xantrex XW está invirtiendo y produciendo energía para las cargas conectadas.	El cargador/ inversor de la serie Xantrex XW está suministrando energía a la red.	El cargador/ inversor de la serie Xantrex XW no está invirtiendo.

Fuente: Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p.3

2.5.3. Supervisión del estado del cargador

El indicador led verde A, indica que el cargador inversor está cargando el grupo de baterías. Si este indicador led está encendido, en la pantalla de visualización aparecerá la corriente de carga de las baterías expresada en amperios. Cuando un ciclo de carga finaliza o la carga se desactiva manualmente, el cargador inversor no sale del modo de carga de forma inmediata, y el indicador led de carga permanece activado durante 60 segundos.

Tabla IV. Supervisión del estado del cargador


Símbolo	Indicador LED encendido	Indicador LED apagado
	El cargador/inversor de la serie Xantrex XW no está cargando las baterías.	El cargador/inversor de la serie Xantrex XW no está cargando.

Fuente: Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p.4

2.5.4. Supervisión de errores y advertencias

El indicador led de error/advertencia rojo indica la presencia de un error o una advertencia en el sistema. Para borrar los errores activos, se debe pulsar el botón de encendido/apagado

Tabla V. **Supervisión de errores y advertencias**

Símbolo	Indicador LED encendido	Indicador LED parpadeando
	Se ha producido un error en el cargador/inversor de la serie Xantrex XW, y éste ha dejado de cargar o invertir. El indicador LED también se activa de forma ininterrumpida si en la unidad se han producido ambos eventos, un error y una advertencia.	El cargador/inversor de la serie Xantrex XW tiene una advertencia. Una advertencia se puede convertir en un error si el estado de advertencia no desaparece.

Fuente: Cargador Inversor híbrido Xantrex XW Guía de funcionamiento. p.4

2.6. Banco de baterías Rolls Surrette

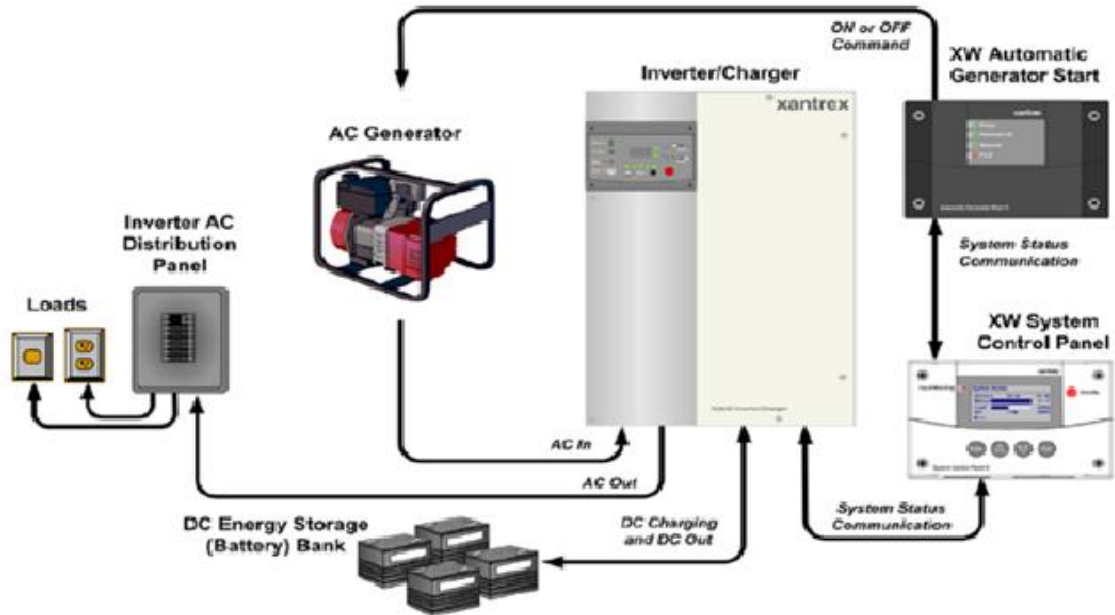
En el proyecto se decidió la utilizar las baterías Rolls Surrette, concretamente básicamente el modelo SC21P , luego de una larga investigación en el mercado. Estas baterías son conocidos por su ciclo de vida alto y cuenta con las más gruesas placas en la industria, una reserva de líquido grande, y una construcción duradera de pared doble. Dentro de uno de los aspectos importantes la fábrica nos brindó la garantía más amplia del mercado, de 10 años, , la esperanza de vida media de las baterías Surrette en general es en el rango de 15 a 20 años y cuentan con una Ingeniería ecológicamente consciente Surrette baterías Rolls son conocidos por su construcción robusta, de doble recipiente.

Cada celda está encapsulada en su propio contenedor interior hecho de polipropileno al igual que la carcasa interna, el contenedor exterior está construido de polietileno de alta densidad, al igual que la carcasa exterior, asas de plástico montadas en la carcasa. Estas medidas de seguridad permiten que

la batería sea operable aún en caso de rotura del envase exterior, eliminando el riesgo de un derrame de ácido sulfúrico tóxico. Las celdas de las baterías Surrette cuentan con doble aislamiento de placas positivas. La primera capa utiliza una estera tejida de vidrio grueso, que luego se sella en un sobre no-destructible micro poroso de polietileno. La envoltura protectora reduce la posibilidad de desalineación del separador y que estos mismos separadores se agrieten, o cortocircuiten en la parte inferior o en los laterales. Esto también permite que la cámara de sedimentación sea eliminada, creando más espacio para líquido en la parte superior de la batería, alargando los períodos entre nivelado.

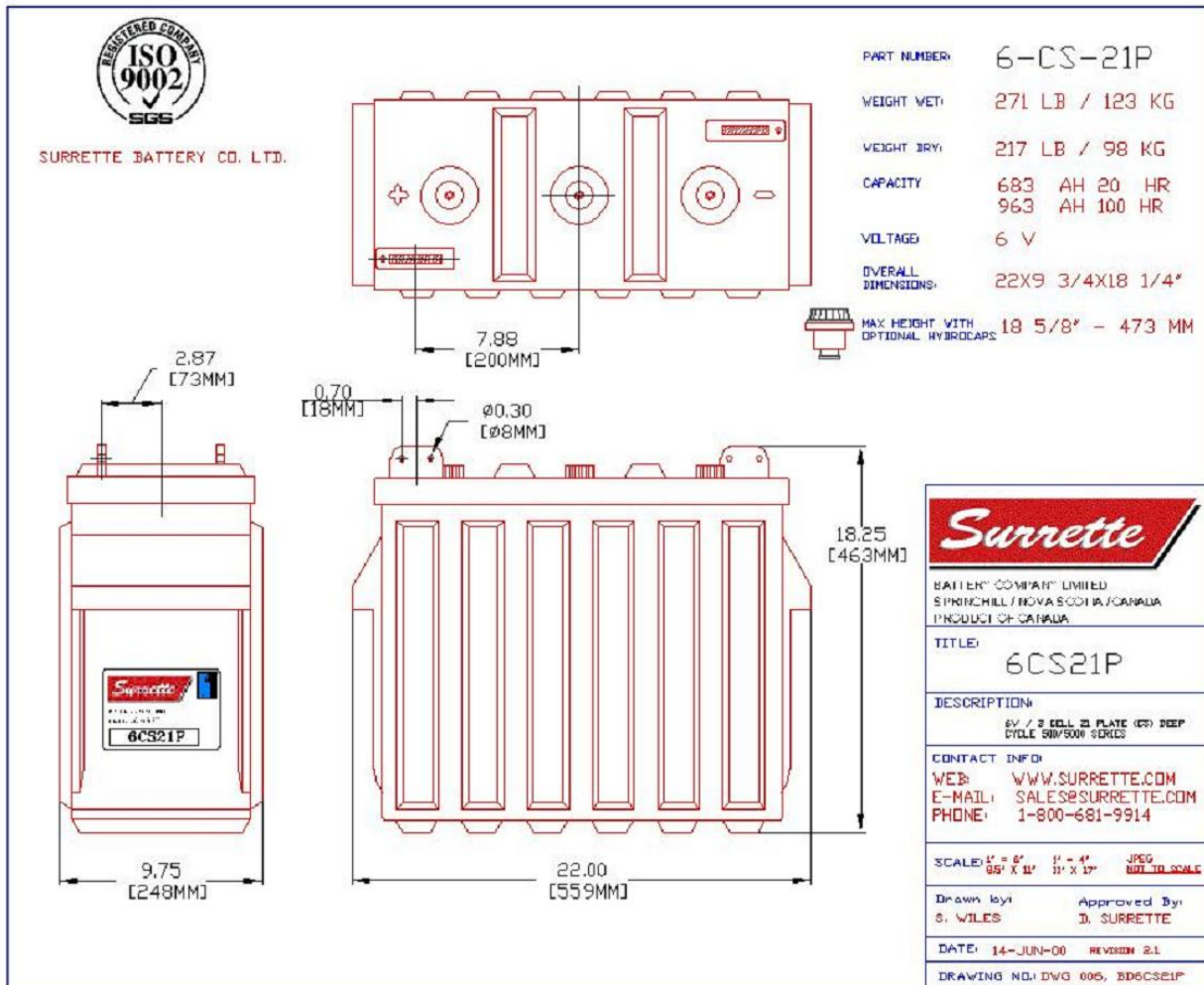
Otro de los factores importantes es el tema de la cantidad de ciclos de descarga, como sabemos la batería mientras se le someta a ciclos más profundos de descarga, su tiempo de vida se acortara a esto se le debe añadir el aspecto temperatura ambiente el cual influye directamente también en la vida de la batería, para el caso de Surrette su respuesta ante estos dos factores, profundidad de descarga y temperatura se acoplan perfectamente al diseño y necesidades del proyecto.

Figura 4. Configuración del Sistema DOD



Fuente: elaboración propia.


Figura 5. Plano y medidas batería 6CS21P



Fuente: Dcbattery. https://www.dcbattery.com/rollssurrette_6cs21ps.html

Consulta: 18 de febrero de 2011.

Figura 6. Características batería 6CS21P

		DEEP CYCLE-SOLAR			
		SERIES 5000			
BATTERY TYPE	VOLTS	6	6 CS 21PS		
DIMENSIONS					
LENGTH			559 MM	22	INCHES
WIDTH			248 MM	9 3/4	INCHES
HEIGHT			464 MM	18 1/4	INCHES
WEIGHT DRY			99 KG	217	LBS.
WEIGHT WET			123 KG	271	LBS.
CONTAINER CONSTRUCTION					
INNER CONTAINER			POLYPROPYLENE		
INNER COVER			POLYPROPYLENE - HEAT SEALED TO INNER CONTAINER		
OUTER CONTAINER			HIGH DENSITY POLYETHYLENE		
OUTER COVER			HIGH DENSITY POLYETHYLENE SNAP FIT TO OUTER CONTAINER		
HANDLES			MOLDED		
PLATES PER CELL			21		
ELECTROLYTE RESERVE ABOVE PLATES			95 MM	3.75	INCHES
DESIGN CRITREA	10 YEAR WARRANTY	3300	CYCLES	15	YEAR LIFE
POSITIVE PLATE DIMENSION					
HEIGHT			273 MM	10.750	INCHES
WIDTH			143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS			6.60 MM	0.260	INCHES
NEGATIVE PLATE DIMENSION					
HEIGHT			273 MM	10.750	INCHES
WIDTH			143 MM	5.625	INCHES
THICKNESS			4.57 MM	0.180	INCHES
SEPARATOR	SEPARATOR THICKNESS		0.105 INCH		
INSULATION	POSITIVE PLATE ENVELOPED BY VERTICAL SLYVER GLASS MAT				
TERMINALS	FLAG WITH STAINLESS STEEL NUTS AND BOLTS				
COLD CRANK	CCA	0°F / -17.8°C	1740	RESERVE	
	MCA	32°F / 0°C	2175	MINUTES AT 25A	1353
CAPACITY	20 HR RATE		683		
			CAP / AH	CURRENT / AMPS	
CAPACITY AT THE 100 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	963	9.63	
CAPACITY AT THE 72 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	908	12.62	
CAPACITY AT THE 50 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	840	16.80	
CAPACITY AT THE 24 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	710	29.6	
CAPACITY AT THE 20 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	683	34.2	
CAPACITY AT THE 15 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	635	42.3	
CAPACITY AT THE 12 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	594	49.5	
CAPACITY AT THE 10 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	567	56.7	
CAPACITY AT THE 8 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	533	66.6	
CAPACITY AT THE 6 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	485	80.8	
CAPACITY AT THE 5 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	458	92	
CAPACITY AT THE 4 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	423	106	
CAPACITY AT THE 3 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	382	127	
CAPACITY AT THE 2 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	328	164	
CAPACITY AT THE 1 HOUR RATE		1.265 SP. GR.	232	232	

Rev. 0

April - 04

SDSPECS 51

Fuente: https://www.dcbattery.com/rollssurrette_6cs21ps.html. Consulta: 10 de febrero de 2011.

3. ASPECTOS IMPORTANTES DE LAS BATERIAS

Una batería típica, está formada por una placa de plomo plana, y aunque hay diseños muy variados, su funcionamiento es esencialmente el mismo. La placa positiva contiene el material activo (dióxido de plomo) y la placa negativa el material activo formado por un plomo esponjoso. En la práctica, cada celda está formada por numerosas placas para conseguir la corriente de salida deseada. Todas las placas positivas están conectadas entre sí, sucede lo mismo con todas las placas negativas. Para alcanzar el voltaje requerido, las celdas se conectan en serie hasta formar una batería con el voltaje adecuado. El voltaje de cada celda de plomo-ácido es normalmente de 2.1v. El sulfato de plomo se crea al descargar la batería. Después, durante la carga, teóricamente todo el sulfato de plomo vuelve a su estado original de dióxido de plomo y ácido. Sin embargo, con el tiempo el sulfato de plomo se cristaliza y se acumula en la superficie de las placas. Debido a este efecto, las placas se van recubriendo y reduciendo el área productiva, teniendo como consecuencia, la reducción de la capacidad de la batería y finalmente su destrucción.

3.1. El electrolito

El electrolito, es una solución de ácido sulfúrico diluido en agua, que suministra el sulfato y actúa como conductor entre las placas (la densidad, con la batería completamente cargada, oscila entre 1,25 y 1,29 a 25° C. Una densidad de la disolución de 1,20 equivale a 5 volúmenes de agua por uno de ácido). La aplicación de la eculización elimina la sulfatación por lo que la batería apenas se calienta durante su uso y posterior carga, reduciendo así la evaporación y los problemas relacionados con el electrolito.

La densidad del electrolito para la batería descargada no debe ser menor de 1,15 g/cm; mientras que para la batería cargada debe estar entre 1,24 a 1,29 g/cm.

El tratamiento de ecualización, iguala y corrige la gravedad específica o densidad del electrolito en todas las celdas. Tener una densidad adecuada e igualada en todas las baterías, es esencial para su correcto funcionamiento.

3.2. Régimen de descarga

Básicamente, hay dos tipos de baterías, de arranque y de descarga profunda. Las baterías de arranque están diseñadas para entregar grandes cantidades de energía en muy poco tiempo. Las placas son más finas pero hay más cantidad, además tienen una composición química ligeramente diferente. Estas baterías no admiten una gran descarga y por lo tanto deberíamos mantenerlas siempre con el máximo de carga. Las baterías de descarga profunda que es el caso de aplicación para los DOD, no pueden suministrar tanta energía instantánea como las de arranque, pero son capaces de aguantar descargas de mucha mayor duración. Las baterías conocidas como “de doble propósito”, no son más que un compromiso entre las de arranque y las de descarga profunda, teniendo peores características que las específicamente diseñadas para una de las dos funciones. Los de sulfatadores electrónicos alargan la vida tanto a baterías de arranque como baterías de descarga profunda.

3.3. Tipos de electrolito

Electrolito inundado, gel y electrolito absorbido, son diferentes clases de baterías de plomo-ácido. Las baterías de electrolito inundado, pueden ser con

mantenimiento o sin mantenimiento. En general, son preferibles las baterías con mantenimiento, ya que se puede añadir agua fácilmente cuando se evapora y permiten medir la densidad con un hidrómetro. Las baterías de Gel y de electrolito absorbido, son baterías con un diseño algo diferente y cuestan más o menos el doble que una batería de electrolito inundado. Sin embargo tienen unas características técnicas superiores y suelen ser las baterías más seguras.

Es fácil confundir las baterías de electrolito absorbido, ya que cada fabricante les da un nombre diferente. Algunos de los nombres más populares son: reguladas por válvula, celda seca, sellada, sin mantenimiento. En la mayoría de los casos las baterías de electrolito absorbido tienen una vida mayor y se pueden utilizar durante un mayor número de ciclos que las de electrolito inundado.

Electrolito absorbido: debido a su construcción, el electrolito se encuentra suspendido junto al material activo de las placas. En teoría, esto incrementa la eficiencia de carga y descarga. En realidad, las baterías de electrolito absorbido son una variante de las baterías VRLA selladas (Valve Regulated Lead Acid – plomo ácido regulado por válvula). Se consigue la mayor eficiencia si se carga la batería antes de llegar a una profundidad de descarga del 50 %.

Gel: las celdas de gel son similares a las de electrolito absorbido, ya que el electrolito también se encuentra suspendido. Sin embargo, en las baterías de electrolito absorbido el electrolito sigue siendo líquido. Por el contrario, el electrolito de una batería de gel, tiene un aditivo de sílice (desecante) que hace que el electrolito se solidifique. Los voltajes de carga para las baterías de gel, son algo menores que para el resto de las baterías de plomo-ácido y además son muy sensibles a la sobrecarga. Si no se utiliza el cargador adecuado, la capacidad de la batería se reducirá significativamente y el fallo prematuro está

asegurado. Estas baterías son ideales para llegar a una profundidad de descarga muy alta y tienen una duración algo mayor en climas calurosos.

3.4. Nomenclatura en las baterías

AH, CCA, CA, y RC son las medidas que nos podemos encontrar cuando leemos las especificaciones de una batería.

AH: Amperios Hora. Es una medida muy útil ya que nos permite hacernos una idea de la capacidad de la batería. Por ejemplo, una batería de 45AH, sería teóricamente capaz de suministrar 45A durante una hora.

CCA: capacidad de arranque en frío, Cold Cranking Amps en Inglés. Es la cantidad de corriente que la batería puede suministrar a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 30 segundos y sin bajar de 7,2v. Un CCA alto es muy importante en climas fríos.

CA: capacidad de arranque, Cranking Amps en Inglés. Es la cantidad de corriente que la batería puede suministrar a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, durante 30 segundos y sin bajar de 7,2v.

RC: capacidad de reserva, Reserve Capacity en Inglés. Es una medida muy importante, ya que nos indica el tiempo (minutos) que una batería completamente cargada puede suministrar 25A antes de que su voltaje baje de 10,5v.

Ley de Peukert: describe el hecho de que la capacidad de una batería varía según el ritmo de descarga. Una batería descargada rápidamente, entregará menos amperios hora que otra descargada más lentamente.

Voltaje en circuito abierto: esta medida hay que realizarla con los bornes de la batería desconectados y nos indica aproximadamente el estado de carga de la batería:

El voltaje en circuito abierto puede variar con la temperatura o por las alteraciones en la gravedad específica (densidad) del electrolito.

En las baterías de arranque se suelen indicar tres datos. El voltaje con el símbolo de la V, los amperios hora con el símbolo AH y la capacidad de arranque en frío. En este último caso en vez de utilizar el acrónimo CCA, en muchas ocasiones veremos una cifra seguida de una A, pero se trata del mismo valor.

3.5. Ecuación de las baterías

El sistema cuenta con la facilidad de poder poner en ecuación el banco de baterías, esto se logra oprimiendo el botón correspondiente durante 5 segundos, esto debe realizarse en el proceso de mantenimiento periódico de los sistemas en los mismos mantenimientos también se debe de ver y recargar de ser necesario el líquido de las baterías, esto dependerá del área geográfica en la que quede instalado cada sistema DOD. El cargador inversor comenzará la carga de ecuación una vez que se haya completado el próximo ciclo de carga. La ecuación sólo funciona si hay CA presente y está habilitada, y el cargador está activado. De lo contrario, el cargador inversor genera un error W96 "Can not Equalize" (No se puede ecuación).

3.5.1. Daños en la batería

Si la ecualización no se realiza correctamente, se pueden producir daños en las baterías. Se debe consultar al proveedor de las baterías en este caso se ha consultado a Rolls Surette para obtener los detalles del tipo de batería y especificaciones para el sistema DOD. Basados en los parámetros de fábrica se ha realizado un plan de mantenimiento preventivo mensual que básicamente consiste en:

- Revisión de nivel de electrolito
- Comprobación de las condiciones ambientales, como por ejemplo la temperatura.
- Limpieza de Terminales.
- Estado de los armarios.
- Comprobación de la corrosión en los terminales.
- Lecturas del voltaje de cada batería y los de toda la serie.
- Mediciones de la resistencia interna de cada batería, impedancia, conductancia, mediante un sistema de monitorización permanente.
- Pruebas de carga y descarga de las baterías.
- Lecturas termográficas de las conexiones
- Ecualización, según programación
- Densidad específica de cada celda

Importante: en un sistema donde más de un dispositivo sea capaz de ecualizar las baterías (por ejemplo, un sistema con varias unidades de cargadores inversores y controladores de carga solar), no existe un comando de ecualización del sistema general para todos los dispositivos. Para realizar una ecualización con varios dispositivos, será necesario habilitar cada uno de ellos individualmente. Si no, la ecualización se podrá realizar utilizando

únicamente un dispositivo. Durante el proceso de ecualización, un dispositivo aplica la carga de ecualización mientras que el resto de dispositivos continúan funcionando en modo de carga sincronizada, por lo general en modo de flotación (carga en tres etapas) o no flotación (carga en dos etapas).

3.5.2. Supervisión del nivel de batería

La fila de cinco indicadores led indica la capacidad disponible aproximada de las baterías conectadas al sistema. La lectura de la capacidad se basa en el voltaje de batería compensado por corriente. Existen cuatro estados de batería: vacía, baja, media y completa. Si la capacidad de batería disponible está vacía, no habrá ningún indicador led iluminado. Se considera que la batería está vacía si la profundidad de descarga supera el 50 por ciento aproximadamente. Si la capacidad de batería está baja, se iluminarán los dos indicadores led de la izquierda. Si la batería está a media capacidad, se iluminarán los cuatro indicadores led de la izquierda. Si la capacidad de batería está completa, se iluminarán los cinco indicadores led.

3.5.3. Método a utilizar

La ecualización es un método de carga cuyo fin es devolverle a las baterías su capacidad de almacenamiento, aumentar la eficiencia y extender la vida útil.

Esto se logra mediante una sobrecarga de tensión aplicada en forma controlada sobre las baterías a ecualizar. El proceso de ecualización debe ser realizado en forma periódica, bajo inspección preferiblemente en el periodo de mantenimiento preventivo que se le dé a cada sitio de celda sobre el sistema DOD

Cuando una batería está siendo utilizada, el ácido sulfúrico del electrolito reacciona químicamente con el plomo en las placas produciendo electricidad y sulfato de plomo. Por otro lado, cuando una batería está siendo cargada, se produce la reacción química inversa, en donde el sulfato se libera de la placa y vuelve al agua formando el ácido sulfúrico, mientras que en la placa nuevamente obtendremos el plomo.

Sin embargo, en cada ciclo de carga y descarga, una pequeña cantidad de sulfato queda adherido en las placas. Al utilizar cargadores de tres estados, esta pequeña cantidad se disminuye en forma importante, pero no en su totalidad, por lo que durante cada carga y descarga el sulfato adherido irá aumentando.

Si el sulfato de plomo permanece en las placas por periodos largos de tiempo, se endurecerá y cristalizará y en consecuencia hará que la capacidad de la batería se reduzca, incrementando su resistencia interna e imposibilitándola de entregar una adecuada cantidad de energía en sus bornes.

Cuando esto ocurre, la batería se vuelve inutilizable, aun si quisiésemos ecualizarlas se hace imposible quitar el sulfato cristalizado.

Otro efecto que se produce con el paso del tiempo, es que el electrolito (la mezcla de agua y ácido sulfúrico) tiende a estratificarse, dividiéndose en capas de ácido y agua, con concentraciones mayores de sulfuro en la parte inferior de las celdas, y concentraciones grandes de agua en la parte superior. Este efecto hace que la celda, y en consecuencia la batería, no funcione en forma pareja por lo que también se ve disminuida su capacidad y eficiencia.

Una ecualización, es una sobrecarga de tensión controlada, lo que genera ciertas reacciones dentro de la batería, acompañadas de algunos importantes beneficios.

Durante la ecualización, el voltaje aumenta hasta aproximadamente 2,5 Volts por celda, o hasta 30Volts en un sistema de baterías de 24Volts. Al mismo tiempo se controla la corriente que fluye hacia la batería, la cual no debe superar el 5% del tamaño de su capacidad. En otras palabras, en un banco de baterías de 200Ah no debería circular una corriente mayor a 10A cuando se la está ecualizando, lo cual haría que se sobrecaliente. El ciclo de ecualización está limitado a un tiempo de entre 2 a 4 horas, según las características del cargador, aunque, de ser requerido, la ecualización puede ser interrumpida en cualquier momento sin causar ningún problema. Es de suma importancia seguir los tiempos recomendados por cada fabricante de baterías.

Esta elevada tensión provoca una carga vigorosa dentro de cada celda lo cual genera reacciones. La primera es la de forzar la recombinación con el electrolito del sulfato remanente en las placas convirtiéndose en ácido sulfúrico. Al mismo tiempo, el sulfato cristalizado que no se recombina se quiebra y se precipita hasta el fondo de la batería, limpiando las placas y exponiendo un plomo nuevo frente al electrolito. Ambos efectos contribuyen para recuperar la capacidad original de la batería.

También, al ecualizar, se genera un burbujeo del electrolito lo que hace que se forme una mezcla pareja de ácido y agua evitando la estratificación.

3.5.4. Cuándo ecualizar las baterías

Antes de comenzar, es importante conocer las recomendaciones del fabricante sobre el tiempo y periodicidad de ecualización. Pero, como regla general, es usual ecualizar las baterías cada 10 o 12 ciclos de descarga profunda. En el caso de baterías que se descargan y cargan más usualmente sin llegar a consumir toda su energía almacenada, la ecualización se aconseja hacerla cada 2 semanas. Para baterías de usos esporádicos lo habitual es de 2 a 3 ecualizaciones al año. Para baterías que se utilizan solo en una temporada del año, una ecualización al comienzo y otra al final de la temporada es lo aconsejable.

Cómo ecualizar las baterías.

Para el proyecto DOD las baterías son para aplicaciones de descarga profunda se puede seguir la regla siguiente:

- Siempre debemos ecualizar baterías de forma ventiladas, como puede ser las de plomo-acido, nunca se deben ecualizar baterías selladas tipo gel, níquel-cadmio, etc.
- Las baterías deberán estar cargadas y a temperatura ambiente antes de comenzar un ciclo de ecualización.
- Debemos verificar que haya la cantidad suficiente de electrolito dentro de cada celda, y que a su vez no esté llena por completo. Durante la ecualización el electrolito se calienta y se expande, lo que puede hacer desbordar la celda. también, al llenar la celda demasiado, se pierde eficiencia en la carga ya que el electrolito resultante luego de la ecualización resulta muy diluido.

- Se deben ecualizar las baterías con las tapas de cada vaso puestas. Las tapas poseen válvulas de ventilación, por lo que aparte de permitir el escape de gases también previene salpicaduras durante el burbujeo que genera la ecualización. como sugerencia se puede sujetar alrededor de cada tapa un trozo de tela o papel para que absorba las posibles condensaciones que se puedan generar sobre la batería.
- Es obligación que el recinto donde estén ubicadas las baterías a ecualizar se encuentre bien ventilado. Durante la ecualización se emiten gases peligrosos y explosivos, como el hidrogeno y oxígeno, además también se genera un gas con alto contenido de ácido sulfúrico lo que es sumamente corrosivo. Todo tipo de llama o chispa cerca de las baterías podrá generar una explosión.
- Se debe desconectar todos los equipos que trabajan en tensión DC que estén conectados a las baterías. Durante la ecualización la tensión DC sobrepasa la tensión nominal de trabajo lo que puede ocasionar daños permanentes a estos equipos.
- Se debe ecualizar solo un banco de baterías por vez
- Después de la ecualización, se debe desconectar el cargador y se debe dejar enfriar las baterías hasta la temperatura ambiente. Luego, si lo requiere, podrá conectar nuevamente el cargador entregando una tensión flotante de mantenimiento. Podrá también verificar la densidad específica de cada celda la cual deberá estar entre 1,265 +/- 0,050 a 25°
- Se debe verificar el nivel de electrolito de cada celda, y de ser necesario complete hasta el máximo indicado solo con agua destilada.

Algunas de las precauciones que se deben tomar adicionalmente son:

- Si se observa alguna celda en la batería que comienza a burbujear y salpicar durante la ecualización y también continua haciéndolo una vez

que el cargador este apagado, esto indica que la batería posee una celda en cortocircuito. Si esto ocurre, se debe desconectar del banco de batería inmediatamente, ya que al estar en cortocircuito podrá aumentar en forma peligrosa su temperatura. Se debe esperar a que la temperatura se normalice y se debe verificar de ser posible las celdas con el medidor de densidad. Una celda en cortocircuito indicará un valor mucho menor que las demás celdas en buen estado. Si se da el caso que la celda está dañada, será necesario su reemplazo.

- En general, las celdas en cortocircuito se evidencian durante el periodo de ecualización, ya que trabajan bajo condiciones elevadas de tensión y temperatura, las cuales están muy por arriba de los parámetros normales de trabajo.
- Al trabajar con baterías se deberá usar ropa adecuada, guantes y antiparras. Evitar fumar cerca de las baterías así como también las llamas y chispas.

4. INSTALACIÓN SISTEMA DOD EN SEPENS

4.1. Ingeniería sitio Sepens

En la figura 7 se detallan los datos de configuración radio base Sepens.

Figura 7. Datos de configuración radio base Sepens

Proyecto:	COMCEL GSM 800 MHz		
Sitio:	PTN816, SEPENS		
	<u>Nombre de Documento</u>	<u>Número de Documento:</u>	<u>Rev.</u>
	DOCUMENTOS DE INSTALACION DE SITIO	001 53-LZB/IPB 320 PTN816 Ues	A
1	LISTA DE DOCUMENTOS	001 51-LZB/IPB 320 PTN816 Ues	A
2	DATOS DE CONFIGURACION		
	Datos Generales de Sitio	127 04-IPB 320 PTN816 Ues	A
	Sesión Fotográfica	001 51-LZB/IPB 320 PTN816 Ues	A
3	INVENTARIO		
	Números de Serie de RBS	1/127 11-IPB 320 PTN816 Ues	A
4	CABLEADO DE RBS		
	Diagrama Eléctrico (RBS Cableado)	1/1913-IPB 320 PTN816 Ues	A
	Diagrama a Bloques (RBS Cableado de Antena)	2/1913-IPB 320 PTN816 Ues	A
	Tabla de Alarmas	193 19-IPB 320 PTN816 Ues	A
	Configuración de dTRU's	193 20-IPB 320 PTN816 Ues	A
5	LISTA DE ABREVIACIONES		
	Lista De Abreviaciones	006 51-IPB 320 PTN816 Ues	A
6	PLANOS		
	Alzado Actual		A
	Planta Actual		A

Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitio Sepens. Consultado: 18 febrero 2011.

Figura 8. Datos eléctricos y orientación radio base Sepens

2	DATOS TECNICOS DE RBS		
2,1	Sistema		GSM 800 MHz
2,2	Tipo de RBS		RBS 2106 V3
2,3	No. de Sectores		3
2,4	No. de dTRU's		3 Conf. 2+2+2
2,5	Tipo de CDU		CDU G
2,6	Carga Sobre Piso Ejercida por una RBS (Equipo Completo)		0.24 m2 a 230 kg
2,7	No. de Radiobases		1
2,8	Aire Acondicionado		Unidad de Clima en Puerta de Gabinete
3	DATOS ELECTRICOS DE RBS		
3,1	Fuente de Alimentación		+24
3,2	Consumo de Energía / Radio Cab. (Equipo Completo)		7.5 KW
3,3	Disipación de Calor/Radio cab. (Equipo Completo)		3200 W
3,4	BBU 9500, Batteries, 8x12V 170 Ah		Si Aplica
	Tiempo de Respaldo		8 hrs.
4	DATOS TECNICOS DE SISTEMA DE ANTENAS DE RBS		
4,00	Sistema		GSM 800 MHz
4,01	Altura de Antenas (N.C.R.A.)		A=60mB=60mC=60m
4,02	Orientación de Antenas	Cell A:	50 °
		Cell B:	210 °
		Cell C:	310 °
4,03	Tilt Mecánico		A=0°B=1°C=4°
4,04	Tilt Eléctrico		A=4°B=7°C=4°
4,05	Tipo de Antena (Sect A)		LBX-9014DS-VTM
4,06	Ganancia de Antena		13.8dBd/15.9dBi
4,07	Dimensiones de Antena		L=2435 mm, W=224.9 mm, D=164.2 mm
4,08	Peso de una Antena		18.1 kg/39.9 lb
4,09	Promedio Sobrevivencia al Viento		241.0 km/h (149.8 mph)
4,10	Impedancia		50 ohms
4,11	Número de Antenas		1
4,12	Tipo de Antena (Sect B)		LBX-6515DS-VTM
4,13	Ganancia de Antena		16.7 dBi
4,14	Dimensiones de Antena		L=2070 mm, W=269 mm, D=132 mm
4,15	Peso de Antena		15.0 Kg
4,16	Promedio Sobrevivencia al Viento		241.4 km/h 150.0 mph
4,17	Impedancia		50 ohms
4,18	No. De antenas		1
4,19	Tipo de Antena (Sect C)		LBX-6515DS-VTM
4,20	Ganancia de Antena		16.7 dBi
4,21	Dimensiones de Antena		L=2070 mm, W=269 mm, D=132 mm
4,22	Peso de una Antena		15.0 Kg

Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitio Sepens. Consultado 18 febrero 2011.

Figura 9. **Datos de sectores radio base Sepens**

4,23	Promedio Supervivencia al Viento		241.4 km/h 150.0 mph
4,24	Impedancia		50 ohms
4,25	No. De antenas		1
4,26	Tipo de Feeder	Cell A:	Andrew 1 5/8"
		Cell B:	Andrew 1 5/8"
		Cell C:	Andrew 1 5/8"
4,27	Tamaño de Feeder	Cell A:	2 x 70 m
		Cell B:	2 x 70 m
		Cell C:	2 x 70 m
4,28	Peso de Feeder	7/8"	0.49 Kg/m
		1 5/8"	1.19 Kg/m
4,29	No. de Feeders Nuevos		6
4,30	TMA's	Cell A:	Si
		Cell B:	Si
		Cell C:	No
4,31	Orientación Soportes de Antenas	Cell A	50 °
		Cell B	210 °
		Cell C	310 °

Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitio Sepens. Consultado 18 febrero 2011.

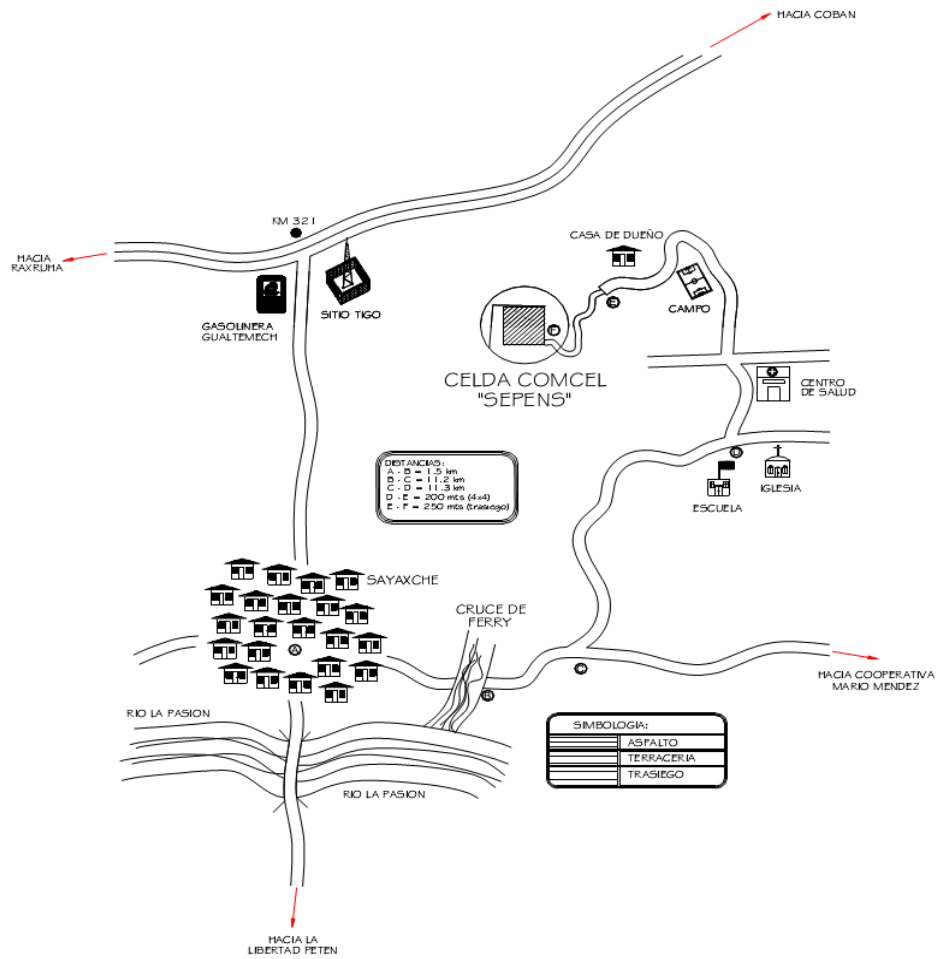
Figura 10. **Mapa de ubicación Sepens**

Project: **COMCEL GSM 800 MHz**
 Site: **PTN816, SEPENS**

1 DATOS GENERALES DE SITIO

1,1 Coordenadas Geográficas:
 1,2 Dirección:

16° 27' 39.1" N - 90° 20' 12.8" W
 Parcela No.8, Sayaxche, Sayaxche
 Peten
 Guatemala



Fuente: Base datos Ingeniería Instalación sitio Sepens. Consulta: 18 de febrero de 2011.

4.2. Instalaciones eléctricas sitio Sepens

Las instalaciones de equipos se ilustran en la figura 11.

Figura 11. Instalación de equipos

Proyecto: **COMCEL GSM 800 MHz**
Sitio **PTN816, SEPENS**



Foto a -75° Sector "C"



Foto Azimuth Sector "C"



Foto a +75° Sector "C"

Fotos Interior y Exterior de Equipo



Barra de Tierra



Barra de Tierra



Barra de Tierra



Catafalco



Tablero de A.C.



Breaker para GSM



Colocación de Baterías



Colocación de BTS



BTS Abierta

Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitios Sepens. Consulta: 18 de febrero de 2011.

Figura 12. Instalación de equipo externo radio base

Proyecto: **COMCEL GSM 800 MHz**
Sitio: **PTN816, SEPENS**



Entrada de Jumpers en BTS



Radios de Curvatura



Orden de Feeders



Foto de Periferia



Foto de Periferia



Foto de Periferia



Acceso al Sitio



Torre Completa



Cama de Guia de Ondas por Trayectoria



Vista Aerea



Vista Aerea



Vista Aerea

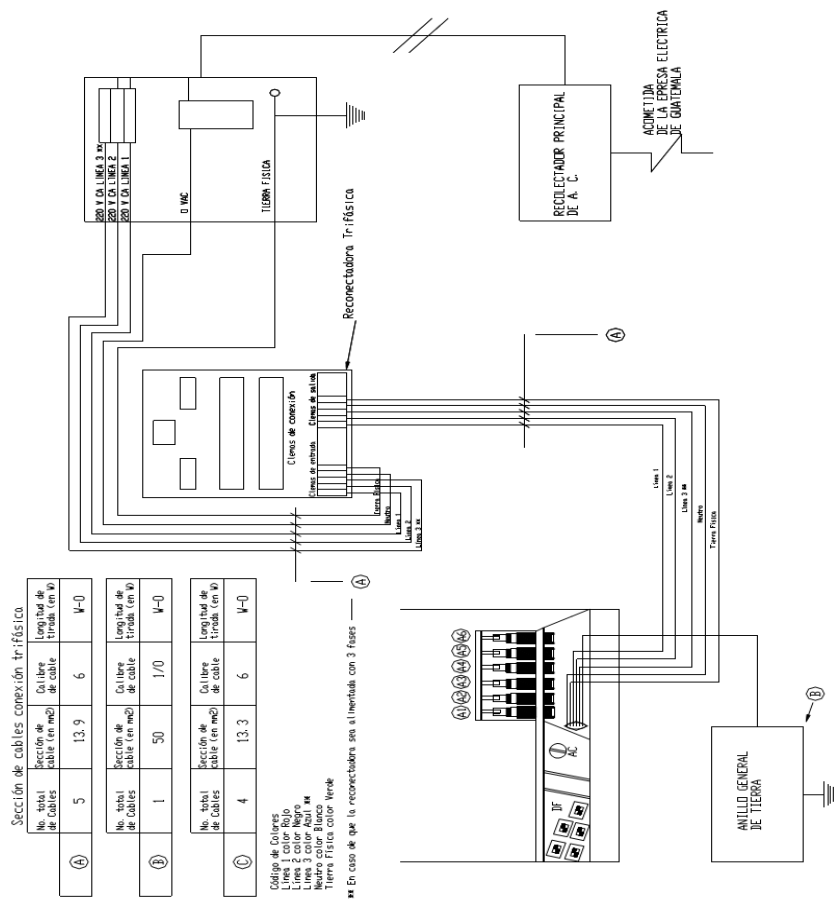
Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitios Sepens. Consulta: 18 de febrero de 2011.

4.3. Cálculo banco de baterías y conexiones radio base

En la figura13 se presenta la conexión de equipos internos al radio base.

Figura 13. Conexión de equipos internos radio base

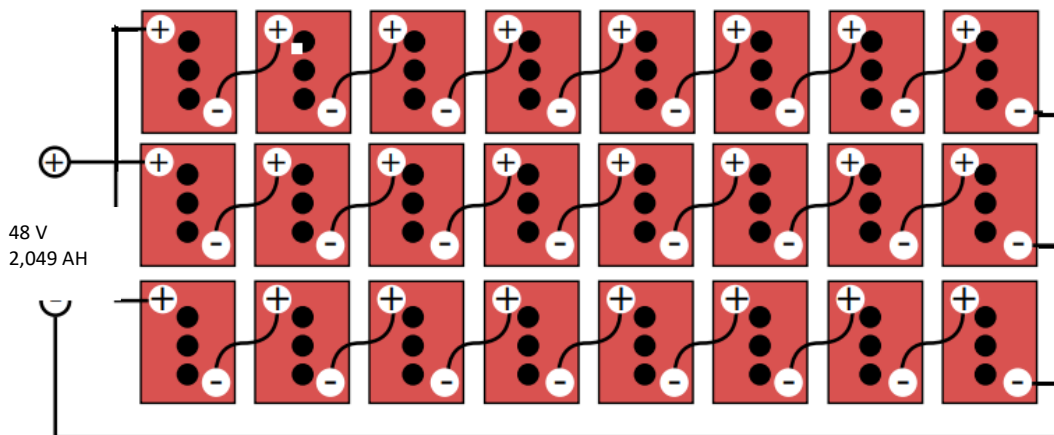
Proyecto: **COMCEL GSM 800 MHz**
 Sitio: **PTN816, SEPENS**



Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitios Sepens. Consulta: 17 de febrero de 2011.

Para el proyecto se utilizaron baterías Rolls surette modelo 6CS21P, con un voltaje nominal de 6 voltios, el rate a 20 horas para este modelo es igual a 683 AH. El equipo de telecomunicaciones se debe energizar con 48 Voltios DC. Para obtener este voltaje se colocaron 8 baterías en serie, que sumando el voltaje de 6V de cada una nos da 48 V.

Figura 14. **Conexión del banco de baterías**



Fuente: <http://www.rollsbattery.com/wp-content/uploads/>
Consulta: 17 de febrero de 2011.

De mediciones realizadas en campo con anterioridad, sabemos que el equipo de telecomunicaciones consume 10 AH a 240V (monofásico), por la fórmula de potencia $P=V \times I$, obtenemos que el equipo consume 2,400 Watts por hora.

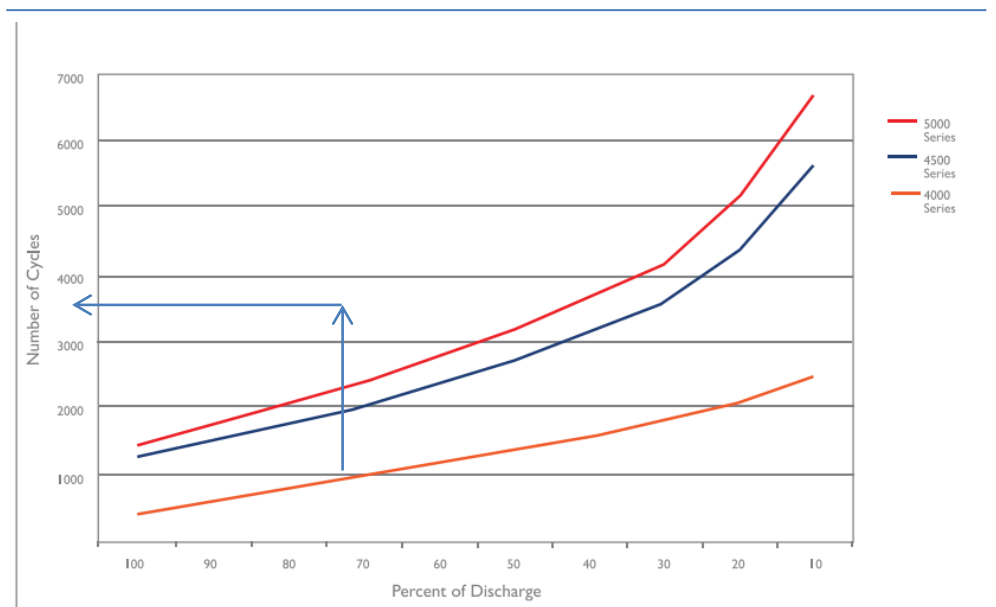
Se necesita la máxima independencia de la energía que provee el motogenerador, debido a esto usaremos 3 bancos de 8 baterías cada uno,

estos bancos de 8 baterías en serie, se conectan en paralelo, el resultado es la suma del amperaje nominal de cada banco;

$$683 \text{ AH} \times 3 = 2,049 \text{ AH}$$

Se necesita que el banco de baterías no se descargue por completo, ya que una de las características de las baterías de descarga profunda es que el tiempo de vida de las mismas se limita mientras más profunda sea la descarga. Vamos a los datos en la gráfica de % de ciclos de vida en función de la profundidad de descarga.

Figura 15. **Gráfica porcentaje de descarga vs ciclos de vida**



Fuente: <http://www.rollsbattery.com/wp-content/uploads>. Consulta: 17 de febrero de 2011.

Vemos en la gráfica que si la profundidad de descarga es de un 70 % la cantidad de ciclos de vida de la batería es de 2,300 ciclos. Tomando en cuenta que vamos a descargar las baterías hasta un 70 % significa que de los

2,049 AH solo disponemos de 1,434 AH esto por el voltaje del banco nos da la potencia en DC, que es igual a 68,832 Watts. Esta potencia debe ser convertida en AC por medio del inversor Xantrex, tomamos una eficiencia del 85% en el inversor como un factor de seguridad, lo que nos da una salida AC de 58,632 Watts. Sabiendo que los equipos consumen 2,400 Watts por hora, tendremos una capacidad de respaldo de 24.43 horas.

Tenemos 3 cargadores inversores Xantrex que en total dan 18 KW, los programamos para trabajar en el modo de recarga a un 60% que es igual a 10.8 KW. El tiempo necesario para recargar el banco es de $68,832/10,800 = 6.37$ Horas.

El ciclo completo entre descarga a un 70% y la recarga es de:
 $24.43H + 6.37H = 30.8$ Horas

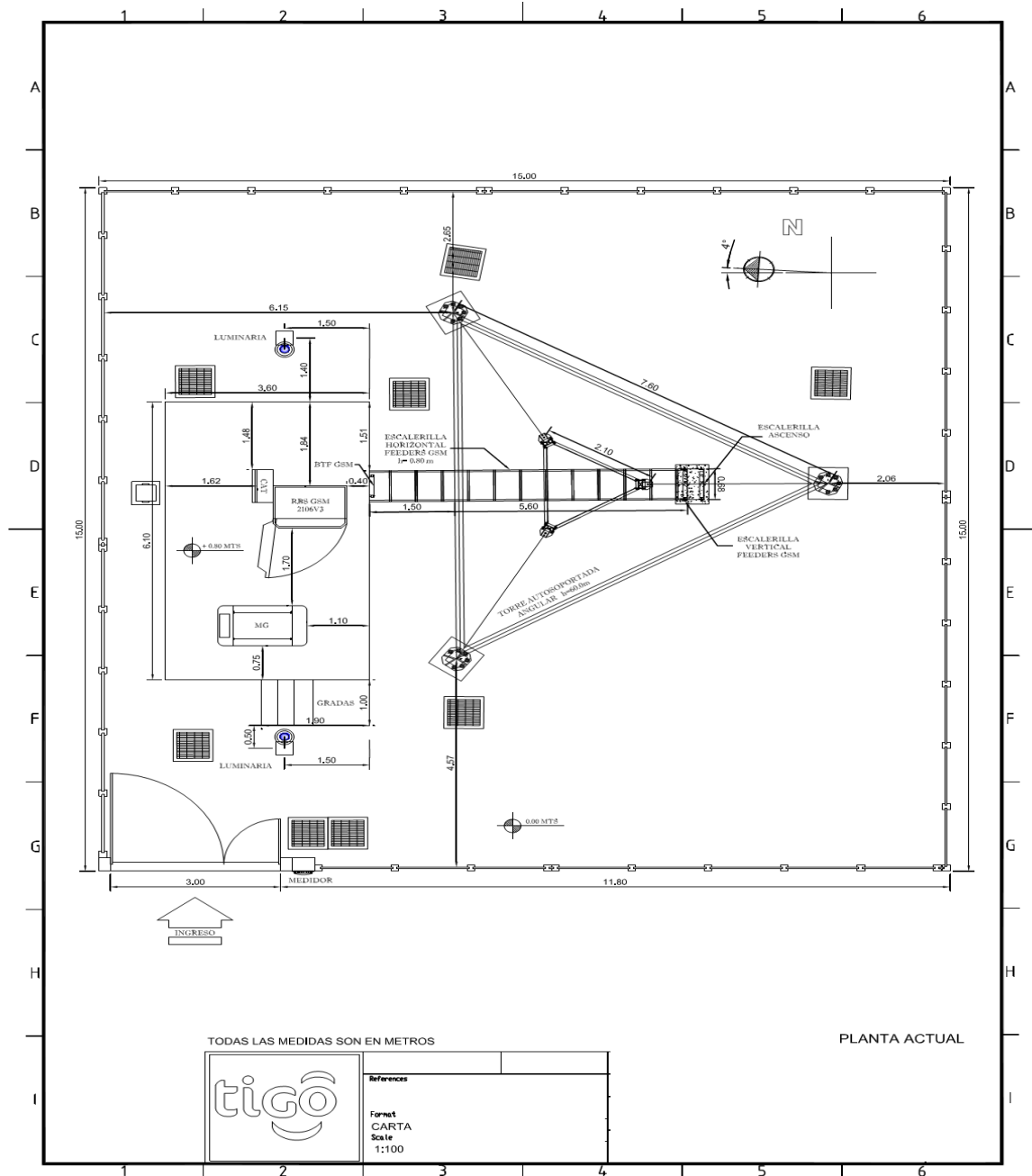
En un mes tendremos ciclos completos = $720/30.8 = 23.37$ Ciclos completos.

En un año tendremos $23.37 \times 12 = 280.51$ Ciclos completos

La vida útil del banco de baterías descargándolo al 70% de su capacidad nominal será:

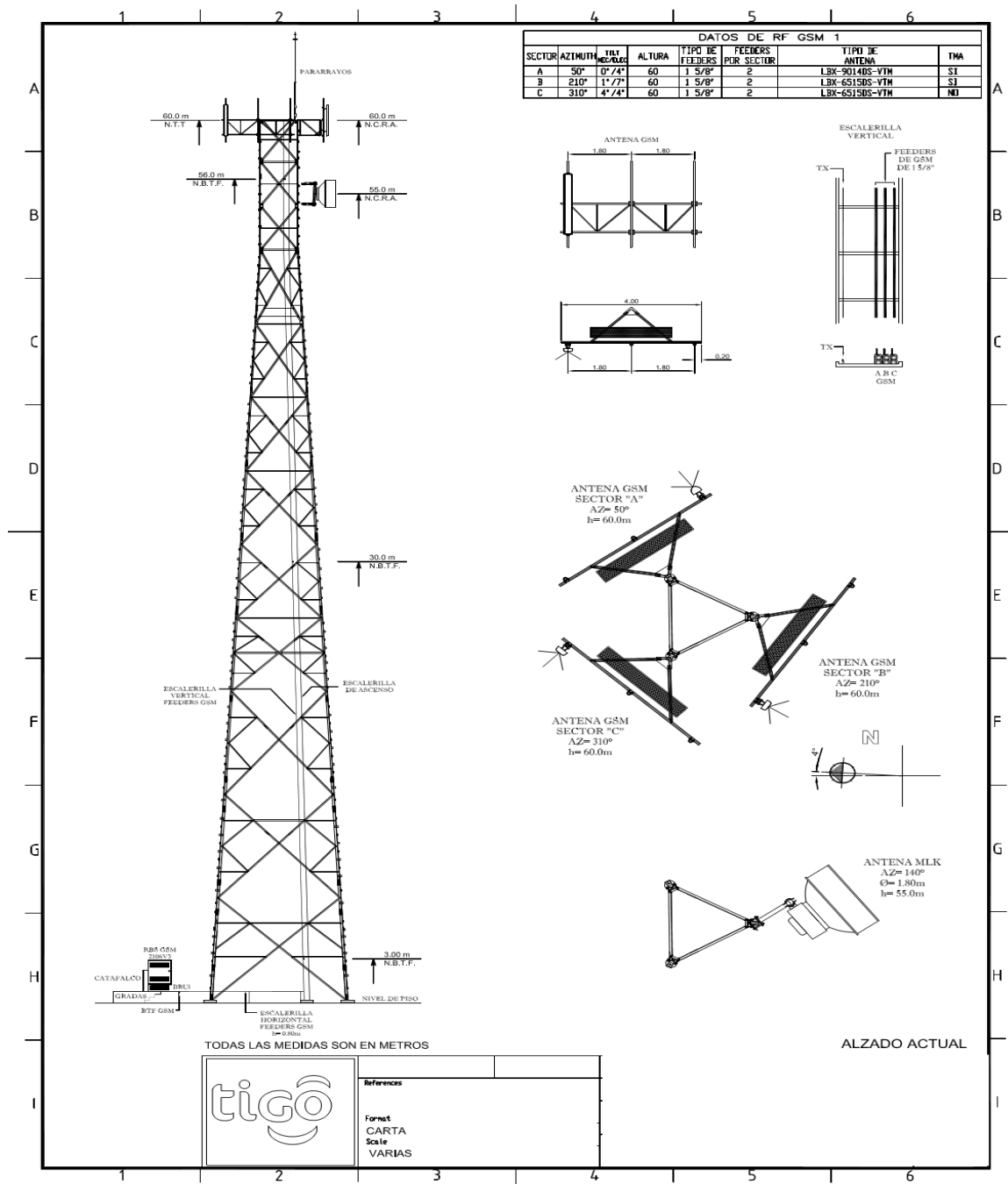
$2,300 \text{ ciclos} / 280.51 \text{ ciclos} = 8.19$ años

Figura 16. Planta Torre Sepens



Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitios Sepens. Consulta: 17 de febrero de 2011.

Figura 17. Perfil torre Sepens



Fuente: Base de datos Ingeniería instalación sitios Sepens. Consulta: 17 de febrero de 2011.

4.4. Componentes del equipo DOD instalado

En las siguientes figuras se pueden observar los equipos DOD instalados.

Figura 18. Banco de 24 baterías del sistema DOD



Fuente: Tigo.

Figura 19. **Gabinete contenedor de baterías**



Fuente: Tigo.

Figura 20. **Gabinete para cargador inversor**



Fuente: Tigo.

Figura 21. **Inversor cargador**



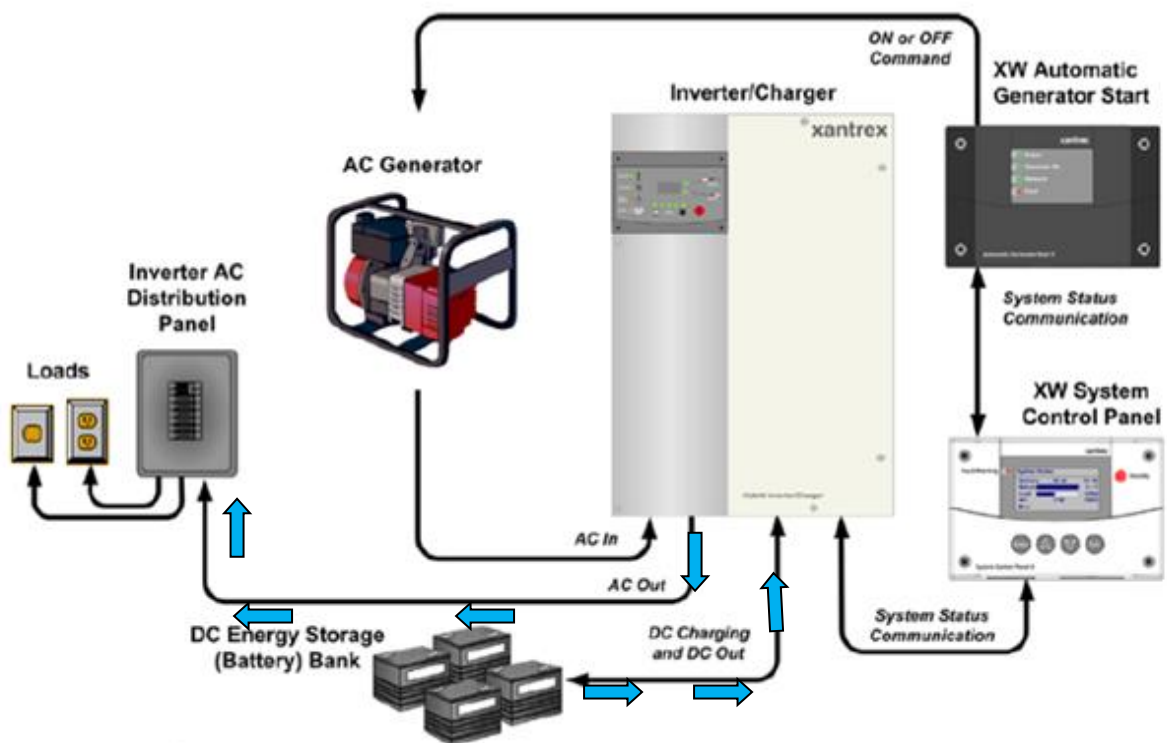
Fuente: Tigo.

4.5 Secuencia de funcionamiento sistema DOD

El sistema DOD basa su funcionamiento en el inversor cargador Xantrex y en el banco de baterías surrette, el banco de baterías es la fuente de energía y el Xantrex es el cerebro del sistema, este obedecerá a nuestros requerimientos por medio del panel de control como interfaz de comunicación. A continuación se muestra la secuencia básica de funcionamiento del sistema DOD.

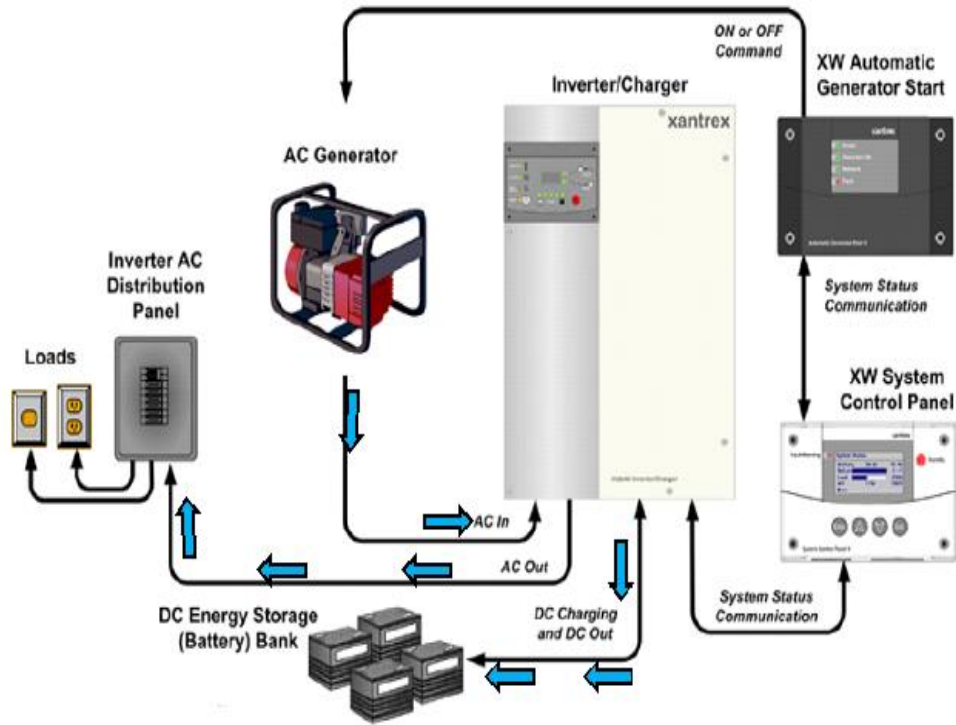
Cuando las baterías están cargadas, el inversor esta en modo de descarga de baterías y convierte la fuente DC del banco de baterías surrette en AC, corriente alterna 120/240 de onda Senoidal (El generador en este momento está apagado).

Figura 22. Baterías del sistema DOD entregando carga



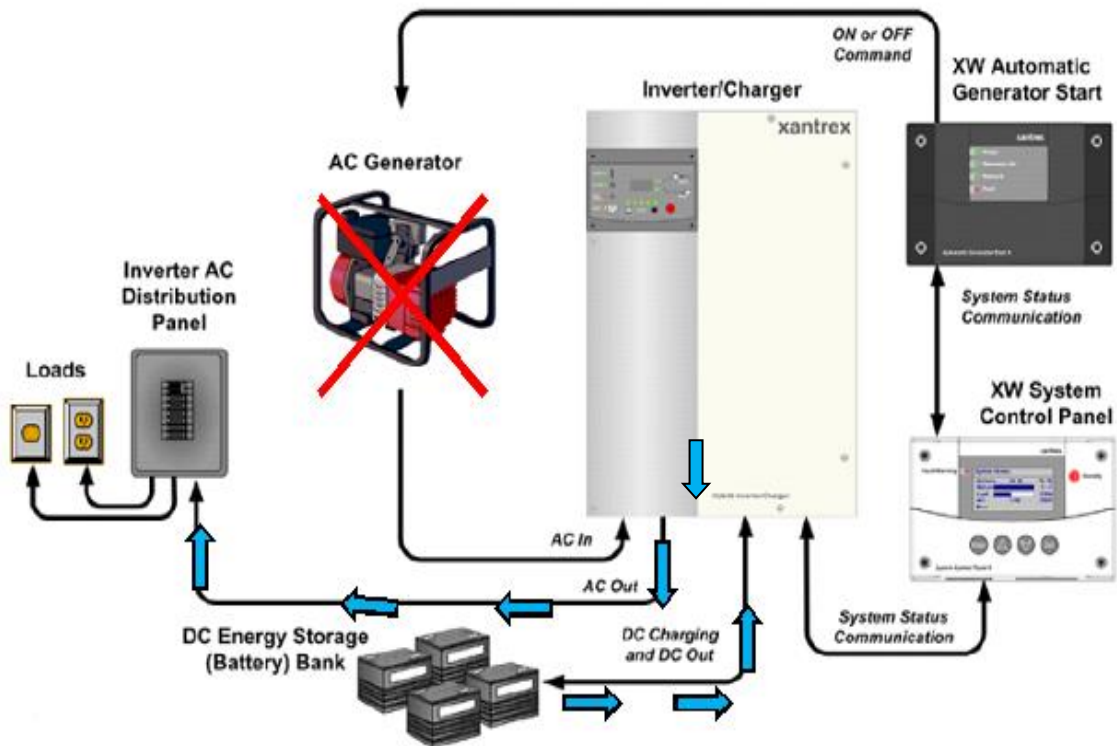
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **Motogenerador energizando y cargando baterías**



Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Baterías energizando de nuevo la radio base**



Fuente: Fuente: elaboración propia.

Cuando las baterías están 30% cargadas (o al 30% de su capacidad de carga, seleccionable), el controlador Xantrex deja de descargar el banco de baterías surrette y envía un pulso para arranque del motogenerador, por medio del automatic generator start, en este momento el motogenerador empieza a cargar las baterías nuevamente y además energiza la radio base o carga

Cuando el banco de baterías surrette vuelve a estar cargado, el controlador a través del automatic generator start apaga el motogenerador, en este momento el inversor empieza nuevamente a descargar el banco de

baterías surrette y ahora el banco de baterías surrette alimenta la bts y luminarias a través del inversor cargador (la transición es de 8 milisegundos)

5. CÁLCULO DE FACTIBILIDAD DEL NEGOCIO

5.1. Análisis de factores que intervienen en el proyecto

Para llegar a la etapa de la instalación e implementación, se realizó un análisis económico respecto a la rentabilidad del proyecto, en las operaciones de Millicom a donde pertenece Comunicaciones Celulares S.A se da como bueno un tiempo para retorno de inversión de aproximadamente 36 meses a una tasa de interés del 13 %. Para poder cumplir con estos requisitos se realizaron los análisis y cálculos tomando en cuenta todos los costos asociados al proyecto como lo son:

- Inversión inicial en hardware y software
 - Banco de baterías
 - Controladores
 - Cargadores Inversores
 - Gabinetes
 - Sistema de comunicación

- Instalación
 - Instalación Eléctrica
 - Obra civil

- Mantenimiento mensual asociado

- Cambio de banco de baterías cada tres años

Se realizaron visitas de campo a diferentes sitios de celda con la finalidad de tomar lecturas de los parámetros incidentes directamente en el diseño y costo del proyecto, los sitios que se visitaron fueron los de aéreas en condiciones críticas para el funcionamiento del proyecto como por ejemplo la región del Peten por el clima cálido y la región de Quezaltenango por el clima frío, de esta manera se logró establecer los datos promedio , y con estos datos tener el mejor diseño y eficiencia del proyecto DOD.

Los datos promedio obtenidos de las visitas de campo fueron:

- Consumo promedio de BTS: 2400 watts/hora
- Horas de funcionamiento: 24 horas
- Consumo diario aproximado: 57600 watts/día
- Consumo promedio de diesel: 0.588 galones/hora
- Consumo diario de diesel: 14.11 galones/día
- Precio de diesel calculado + 10% Q41.00
- Costo de mantenimiento x visita Q 326.82
- Tasa de Cambio utilizada 7.80
- Uverhaul de Generador (mensual) Q 7,749.32

Otro dato fundamental para los cálculos es el costo de tener el moto generador del sitio funcionando las 24 horas en una radio base BTS:

Precio diesel 2011	Q41.00
Galones utilizados en un mes, por un moto generador funcionando las 24 horas	424 gal
Costo mensual por diesel	Q17,384.00
Costo por mantenimiento	Q832.72
Número de mantenimientos	3

Costo por mantenimiento mensual	Q2,498.16
Promedio costo Overhaul	Q7,749.32
Costo mantenimiento mensual moto generador funcionando 24h cada día	Q27,631.48

El dato del overhaul se obtiene tomando un promedio del costo que cobra la empresa que realiza este trabajo, tomando en cuenta que el overhaul se realiza cada 8,000 horas de funcionamiento continuo del moto generador, de tal manera que el dato del costo mensual de ha obtenido llevando este valor a el costo que aplicaría a las 720 horas (un mes de funcionamiento las 24 horas de cada día).

La inversión inicial en equipo y servicios para la realización del proyecto se desglosa de la siguiente manera:

- Cargadores inversores Xantrex
- Banco de baterías
- Controlador
- Gabinetes Nema 3R
- Instalación
- Implementación y puesta en servicio

Total \$ 46,000.00 ó Q 358,800.00

5.2. Comparativo del flujo de capital en el tiempo

En la siguiente tabla se hace un análisis comparativo en el tiempo del caso de tener funcionando un motogenerador las 24 horas del día los siete

días de la semana constantemente y los costos asociados (mantenimiento mensual) que esto conlleva, los cuales ya fueron enumerados anteriormente, pero es bueno mencionarlos para este análisis:

Precio diesel 2011	Q41.00
Galones utilizados por un moto generador durante un mes	424
Costo mensual por diesel	Q17,384.00
Costo por mantenimiento	Q832.72
Número de mantenimientos	3
Costo por mantenimiento mensual	Q2,498.16
Promedio costo Overhaul	Q7,749.32
Costo mantenimiento mensual moto generador funcionando 24x7	Q27,631.48

El costo que integra los diferentes servicios que se le dan al motogenerador de forma mensual lo resumimos con el nombre de costo por mantenimiento mensual moto generador 24x7. Este costo lo proyectamos en el tiempo y lo comparamos con el costo de energizar el sitio por medio del sistema DOD y el moto generador de forma hibrida más el costo de la inversión inicial en el proyecto DOD, más el costo del mantenimiento mensual del DOD, más el costo del mantenimiento del moto generador operando solamente el 20 % del tiempo que anteriormente lo hacía.

El proyecto inicialmente se había contemplado para que el moto generador funcionara el 50 % del tiempo que lo hacía antes de la implementación del proyecto DOD, pero de acuerdo a los datos de campo

tomados en diferentes regiones del país se ha calculado que de acuerdo a la capacidad de los equipos que conforman el DOD aunados a un buen mantenimiento preventivo y los consumos a los que se someterá el sistema DOD este puede dar hasta un 80 % de eficiencia.

Tabla VI. **Comparativo flujo de capital en el tiempo**

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Costo mensual mantenimiento	Q27,631.48	Q55,262.96	Q82,894.43	Q110,525.91	Q138,157.39
Inversión inicial DOD hardware + software	Q358,800.00				
mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q365,726.30	Q372,652.59	Q379,578.89	Q386,505.18	Q393,431.48
	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10
Costo mensual mantenimiento	Q165,788.87	Q193,420.35	Q221,051.82	Q248,683.30	Q276,314.78
Inversión inicial DOD hardware + software					
mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q400,357.77	Q407,284.07	Q414,210.36	Q421,136.66	Q428,062.96
	Mes 11	Mes 12	Mes 13	Mes 14	Mes 15
Costo mensual mantenimiento motogenerador 24x7	Q303,946.26	Q331,577.74	Q359,209.21	Q386,840.69	Q414,472.17
Inversión inicial DOD hardware + software					
Costo mensual mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
Costo mensual mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q434,989.25	Q441,915.55	Q448,841.84	Q455,768.14	Q462,694.43

Continuación de la tabla VI.

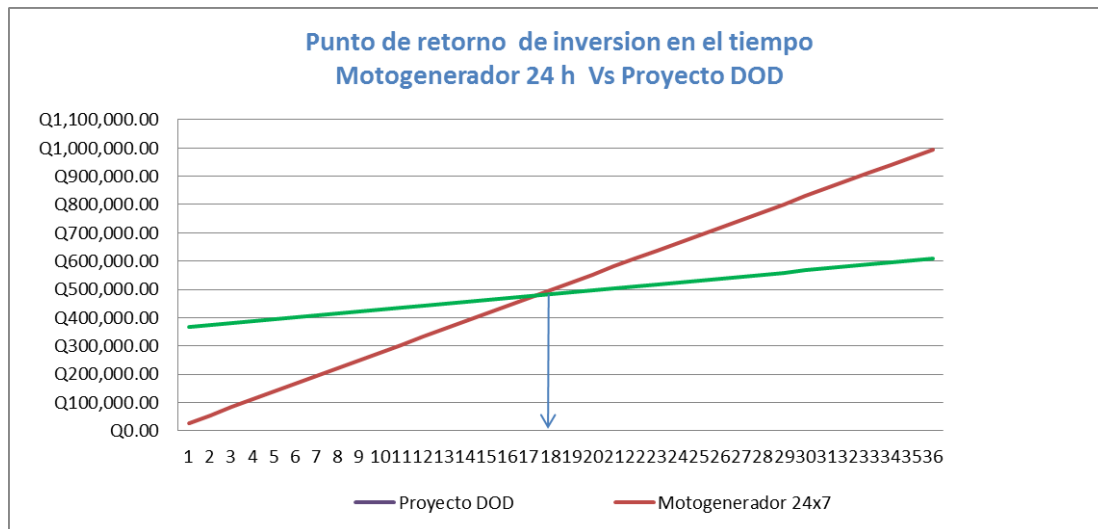
	Mes 16	Mes 17	Mes 18	Mes 19	Mes 20
Costo mensual mantenimiento motogenerador 24x7	Q442,103.65	Q469,735.13	Q497,366.60	Q524,998.08	Q552,629.56
Inversión inicial DOD hardware + software					
Costo mensual mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
Costo mensual mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q469,620.73	Q476,547.03	Q483,473.32	Q490,399.62	Q497,325.91
	Mes 21	Mes 22	Mes 23	Mes 24	Mes 25
Costo mensual mantenimiento motogenerador 24x7	Q580,261.04	Q607,892.52	Q635,523.99	Q663,155.47	Q690,786.95
Inversión inicial DOD hardware + software					
Costo mensual mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
Costo mensual mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q504,252.21	Q511,178.50	Q518,104.80	Q525,031.09	Q531,957.39
	Mes 26	Mes 27	Mes 28	Mes 29	Mes 30
Costo mensual mantenimiento motogenerador 24x7	Q718,418.43	Q746,049.91	Q773,681.38	Q801,312.86	Q828,944.34
Inversión inicial DOD hardware + software					
Costo mensual mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
Costo mensual mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q538,883.69	Q545,809.98	Q552,736.28	Q559,662.57	Q566,588.87

Continuación de la tabla VI.

	Mes31	Mes32	Mes33	Mes34	Mes35	Mes36
Costo mensual mantenimiento motogenerador 24x7	Q856,575.82	Q884,207.30	Q911,838.77	Q939,470.25	Q967,101.73	Q994,733.21
Inversión inicial DOD hardware + software						
Costo mensual mantenimiento motogenerador con DOD	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30	Q5,526.30
Costo mensual mantenimiento sistema DOD	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00	Q1,400.00
Flujo total Mensual DOD	Q573,515.16	Q580,441.46	Q587,367.75	Q594,294.05	Q601,220.35	Q608,146.64

Fuente: Fuente: elaboración propia, utilizando Microsoft Office 2010, año 2011.

Figura 25. Punto de retorno de inversión en el tiempo



Fuente: elaboración propia.

De igual manera podemos utilizar el cálculo del VAN para evaluar nuestro proyecto y decidir su viabilidad.

5.3. Cálculo del VAN

Es un método de evaluación de proyectos de inversión que consiste en determinar el valor presente de los flujos de fondos del negocio, usando la tasa de descuento acorde al rendimiento mínimo esperado.

La fórmula matemática para encontrar el VAN es la siguiente:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 = el valor del desembolso inicial de la inversión.

n = el número de periodos considerado.

k = es el tipo de Interés

También podemos usar directamente el Excel para encontrar el VAN con la fórmula:

NPV(k, flujo1, flujo2, ...flujo N) + el valor del desembolso inicial

En algunas versiones de Excel lo podemos encontrar como VNA, la formula sigue siendo la misma

Existen tres posibilidades de resultado al realizar los cálculos del VAN:

- $VAN = 0$, esto significa que la inversión o el proyecto no producirá ni ganancias ni pérdidas.
Decisión a tomar: dado que el proyecto no agrega valor monetario, el criterio para tomar una decisión pueden ser otros factores como posicionamiento o en nuestro caso las reducciones de CO₂
- $VAN > 0$, esto significa que la inversión producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida (tasa de retorno).
Decisión a tomar: el proyecto es perfectamente aceptable y rentable
- $VAN < 0$, esto significa que la inversión producirá ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (tasa de retorno) posiblemente pérdidas
Decisión a tomar: el proyecto debería rechazarse

Calculando el VAN para nuestro proyecto usando la fórmula de Excel tenemos:

Tabla VII. **Cálculo del VAN**

Inversión inicial	Q358,800.00
Flujo por año	
Año 1	-Q103,137.81
Año 2	Q284,084.40
Año 3	Q284,084.40
Año 4	Q284,084.40
Tasa de descuento	12% anual
Calculo VAN	Q158,329.45

Fuente: elaboración propia.

El cálculo anterior nos indica que $VAN > 0$ según los tres posibles resultados un valor mayor a cero indica que el proyecto será rentable en el tiempo y producirá ganancias por encima de la rentabilidad exigida (tasa de retorno)

6. ASPECTOS LEGALES

6.1. Marco legal constitucional

Tomando en cuenta que el proyecto DOD tiene la versatilidad de expandirse a un sistema híbrido fotovoltaico podemos tomar como marco legal avalado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE con resolución No 171-2008, el artículo en el que se incentiva el uso de energías renovables en el país, enunciándolo de la siguiente manera, Artículo 35 Autorización para usuarios autoprodutores con excedentes de energía. El sistema de medición de energía eléctrica de las instalaciones de un usuario autoprodutor, con excedentes de energía deberá tener las características de medición, registro y lectura en forma bidireccional o de inyección y retiros de energía. En el caso de usuarios regulados el suministro e instalación del medidor respectivo lo cubrirá el distribuidor, mientras que los grandes usuarios son responsables de su sistema de medición.

El artículo 37 de la misma resolución indica, lectura y crédito por energía inyectada al sistema de distribución por parte de usuarios autoprodutores con excedente de energía (Net Metering), los usuarios autoprodutores con excedentes de energía no recibirán ningún tipo de pago por la energía eléctrica inyectada al sistema de distribución. Para efectos de la facturación mensual del usuario, el distribuidor leerá cada mes los registros del medidor correspondiente, si la medición neta del mes corresponde a un consumo de energía, cobrará dicho consumo al usuario de conformidad con la tarifa que le corresponda, por el contrario si la medición neta corresponde a una inyección de energía del usuario hacia el sistema de distribución, el distribuidor se la

reconocerá como crédito de energía a favor del usuario con liquidación trimestral. No obstante en el caso de inyección, el distribuidor cobrará el cargo fijo y el cargo por potencia que le sean aplicables a cada usuario según la tarifa correspondiente.

6.2. Legislación ordinaria aplicable

- Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala: corresponde a la “Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente” en la cual se instituye el “Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental” como el instrumento para hacer compatibles el desarrollo del país y la protección al medio ambiente nacional.
- Decreto Número 1-93 del Congreso de la República de Guatemala: este decreto adiciona el Artículo 8 del Decreto Número 68-86 del Congreso de la República de Guatemala, en el sentido de sancionar a todo funcionario público que en ejercicio de sus funciones, omitiera exigir la presentación del “Estudio de Impacto Ambiental” previo a la autorización de proyectos de desarrollo en el ámbito de su competencia.
- Decreto Número 101-96 del Congreso de la República de Guatemala: la Ley Forestal de Guatemala establece como objeto fundamental la declaratoria de urgencia nacional y de interés social la reforestación y la conservación de los bosques, para lo cual se propicia el desarrollo forestal y manejo sostenible, indicando además que como ley ordinaria su observancia es general y que su ámbito de aplicación se extiende en todo el territorio nacional y que comprende a los terrenos cubiertos de bosque y a los de vocación forestal. Esta ley obliga a que aquellas personas individuales o jurídicas que corten bosque para tender líneas o construir estaciones eléctricas, oleoductos, notificaciones y otras obras de infraestructura a la repoblación forestal y ordena el plazo de 4 años para

dar por concluidas las obligaciones de reforestación (Artículos 67 inciso c) y 70 de la Ley Forestal)

- Decreto Número 4-89 del Congreso de la República: esta ley es la que regula las Áreas Protegidas y crea el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas, el que se integra por todas las áreas protegidas y entidades que las administran con el fin de lograr la conservación, rehabilitación, mejoramiento y protección de los recursos naturales del país, particularmente de la flora y fauna silvestre.
- Crea el Consejo Nacional de Áreas Protegidas con el fin que sea a través de este la aprobación de los planes maestros y operativos para el manejo de cada una de las áreas. Norma entre otros, las actividades dentro de las áreas protegidas, indicando que las empresas públicas o privadas tengan actualmente o que en el futuro desarrollen instalaciones o actividades dentro de las áreas protegidas, indicando que las empresas públicas o privadas que tengan actualmente o que en el futuro desarrollen instalaciones o actividades comerciales, industriales, turísticas pesqueras, forestales agropecuarias, experimentales, o de transporte dentro del perímetro de las áreas protegidas, deben celebrar de mutuo acuerdo con el Consejo un contrato en que se establezcan las condiciones y normas de operación, determinadas por un estudio de impacto ambiental presentado por el interesado y evaluado por el CONAP.
- Decreto Número 26-97, reformado por el Decreto 81-98 ambos del Congreso de la República de Guatemala: la Ley para la Protección del Patrimonio Cultural de la Nación y su reforma, tienen por objeto la protección, defensa, investigación, conservación y recuperación de los bienes que integran el patrimonio cultural de la Nación a través del Ministerio de Cultura y Deportes. La aplicación de esta ley incluye todos aquellos bienes del patrimonio cultural que estuvieren amenazados o inminente peligro de desaparición o daño debido a la ejecución de obras

públicas o privadas para desarrollo urbano o turístico; la modificación del nivel de conducción de agua construcción de represas o diques; la rotura de tierra y limpia de la misma, para fines agrícolas, forestales, industriales, mineros, urbanísticos y turísticos; la apertura de vías de comunicación y otras obras de infraestructura.

- Decreto Número 95-2000 del Congreso de la República de Guatemala: este cuerpo legal contiene la creación del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN- el cual a partir del 2 de enero del año 2001 se convierte en el ente regulador de la conservación y mejoramiento del medio ambiente en la República de Guatemala.
- Decreto Número 90-97 del Congreso de la República de Guatemala: esta legislación que corresponde al Código de Salud, en él se regulan entre otros asuntos, los aspectos relacionados con: el saneamiento del medio ambiente, el abastecimiento del agua potable, la eliminación y disposición de excretas y aguas servidas, la disposición de basuras, afluentes residuales, molestias públicas, riesgos colectivos y de la higiene laboral.
- Código Municipal y Reglamentaciones Municipales: este instrumento autoriza y faculta a las municipalidades a enfrentar los problemas derivados de la contaminación ambiental. El Alcalde Municipal tiene atribuciones para velar por la limpieza y salubridad general el municipio en lugares públicos y además también menciona algunas situaciones específicas relacionadas con contaminación.
- Código de Trabajo y su Reglamento: el Artículo 197 determina que todo patrono está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida y la salud de sus trabajadores, introduciendo por su cuenta todas las medidas de higiene y seguridad (industrial) en los lugares de trabajo.

6.3. Requisitos y trámites

Según acuerdos gubernativos de la creación del MARN y CONAP estas instituciones deben velar por el cuidado y protección de áreas protegidas y medio ambiente, por tal motivo en el proceso de construcción de una torre de telefonía celular los requisitos indispensables para su autorización son: la autorización respectiva del MARN y CONAP, especialmente en este caso que es un sitio ubicado en la región del Peten.

Por otro lado se deben presentar todos los planos de construcción de obra civil y de estudio de suelos para determinar que no se está afectando algún manto friático del lugar, esta región del país el MARN exige que las torres sean autosoportadas y no arriostradas, estas últimas están sujetas por medio de tensores, el problema de las arriostradas en estas regiones es que se afecta la fauna ya que muchas aves quedan atrapadas en los tensores Un Aspecto muy importante es la autorización de la DGAC o Dirección general de aeronáutica civil que es la institución responsable de “Normar, Administrar, Fortalecer, Facilitar y Vigilar la prestación de los servicios aeroportuarios, de navegación y transporte aéreo, conforme a la legislación vigente y acuerdos internacionales ratificados por el Estado de Guatemala

6.4. Convenios ambientales

- Convenio para la protección de la flora. De la fauna y de las bellezas escénicas naturales de los países de América.
Publicado en Diario Oficial el 22/08/1941.
Objetivo: proteger las áreas naturales importantes, así como la fauna y la flora, especialmente las especies amenazadas y las aves migratorias.

- Convenio sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
Publicado en Diario Oficial el 14/03/1980.
Objetivo: proteger las especies amenazadas de fauna y flora mediante la limitación y el control del comercio internacional de dichas especies.
- Convenio Centroamericano para la Protección del Ambiente y Protocolo al Convenio de la Creación de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo.
Publicado en Diario Oficial el 13/06/1990.
Objetivo: fortalecer la cooperación regional para la utilización sostenible de los recursos naturales, el control de la contaminación, restablecimiento del equilibrio ecológico y mejoramiento de la calidad de vida.
- Convenio para la Conservación de la Biodiversidad y Protección de Áreas Silvestres Prioritarias en América Central.
Publicado en Diario Oficial el 10/10/1993.
- Convenio sobre la Diversidad Biológica.
Publicado en Diario Oficial el 12/01/1996.
Objetivo: conservar la diversidad biológica, promover un uso sostenible de sus componentes, y repartir de manera equitativa los beneficios generados por la utilización de los recursos genéticos.
- Convenio Centroamericano para el Manejo y Conservación de los Ecosistemas Naturales Forestales y el Desarrollo de Plantaciones Forestales.
Publicado en Diario Oficial el 11/11/1994.

Objetivo: reducir el nivel de deforestación y promover el uso sostenible del recurso forestal en América Central.

- Convenio de las Naciones Unidas para Combatir la Desertificación y la Sequía. Aprobado por Decreto No. 13-98 del 25/02/98, no publicado.

Objetivo: combatir la desertificación y mitigar los efectos de la sequía mediante estrategias de largo plazo que enfocan la rehabilitación y mejoramiento de la productividad del suelo, así como la conservación y el manejo sostenible de las tierras y los recursos acuáticos.

6.5. Antecedentes

Desde el inicio de la historia de las telecomunicaciones en Guatemala 1989, Comcel como se llamó comercialmente lo que hoy es Tigo, ha sido una parte fundamental en el desarrollo del país, para nadie es desconocido que luego de la privatización de la telefonía y la concesión de la banda B en 800 MHZ el país ha tenido un impulso importante por medio de la creación de empleos y el estar a la vanguardia como lo es hoy en día, ante todo el beneficio que se ha llevado a las comunidades más lejanas con tener a su alcance la comunicación tanto por medio de un teléfono celular como por medio del internet el cual ha abierto innumerable cantidad de posibilidades para los pobladores de estas regiones que han visto con buenos ojos la llegada de la comunicación celular.

Desde un inicio Comcel se caracterizó por innovar de tal manera que siempre ha sido vanguardistas en introducir al país las nuevas tecnologías y tendencias en el mercado en lo que a telecomunicaciones se refiere por lo mismo siempre han implementado nuevas prácticas, la construcción de sus sitios de telefonía no quedan atrás en el cumplimiento de estas buenas

prácticas tanto en obra civil, seguridad y energía, en este caso se ha venido trabajando desde hace tiempo en buscar una solución para llevar cobertura celular a regiones que carecen de energía comercial, por un tiempo la solución fue llevar las ventajas de la cobertura celular colocando un moto generador funcionando las 24 horas del día los 365 días del año, pero esto trae muchas implicancias ya que el moto generador es muy propenso a ser afectado por fallas y vandalismo, por otro lado para que el moto generador funcione es necesario estarle abasteciendo de combustible (diesel) lo que resulta ser una logística muy complicada, pues cada moto generador necesita en promedio más de 400 galones mensuales de diesel y el tanque que utilizan es de 150 galones, esto implica que se necesitaría abastecerlo por lo menos 3 veces al mes, sin tomar en cuenta los robos de diesel que son muy frecuentes en todo el país, el abastecimiento resulta muy complicado debido a la geografía de las regiones y en consecuencia los caminos de acceso son muy difíciles de recorrer.

Esta opción resulto económicamente muy costosa y riesgosa para el personal por lo que manteniendo el espíritu innovador se ha trabajado en una solución alternativa que pueda reducir el consumo de diesel como también las emisiones de CO2 en espera de que llegue la energía comercial a estas regiones. De esta innovación nació el proyecto DOD.

Hoy en día Tigo sigue creciendo y de iniciar con aproximadamente 8 empleados hoy cuenta con más de 2,000 empleados y una cobertura en todo el país, teniendo el primer lugar en Market share a nivel nacional, proporcionando entre otro los siguiente servicios:

- Telefonía
 - Fija

- Móvil
- Servicios de internet móvil
- Servicios de valor agregado

7. RIESGOS NATURALES Y AMBIENTALES

7.1. Riesgos naturales

Guatemala es un país con mucha actividad tectónica y volcánica debido a su posición geográfica, ya que pertenece al Cinturón de Fuego Circum-pacífico. Desde el punto de vista tectónico, en el territorio nacional convergen tres placas tectónicas:

- Placa del Coco en el sur, formando una zona de subducción en la costa del Pacífico.
- Placa del Caribe, la cual ocupa toda la parte central del país. En esta placa se desarrolla todo el vulcanismo del país, y sobre esta placa corre la totalidad del trazo de la línea. La zona de falla del Motagua es parte del límite de esta placa con la de Norte América.
- Placa de Norte América, ubicada en el norte del país, esta es la placa que estará afectando el proyecto DOD que está ubicado en la radio base Sepens Peten,
- Amenaza sísmica. El área del Peten donde se ha instalado el proyecto DOD históricamente se ha visto muy poco afectado por problemas sísmicos, por otro lado los equipos que se han instalado no presentan ningún riesgo potencial al momento de un sismo, sin embargo se han tomado todas las medidas y cumplimiento de normas necesarias para asegurar su cimentación, así como los correspondientes protocolos de aceptación. Una amenaza sísmica implica la descripción del potencial de peligrosidad, a la que está expuesto el sitio de interés en este caso Sepens Peten , debido a la eventual ocurrencia de fenómenos sísmicos.

Esta peligrosidad involucra el fenómeno natural y sus efectos secundarios tales como: ruptura o activación de fallas locales, amplificaciones anómalas, fracturamiento del terreno, hundimientos, licuefacción de suelos, etc.

- Riesgo de erosión. En el área de Peten, específicamente donde se ha instalado el proyecto no existe el riesgo de erosión ya que este es uno de los aspectos que debe de ser nulo, de acuerdo al estudio de suelos que se realiza antes de colocar la torre, este estudio es realizado por el departamento de obra civil de la dirección de ingeniería de Tigo
- Riesgo de inundación. La inundación es uno de los factores de alto riesgo en este tipo de proyecto, por la región lluviosa en donde se ha instalado. Es bien sabido que el área del Peten es muy susceptible a ser afectada por inundaciones, debido a que cuenta con un clima tropical, las constantes lluvias en época de invierno provocan el desborde de ríos, estadísticamente cada año se da en cierta medida el fenómeno de inundaciones en la región. Para tratar de mitigar este riesgo, entre las buenas prácticas que realiza la empresa Tigo se ha realizado un estudio estadístico sobre el historial del área y las inundaciones, de acuerdo a esta estadística sabemos que en el sitio específico donde se ha instalado el proyecto, no se ha tenido este problema, pero cuando las estadísticas indican el inminente riesgo se opta por realizar lo que se llama losa elevada, esto significa que los equipos son colocados aproximadamente a 1.5 metros de altura sobre el nivel de la tierra sobre una losa.
- Riesgo de incendios. En la región del Peten se han generado incendios forestales según estadísticas en algunas ocasiones debido a las prácticas de cultivo, esto se da en poca proporción y en el área específica del proyecto no se tiene estadística de este riesgo, por lo que se ha estimado este tipo de riesgo como muy bajo.

7.2. Posibilidad de impacto ambiental

Cuando el científico francés, Gaston Plante, inventó la batería ácida de plomo en 1859, no pudo haber imaginado la relevancia que su creación tendría en el transporte, la comunicación, en las empresas de energía eléctrica, en los sistemas de emergencia y más recientemente en el almacenamiento de energía renovable. Sin embargo, desconocía los riesgos de éstas al ambiente, a la salud de los empleados y en general a la población afectada por la producción de plomo, desarrollo de productos, aplicación, uso y disposición o recolección final.

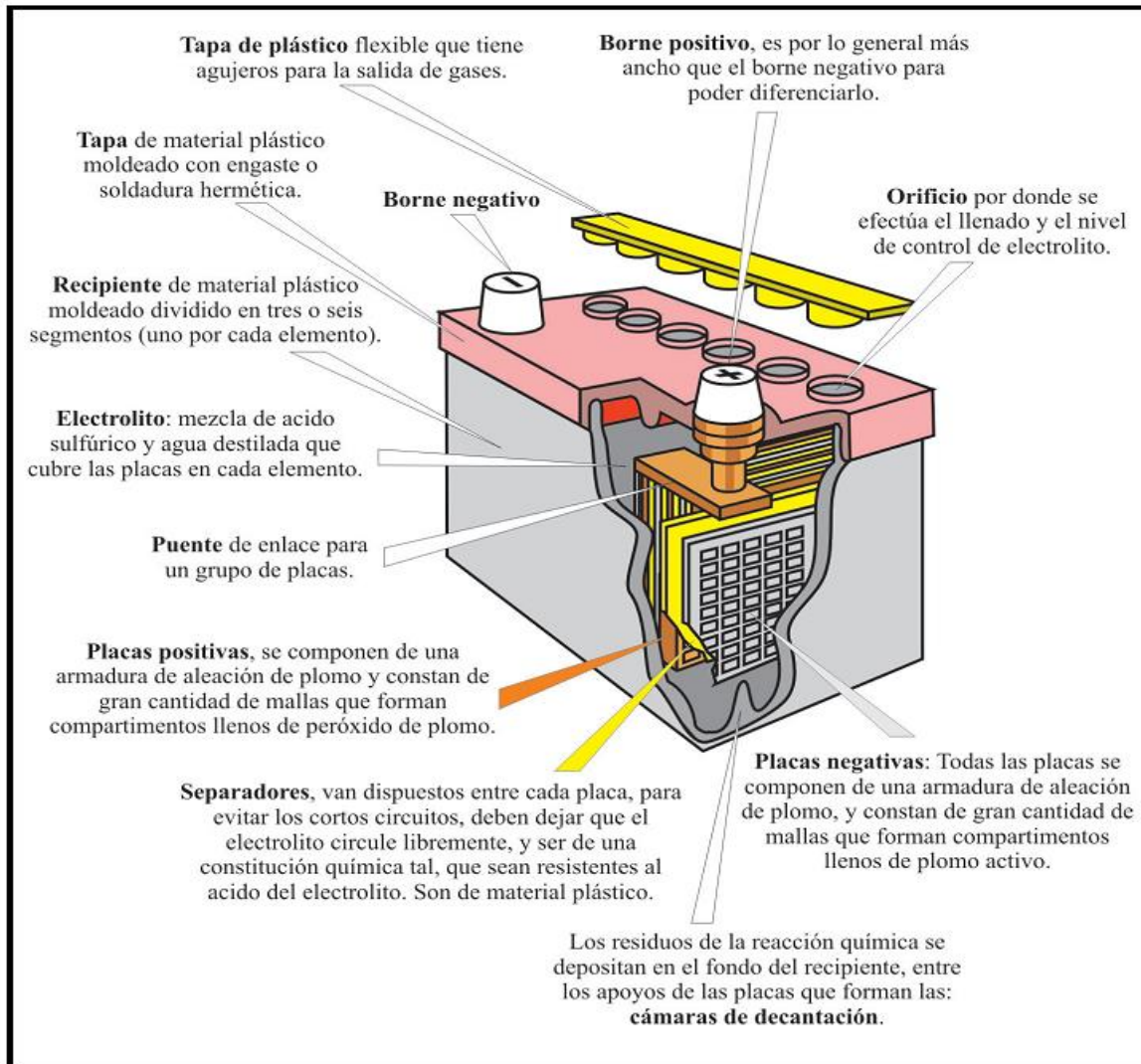
Los acumuladores de plomo tienen numerosas aplicaciones y sus pesos abarcan, por ejemplo, desde 0,3 kg (baterías para sistemas de alimentación ininterrumpida) hasta 10.000 kg (bancos de baterías que proporcionan energía de respaldo a equipos de telecomunicaciones). Además en la actualidad la mayoría de baterías utilizan electrolito de ácido sulfúrico para desarrollar una reacción química y convertirla en electricidad. Este ácido sulfúrico también conlleva riesgos a la salud y al ambiente.

7.3. Efectos nocivos para la salud del ácido sulfúrico

Efectos nocivos para la salud del ácido sulfúrico. El alto riesgo para la salud durante la manipulación de las baterías se debe a los compuestos como el ácido sulfúrico, el plomo y los óxidos de plomo que estas contienen.

El ácido sulfúrico es un líquido aceitoso, incoloro y transparente, sumamente corrosivo. La exposición al ácido sulfúrico se produce al tocar el material que forma el exterior de la batería de plomo-ácido, al inhalar sus vapores o al ingerirlo.

Figura 26. Componentes de una batería de plomo ácido



Fuente: http://www.aficionadosalamecanica.net/curso_bateria.htm. Consulta: 18 de febrero de 2011.

- Contacto con la piel del ácido sulfúrico. Producirá dolor, enrojecimiento, quemaduras graves en la piel. Se deben usar guantes protectores y traje de protección.
- Inhalación de ácido sulfúrico. Puede producir sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, dolor de garganta. La inhalación repetida puede afectar los pulmones y ocasionar erosión de los dientes. Como prevención se debe trabajar en lugares ventilados y usar elementos de protección respiratoria (máscaras especiales).
- Ingestión del ácido sulfúrico. Puede quemar la boca, la garganta y el estómago y puede también causar la muerte. Para evitar esto no se debe comer, beber o fumar durante la manipulación de este ácido.
- Contacto con los ojos del ácido sulfúrico. Si se derrama ácido sulfúrico en los ojos, esto los hará lagrimear y causará ardor, enrojecimiento y puede causar quemaduras graves. Se debe utilizar una pantalla o protección para los ojos.
- Sobre exposición aguda con ácido sulfúrico. Irritación severa de la piel, daño a las córneas que puede causar ceguera, e irritación al tracto respiratorio superior.
- Sobre exposición crónica (largo plazo)
- Posible erosión del esmalte de los dientes, inflamación de nariz, garganta y tubos bronquiales.
- Carcinogenicidad. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha clasificado la exposición ocupacional a vapores de ácidos inorgánicos fuertes que contienen ácido sulfúrico, como

carcinogénica para los humanos (Grupo 1). Esta clasificación no aplica al electrolito de las baterías, sin embargo, las recargas con corrientes excesivamente altas durante periodos de tiempo prolongados, de baterías sin las tapas de venteo bien puestas, puede crear una atmósfera de neblina de ácido inorgánico fuerte con contenido de ácido sulfúrico. • La exposición severa puede causar la muerte.

7.4. Efectos del ácido sulfúrico en el ambiente

El ácido sulfúrico afecta al medio ambiente a causa de un derrame, acidificando las aguas causando efectos muy graves sobre los ecosistemas acuáticos. Se ha demostrado que la mayor parte de organismos integrantes de ecosistemas de agua dulce son sensibles a la acidificación, produciéndose alteraciones en todos los niveles de la cadena alimenticia. Otro efecto importante que tiene la acidificación de ríos y lagos es el incremento del contenido de iones metálicos, como el ión aluminio, disueltos en el agua.

Ciertas especies de peces y anfibios presentan una elevada sensibilidad a esta acidificación. Además, su efecto sobre él, se debe a que contribuye a la formación de la lluvia ácida, ya que sus vapores se disuelven en el agua contenida en el aire y cae a la tierra mediante la lluvia. La lluvia ácida es un fenómeno que produce cambios en los ecosistemas de manera global, modificando las características químicas y acidificando suelos y aguas superficiales, así como afectando a los seres vivos y bienes materiales existentes en la superficie terrestre.

El impacto ambiental secundario del ácido sulfúrico está en que su presencia incrementa la toxicidad de otros contaminantes, tales como los sulfuros y los metales, a través de su disolución.

7.5. Efectos nocivos para la salud del plomo

El plomo es un sólido gris o blanco azulado en diversas formas, que cambia a oscuro por exposición al aire. Una fuente importante de obtención de plomo son los materiales de desecho industriales, que se recuperan y funden. El plomo y sus compuestos (dióxido de plomo y sulfato de plomo entre otros) son altamente tóxicos para la salud humana, ingresan al organismo por ingestión o inhalación y se transportan por la corriente sanguínea acumulándose en todos los órganos, especialmente en los huesos. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso central, cuyos efectos van desde sutiles cambios psicológicos y de comportamiento, hasta graves efectos neurológicos. En el hombre puede producir una alteración en la producción de espermatozoides. En los niños, la intoxicación con plomo es mucho más dañina ya que puede afectar el desarrollo del cerebro y los nervios, disminuyendo el coeficiente intelectual de estos. Cuanto más pequeño es el niño, más dañino resulta el plomo. En mujeres embarazadas, la exposición a niveles altos de plomo puede producir pérdida del embarazo. Los riesgos más importantes y sus efectos son:

- Inhalación de plomo. La inhalación del polvo o los vapores puede causar irritación en vías respiratorias y pulmones
- Ingestión de plomo. Su ingestión puede causar severo dolor abdominal, náusea, vómito, indigestión y calambres. La ingestión aguda puede llevar rápidamente a la toxicidad sistémica.

- Contacto con los ojos. Puede causar irritación.
- Sobre exposición aguda al plomo. Síntomas de toxicidad incluyen dolor de cabeza, fatiga, dolor abdominal, pérdida del apetito, dolor muscular y debilidad, cambios de patrones de sueño e irritabilidad.
- Sobre exposición crónica. Anemia; neuropatía, particularmente de los nervios motores, caída de la muñeca; daño a los riñones y cambios reproductivos en hombres y mujeres.
- Carcinogenicidad. La IARC clasifica el plomo y sus compuestos dentro del Grupo 2B “posiblemente carcinogénicos en humanos”. Las baterías usadas de plomo-ácido son seguras siempre que estén selladas, pero el plomo y el ácido pueden escapar si se les manipula inadecuadamente

7.6. Efectos del plomo en el medio ambiente

Cuando el plomo entra al medio ambiente no se degrada, pero los compuestos de plomo son transformados por la luz natural, el aire y el agua, es de importancia indicar que las mayores concentraciones que son encontradas en el ambiente son el resultado de las actividades humanas.

El plomo puede permanecer adherido a partículas del suelo o de sedimento en el agua durante muchos años.

Algunas de las sales de plomo entran en el ambiente a través de los tubos de escape de los vehículos. Las partículas grandes precipitarán en el suelo o la superficie de aguas, las pequeñas partículas viajarán largas distancias a través del aire y permanecerán en la atmósfera. Parte de este

plomo caerá de nuevo sobre la tierra cuando llueva. Este ciclo causado por la producción humana está mucho más extendido que el ciclo natural de éste químico. El plomo ha causado contaminación haciéndolo en un tema mundial no sólo la gasolina con plomo causa concentración de en el ambiente. Otras actividades humanas, como la combustión del petróleo, procesos industriales, combustión de residuos sólidos, también contribuyen.

El plomo puede terminar en el agua y suelos a través de la corrosión, no puede ser roto, pero puede convertirse en otros compuestos.

El plomo se acumula en los cuerpos de los organismos acuáticos y organismos del suelo. Estos experimentarán efectos en su salud por envenenamiento por plomo. Los efectos sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso cuando sólo hay pequeñas concentraciones de plomo presente.

Las funciones en el fitoplancton pueden ser perturbadas cuando interfiere con el plomo. El fitoplancton es una fuente importante de producción de oxígeno en mares y muchos grandes animales marinos lo comen. Este es él porque el plomo puede influir en los balances globales. . Las funciones del suelo son perturbadas por la intervención del plomo, especialmente cerca de las autopistas y tierras de cultivos, donde concentraciones extremas pueden estar presentes. Los organismos del suelo también sufren envenenamiento por plomo. El plomo es un elemento químico particularmente peligroso, y se puede acumular en organismos individuales, pero también entrar en las cadenas alimenticias

7.7. Impactos significativos

De acuerdo al análisis realizado, la manipulación y la composición de los bancos de batería son altamente contaminantes debido al ácido sulfúrico y al plomo que los componen, estos riesgos se pueden reducir considerablemente con una buena capacitación sobre manipulación de estos equipos.

Dentro de los impactos positivos se señala la importancia económica que representará, en el momento que las comunidades vecinas a la radio base cuenten con el servicio de telefonía celular y el acceso al internet con lo que se les abrirán nuevas oportunidades y nuevos mercados

8. CAPACITACIÓN

8.1. Métodos de capacitación

Los métodos utilizados fueron básicamente dos:

- Magistral
- Practica en campo

8.1.1. Objetivo del método de capacitación

El objetivo principal, fue capacitar al personal de Tigo así como a empresas subcontratadas por Tigo (outsourcing) que al final son las que realizan los trabajos tanto de mantenimiento preventivo como correctivo de los sitios de celda y de los equipos que se encuentren dentro de estas instalaciones.

8.1.2. Método magistral

Los métodos de capacitación son un conjunto de procedimientos orientados a lograr objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje. Uno de los métodos que se usó para la capacitación fue el de clases magistrales acerca de cómo usar el software del sistema, también a realizar de una forma efectiva el mantenimiento preventivo y correctivo tanto de banco de baterías como de inversores cargadores. Para esto se utilizaron presentaciones en Microsoft Power Point, así como la entrega de manuales de los diferentes dispositivos involucrados. El Periodo de capacitación de este curso fue de diez días y cada

clase impartida fue de aproximadamente dos horas en las instalaciones de la empresa proveedora de los equipos.

8.1.3. Práctica de campo

En práctica de campo se capacito al personal con la finalidad de dar a conocer el funcionamiento del hardware y software que conforman el sistema DOD, así como a ubicar físicamente cada componente y su función dentro del proyecto, al mismo tiempo a saber desempeñarse en la manipulación de los componentes críticos para el medio ambiente contenidos en las baterías, para de esta manera obtener un proyecto exitoso con conciencia social. El Periodo de capacitación en campo fue de dos días y cada práctica impartida fue de aproximadamente tres horas en las instalaciones de la radio base Sepens.

8.1.4. Resultado del curso impartido

El haber desarrollado los cursos resulto muy satisfactorio, ya que se pudo observar en la mayoría de participantes que durante las prácticas de campo el interés por interactuar con los diferentes dispositivos que conforman el sistema DOD, por otro lado para la empresa resulto favorable debido a que el personal que participo en el curso reforzó su conocimiento sobre bancos de baterías, lo cual redundará en un mejor mantenimiento a los diferentes bancos de baterías que existen en los sitios de celda que vienen dentro de los módulos de la radio base.

CONCLUSIONES

1. Luego de realizada la instalación del sistema DOD (Deep of Discharge), y ponerlo en operación se ha determinado que aunque la inversión inicial puede parecer elevada, en el corto plazo se pueden ver los beneficios ya que la logística, costos y riesgos que implican el abastecer de diesel un moto generador son altos y complicados y con el funcionamiento del sistema DOD esto se reduce automáticamente a un 20% y por ende los costos de operación se reducen en la misma proporción, lo cual viene a ser muy rentable y beneficioso, como hemos podido observar el análisis del ROI y VAN, el proyecto queda completamente pagado aproximadamente en 28 meses y medio lo cual es bastante bueno considerando el monto de la inversión. De igual manera luego de la implementación del proyecto también se ha podido observar una disminución en aproximadamente un 50% los mantenimientos preventivos al motogenerador.
2. El proyecto ha llenado las expectativas que se tenían sobre él y se han podido observar aspectos de valor agregado como los mencionados anteriormente.
3. Es de hacer notar que esta solución es totalmente eficiente de acuerdo a la carga para la cual ha sido diseñado, si la carga crece por algún motivo la eficiencia puede disminuir en relación a la demanda extra de corriente que se haga del banco de baterías, de igual manera se necesita de un mantenimiento preventivo cuidadoso a fin de mantener los niveles de baterías y programaciones adecuadas del controlador

inversor, de la misma manera tomar en cuenta la región geográfica donde sea instalado el proyecto para efectos de periodicidad de mantenimientos.

RECOMENDACIONES

Luego de realizado el presente proyecto es satisfactorio darse cuenta de la forma que este tipo de proyectos contribuye con el medio ambiente al mismo tiempo que significan un ahorro sustancial en OPEX para las empresas que lo implementan. Por lo que dentro de las recomendaciones están:

1. Fomentar este tipo de proyectos para contribuir con el medio ambiente al mismo tiempo llevar los beneficios tecnológicos, en esta caso internet y telefonía móvil a comunidades que se encuentran muy apartadas o en áreas geográficas de muy difícil acceso
2. Desde el punto de vista técnico se debe realizar buen diseño de ingeniería al momento de implementar este tipo de proyectos y especificar exactamente para el tipo y capacidad de carga para el cual fue diseñado ya que en las comunicaciones las cargas pueden variar casi siempre incrementándose debido a que algunos sitios son utilizados para otras funcionalidades como por ejemplo nodos de transmisión o expansiones de los servicios prestados por crecimiento del mercado, lo cual implica incremento de carga.

BIBLIOGRAFÍA

1. Asamblea Nacional Constituyente. *Constitución de la república de Guatemala*. [en línea] <<https://guatemala.justia.com/nacionales/constitucion-de-la-republica-de-guatemala/titulo-ii/capitulo-ii/seccion-decima/#articulo-119>> [Consulta: 15 junio 2011].
2. Cargador/Inversor hibrido Xantrex XW. [en línea]. <https://41j5tc3akbrn3uezx5av0jj1bgm-wpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2015/10/xw_hybrid_ic_operations_guide_975-0385-03-02_rev-d_spa.pdf> [Consulta: 10 de febrero de 2011].
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. [en línea]. <www.cnee.com> [Consulta: 30 de Mayo 2011].
4. CCOHS Canadian Centre for occupational Health and safety. [en línea]. <http://www.ccsso.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/sulfuric_acid/health> [Consulta: 10 de junio 2011].
5. Diario de Centro América, Normas técnicas. [en línea]. <<http://www.cnee.gob.gt/pdf/normas/CNEE%20171>> [Consulta: 15 de marzo 2011].

6. *Riesgos ambientales: Plomo.* [en línea]
<http://riesgosambientalespm.blogspot.com/2012/10/plomo_7259.html> [Consulta: 12 de febrero de 2011].

7. ROOLLS. *Battery Engineering.* [en línea].
<[http://www.rollsbattery.com/.](http://www.rollsbattery.com/)> [Consulta: 15 de junio de 2011].