



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA:

**Análisis y diseño de un sistema de respaldo eléctrico con
retransferencia cerrada y sincronismo para el sector acuicola
en la parroquia Taura, provincia del Guayas**

AUTOR:

Fierro Campoverde Enrique

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO ELÉCTRICO-MECÁNICO**

TUTOR:

Gallardo Posligua Jacinto Esteban

Guayaquil, Ecuador

14 de febrero del 2023




UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Fierro Campoverde Enrique**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**

f. 
GALLARDO POSLIGUA, JACINTO ESTEBAN, M.Sc.
TUTOR

f. 
BOHOQUÉZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA

Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Fierro Campoverde Enrique

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO CON RETRANSFERENCIA CERRADA Y SINCRONISMO PARA EL SECTOR ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA TAURA, PROVINCIA DEL GUAYAS** previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico-Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

f. 

Fierro Campoverde Enrique



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN

Yo, **FIERRO CAMPOVERDE ENRIQUE**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO CON RETRANSFERENCIA CERRADA Y SINCRONISMO PARA EL SECTOR ACUÍCOLA EN LA PARROQUIA TAURA, PROVINCIA DEL GUAYAS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR:

f. 
FIERRO CAMPOVERDE ENRIQUE



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

REPORTE URKUND DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULA



Document Information

Analyzed document	Trabajo de titulación.docx (D157589867)
Submitted	2023-02-01 20:09:00
Submitted by	
Submitter email	enriquefierro@hotmail.com
Similarity	1%
Analysis address	jacinto.gallardo.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / TESIS FINAL BARCO-27_08.docx

Reporte URKUND del trabajo de titulación de la carrera de Ingeniería en Electricidad R, denominado "Análisis y diseño de un sistema de respaldo eléctrico con retransferencia cerrada y sincronismo para el sector acuícola en el cantón Taura - Provincia del Guayas - Ecuador" del estudiante **Fierro Campoverde, Enrique**, se encuentra en 1 % de coincidencias.

Ing. Jacinto E. Gallardo Postigua, MAE
Tutor de Trabajo de Titulación

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecerle a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar y ayudarme en cada paso que he dado en mi vida y ayudar a superar cada reto que ha aparecido.

Quiero agradecer a mis padres quienes siempre me motivaron y apoyaron a seguir estudiando a culminar mis estudios.

A mi tío Paul por darme la oportunidad de trabajar y aprender la parte técnica que me permio realizar este trabajo.

A mi tutor y docentes de la UCSG por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi carrera universitaria.

FIERRO CAMPOVERDE, ENRIQUE

DEDICATORIA

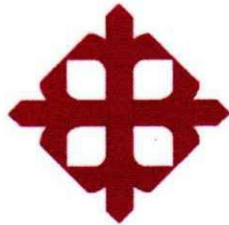
Le dedico a Dios este proyecto, quien me brindo salud y la determinación para culminar con éxito la carrera.

A mis padres que me apoyaron en todo momento.

A mi futura esposa que me motiva a ser mejor cada día.

A mi abuela que quiero mucho.

FIERRO CAMPOVERDE, ENRIQUE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
INGENIERÍA ELÉCTRICA-MECÁNICA**


TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f.



FRANCO RODRIGÉZ, JOHN ELOY, Ph.D.
DECANO DE CARRERA

f.



BOHOQUEZ ESCOBAR, CELSO BAYARDO, M.Sc.
DIRECTOR DE CARRERA

f.



HERAS SANCHEZ, MIGUEL ARMANDO, M.Sc.
OPONENTE

ÍNDICE

RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO 1	3
DESARROLLO	3
1.1. Identificación del problema.....	3
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivos generales	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Justificación y alcance	5
1.5. Tipo de investigación	6
1.6. Metodología de investigación.....	6
Capítulo 2	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Ubicación de La Camaronera	7
2.2. Reconocimiento del área	7
2.3. Levantamiento de cargas.....	8
2.4. Análisis de cargas críticas.....	10

2.5.	Análisis de voltaje de Empresa Eléctrica.....	10
2.6.	Levantamiento de necesidades de la carga.....	11
2.7.	Partes de un grupo electrógeno	13
2.8.	Funcionamiento de un motor a diésel de cuatro tiempos	15
2.9.	Funcionamiento y partes importantes del alternador	16
2.10.	Panel de control del grupo electrógeno	18
2.11.	Tipos de trabajo de un grupo electrógeno	20
2.11.1.	Potencia continua (COP).....	20
2.11.2.	Potencia prime (PRP).....	21
2.11.3.	Potencia limitada por tiempo (LTP).....	23
2.11.4.	Potencia stand-by (ESP)	24
2.11.5.	Potencia Data center (DCP)	25
	Capítulo 3.....	26
	DESARROLLO.....	26
3.1.	Diseño de sistema de fuerza.....	26
3.2.	Dimensionamiento de generadores	27
3.3.	Cálculo de transformador de potencia	29
3.4.	Cálculo de conductores y breakers de fuerza	32
3.4.1.	Cálculo de conductor y breaker tramo generador-barra	32
3.4.2.	Cálculo de conductor y breaker, tramo barra-transformador.....	36
3.4.3.	Cálculo de conductor, tramo transformador-celda	37

3.5.	Sincronismo	39
3.5.1.	Definición de sincronismo	39
3.5.2.	Condiciones para realizar un sincronismo	39
3.5.3.	Conexiones mínimas para generadores	42
3.5.4.	Conexiones mínimas para sincronismo entre generadores y Empresa Eléctrica	44
3.5.5.	Parámetros para sincronismo	45
3.5.6.	Protecciones en los controles de generador	47
3.6.	Funciones adicionales del tablero de transferencia automática	48
3.6.1.	Cortes de picos de demanda	50
3.6.2.	Manejo de potencia (Ahorro de recursos)	51
3.7.	Diseño de tablero de transferencia y plano de fuerza	53
	CAPÍTULO 4.....	54
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1.	CONCLUSIONES	54
4.2.	Recomendaciones	55
	ANEXOS.....	56
	FUENTES CONSULTADAS.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Subestación Durán de la Empresa.....	5
Figura 2 Ubicación de La Camaronera.....	7
Figura 3 Perímetro de La Camaronera.....	8
Figura 4 Ubicación de Transformadores	13
Figura 5 Diagrama de Fuerza	26
Figura 6 Partes de un Generador.....	14
Figura 7 Ciclos de la Combustión	15
Figura 8 Estator y Rotor	17
Figura 9 InteliGen Base Box	18
Figura 10 Tipo de Trabajo COP	21
Figura 11 Tipo de Trabajo PRP.....	22
Figura 12 Tipo de Trabajo LTP	23
Figura 13 Tipo de Trabajo ESP	24
Figura 14 Disposición de cargas por hora.....	28
Figura 15 Transformador Tipo Subestación.....	30
Figura 16 Tramo Generador - Barra Común	32
Figura 17 Tabla de Conductores.....	34
Figura 18 Tramo Barra Común - Transformador.....	36
Figura 19 Tramo Transformador- Celda.....	37
Figura 20 Tabla de Capacidades de Conductores MT	38

Figura 21 Onda Corriente Alterna Básica.....	40
Figura 22 Pasos para el sincronismo	41
Figura 23 Voltajes listos para Sincronizar	42
Figura 24 Conexión Mínima para Generadores	43
Figura 25 Conexión de Red CAN.....	45
Figura 26 Sincronoscopio.....	46
Figura 27 Función de Corte de Picos	50
Figura 28 Manejo de Generadores Según la Carga.....	52
Figura 29 Diagrama de Fuerza Final.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cargas de La Camaronera	9
Tabla 2 Voltajes de Alimentación de las Cargas.....	12
Tabla 3 Parámetros de Protecciones del Generador	19
Tabla 4 Protecciones del Generador	47

RESUMEN

El sector acuícola ecuatoriano, con el mayor crecimiento económico previsto en los próximos años, se ha convertido en uno de los sectores en los que se está implementando muchas mejoras tecnológicas. Entre ellas, la electrificación de las camaroneras y es la que mayor inversión requiere. En el presente trabajo de titulación se realizó un análisis de la calidad de energía eléctrica suministrada por la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) a una camaronera en la parroquia Taura, en la provincia del Guayas y mediante el sistema de respaldo de energía con sincronismo entre generadores y Re transferencia cerrada con la energía de CNEL se buscó generar la mayor confiabilidad de la producción del camarón y al menor costo de producción de energía utilizando sistemas de automatización en los generadores para que estos se prendan y se apaguen dependiendo de la demanda de la carga y así, no solo se ahorraran recursos, si no también se reducirá la Huella de Carbono que se genera en el sistema productivo.

Palabras Claves:

Tecnologías, Sincronismo, Retransferencia cerrada, confiabilidad, recursos, huella de carbono

ABSTRACT

The aquaculture sector, being the economic sector with the highest growth expected in the coming years. Has become the principal sectors that start making technological improvements. The electrification of the shrimp farms is the most important and requires a big amount of investment. In the present project, will make analysis of the quality of electrical energy supplied by the Electric Company to a shrimp farm in the Taura sector, on Guayas province. And propose an energy backup system with synchronism between generators and paralleling will be carried out with the Electric Company, it will seek to generate the highest reliability of shrimp production and the lowest cost of energy production using automation systems in the generators so that they turn on and off depending on the demand of the load, not only resources will be saved, the footprint generated in the shrimp farm will also be reduced. For protection of the market, the name of the company in not going to be mentioned, and is going to be named "La Camaronera"

INTRODUCCIÓN

El sector camaronero ecuatoriano está creciendo de una forma exponencial, lo que genera que se busquen nuevas tecnologías y se modernicen, cambiando los motores a diésel para bobeo y aeración, por motores eléctricos. La demanda de una camaronera electrificada es superior a 1 Mw y debido a que no cuentan con una línea de alto voltaje, utilizan la de medio voltaje, que en horas pico el voltaje desciende por debajo del permitido por las cargas.

Ese problema es algo muy común en las camaroneras ya que normalmente se encuentran en lugares remotos, y al depender de la energía para mantener con oxígeno las piscinas, es vital contar con un sistema de respaldo energético.

En este proyecto se diseñó un sistema de *backup* que al momento de que haya un corte de energía, entren los generadores a diésel aumentando la confiabilidad del sistema y para tener un sistema más eficiente, se emplearán las funciones de manejo de carga y cortes de pico de demanda para ahorrar la mayor cantidad de diésel posible y disminuir la huella de carbono de La Camaronera. Por temas de protección del mercado no se dará el nombre de la empresa y se la mencionará como “La Camaronera”.

CAPÍTULO 1

DESARROLLO

1.1. Identificación del problema

En camaroneras ubicadas en zonas rurales y alejadas a varios kilómetros de la red de distribución de la CENEL les llega energía eléctrica de muy mala calidad, debido a la caída de voltaje que se genera por el conductor, y sumado la poca potencia que les permiten utilizar, se ha vuelto crítico tener sistemas de respaldo con generadores a diésel. Estos equipos generan grandes costos financieros y al medio ambiente.

1.2. Planteamiento del problema

Debido a la mala calidad de energía que recibe La Camaronera, el control del tablero automático protege a la carga y abre el suministro de energía eléctrica dejando el sistema productivo sin energía, creando un gran problema al departamento de producción, ya que las piscinas necesitan un nivel determinado de oxígeno, que es suministrados por aireadores eléctricos que al no tener energía no funcionarían pudiendo causar pérdidas millonarias a la empresa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivos generales

Analizar y diseñar un sistema con generadores y sincronismo para respaldo energético que brinde confiabilidad al departamento de producción de La Camaronera, al menor costo y reduciendo el impacto ambiental.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar un estudio de la energía eléctrica suministrada por la CNEC y las cargas de La Camaronera y diagnóstico de la situación actual para realizar desarrollar una propuesta viable para implementar.
- Analizar los datos obtenidos y diseñar un sistema eléctrico que brinde confiabilidad al área de producción.
- Proponer un proyecto de electrificación que permita reducir la contaminación ambiental y sea amigable con el medio ambiente.
- Realizar la evaluación de los costos de implementación del proyecto eléctrico y los costos de operación del sistema para determinar su viabilidad.

1.4. Justificación y alcance

En 2021, las camaroneras ecuatorianas produjeron más de 1 669 millones de libras de camarones al año, según la Cámara Nacional de Acuicultura, esto representan millones de dólares de inversión (Cámara Nacional de Acuicultura, 2022). Los camarones dependen mucho de las condiciones de su ambiente, uno de los factores más importantes es el nivel de oxígeno en el agua que actual mente son monitoreadas y controladas por los biólogos, por lo que necesitan una fuente de energía confiable para poder operarlos.

Figura 1

Subestación Durán de la CELEC



Fuente: (CELEC, 2018)

La Subestación Durán de la CENEL se encuentra a 24 kilómetros de La Camaronera, debido a eso y a la gran demanda de energía del sector se genera una caída de voltaje, que no brinda confiabilidad al sistema energético por lo que es indispensable un sistema de respaldo eléctrico que brinde confiabilidad

1.5. Tipo de investigación

La investigación que se realiza será de tipo investigación acción, ya que, en este proyecto, se diseñó un proyecto que podrá ser aplicado en cualquier camaronera electrificada.

En este proyecto se utilizó una investigación mixta ya que se diseñó un proyecto que pudo ser calculado en costos de implementación y operación, por lo que fue cuantitativo, pero el beneficio de ese proyecto se verá en la confiabilidad de la producción y que esta, no tenga pérdidas, lo que también la convierte en cualitativo.

1.6. Metodología de investigación

En el presente trabajo se realizó con un método de investigación de análisis, el cual permitió identificar la problemática que se presentó en el sistema de energía de La Camaronera y de esa forma generen una propuesta.

Adicionalmente también fue investigativo-deductivo ya que se podrá generar conclusiones de acuerdo a los resultados de las pruebas.

Capítulo 2

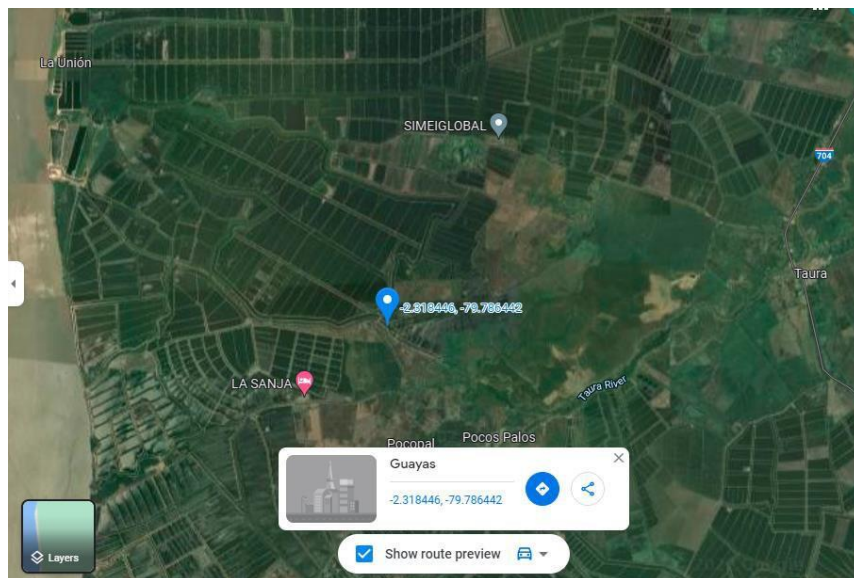
MARCO TEÓRICO

2.1. Ubicación de La Camaronera

La Camaronera se encuentra ubicada en parroquia Taura, en la provincia del Guayas; las coordenadas de la puerta de ingreso son: 2.31.844S 79.78.644W

Figura 2

Ubicación de La Camaronera



Fuente: EL autor

2.2. Reconocimiento del área

En la Figura 3, se ha trazado con rojo el perímetro de La Camaronera. El área aproximada es de 250 hectáreas y el área de producción es de 200 hectáreas útiles. “El promedio de producción de libras por hectárea anual en piscinas de 2 a 20 hectáreas es de 2 500 libras según análisis”(Cámara Nacional de Acuacultura, 2022), lo que significa que esta camaronera produce alrededor de 500 000 libras de camarón de exportación al año.

Figura 3

Perímetro de La Camaronera



Fuente: EL autor

2.3. Levantamiento de cargas

Actualmente La Camaronera cuenta con cargas de iluminación en los postes oficinas y campamentos y aireadores de 1.5HP. A continuación, se detallan las cargas totales.

Tabla 1

Cargas de La Camaronera

Detalle	Cantidad	Consumo unitario	Total
Luminaria de poste	141	0.25 Kw	35.22 Kw
Campamentos	2	36.46Kw	72.92kW
Luces de campamento	42	0.015Kw	0.63Kw
Computadora	5	0.3Kw	1.5Kw
Sistema de seguridad	19	0,007Kw	0.13Kw
Acondicionadores de aire	8	1,5Kw	12Kw
Refrigeradora	2	0.5Kw	1Kw
Congelador	2	0.6Kw	1.2Kw
Refrigeración de bodega	2	10Kw	20Kw
Aireadores	1212	1.12 Kw	1357.44 Kw
Auxiliares de generadores	1	20 Kw	20 Kw

Fuente: EL autor

La sumatoria total de las cargas es: 1 485.58 Kw.

2.4. Análisis de cargas críticas

Se realizó la inspección de las cargas críticas y el cliente determinó que es necesario respaldar todas cargas, ya que es indispensable tener luz, tener aireación en las piscinas ya que es vital para no perder la producción y auxiliares de los generadores, ya que, sin estos, los generadores no podrían funcionar.

2.5. Análisis de voltaje de Empresa Eléctrica

Se tomaron mediciones de voltajes en la celda de entrada de la Empresa Eléctrica. La medición se tomó durante una semana, a continuación, se detallan los valores tomados por lapsos de 10 minutos por cada día de la semana.

El valor de Voltaje nominal es de 13 800 voltios y las protecciones de las celdas están programadas para proteger la carga y abrir la celda cuando el voltaje desciende de 5 %, es decir, en valores inferiores a 13 110 voltios. Observando la tendencia a partir de las 18h00 el voltaje recibido cae por el

límite permitido y recién se recupera a partir de las 6:00 del día siguiente.

(Boyd, 2020)

2.6. Levantamiento de necesidades de la carga

Analizando las cargas críticas de La Camaronera se determinó que es necesario respaldar toda La Camaronera debido a las necesidades del personal y según los cálculos de los datos tomados, la carga total aproximada es de 1 500 Kw, en este cálculo no se considera un porcentaje de coincidencia ya que el sistema debe estar preparado para trabajar al 100 % de la carga durante varios días o semanas, de ser necesario.

Los voltajes de las cargas varían entre cargas monofásicas y cargas trifásicas de 110Vac, 220Vac y 480Vac distribuidas a lo largo de La Camaronera y debido a la lejanía entre cargas, llegando a estar a una distancia mayor a un kilómetro y sabiendo que debido a la caída de voltaje que se genera al transmitir en baja tensión, se hace necesario distribuir en media tensión y para bajar al voltaje necesario se deben utilizar transformadores.

En el Tabla 2 se muestran las fases de que requiere cada carga y el voltaje que demandan.

Tabla 2*Voltajes de Alimentación de las Cargas*

Detalle	Número de fases	Voltaje [Vac]
Luminaria de poste	1	110
Luces de campamento	1	110
Computadora	1	110
Sistema de seguridad	1	110
Acondicionadores de aire	1	220
Refrigeradora	1	110
Congelador	1	110
Refrigeración de bodega	1	480
Aireadores	3	220
Auxiliares de generadores	3	220

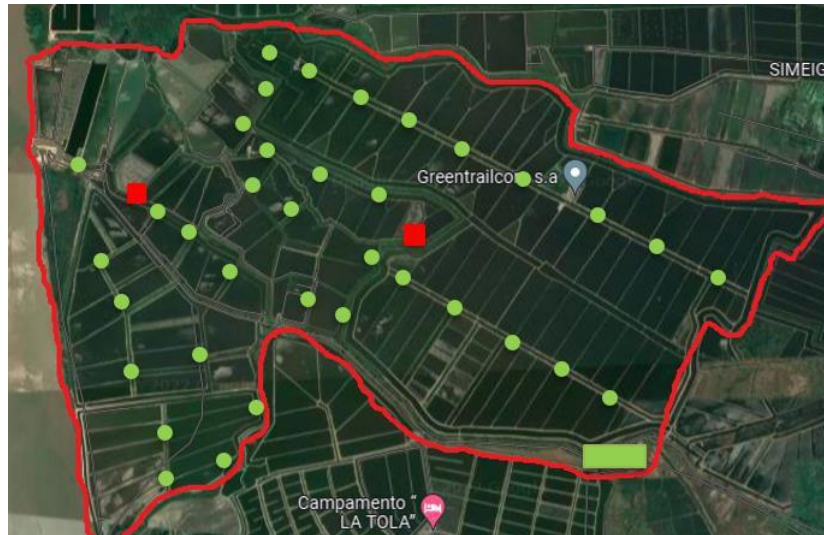
Fuente: EL autor

En la figura 4 se muestran las ubicaciones de los transformadores de las cargas, distribuidas en las camaronera, todos los transformadores son de poste, ya que son de baja potencia.

- Transformador 13.8KV/220V 1F y 13.8KV/480V
- Transformador 13.8KV/220V 3F

Figura 4

Ubicación de Transformadores



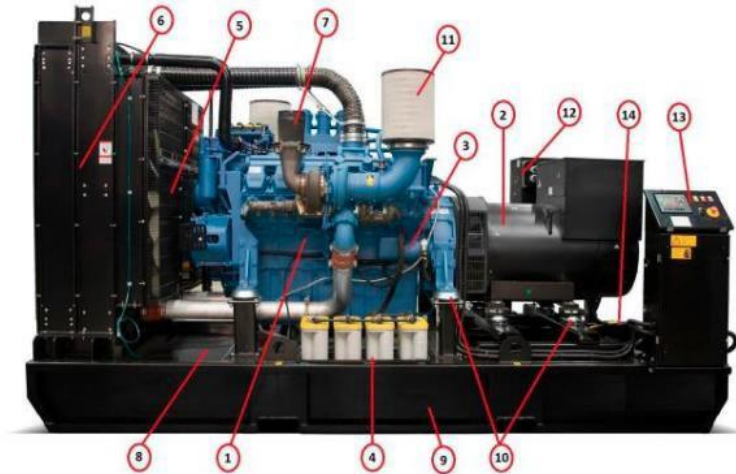
Fuente: EL autor

2.7. Partes de un grupo electrógeno

En el mercado existen una gran cantidad de marcas que ofrecen una amplia variedad de potencias y tamaños, por lo que existe una gran variación de componentes, pero todos cumplen el mismo principio por lo que los elementos principales son los mismos. En la Figura 6 podemos observar un grupo electrógeno con sus partes principales.

Figura 5

Partes de un Generador



Fuente: (Rojas, 2018)

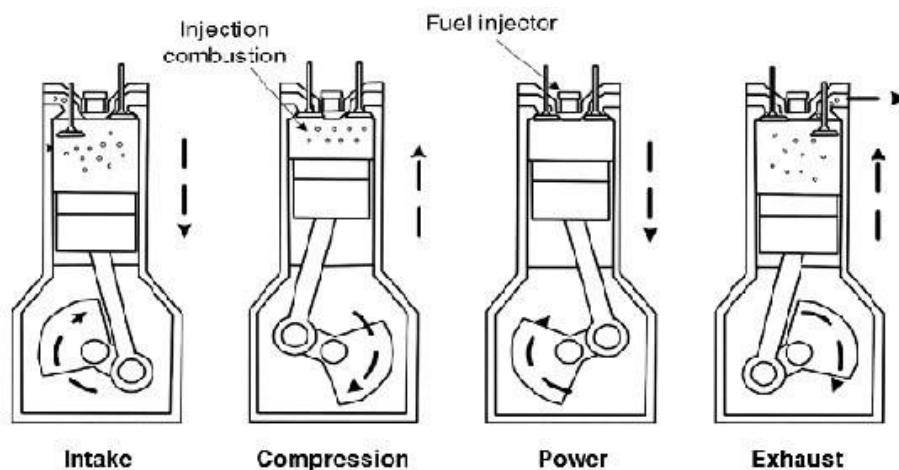
- | | |
|----------------------------|-------------------------------|
| 1. Motor de combustión | 9. Base estructural o bancada |
| 2. Alternador | 10. Antivibratorios |
| 3. Motor de arranque | 11. Filtro de aire |
| 4. Baterías | 12. Cuadro de protección |
| 5. Ventilador | 13. Cuadro de control |
| 6. Radiador | 14. Conexión a tierra |
| 7. Silenciador | |
| 8. Depósito de combustible | |

2.8. Funcionamiento de un motor a diésel de cuatro tiempos

Un motor es una máquina que convierte la energía química en energía mecánica mediante la combustión. Para que se pueda realizar la transformación en el motor debe ocurrir un proceso de cuatro etapas:

Figura 6

Ciclos de la Combustión



Fuente: (Samanez, 2020)

En la primera etapa (Admisión) se abre la válvula de admisión y entra el aire a la cámara de combustión cuando el pistón está en el punto muerto inferior.

En la segunda etapa (Compresión) se cierra la válvula de admisión y empieza a subir el pistón, a lo que empieza a subir y el aire que está dentro de la cámara se comprime. (Samanez, 2020)

En la tercera etapa (Combustión), antes de que llegue que el pistón llega al punto muerto superior, es inyectado el diésel pulverizado y con la presión que tiene la cámara combustiona y esa explosión hace que el pistón empiece a bajar.

Inmediatamente a lo que el pistón empieza a subir nuevamente, se pasa a la cuarta y última etapa, se abre la válvula de escape y por la presión que se genera, es expulsado de la cámara los gases generados al momento de la combustión.

Este proceso toma dos revoluciones del motor, es decir que el cigüeñal debe girar 2 veces para completar los 4 tiempos. En los motores, las alturas de los pistones están intercalados para darle un movimiento continuo al motor y así mantener las RPM estables que es lo más para mantener la frecuencia del voltaje generado.

El motor a diésel va acoplado con el alternador en la carcasa, que es la parte que fija ambas partes y por el volante con los platos del alternador que es por donde transmite la energía mecánica de una maquina a la otra para poder generar energía eléctrica.

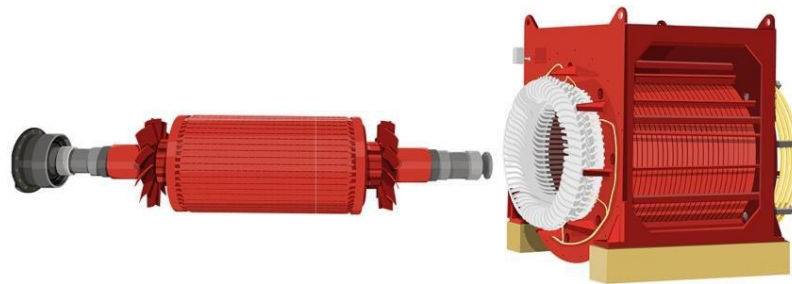
2.9. Funcionamiento y partes importantes del alternador

Es importante destacar que el alternador no crea energía eléctrica, sino que, al estar acoplado con el motor, transforma la energía mecánica que este genera y el alternador mediante el giro del rotor genera una inducción

electromagnética en el estator y se produce el voltaje alterno que es entregado. Para poder transformar la energía se necesitan muchos componentes, en la figura 8 podemos observar los más importantes.

Figura 7

Estator y Rotor



Fuente: (Hidrovo, 2013)

A la izquierda de la Figura 8 se puede observar el rotor, donde se acoplan los discos del alternador, este descansa en un eje con cojinetes dentro del estátor (a la derecha de la imagen). Cuando están montados, entre ambos hay un espacio llamado entre hierro y es necesario para que el rotor pueda girar libremente, este espacio se llama “entrehierro”. (Hidrovo, 2013)

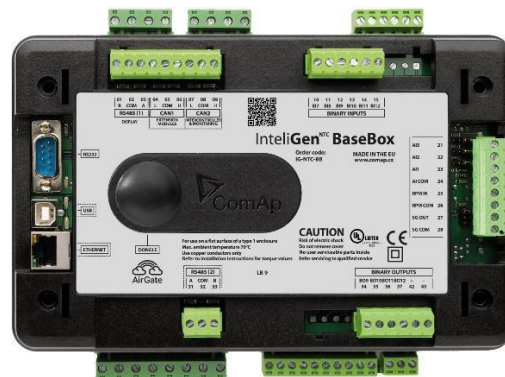
En el estator y el rotor tienen devanados hechos de cobre con un recubrimiento de barniz que los aísla entre sí. En uno de ellos se crea un flujo electromagnético en el entre hierro que se denomina inductor y el devanado del estator recibe el flujo y se conoce como inducido. Esa circulación de corriente genera la corriente eléctrica que por medio de conductores alimentará las cargas del sistema.

2.10. Panel de control del grupo electrógeno

Todos los grupos electrógenos tienen un controlador, que es un equipo complejo con microprocesadores que es el encargado de monitorear y proteger el generador mediante la programación de límites en valores de lecturas.

Figura 8

InteliGen Base Box



Fuente: (ComAp, 2021)

En este proyecto los generadores se utilizó controles Inteligen BaseBox NT con la pantalla InteliVision 5 de la marca ComAp, para cada uno de los generadores. Este control tiene las siguientes entradas:

Lectura de voltaje de generador hasta 600 V

Lectura de voltaje de Bus hasta 600 V

12 entradas binarias referenciadas a negativo

12 salidas binarias referenciadas a negativo

Lectura de corriente de 3 líneas + tierra, con relación a 5A

3 entradas análogas con rango, 0-5 Vdc, 0-1 200 Ohm, 4-20mA

1 salida PWM, para control de voltaje

1 salida de voltaje, de -10 a 10Vdc, para control de velocidad

Estos controles al tener esta gran variedad de entradas y salidas brindan una gran flexibilidad para proteger tanto al generador como a las cargas. Se monitoreó y programó las siguientes variables:

Tabla 3

Parámetros de Protecciones del Generador

Variable	Unidad	Alarma	Protección
Presión de aceite	Bares	2	1
Temperatura de refrigerante	°C	90	95
Nivel de combustible	%	20	15
Sobre voltaje	%	105	110
Bajo Voltaje	%	95	90

Sobre frecuencia	%	103	105
Baja frecuencia	%	97	95
Sobre corriente	%	100	103
Baja corriente	%	30	-

Fuente: EL autor

2.11. Tipos de trabajo de un grupo electrógeno

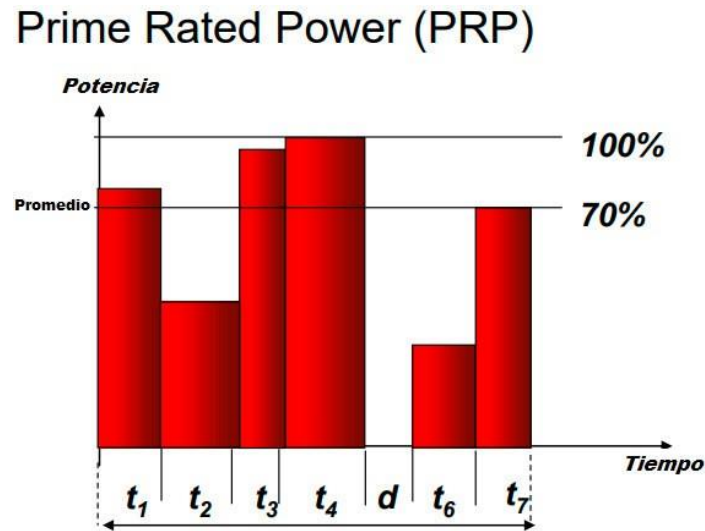
Al momento de seleccionar un grupo electrógeno hay muchos criterios de deben ser tomados en cuenta, pero el más importante es identificar correctamente el tipo de trabajo que tendrá el generador. Esto ayudará a preservar mejor el equipo y que no se cree un desgaste prematuro, que provoque una vida útil más corta de lo indicado por el fabricante. Según la norma ISO 8526-1 existen 6 categorías de potencia nominal y son las siguientes:

2.11.1. Potencia continua (COP)

Este tipo de operación permite trabajar con cargas no variables, una cantidad ilimitada de horas por año, es decir que puede trabajar 8 760 horas. En esta aplicación deben trabajar al 100 % de la carga todo el tiempo y no permite sobre cargas.(ISO, 2018). En la Figura 10 se puede observar cómo debe comportarse la carga a lo largo del tiempo.

Figura 10

Tipo de Trabajo PRP



Fuente: (Cummins CPG, 2021)

Este tipo de trabajo es el más utilizado en las industrias que no cuentan con una fuente confiable de energía y se les va constantemente o por periodos muy largos de trabajo. Para calcular el promedio de la carga se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$P_{pa} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 + \dots + P_n t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

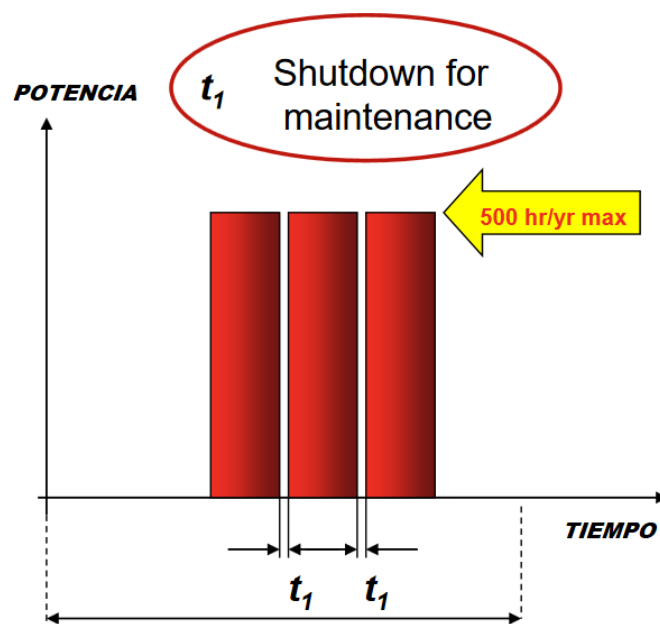
Donde P es la potencia y t es el tiempo por el que se utiliza. El valor obtenido no debe ser mayor al 70 %.

2.11.3. Potencia limitada por tiempo (LTP)

Con una limitación de uso de 500 horas al año, esta aplica es muy parecido al régimen de trabajo continuo, es decir que puede trabajar con cargas estables, pero estas no pueden pasar del 100 % de la potencia nominal.

Figura 11

Tipo de Trabajo LTP



Fuente: (Cummins CPG, 2021)

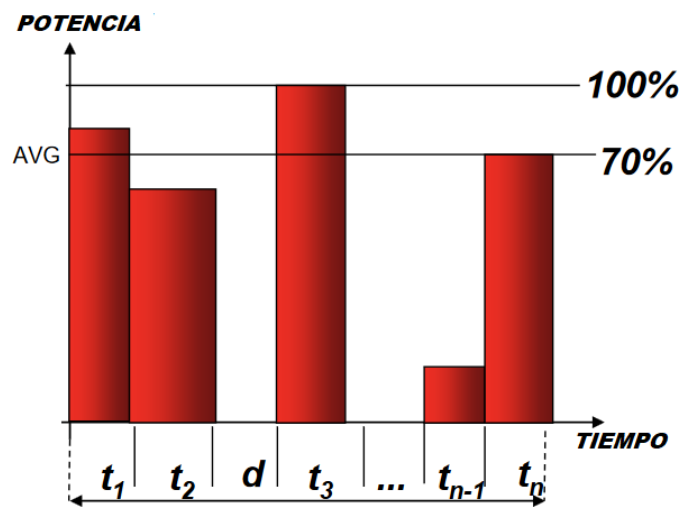
Este tipo de trabajo se utiliza para corte de picos de consumo y en caso de que las horas de trabajo sobrepasen las 500 horas al año, se debe trabajar como régimen continuo.

2.11.4. Potencia stand-by (ESP)

Esta aplicación también es conocida como “Emergencia” y es la más utilizada en el sector industrial, ya que solo se utiliza cuando la energía de respaldo se pierde y tiene una limitación de 200 horas al año.

Figura 12

Tipo de Trabajo ESP



Fuente: (Cummins CPG, 2021)

Para este tipo de trabajo el promedio de la carga en 24 horas, no debe ser mayor al 70% y se utiliza la siguiente formula:

$$P_{pa} = \frac{P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 + \dots + P_n t_n}{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

2.11.5. Potencia Data center (DCP)

En esta aplicación las condiciones son exactamente las mismas de la COP, la única diferencia es que el motor tiene algunos implementos adicionales para cumplir las regulaciones del UPTIME Institute Compliance para los Data Center.

Capítulo 3

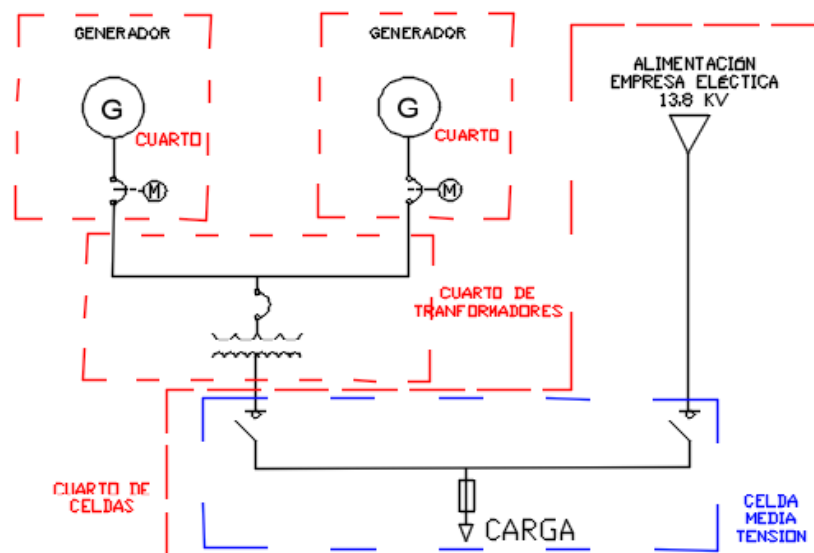
DESARROLLO

3.1. Diseño de sistema de fuerza

Para este proyecto se ha optado por utilizar un sistema con una combinación de celdas en media tensión. En el cuerpo de las celdas estará dividido en 4 módulos, la primera será la entrada de la empresa eléctrica, la segunda será para la entrada de la energía de respaldo (generadores) y la tercera y cuarta serán para las cargas.

Figura 13

Diagrama de Fuerza



Fuente: EL autor

Para el sistema de respaldo se deberá colocar por lo menos 2 generadores, para tener uno de *backup*. Cada generador debe tener un breaker motorizado y la salida irá a una barra común que va a un transformador elevador de 480 V a 13.8 KV, y por seguridad se instalará un breaker mecánico entre los 2 elementos. La salida del transformador va directamente a la celda.

3.2. Dimensionamiento de generadores

Según lo visto anteriormente lo primero que se debe definir son las horas de trabajo por año. Para el proyecto propuesto se presenta caídas de voltaje entre las 18H00 y la 06H00; se estima que trabajará 12 horas diarias, por lo que el generador trabajará aproximadamente:

$$\text{horas al día} \times \text{días al año} = \text{horas al año}$$

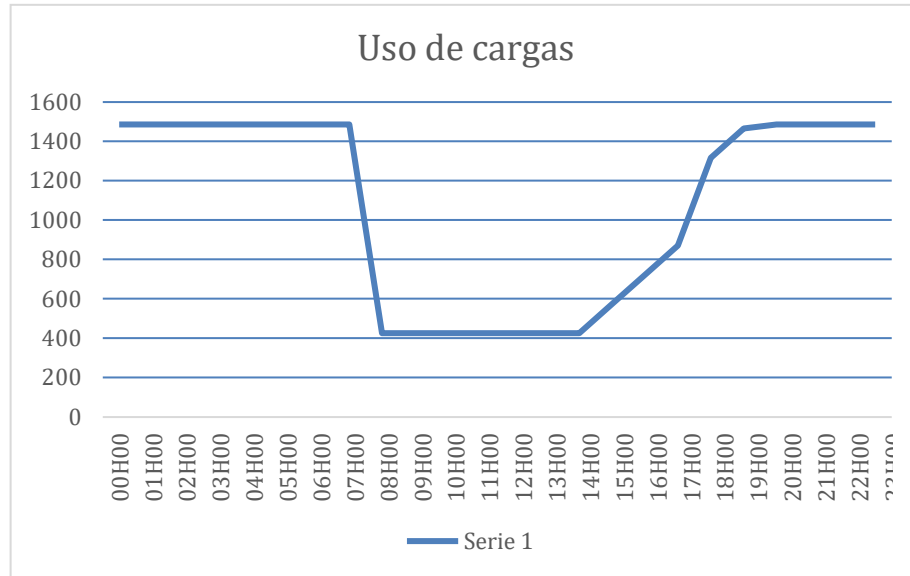
$$12 \text{ horas} \times 365 \text{ días} = 4380 \text{ horas/año}$$

Debido al número de horas al año solo podrían ser 3 opciones: COP, PRP o DCP y como el generador no será utilizado para un Data Center, se descarta la aplicación DCP.

Lo segundo que se debe tomar en cuenta son las cargas que van a ser respaldadas y la forma que van a trabajar.

Figura 14

Disposición de cargas por hora



Fuente: EL autor

En la Figura 14, se observa que prácticamente desde las 19H00 hasta las 07H00 la carga se mantiene constante y de 09H00 hasta las 14H00 también, con esa información se puede definir que la aplicación debiendo ser COP. Sabiendo el tipo de trabajo y que por lo menos se necesitan dos generadores repartiéndose la carga por igual, debemos calcular la potencia de cada uno. Para eso se realiza el siguiente cálculo:

$$Potencia\ por\ generador = \frac{Potencia\ total\ maxima}{Número\ de\ generadores}$$

$$Potencia\ por\ generador = \frac{1485,58}{2} Kw$$

$$Potencia\ por\ generador = 742,79 Kw$$

Con la potencia continua se puede calcular la potencia Prime para poder solicitar los datos técnicos y la cotización de los generadores. Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Potencia Prime = \frac{Potencia Continua}{0,7} Kw$$

$$Potencia Prime = \frac{742,79}{0,7} Kw$$

$$Potencia Prime = 1061,12 Kw$$

Con ese valor, se contactó a la empresa INDUSUR S.A., mayor proveedor de motores en el sector camaronero, y recomendó el generador modelo C1250, que ofrece 1120Kw Prime, hoja de datos en “Anexo 1”

3.3. Cálculo de transformador de potencia

Al igual que el generador, el transformador también es una máquina por lo que se recomienda trabajar a un máximo del 80 % de su potencia nominal, (Otavo, 2019). En este proyecto, debido a la confiabilidad, el transformador será determinado por las potencias de los generadores y no de la carga nominal.

Por lo que se hizo el siguiente cálculo:

$$P_{Total de generadores}[KVA] = P_{gen1} + P_{gen2}$$

$$P_{Total de generadores}[KVA] = 1588 KVA + 1588KVA$$

$$P_{Total\ de\ generadores} [KVA] = 3176\ KVA$$

Comercialmente no existe un transformador de 3 176 KVA por lo que se selecciona el inmediato superior que sería el un transformador de 3,5 MVA, por lo que se identifica un transformador tipo subestación, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Transformador Tipo Subestación



Fuente: (Ecuatran, 2022)

Una vez seleccionada la potencia, se escoge la relación de transformación. En este caso se uso un transformador elevador que transforma el voltaje del primario y lo eleva a 13 800 Voltios. Ahora se puede calcular la corriente máxima que habrá en el primario y en el secundario.

Cálculo de la corriente en el primario:

$$P_1 = \sqrt{3} \times I \times V_{ac}$$

$$P_1 = \sqrt{3} \times I \times V_{ac}$$

$$3500 \text{ KVA} = \sqrt{3} \times I \times 480 \text{ V}_{ac}$$

$$I = \frac{3.500.000 \text{ VA}}{831,38 \text{ V}_{ac}}$$

$$I = 4209,21 \text{ A}$$

Cálculo de la corriente en el secundario:

$$P_2 = \sqrt{3} \times I \times V_{ac}$$

$$P_1 = \sqrt{3} \times I \times V_{ac}$$

$$3500 \text{ KVA} = \sqrt{3} \times I \times 13.800 \text{ V}_{ac}$$

$$I = \frac{3.500.000 \text{ VA}}{23,902.3 \text{ V}_{ac}}$$

$$I = 146.43 \text{ A}$$

Una vez calculadas las corrientes máximas que pasarán en baja y media tensión ya se tiene todas las corrientes para realizar los cálculos de los conductores, barras comunes y breakers.

3.4. Cálculo de conductores y breakers de fuerza

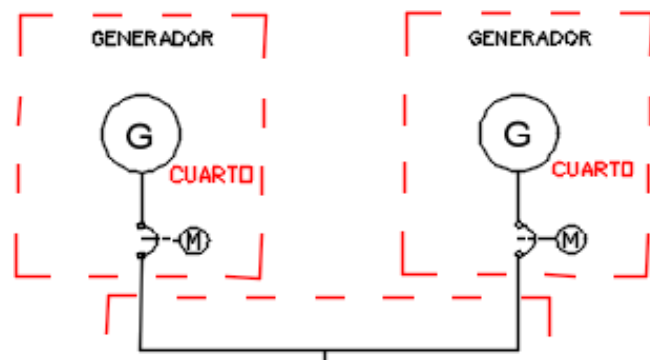
Dentro del cuarto de generadores hay 3 tramos diferentes de cables el tramo que va de cada uno de los generadores a la barra común, pasando por un breaker motorizado, el tramo de la barra común yendo al transformado, pasando por un breaker mecánico y por último la salida del transformador hacia las celdas.

3.4.1. Cálculo de conductor y breaker tramo generador-barra

El primer cálculo que se realizó, fue el tramo del generador a un tablero con una barra común donde se unirán las líneas de ambos generadores. Cada una de las líneas fueron con un breaker motorizado donde se hará el sincronismo de cada generador.

Figura 16

Tramo Generador - Barra Común



Fuente: Fuente: EL autor

Como se observa en la Figura 16, la máxima corriente que pasó por cada línea, fue la máxima permitida por el generador. Para calcular la corriente se utilizó la siguiente fórmula:

$$P_{standby} = \sqrt{3} \times I \times V_{ac}$$

Donde la potencia Standby se puede observar en el "Anexo 1" y el voltaje es 480V .

$$1\,588\,Kva = \sqrt{3} \times I \times 480V_{ac}$$

$$1\,588\,Kva = I \times 831.36V_{ac}$$

$$I = \frac{1\,588\,000va}{831.36V_{ac}}$$

$$I = 1\,910.12\,Amp$$

Con la corriente máxima que pasó en ese tramo por línea se pudo calcular el breaker y el diámetro y número de conductores. Para ambos se utilizaron un 25 % adicional por el factor de seguridad. Por lo que:

$$Capacidad\ del\ breaker = I_{generador} \times 1.25$$

$$Capacidad\ del\ breaker = 1\,910.12A \times 1.25$$

$$Capacidad\ del\ breaker = 2\,387.65\,A$$

Entonces, la capacidad requerida para el breaker es de 2 387,65 amperios. Como esa capacidad no es comercial, se utilizó un breaker de 2500 amperios.

Para el cálculo del cable, también se utilizó un 25 % de factor de seguridad, por lo que se debió calcular el número de cable para 2 387,65 amperios. Se ha decidido utilizar como referencia el cable THW de la marca Electrocables, que, según el fabricante, los conductores de cobre tipo THW pueden ser utilizados para circuitos de fuerza y alumbrado industriales, comerciales donde se requiera de mayor seguridad, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares húmedos, su temperatura máxima de operación es de 75 °C y su voltaje de servicio para todas las aplicaciones es 600 V (Electrocables, 2018).

Figura 17

Tabla de Conductores

FORMACIÓN CABLEADO CONCÉNTRICO						
250	126,7	37	2,41	19,44	1350,37	255
300	152	37	2,41	20,82	1599,11	285
350	177	37	2,41	22,12	1844,34	310
400	203	37	2,41	23,31	2097,39	335
500	253	37	2,41	25,48	2583,14	380
600	304	61	2,79	28,26	3093,36	420
750	380	61	2,79	30,93	3822,35	475
1000	507	61	2,79	34,84	5033,71	545

Fuente: (Electrocables, 2018)

Para el diámetro del conductor se debe dividó la corriente sobre la corriente que soporta el cable. Para este proyecto se utilizó cable 400 mcm,

500 mcm o 600 mcm. Así que se hizo el cálculo de cuantos hilos se va por cada uno para seleccionar el más conveniente.

Cálculo para 400 mcm:

$$\text{Números de hilos} = \frac{2\ 387.65\text{Amp}}{335\text{Amp}}$$

$$\text{Números de hilos} = 7.12$$

Por lo que se redondea a 7 hilos.

Cálculo para 500 mcm:

$$\text{Números de hilos} = \frac{2\ 387.65\text{Amp}}{380\text{Amp}}$$

$$\text{Números de hilos} = 6.28$$

Por lo que se redondea a 7 hilos.

Cálculo para 600 mcm:

$$\text{Números de hilos} = \frac{2387.65\text{Amp}}{420\text{Amp}}$$

$$\text{Números de hilos} = 5.28$$

Por lo que se redondea a 6 hilos.

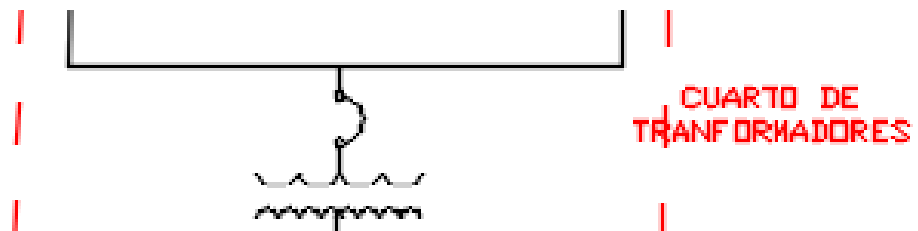
Sabiendo que con el cable de 400 mcm y 500 mcm se necesitarían 7 hilos, se puede asegurar que saldrá más conveniente utilizar 6 hilos de 600 mcm por cada línea.

3.4.2. Cálculo de conductor y breaker, tramo barra-transformador

En el segundo tramo se calculó la barra común, el conductor y el breaker, como se puede observar en la Figura 18.

Figura 18

Tramo Barra Común - Transformador



Fuente: EL autor

En el apartado 3.9, calculamos que la corriente máxima que puede haber en ese tramo es de 4 209 amperios, así que manteniendo el mismo estándar de seguridad aumentamos un 25 % y calculamos:

$$I = 4209 \text{ Amp} \times 1,25$$

$$I = 5261,25 \text{ Amp}$$

La barra común debe ser una barra para 5 300 amperios y el breaker para que sea de una capacidad comercial, es de 6 000 amperios. Para el número de conductores y debido a la dificultad de trabajar de trabajar con cables tan gruesos dentro del tablero, se seleccionó el cable de 600 mcm. Para calcular el número de hilos hacemos el siguiente calculo:

$$\text{Números de hilos} = \frac{5\,261.25\text{Amp}}{420\text{Amp}}$$

$$\text{Números de hilos} = 12.52$$

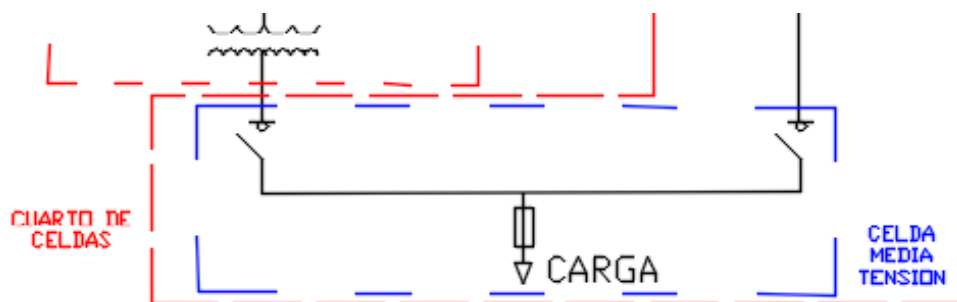
Por lo que se determina que, de la barra común al transformador, se deberá usar 13 cables de 600 mcm.

3.4.3. Cálculo de conductor, tramo transformador-celda

En la sección 3.9 se calculó que la corriente máxima que puede entregar el transformador elevador es de 146.43 amperios, en la Figura 19 se puede observar cual es el recorrido del conductor, es importante señalar que en ese tramo circularan 13 800 V.

Figura 19

Tramo Transformador- Celda



Fuente: EL autor

Para el cálculo se debe tomar en cuenta la Figura 20, donde tenemos las capacidades de los conductores tipo UD, que fueron utilizados alimentadores eléctricos primarios de media tensión, directamente enterrados, en tuberías o canalizaciones eléctricas que pueden ser sobrepuestas o empotradas y en lugares expuestos directamente a la luz solar, tal como se especifica en el National Electrical Code. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación en condiciones normales de trabajo es de 90 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones puede ser de 15 o 25 kV , con un nivel de aislamiento de 100 % y 133 %.(Electrocables, 2018)

Figura 20

Tabla de Capacidades de Conductores MT

CABLE UD, 1/ 3 NEUTRAL 15 kV, 175 mil (100 %), CON CHAQUETA

2	33.62	7	6.81	4.45	16.31	16	6	114	22.95	492.42	165	120
1	42.4	7	7.60	4.45	17.10	16	7	114	23.74	545.83	165	135
1/0	53.49	19	8.55	4.45	18.05	16	9	114	24.69	620.88	215	155
2/0	67.44	19	9.57	4.45	19.07	16	11	114	25.71	705.31	245	175
3/0	85.02	19	10.80	4.45	20.30	16	14	114	26.94	816.11	275	200
4/0	107.2	19	12.10	4.45	21.60	16	17	114	28.24	941.07	315	230
250	126.7	37	14.17	4.45	23.89	14	13	114	31.21	1098.85	345	250
350	177	37	16.79	4.45	26.51	14	18	114	34.35	1419.24	415	305
500	253	37	20.04	4.45	29.76	12	16	114	38.44	1901.36	510	370

Fuente: (Electrocables, 2018)

Según la tabla del fabricante, se debería utilizar con una corriente de 183.03 amperios, debido al 2.5% del margen de seguridad, sería un cable 3/0

para cada línea y para el neutro. Para las celdas de protección también se debe considerar una corriente de 200 amperios.

3.5. Sincronismo

3.5.1. Definición de sincronismo

Para poder trabajar dos o más fuentes de energía eléctrica alterna trabajen en paralelo, es necesario que las fuentes tengan el mismo voltaje, frecuencia y ángulo. Una vez que esos parámetros están iguales en los generadores se podrá cerrar los breakeres y así las potencias de las fuentes se podrán sumar. (Latacunga & Tonato, 2022)

El sincronismo es muy utilizado en los nuevos sistemas de generadores para no tener generadores tan grandes. Las nuevas tendencias es tener más generadores de menor potencia que sumen la potencia total necesitada y así cubrir la demanda total.

3.5.2. Condiciones para realizar un sincronismo

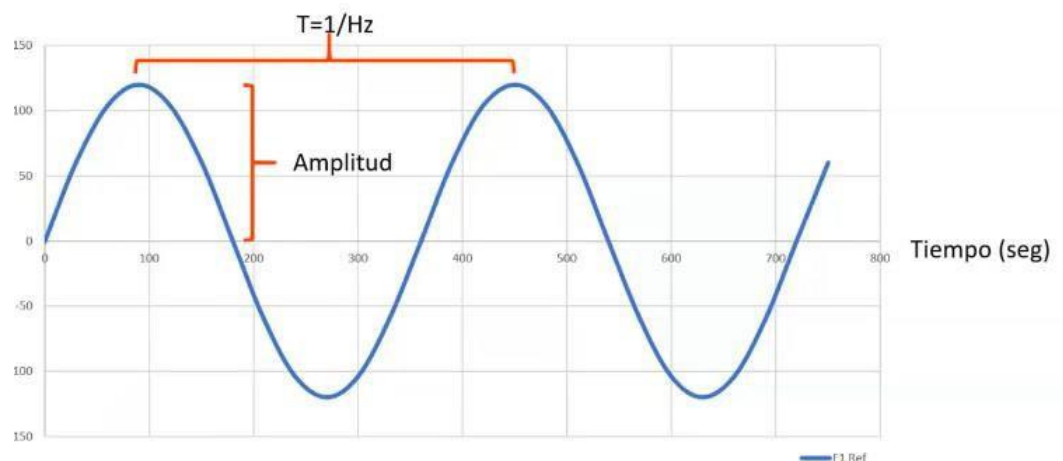
Al momento de realizar un sincronismo lo que se busca es que la diferencia de potencial de las líneas que conmutan entre sí sea muy cercano a 0, es decir que si se mide el voltaje entre línea 1 del generador y línea 1 del

bus el valor sea 0. Para llegar a ese valor hay que hacer 3 parámetros coincida, el voltaje, la frecuencia y el ángulo de las curvas.

Para una mejor comprensión del que sincronismo primero debemos tener claro cómo se comporta la onda de corriente alterna cuando de varía cada uno de los 3 parámetros en el generador. En la Figura 21 podemos observar la curva básica del voltaje generado.

Figura 21

Onda Corriente Alterna Básica



Fuente: EL autor

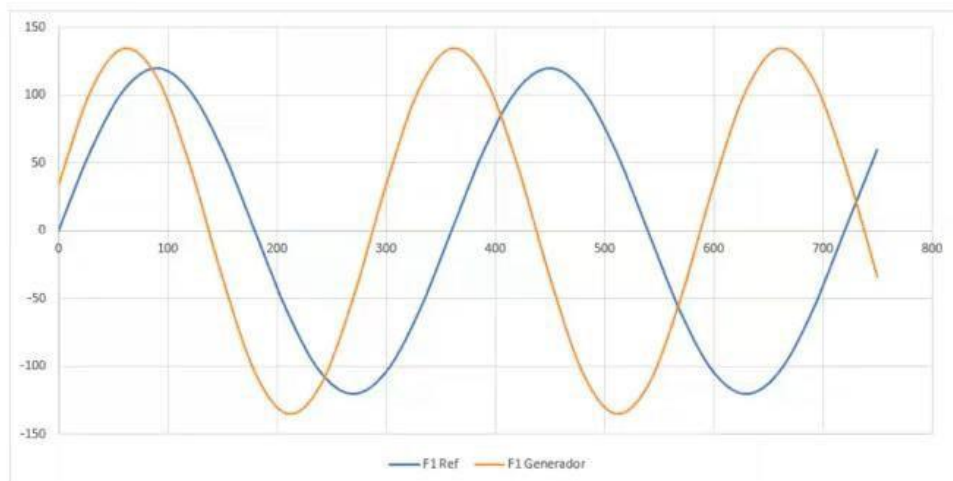
La amplitud no es nada más ni nada menos que la diferencia de potencial que existe, nuestro sistema la amplitud va a ser de 240 voltios, ya que irá de 240V a -240v, los que nos genera una diferencia de potencial de 480V. La frecuencia es cuantas veces se repite el ciclo de la curva en un segundo, en nuestro país trabajamos a 60 Hz, lo que implica que el ciclo se

repite 60 veces en un segundo, por lo que el ciclo toma 16.67 milisegundos en completarse.

Con siguiente ejemplo explica los pasos a seguir para realizar el sincronismo. En la Figura 22 se observa una curva azul, que sería el voltaje del bus (forma a la que se debe llegar) y una curva anaranjada que sería el voltaje del generador. Analizando la figura, se puede determinar que el voltaje del bus es de 120Vac, la frecuencia es de 60 Hz y tiene una diferencia de 15 grados de desfase y el generador tiene 135 V y una frecuencia de 50 Hz.

Figura 22

Pasos para el sincronismo



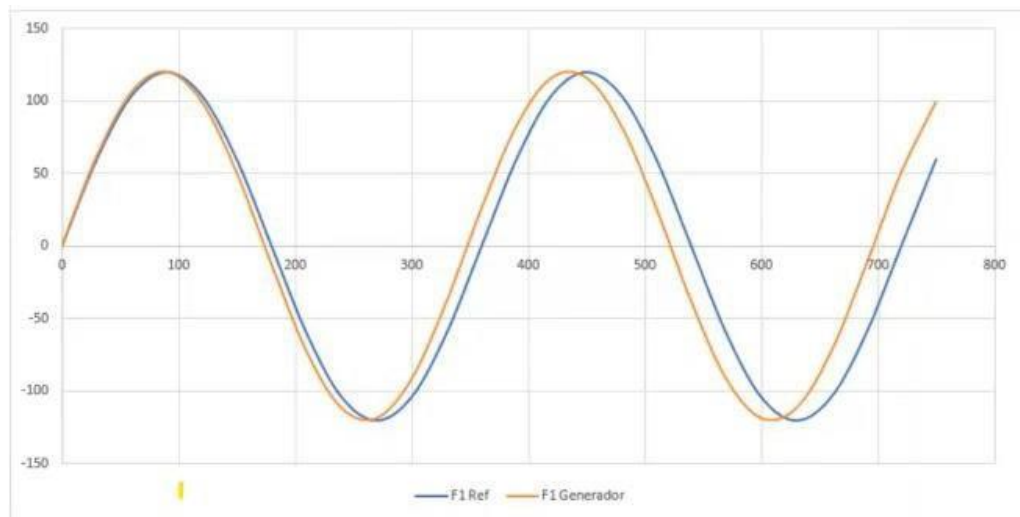
Fuente: El autor

Para poder igualar las curvas lo primero que se debe hacer es igualar los voltajes, para esto se calibra la tarjeta reguladora de voltaje para que

entregue 120 V. Luego de eso, se debe igualar la frecuencia, que se controla con la velocidad del motor, por lo que el ComAp debe acelerar el motor para que la frecuencia llegue a 60 ciclos por segundo.

Figura 23

Voltajes listos para Sincronizar



Fuente: El autor

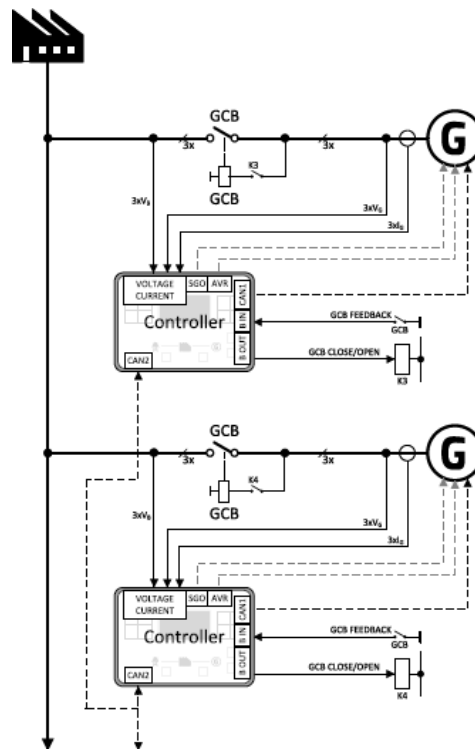
Por último, el ángulo también se regula con la velocidad y cuando los voltajes de ambas fuentes estén como en la Figura 23, se podrá cerrar el breaker y quedaran sincronizados los equipos.

3.5.3. Conexiones mínimas para generadores

Para poder hacer el sincronismo, el control nos pide un número de lecturas mínimas. En la Figura 24, el manual nos detalla todo lo que debemos tener conectado para que el sistema funcione correctamente.

Figura 24

Conexión Mínima para Generadores



Fuente: (ComAp, 2021)

Los controles deben tener la lectura de los siguientes puntos:

- **Lectura de voltaje del generador:** Las lecturas de voltaje son lo más importante ya que con esa lectura el control monitorea la onda y sabrá si puede cerrar el breaker y sincronizar.
- **Lectura de voltaje del bus:** Con esa lectura el control sabrá el voltaje que hay en la barra y si es posible o no hacer el sincronismo

- **Control del breaker:** Esa salida binaria será la encargada de cerrar y abrir el breaker del generador al momento de sincronizar. Dependiendo del modelo del breaker puede tener una sola bobina de cierre/apertura de breaker o tener una bobina de apertura y una bobina de cierre.
- **Control de voltaje del generador:** Para el control de voltaje, se manda una señal de 0 Vdc a 5 Vdc. Si el control manda una señal de 0 Vdc la salida de voltaje va a ser de 465.6 Vac, se la señal es de 2.5Vdc la salida va a ser de 480Vac y si la señal es de 5 Vdc, la salida será de 494.4 Vac. Esta señal es lineal y el control va a poder variarla para igualar al voltaje del bus. Una vez que esté sincronizado el generador, esa misma señal controlará el factor de potencia que va a entregar el generador.
- **Control de velocidad del generador:** Se utiliza una señal análoga de 0 Vdc a 5 Vdc, con esta señal se podrá variar un $\pm 3\%$ de la velocidad nominal de 1 800 RPM, es decir, se podrá bajar a 1 746 RPM y subir a 1 854 RPM, recordar que la velocidad va directamente relacionada con la frecuencia así que se podrá variar un $\pm 3\%$ de la frecuencia.

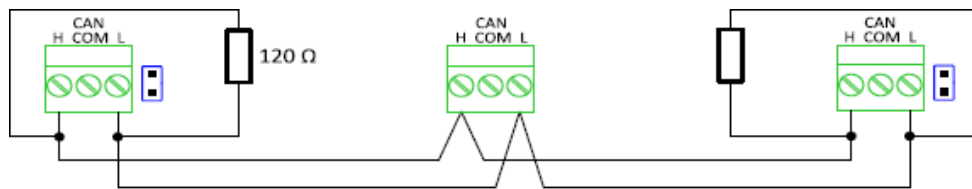
3.5.4. Conexiones mínimas para sincronismo entre generadores y Empresa Eléctrica

Al momento de estar sincronizados los generadores, los controles deben saber cómo se está comportando el otro generador para definir como

se debe comportar. Para eso todos los controles deben estar comunicados por el protocolo de comunicación CAN, como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Conexión de Red CAN



Fuente: (ComAp, 2021)

En la comunicación CAN de los generadores se envían datos como: Voltaje de generador, carga del generador, posición del breaker y la reserva de potencia de cada generador. El control de la tablero de transferencia automática (TTA) envía datos como: Voltaje de Empresa Eléctrica, voltaje del bus, PF del bus, corriente que pasa por el bus, posición de la celda de generadores y la celda de transferencia de Empresa Eléctrica.

3.5.5. Parámetros para sincronismo

Al momento de aplastar el comando de cierre de breaker el control buscará igualar la onda del bus para poder cerrar el breaker y hacer el

sincronismo. Pero es solo será posible si se cumplen 3 condiciones. Entre los *setpoints* del control está el *Voltaje Window*, este es una ventana de porcentaje en que la diferencia de voltaje del generador y del bus no pueden pasar, en caso de que el valor lo pase otra vez deberá cumplirse la condición para poder cerrarse. El *Phase Window*, es la misma característica, pero es respecto a la frecuencia y *Dwell time* es el tiempo que el voltaje y la frecuencia deben estar dentro de las ventanas para poder cerrar el breaker.

Figura 26

Sincronoscopio



Fuente: El autor

En la Figura 26 se puede observar la página de sincronismo, al lado izquierdo se ve el sincronoscopio, donde nos muestra el desfase de ángulo que hay entre el voltaje del bus y del generador, ese valor puede variar de -180° a 180° y se observa una pequeña ventana verde, que va a ser el valor del *setpoint Phase window*. Y para que cierre el breaker debe estar dentro de esa ventana por el tiempo que sea determinado en el *Dwell time*. Se

recomienda para esos valores que no supere un ángulo de 7° y el tiempo no sea inferior a 1 segundo.

3.5.6. Protecciones en los controles de generador

El generador al ser una máquina, está expuesta a averías esas averías pueden causar variaciones en el voltaje generado, lo que podría causar daños a las cargas. Para protegerlas y evitar daños mayores en el mismo equipo, se programan protecciones según lo permitido por el fabricante. En la Tabla 4 se puede observar las protecciones más comunes que se encuentran.

Tabla 4

Protecciones del Generador

OverldStrtEval	110	%
2POvrlidStEvDel	1	s
Min power PtM	2	%
Ishort	300	%
Ishort del	1	s
2Inom del	2	s
Gen >V BOC	107	%
Gen <V BOC	91	%
Gen >V Sd	110	%
Gen V del	5	s
Gen >f	105	%
Gen <f	95	%

Gen f del	5	s
BusMeasError	DISABLED	
Reverse power	5	%
ReversePwr del	5	s
Nom EthFltCurr	10	A
2EthFltCur del	OFF	s
ExcitationLoss	150	%
ExctLoss del	OFF	s
Gen V unbal	10	%
Gen V unb del	5	s
Gen I unbal	50	%
Gen I unb del	5	s

Fuente: El autor

Entre las protecciones más importantes están: Corto circuito, sobre voltaje, bajo voltaje, sobre frecuencia, baja frecuencia, pérdida de excitación, desbalance de voltaje y desbalance de corriente.

3.6. Funciones adicionales del tablero de transferencia automática

Al igual que los generadores, la energía de la Empresa Eléctrica también tiene con control, que monitorea y protege las cargas. Este quipo toma mediciones de voltaje antes de la celda y mediciones de voltaje y corriente en el bus y con esos valores el determina si el voltaje está correcto

para ser entregado a las cargas. Para determinar si el voltaje es permitido, se tienen *setpoints* de:

- Sobre voltaje
- Bajo voltaje
- Sobre frecuencia
- Baja frecuencia
- Sobre corriente
- Detección de cortocircuito

Con esos parámetros el controlador determina si el voltaje tiene todas las condiciones dentro de los parámetros establecidos para poder utilizar la energía de la red pública. Si un valor llega a pasar los límites el equipo abrirá la celda de CNEL y mandará a arrancar los generadores y tomarán toda la carga hasta el momento en que la energía vuelva a tener los valores admitidos.

Una vez haya transcurrido un tiempo de estabilización, para asegurarse que se mantenga el voltaje, el Intelimains (el control de la transferencia) empezará a controlar los Inteligen (los controles de los generadores) y empezará a sincronizarlos y una vez el ángulo no se pase de los 7° y se mantenga más de 1 segundo, el control cerrará la celda de la EE y quedarán en paralelo los generadores y la Empresa Eléctrica por 30 segundos, luego de eso el control abrirá la celda de generadores y los apagará. Estos controles

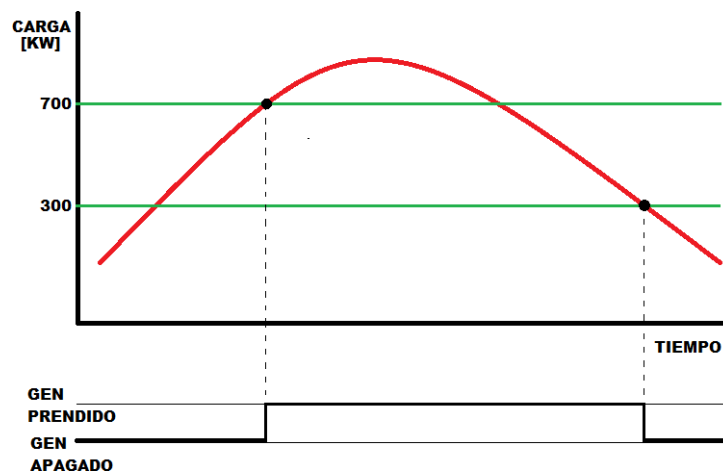
tienen unas funciones adicionales para poder usar de manera más eficientes los generadores, que serán explicados en los siguientes puntos.

3.6.1. Cortes de picos de demanda

Como observó en el capítulo II, el voltaje suministrado por la Empresa Eléctrica empieza a bajar a medida que la carga de La Camaronera empieza a aumentar, por lo que se decidió utilizar la opción del corte de picos de la TTA. Esta función se programa para cuando el InteliMains detecte que el consumo pasó de un nivel, mande a arrancar los generadores, se sincronicen con la carga y empiecen a tomar da diferencia de potencia.

Figura 27

Función de Corte de Picos



Fuente: El autor

En este proyecto se debería programar para que los generadores se enciendan cuando el consumo de la carga es mayor a los 700 Kw y se apaguen cuando la carga sea inferior a los 300 Kw. En la Figura 27 se puede observar cómo sería el comportamiento del generador.

Al usar esta función se está ahorrando una buena cantidad de combustible ya que si se tuviera este sistema de sincronismo, la TTA marcará un bajo voltaje y abriría la celda y si por ejemplo, se tendría 1 000 Kw en carga, viendo las especificaciones del motor, el consumo de los 2 sería un total de 74 galones por hora, pero gracias al sistema que implementaría solo se encendería un generador, que estaría al 40% de carga y estaría consumiendo alrededor de 32 galones por hora, lo que implica un ahorro de 42 gph.

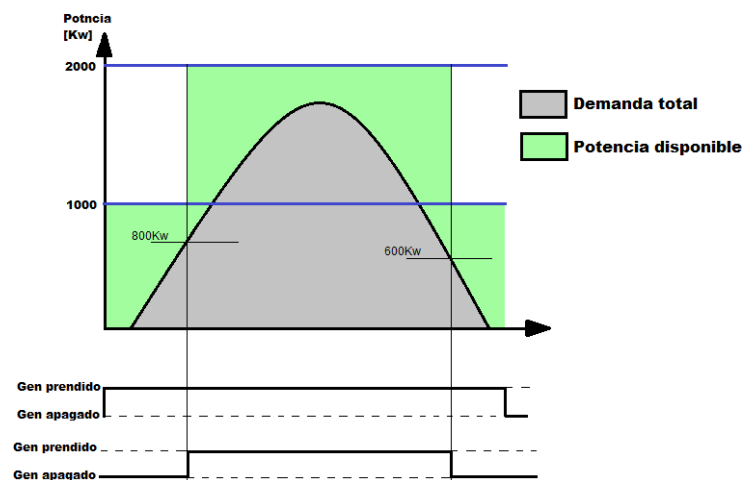
3.6.2. Manejo de potencia (Ahorro de recursos)

El manejo de potencia es una función que se utiliza para tener un manejo eficiente de los generadores, es decir, dependiendo de la carga va a estar uno o dos generadores encendidos, basado en la potencia mínima que podría tener cada generador (30 % de su capacidad nominal), según lo visto anteriormente y su potencia de reserva no se menor a un 20 % para que el segundo generador tenga tiempo de prender y sincronizarse antes de que suba más la carga.

En este proyecto se conoce que se utilizarán generadores de 1 000 Kw, por lo que la potencia mínima con la que pueden trabajar es 300 Kw y la potencia de reserva mínima no sea menor a un 20 %, decir 800 Kw. Esa potencia mínima se debe porque, al trabajar por largas jornadas con poca carga, los generadores no llegan a una temperatura correcta de funcionamiento y genera que no se quemara correctamente todo el combustible que entra a la cámara de combustión y se produzca carbón en las camisas.

Figura 28

Manejo de Generadores Según la Carga



Fuente: El autor

Como se puede observar en la Figura 28 el primer generador siempre va a estar encendido y a medida que la carga pase de 800 Kw, el segundo generador va a arrancar y sincronizarse con el primero. A medida que va bajando la carga y se mantenga por debajo de 600 Kw el segundo equipo se

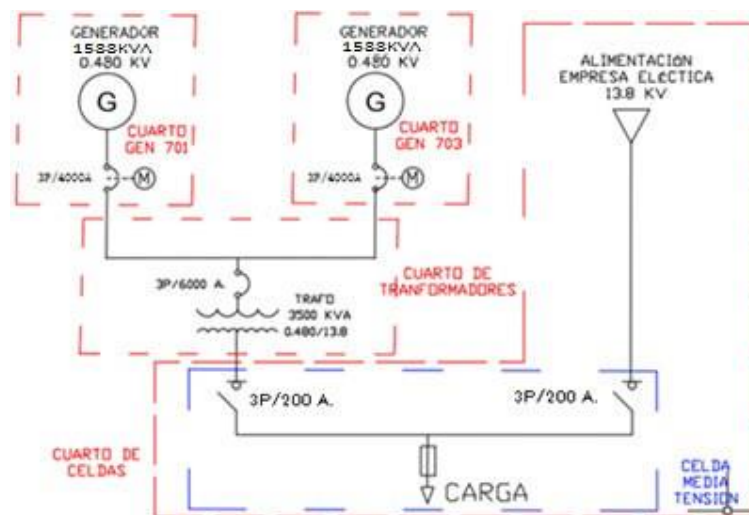
va a apagar y solo se quedará trabajando un generador, ahorrando una gran cantidad por día.

3.7. Diseño de tablero de transferencia y plano de fuerza

Con toda la información obtenida y los cálculos realizados se realizaron los planos de todo el sistema generación eléctrica en AUTOCAD, tanto de la disposición de los equipos en los tableros (Anexo 2) como de los diagramas de control (Anexo 3).

Figura 29

Diagrama de Fuerza Final



Fuente: El autor

En la Figura 29 se puede observar como quedó el diagrama final de fuerza con todos sus elementos de protecciones.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

El proyecto de titulación se ha podido desarrollar con éxito gracias a los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, que permitió analizar los inconvenientes que suceden con el voltaje de CNEC y diseñar un sistema de respaldo de energía.

Gracias a la función de corte de picos de demanda, se ha podido aumentar la confiabilidad del sistema, disminuyendo los cortes de energía por bajo voltaje. Y con la ayuda de del sistema de manejo de potencia, que nos ayuda a prender los generadores de una forma eficiente nos ayuda a ahorrar hasta 46 galones por hora que se puede traducir a un ahorro anual cercano a USD \$ 705 000.

Con el diseño de este sistema se puede asegurar que los objetivos planteados se han cumplido ya que el sistema brindará confiabilidad, está generando un ahorro importante de dinero y a la vez con el diésel que no se está consumiendo, se baja la huella de carbono que produce La Camaronera.

4.2. Recomendaciones

Entre las recomendaciones generales para el sistema propuesto para el sistema de respaldo de La Camaronera se detallan las siguientes:

- Realizar capacitaciones al personal técnico de La Camaronera para socializar el funcionamiento del sistema, la operación en modo manual, los planos de los tableros y la solución de posibles alarmas.
- Realizar inspecciones diarias tanto a los generadores, como a transformador y los paneles para asegurarse que se encuentren en condiciones de funcionamiento.
- Se recomienda instalar un tercer generador para tener respaldo adicional para que en caso de que estén trabajando 2 generadores y se presente una alarma en uno y se salga del sistema, no se pierda la mitad de la potencia.
- Se recomienda instalar un sistema de monitoreo remoto para poder visualizar el comportamiento de un sistema mediante un sistema de monitoreo SCADA desde cualquier parte de La Camaronera.

ANEXOS

Anexo 1

Specification sheet



Diesel generator set KTA50 series engine



1000kVA - 1675kVA 50 Hz
1120kW - 1545kW 60 Hz

Description

This Cummins® Power Generation commercial generator set is a fully integrated power generation system, providing optimum performance, reliability, and versatility for stationary standby, prime power, and continuous duty applications.

Features

Cummins® heavy-duty engine - Rugged 4-cycle industrial diesel delivers reliable power, low emissions and fast response to load changes.

Permanent magnet generator (PMG) - Offers enhanced motor starting and fault clearing short circuit capability.

Alternator - Several alternator sizes offer selectable motor starting capability with low reactance 2/3 pitch windings; low waveform distortion with non-linear loads, fault clearing short-circuits capability, and class F or H insulation.

Control system - Standard PowerCommand® electronic control provides total system integration including remote start/stop, precise frequency and voltage regulation, alarm and status message display, AmpSentry protection, output metering, auto-shutdown.

Cooling system - Standard integral set-mounted radiator system, designed and tested for rated ambient temperatures, simplifies facility design requirements for rejected heat.

Enclosures - Optional weather-protective and sound-attenuated enclosures are available.

Warranty and service - Backed by a comprehensive warranty and worldwide distributor network.

Model	Standby rating		Prime rating		Emissions compliance	Data sheets	
	50 Hz kVA (kW)	60 Hz kW (kVA)	50 Hz kVA (kW)	60 Hz kW (kVA)		TA Luft - EU Stage	50 Hz
C1400 D5	1400 (1120)		1250 (1000)			DS44-CPGK	
C1675 D5	1675 (1340)		1400 (1120)			DS46-CPGK	
C1675 D5A	1675 (1340)		1500 (1200)			DS47-CPGK	
C1250 D6		1270 (1588)		1120 (1400)		DS84-CPGK	
C1500 D6		1545 (1931)		1286 (1608)		DS85-CPGK	

Our energy working for you.™

©2013 Cummins Power Generation Inc. | SS16-CPGK-RevB (1/13)

cumminspower.com

Generator set specifications

Governor regulation class	ISO 8528 G2
Voltage regulation, no load to full load	± 1%
Random voltage variation	± 1%
Frequency regulation	Isochronous
Random frequency variation	± 0.25%
EMC compatibility	BS EN 61000-6-4 / BS EN 61000-6-2

Engine specifications

Design	4 cycle, V-black, turbo charged and after-cooled
Bore	158.8 mm (6.25 in)
Stroke	158.8 mm (6.25 in)
Displacement	50 L (3067 in ³)
Cylinder block engine	Sixteen-cylinder vee formation, direct injection, four-cycle diesel
Battery capacity	1800 amps at ambient temperature 32°F (0°C)
Battery charging alternator	55 amps
Starting voltage	24- volt, negative ground
Fuel system	Direct injection
Fuel filter	Dual spin on paper element fuel filters with standard water separator
Air cleaner type	Dry replaceable element
Lube oil filter type(s)	Spin-on paper element full flow and bypass lube oil filters
Standard cooling system	104°F (40°C) ambient radiator

Alternator specifications

Design	Brushless, 4 pole, drip proof revolving field
Stator	2/3 pitch
Rotor	Direct coupled by flexible disc
Insulation system	Class H
Standard temperature rise	
Exciter type	PMG (Permanent magnet generator)
Phase rotation	A (U), B (V), C (W)
Alternator cooling	Direct drive centrifugal blower fan
AC waveform total harmonic distortion	No load <1.5%. Non distorting balanced linear load <5%
Telephone influence factor (TIF)	< 50% per NEMA MG1-22.43
Telephone harmonic factor (THF)	No load <1.5%. Non distorting balanced linear load <5%

Available voltages

50 Hz line – neutral / line - line		60 Hz line – neutral / line - line	
• 220/380*	• 1905/3300	• 219/380	• 2400/4160
• 230/400	• 3640/6300	• 254/440	• 7200/12470
• 240/415	• 3810/6600	• 277/480	• 7620/13200
• 254/440	• 6350/11000	• 347/600	• 7970/13800

*Derate may be applicable at this voltage. Please consult the factory for details.

Generator set options

Engine

- Heavy duty air filter
- Water jacket heater 220/240 v

Cooling

- Antifreeze 50/50 (Ethylene glycol)

Enclosure

- High-cube 40 ft container

Alternator

- Alternator heater
- High humidity isolation
- Exciter voltage regulator (PMG)

Control panel

- 3 pole main circuit breaker
- 4 pole main circuit breaker

Warranty

- 5 years for standby application
- 2 years for prime application

Silencer

- 9 dB attenuation critical silencer
- 25 dB residential – delivered loose

*Note: Some options may not be available on all models - consult factory for availability.

Our energy working for you.™

©2013 Cummins Power Generation Inc. | SS16-CPGK-RevB (1/13)

cumminspower.com

PowerCommand 3.3 Control System



An integrated microprocessor based generator set control system providing voltage regulation, engine protection, alternator protection, operator interface and isochronous governing. Refer to document S-1570 for more detailed information on the control.

AmpSentry – Includes integral AmpSentry protection, which provides a full range of alternator protection functions that are matched to the alternator provided.

Power management – Control function provides battery monitoring and testing features and smart starting control system.

Advanced control methodology – Three phase sensing, full wave rectified voltage regulation, with a PWM output for stable operation with all load types.

Communications interface – Control comes standard with PCCNet and Modbus interface.

Regulation compliant – Prototype tested: UL, CSA and CE compliant.

Service – InPower™ PC-based service tool available for detailed diagnostics, setup, data logging and fault simulation.

Easily upgradeable – PowerCommand controls are designed with common control interfaces.

Reliable design – The control system is designed for reliable operation in harsh environment.

Multi-language support

Operator panel features

Operator/display functions

- Displays paralleling breaker status
- Provides direct control of the paralleling breaker
- 320 x 240 pixels graphic LED backlight LCD
- Auto, manual, start, stop, fault reset and lamp test/panel lamp switches
- Alpha-numeric display with pushbuttons
- LED lamps indicating genset running, remote start, not in auto, common shutdown, common warning, manual run mode, auto mode and stop

Paralleling control functions

- First Start Sensor System selects first genset to close to bus
- Phase Lock Loop Synchronizer with voltage matching
- Sync check relay
- Isochronous kW and kVar load sharing
- Load govern control for utility paralleling
- Extended Paralleling (baseload/peak shave) Mode
- Digital power transfer control, for use with a breaker pair to provide open transition, closed transition, ramping closed transition, peaking and base load functions,

Alternator data

- Line-to-neutral and line-to-line AC volts
- 3-phase AC current
- Frequency
- kW, kvar, power factor kVA (three phase and total)

Engine data

- DC voltage
- Engine speed
- Lube oil pressure and temperature
- Coolant temperature
- Comprehensive FAE data (where applicable)

Other data

- Genset model data
- Start attempts, starts, running hours, kW hours
- Load profile (operating hours at % load in 5% increments)
- Fault history
- Data logging and fault simulation (requires InPower)

Standard control functions

Digital governing

- Integrated digital electronic isochronous governor
- Temperature dynamic governing

Digital voltage regulation

- Integrated digital electronic voltage regulator
- 3-phase, 4-wire line-to-line sensing
- Configurable torque matching

AmpSentry AC protection

- AmpSentry protective relay
- Over current and short circuit shutdown
- Over current warning
- Single and three phase fault regulation
- Over and under voltage shutdown
- Over and under frequency shutdown
- Overload warning with alarm contact
- Reverse power and reverse var shutdown
- Field overload shutdown

Engine protection

- Battery voltage monitoring, protection and testing
- Overspeed shutdown
- Low oil pressure warning and shutdown
- High coolant temperature warning and shutdown
- Low coolant level warning or shutdown
- Low coolant temperature warning
- Fail to start (overcrank) shutdown
- Fail to crank shutdown
- Cranking lockout
- Sensor failure indication
- Low fuel level warning or shutdown
- Fuel-in-rupture-basin warning or shutdown
- Full authority electronic engine protection

Control functions

- Time delay start and cool down
- Real time clock for fault and event time stamping
- Exerciser clock and time of day start/stop
- Data logging
- Cycle cranking
- Load shed
- Configurable inputs and outputs (4)
- Remote emergency stop

Options

- Auxiliary output relays (2)

Our energy working for you.™

©2013 Cummins Power Generation Inc. | SS16-CPGK-RevB (1/13)

cumminspower.com

Emergency standby power (ESP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for the duration of power interruption of a reliable utility source. Emergency Standby Power (ESP) is in accordance with ISO 8528. Fuel Stop power in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Limited-time running power (LTP):

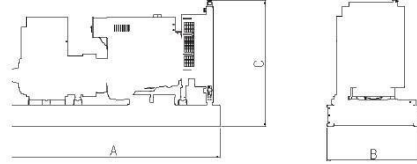
Applicable for supplying power to a constant electrical load for limited hours. Limited Time Running Power (LTP) is in accordance with ISO 8528.

Prime power (PRP):

Applicable for supplying power to varying electrical load for unlimited hours. Prime Power (PRP) is in accordance with ISO 8528. Ten percent overload capability is available in accordance with ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.

Base load (continuous) power (COP):

Applicable for supplying power continuously to a constant electrical load for unlimited hours. Continuous Power (COP) in accordance with ISO 8528, ISO 3046, AS 2789, DIN 6271 and BS 5514.



This outline drawing is to provide representative configuration details for Model series only.



See respective model data sheet for specific model outline drawing number.

Do not use for installation design

Model	Dim "A" mm	Dim "B" mm	Dim "C" mm	Set Weight* dry kg	Set Weight* wet kg
C1400 D5	5105	2000	2238	9099	10075
C1675 D5	5690	2033	2330	10324	10626
C1675 D5A	5690	2033	2330	10324	10626
C1250 D6	5105	2000	2238	9009	10075
C1500D6	5690	2033	2330	10024	10326

* Note: Weights represent a set with standard features. See outline drawings for weights of other configurations.

Codes and standards

	This generator set is designed in facilities certified to ISO 9001 and manufactured in facilities certified to ISO 9001 or ISO 9002.	2000/14/EC	All enclosed products are designed to meet or exceed EU noise legislation 2000/14/EC step 2006.
	This generator set is available with CE certification.	ISO 8528	This generator set has been designed to comply with ISO 8528 regulation.

Cummins Power Generation

Europe, CIS, Middle East and Africa

Manston Park Columbus Ave.
Manston, Ramsgate
Kent CT12 5BF United Kingdom
Phone 44 1843 255000
Fax 44 1843 255902

Americas

1400 73rd Avenue N.E.
Minneapolis, MN 55432 USA
Phone 763 574 5000
Fax 763 574 5298

Asia Pacific

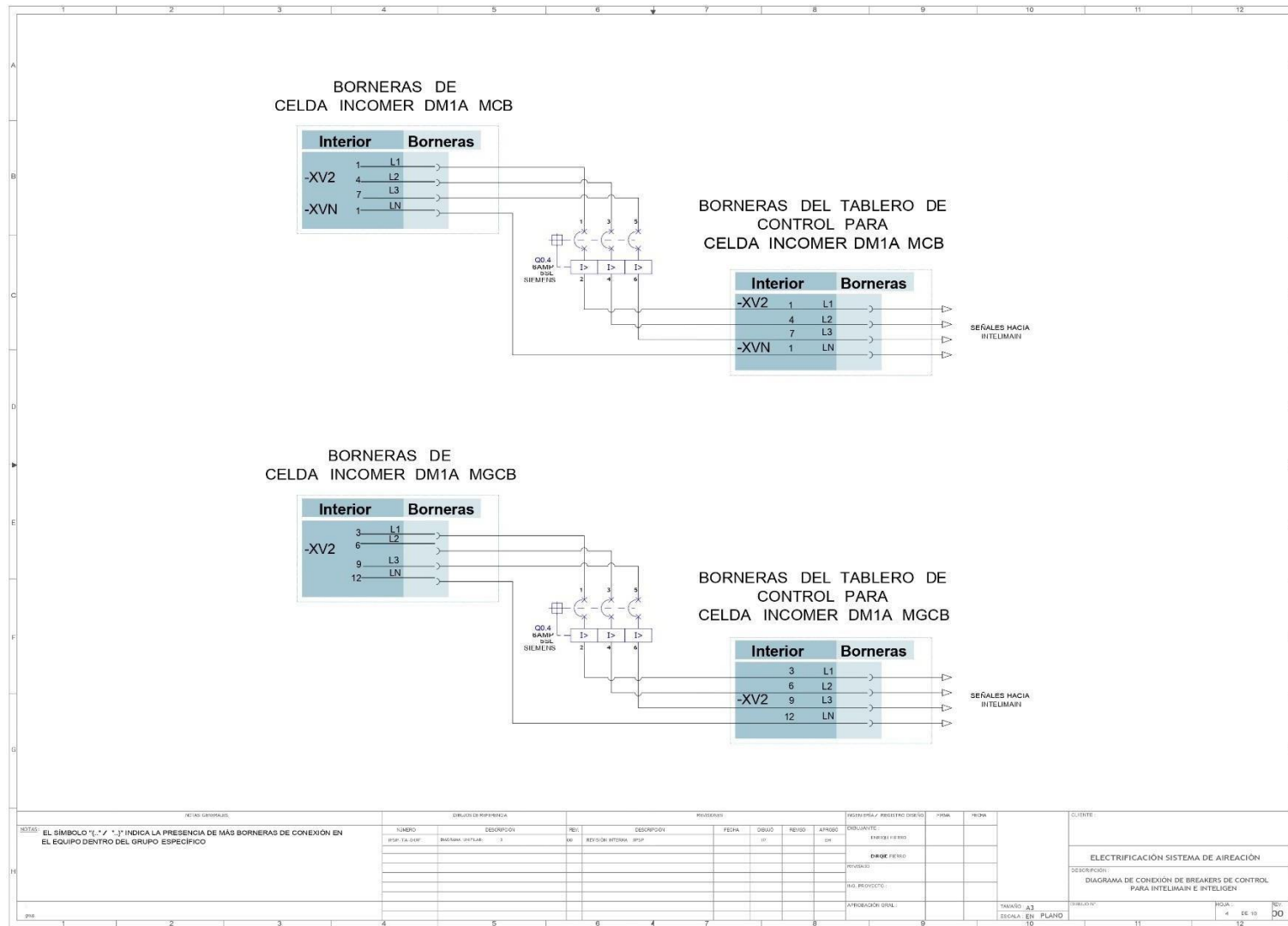
10 Toh Guan Road #07-01
TT International Tradepark
Singapore 608838
Phone 65 6417 2388
Fax 65 6417 2399

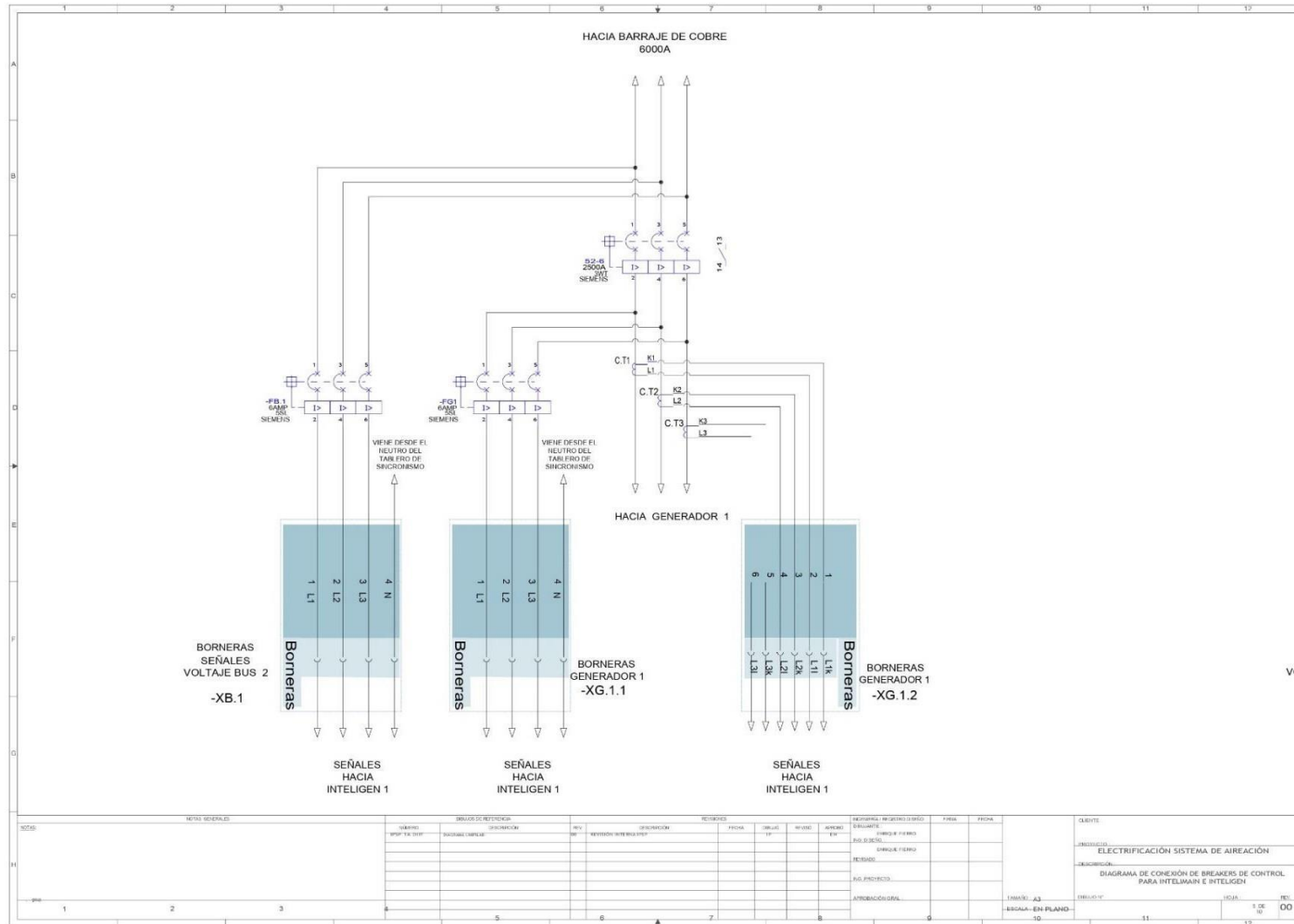
Our energy working for you.™

©2013 Cummins Power Generation Inc. All rights reserved.
Cummins Power Generation and Cummins are registered trademarks of Cummins Inc. PowerCommand, AmpSentry, InPower and "Our energy working for you.™" are trademarks of Cummins Power Generation. Other company, product, or service names may be trademarks or service marks of others. Specifications are subject to change without notice.
SS16-CPGK-RevB (1/13)



cumminspower.com





REFERENCIAS

- Boyd, C. (2020, enero 20). *Uso de energía en la aireación de estanques acuícolas, Parte 1—Responsible Seafood Advocate*.
<https://www.globalseafood.org/advocate/uso-de-energia-en-la-aireacion-de-estanques-acuicolas-parte-1/>
- Cámara Nacional de Acuicultura. (2022, marzo 31). *Estadísticas—Cámara Nacional de Acuicultura*. <https://www.cna-ecuador.com/estadisticas/>
- Cevallos Coronel, F. A. (2022). *Sistema de sincronización para el laboratorio físico de sistemas eléctricos de potencia*. [BachelorThesis, Quito: EPN, 2022.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23367>
- ComAp. (2021). *IG-NTC-BB (350x259)*. <https://cdn.comap-control.com/getmedia/4ba58999-1d74-47ef-8758-fe1a32df887a/IG-NTC-BB?maxsidesize=350>
- Cummins (2015.). Recuperado 3 de marzo de 2023, de <https://dieselval.com/pdf/C30D6.pdf>
- Daelim-electric (2020). Daelim-electric. Recuperado 27 de diciembre de 2022, de <https://daelim-electric.com/es/cual-es-la-capacidad-del-transformador/>
- Dozier, C. (s. f.). *Understanding Generator Set Ratings*.
Ecuatran. (s. f.). Recuperado 3 de enero de 2023, de <https://www.ecuatran.com/es/portafolio/transformador-de-reparacion/>

Eelectrocables- (2018). Recuperado 4 de enero de 2023, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>

Electrocables (2018). Recuperado 3 de marzo de 2023, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/cata-logo-electrocables-2018.pdf>

Ficha-tecnica-thhn-so-lido-14.pdf. (s. f.). Recuperado 3 de marzo de 2023, de <https://www.electrocable.com/uploads/catficha/ficha-tecnica-thhn-so-lido-14.pdf>

Generador eléctrico. (s. f.). Endesa. Recuperado 15 de diciembre de 2022, de <https://www.fundacionendesa.orghttps://fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educacion/recursos/generador-electrico>

Gobierno Nacional– Ministerio de Energía y Minas. (2022). Recuperado 15 de diciembre de 2022, de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/gobierno-nacional-entrega-nuevo-sistema-de-transmision-electrico-en-duran/>

Illesca Cangalaya, E. M. (2019). Diseño de un sistema de sincronismo automático para una central térmica de 4.5 MW con 3 grupos electrógenos en un proyecto minero del sur del Perú. *Universidad Tecnológica del Perú.* <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2592>

ISO (2018.). Recuperado 19 de diciembre de 2022, de <https://www.sis.se/api/document/preview/80000987/>

ISO. (2018). *ISO 8528-1:2018.* ISO. <https://www.iso.org/standard/68539.html>

Latacunga Pilatasig Juan Santiago (2022). Recuperado 16 de enero de 2023, de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9314/1/PI-002148.pdf>

Latacunga Pilatasig, J. S., & Tonato Toainga, E. R. (2022). *Análisis y monitoreo de operación de sincronismo de los generadores de baja potencia* [BachelorThesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/9314>

Marfell, R. (s. f.). *Demystifying Generator Set Ratings*.

Meza López, C. O. (2022). Diseño eléctrico de baja tensión para el área de formulación láctea en la empresa Laive Ate-Vitarte, 2020. *Repositorio Institucional* - UTP. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6188>

MHeducation (2022.). Recuperado 15 de diciembre de 2022, de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448127641.pdf>

Muñoz, T., & Pablo, J. (s. f.). *Manual de operación y mantenimiento eléctrico del generador síncrono de una unidad de generación de la Central Hidroeléctrica Paute Sopladora*.

Otavo, G. A. A. (2019). *Cálculos eléctricos para diseño de transformador trifásico reductor de tensión de 75 kVA,*.

Palomino Ugarte, V. E. (2021). Desarrollo de un sistema de utilización en media tensión de 22.9 kV, en el aumento de carga en 300 kW en la planta C.M. Mineralium en Lurigancho Chosica. *Repositorio Institucional - UTP*. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/5492>

Rojas, I. G. (2018). *GRUPOS ELECTROGENOS. PRICIPIOS BASICOS*

- Samanez, K. D. M. (2020, octubre 2). FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR MARINO DIESEL DE 2 Y 4 TIEMPOS. *Marine and Naval Engineering*.
<https://marineandnavalengineering.com/articulos/funcionamiento-del-motor-marino-diesel-de-2-y-4-tiempos/>
- Sánchez M, O. L., Velasco Medina, J., & Lozano, C. A. (2006). Diseño de una aplicación para la gestión de carga en transformadores de distribución. *Ingeniería e Investigación*, 26(3), 85-92.
- Transec. (2021, mayo 29). Cálculo de transformador trifásico y monofásico. *App Game Tutoriales*. <https://appgametutoriales.com/calculo-de-transformador-trifasico-y-monofasico/>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **FIERRO CAMPOVERDE, ENRIQUE**, con C.C: # **0918642547** autor/a del trabajo de titulación: **ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE RESPALDO ELÉCTRICO CON RETRANSFERENCIA CERRADA Y SINCRONISMO PARA EL SECTOR ACUICOLA EN LA PARROQUIA TAURA, PROVINCIA DEL GUAYAS** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELÉCTRICO MECÁNICO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de febrero del 2023

f. 

Fierro Campoverde Enrique

C.C: **0918642547**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis y diseño de un sistema de respaldo eléctrico con retransferencia cerrada y sincronismo para el sector acuicola en la parroquia Taura, provincia del Guayas		
AUTOR(ES)	Fierro Campoverde, Enrique		
REVISOR(ES)/TUTOR	Msc. Gallardo Posligua Jacinto Esteban		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	14 de febrero de 2023	No. DE PÁGINAS:	75
ÁREAS TEMÁTICAS:	Redes de Distribución		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Tecnologías, Sincronismo, Retransferencia cerrada, confiabilidad, recursos, huella de carbono		

Resumen El sector acuícola, al ser el sector económico con el mayor crecimiento previsto en los próximos años, se ha convertido en uno de los sectores en los que se está implementando muchas mejoras tecnológicas. Entre ellas, la electrificación de las camaroneras y es la que mayor inversión requiere. En el presente trabajo de titulación se realizará un análisis de la calidad de energía eléctrica suministrada por la Empresa Eléctrica a una camaronera en el sector de Taura, en la provincia de Guayas y mediante el sistema de respaldo de energía con sincronismo entre generadores y retransferencia cerrada con la Empresa Eléctrica se buscará generar la mayor confiabilidad de la producción del camarón y al menor costo de producción de energía utilizando sistemas de automatización en los generadores para que estos se prendan y se apaguen dependiendo de la demanda de la carga y así, no solo se ahorraran recursos, si no también se reducirá la huella de carbono que se genera en La Camaronera.

ADJUNTO PDF:	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593995148830	E-mail: enriquefierroc@hotmail.com
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo MGS.	
	Teléfono: +593-995147293	
	E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec	

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

No. DE REGISTRO (en base a datos):	
No. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	