

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE GENERADOR DE ENERGÍA DE 56 kW CON TABLERO DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE TRANSICIÓN CERRADA

**INFORME DE SUFICIENCIA
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR:
WILDER JOSÉ BARRIENTOS CARPIO**

**PROMOCIÓN
2007-1**

**LIMA-PERÚ
2011**

**INSTALACIÓN Y PUESTA EN SERVICIO DE GENERADOR
DE ENERGÍA DE 56 kW CON TABLERO DE
TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE TRANSICIÓN
CERRADA**

A Dios

Mis padres

Mi universidad

SUMARIO

En el presente trabajo se describe la puesta en servicio y consideraciones a tomar para la instalación de un grupo electrógeno y su respectivo tablero de transferencia de transición cerrada, que para este caso será el de tipo “cerrada momentánea”.

El caso de estudio se sitúa para una estación base de telefonía celular ubicada en el Oxapampa, Pasco.

Para el desarrollo del informe se recurre a los documentos técnicos de los equipos. También el informe se apoya en las diversas normas existentes en la materia, básicamente las normas NFPA (National Fire Protection Association), NEMA (National Electrical Manufacturers Association), IEC (International Electrotechnical Committee), ISO (International Organization for Standardization), CSA (Canadian Standards Association), NEC (National Electrical Code), UL (Underwriters Laboratories), y el CNE (Código Nacional de Electricidad).

El informe se divide en cuatro capítulos principales y sus respectivos anexos. Se desarrollan los aspectos técnicos y normativos relacionados a los grupos electrógenos y a los tableros de transferencia, se expone la metodología para la instalación y puesta en servicio de un generador de energía con tablero de transferencia automática de transición cerrada, y se presenta un caso de estudio sobre la instalación y puesta en servicio y las consideraciones para un generador accionado por motor diesel operando en modo standby con un sistema de respaldo de energía con transferencia automática cerrada

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA	3
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Objetivos del trabajo.....	3
1.3 Evaluación del problema	3
1.4 Alcance del trabajo	4
1.5 Síntesis del trabajo	6
CAPÍTULO II	
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	6
2.1 Tableros de transferencia automática.....	6
2.1.1 Aspectos generales	6
2.1.2 De transición cerrada.....	14
2.2 Grupos electrógenos	18
2.2.1 Aspectos técnicos.....	18
2.2.2 Aspectos legales	29
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	32
3.1 Plataforma de concreto.....	32
3.1.1 Cimientos y montaje	32
3.1.2 Cimiento aislante de vibración	33
3.2 Almacenamiento de combustible	35
3.2.1 Diseño mecánico de sistemas de combustible	35
3.3 Suministro de combustible.....	37
3.4 Nivel de ruido	39
3.4.1 La ciencia del ruido.....	39
3.4.2 Niveles de ruido.....	40
3.4.3 Casetas acústicas	41
3.5 Sistema de ventilación.....	42
3.6 Cálculos del flujo del aire.....	43
3.7 Sistema de escape	44

3.8	Instalación eléctrica	49
3.8.1	Consideraciones de diseño	49
3.8.2	Consideraciones de conexión a.c. en el generador	49
3.9	Aterramiento.....	51
3.10	Accesorios importantes	52
3.10.1	Calentadores de agua	52
3.10.2	Aisladores de vibración.....	52
3.11	Monitoreo	54
3.12	Programa de mantenimiento.....	55
CAPÍTULO IV		
EJEMPLO DE APLICACIÓN.....		
4.1	Ubicación y características climatológicas	59
4.2	Lógica de funcionamiento.....	60
4.3	Trabajos a realizar	60
4.4	Descripción de los equipos a instalar.....	61
4.4.1	Grupo electrógeno.....	61
4.4.2	Tablero de transferencia automática cerrada.....	67
4.4.3	Tanque de combustible	68
4.5	Pruebas y configuraciones en taller	69
4.6	Consideraciones para la instalación	70
4.6.1	Consideraciones para la instalación	70
4.6.2	Estudio almacenamiento de combustible.....	70
4.6.3	Estudio de suministro de combustible.....	71
4.6.4	Estudio de ruido generado por el grupo electrógeno	71
4.6.5	Estudio de ventilación del grupo electrógeno.....	72
4.6.6	Estudio de sistema de escape y emisión de gases.....	73
4.6.7	Estudio de sistema de escape y emisión de gases.....	74
4.6.8	Sistema de aterramiento.....	75
4.6.9	Accesorios.....	75
4.7	Anclaje y conexión de grupo electrógeno y tablero de transferencia.....	76
4.7.1	Conexiones de conductores de fuerza.....	76
4.7.2	Conexiones de señal	77
4.7.3	Conexiones auxiliares.....	78
4.8	Acabados, señalizaciones e inspección final	78
4.8.1	Revisión de la parte eléctrica.....	78
4.8.2	Revisión del grupo electrógeno	79

4.8.3 Prueba de los sistemas de ventilación en campo	79
4.9 Puesta en servicio	80
4.9.1 Acta de puesta en servicio de grupos electrógenos	80
4.9.2 Acta de puesta en servicio del tablero de transferencia	81
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
ANEXO A TABLAS DE ESPECIFICACIONES DE COMBUSTIBLE	86
ANEXO B DIAGRAMA DE GANTT	89
ANEXO C DATOS TÉCNICOS DE COMPONENTES DEL GRUPO ELECTRÓGENO	91
ANEXO D COSTOS DE INSTALACIÓN Y SUMINISTRO	96
ANEXO E COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA	99
ANEXO F GLOSARIO DE TÉRMINOS	101
BIBLIOGRAFÍA	104

INTRODUCCIÓN

El sistema de respaldo de energía básicamente lo constituye el generador que comúnmente se le denomina grupo electrógeno, el tablero de transferencia, y la infraestructura que amortigua las vibraciones, los ruidos, el conexionado eléctrico de los equipos.

La instalación del sistema de respaldo de energía debe cumplir ciertas consideraciones que son ampliamente normadas por diversas entidades y que serán comentadas en el presente informe.

Los sistemas convencionales de respaldo de energía (de transferencia abierta) presentan deficiencias en el proceso de retorno a la energía comercial en relación con los actuales sistemas (de transferencia cerrada). Los sistemas normalmente son del tipo abierto son aquellos equipos que teniendo dos fuentes de energía, no admiten ambas fuentes como alimentación. Sólo precisan una sola fuente, mientras que los sistemas con transferencia cerrada son aquellos equipos que teniendo dos fuentes de energía, pueden lograr el paralelismo entre ambas fuentes para alimentar una carga común.

El presente informe tiene como objetivo principal exponer la puesta en servicio y consideraciones a tomar cuando se instala un tablero de transferencia de transición cerrada, que para este caso será el de tipo "cerrada momentánea". Así mismo se incluye en el informe lo referente a la instalación y puesta en servicio de un grupo electrógeno a manera de caso de estudio.

El informe se divide en cuatro capítulos principales:

- El primer capítulo expone el planteamiento de ingeniería del problema, es decir, se concentra en hacer una breve descripción de la problemática, plantear el objetivo del informe y hacer una evaluación del problema.
- El segundo capítulo desarrolla los aspectos teóricos para la comprensión de la parte aplicativa del informe. Está dividido en dos secciones, la primera describe lo correspondiente a los tableros de transferencia automática, en esta se ven los aspectos generales, es decir los técnicos y los legales, finalmente se enfoca en el sistema de transferencia cerrada en la que igualmente se analizan los tipos de esta tecnología.
- El tercer capítulo expone la metodología para la instalación y puesta en servicio de generador de energía con tablero de transferencia automática de transición cerrada. El

capítulo se divide en doce secciones: Plataforma de concreto, almacenamiento de combustible, suministro de combustible, nivel de ruido, sistema de ventilación, cálculos del flujo del aire, sistema de escape, instalación eléctrica, aterramiento, accesorios importantes, monitoreo y programa de mantenimiento.

- En el cuarto capítulo presenta un ejemplo de aplicación sobre la instalación y puesta en servicio y consideraciones acerca de un generador accionado por motor diesel operando en modo standby con un sistema de respaldo de energía con transferencia automática cerrada.

El informe se complementa con los anexos en donde presentan las tablas de especificaciones de combustible, el diagrama de Gannt, datos técnicos de componentes del grupo electrógeno y glosario de términos.

Las fuentes bibliográficas utilizadas para el desarrollo del presente informe son principalmente los documentos técnicos de los equipos, además de las normas NFPA, NEMA, IEC, ISO, CSA, NEC, UL y el CNE del Perú

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DE INGENIERÍA DEL PROBLEMA

En este capítulo se realiza los planteamientos de ingeniería del problema, primeramente se hará una breve descripción del problema exponiendo, consecutivamente se determina el objetivo del trabajo, además se hace una evaluación del problema precisando finalmente los alcances del informe.

1.1 Descripción del problema

Deficiencias en el proceso de instalación y puesta en servicio de grupos electrógenos modernos y accesorios que exigen las normas actuales.

1.2 Objetivos del trabajo

Describir la instalación y puesta en servicio de un generador de energía con tablero de transferencia automática de transición cerrada con el propósito de optimizar el proceso de retorno de energía y brindar las condiciones óptimas de operación.

1.3 Evaluación del problema

Los sistemas convencionales de respaldo de energía en la actualidad son de tipo abierto. Básicamente lo constituye el generador que comúnmente se le denomina grupo electrógeno, el tablero de transferencia, y la infraestructura que amortigua las vibraciones, los ruidos, el conexionado eléctrico de los equipos, leyes medio ambientales(emisión de gases y ruido).

Este conjunto de equipos se le denomina Equipo de respaldo eléctrico. Y se activan cuando:

- No hay suministro eléctrico de la red comercial
- La energía comercial no cumple con el voltaje, ni frecuencia estándar.

Para un hospital o un centro comercial, el simple hecho de existir un corte de energía eléctrica por algunos segundos demanda una gran pérdida tanto funcional como económica.

Aún en la actualidad existen modernos sistemas que pueden asumir la carga, tienen un tiempo de retardo hasta de 2 segundos. Y después de haber retornado la energía comercial el sistema automático debe apagarse para permanecer en estado de stand by. Al sistema descrito anteriormente se le denomina Transición Abierta.

Los costos operativos diarios y medidos por hora indican numéricamente el valor que deja que producir un equipo cuando sufre un corte intempestivo de energía eléctrica.

Los sistemas convencionales, es decir los sistemas de transferencia abierta. En estos sistemas la parte crítica de su operación radica en la lógica de funcionamiento.

Los cortes de suministro eléctrico, por lo general, son anunciados previamente. Sin embargo también se debe tener en cuenta los cortes de energía intempestivos (de parte del proveedor). Cuando no existe un correcto mantenimiento del equipo de respaldo puede ocasionar inconvenientes.

Al producirse el corte de energía, es el tablero de transferencia automática el encargado de realizar la conmutación entre las dos fuentes de energía. Por lo tanto, después de pasado unos instantes, el tablero procede a encender el grupo electrógeno. Sin embargo éste equipo, dependiendo de la potencia demandada, podrá estar listo para asumir carga pasado algunos segundos o hasta varios minutos dependiendo de la relación de carga y potencia del grupo electrógeno.

Al volver el suministro de la energía comercial, el tablero de transferencia nuevamente es el encargado de sensar y efectuar el cambio a red comercial nuevamente. Sin embargo, para realizar ésta operación, debe primero desconectarse de la energía del grupo electrógeno para luego conectarla a la red comercial. Esta operación es de algunos segundos dependiendo la programación puede ser más pero no menos de 1 segundo en los equipos convencionales. Sin embargo éste tiempo es suficiente para que equipos presenten problemas de funcionalidad.

El problema radica en que muchos equipos que no cuenten con un sistema de respaldo dotado por bancos de baterías van a sufrir cortes de energía luego que el tablero de transferencia automática, también conocido como ATS (Automatic transfer Switch), se conecte. Esto sucede con los tableros de transferencia de transición abierta usados comúnmente.

Para evitar el problema mencionado, una nueva tecnología de tableros de transferencia ha sido desarrollada, los de transición cerrada, cuyo uso se está difundiendo. Esta tecnología permite que se logre colocar en simultáneo ambas energías (la de la red comercial y la del grupo electrógeno) por un pequeño instante, evitando que la carga perciba el cambio de fuente a la que ha sido sometido.

1.4 Alcance del trabajo

El inconveniente y principal razón es actualizar el procedimiento de instalación y puesta en servicio y revisar un ejemplo de aplicación a los sistemas modernos de transferencia denominados transferencia cerrada.

En el informe se estudia el funcionamiento de un sistema con transferencia abierta, para posteriormente explicar lo correspondiente al sistema de transferencia cerrada.

El objetivo principal es describir la puesta en servicio y consideraciones a tomar cuando se instala un tablero de transferencia de transición cerrada, que para este caso será el de tipo "cerrada momentánea". Así mismo se incluye en el informe lo referente a la instalación y puesta en servicio de un grupo electrógeno de 56 kW a manera de caso de estudio.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

En este capítulo se exponen las bases teóricas conceptuales más importantes para la comprensión del sistema descrito en el presente informe.

Los elementos principales de un sistema de respaldo de energía lo constituyen los grupos electrógenos y los tableros de transferencia automática. Estos deben adecuar su instalación a ciertos requerimientos normados.

2.1 Tableros de transferencia automática

Esta sección está enfocada a describir los aspectos técnicos y legales relacionados a los tableros de transferencia automática. Así mismo se desarrolla lo correspondiente a los dos tipos de tecnologías principales: los de transición abierta y los de transición cerrada. La sección se enfoca en desarrollar esta última tecnología.

2.1.1 Aspectos generales

La presente subsección abarca, tanto los aspectos técnicos y legales.

a. Técnicos

Este ítem desarrolla los aspectos técnicos fundamentales de los sistemas de transferencia automática.

a.1 Definición de interruptor de transferencia

Los interruptores de transferencia trasladan la carga de un circuito a otro en caso de falla de energía. Son utilizados tanto en subestaciones eléctricas como en industrias.

a.2 Funciones de un tablero de transferencia

Las principales son las siguientes:

- Conducir corriente continuamente.
- Detectar fallas eléctricas en la fuente normal.
- Inicializar la fuente alterna.
- Transferir cargas a la fuente alterna
- Detectar restablecimiento de la fuente normal.
- Retransferir cargas de la fuente normal.
- Soportar y mantenerse cerrado ante fallas por cortocircuito.

a.3 Partes fundamentales de un interruptor de transferencia

Está definida por tres partes principales:

- **La unidad de potencia.**- La cual está conformada por cuatro elementos: mecanismo operador, contactos principales, contactos de control y auxiliares, conexiones de Potencia
- **Panel de control.**- Se compone de lo siguiente: detector de voltaje y frecuencia, temporizador, controles de entrada/salida, y dispositivos indicadores.
- **El gabinete.**- Existen tipos de gabinete según sea el caso, esencialmente son los tableros murales y los tableros autosoportados. Las características principales son:
 - Tablero con grados de protección IP según sea el caso, fabricado de plancha de acero LAF (Acero laminado en frío) de diversos espesores. Formado de una sola pieza perfilada y doblada.
 - La puerta delantera con chapa de seguridad.
 - Apertura de la puerta superior a 120°.
 - Decapado químico, pintura base anticorrosiva y pintura de acabado normalmente se solicita la pintura RAL 7032.
 - Contra placa para fijación de equipos eléctricos.
 - Placa inferior de fácil retiro para disponer entrada y salida de cables y otra disposición.

a.4 Aplicaciones y usos de los tableros de transferencia

Tenemos entre las aplicaciones principales a las siguientes:

- Hospitales y otros centros de salud.
- Telecomunicaciones.
- Centros de cómputo/datos.
- Procesos y edificios industriales.
- Bancos/instituciones financieras.
- Aeropuertos.
- Hoteles y resorts.
- Edificios de oficinas.
- Instalaciones del gobierno y militares.
- Sistemas de seguridad.

a.5 Modos de transferencia

Existen dos familias principales de métodos de transferencia: transferencia abierta y transferencia cerrada.

- **Sistemas con transferencia abierta.**- Son aquellos equipos que teniendo dos fuentes de energía, no admiten ambas fuentes como alimentación. Sólo precisan una sola fuente.
- **Sistemas con transferencia cerrada.**- Son aquellos equipos que teniendo dos fuentes de energía, pueden lograr el paralelismo entre ambas fuentes para alimentar una carga común.

La Figura 2.1 ilustra estos dos tipos de transferencia, y adicionalmente la

transferencia programada

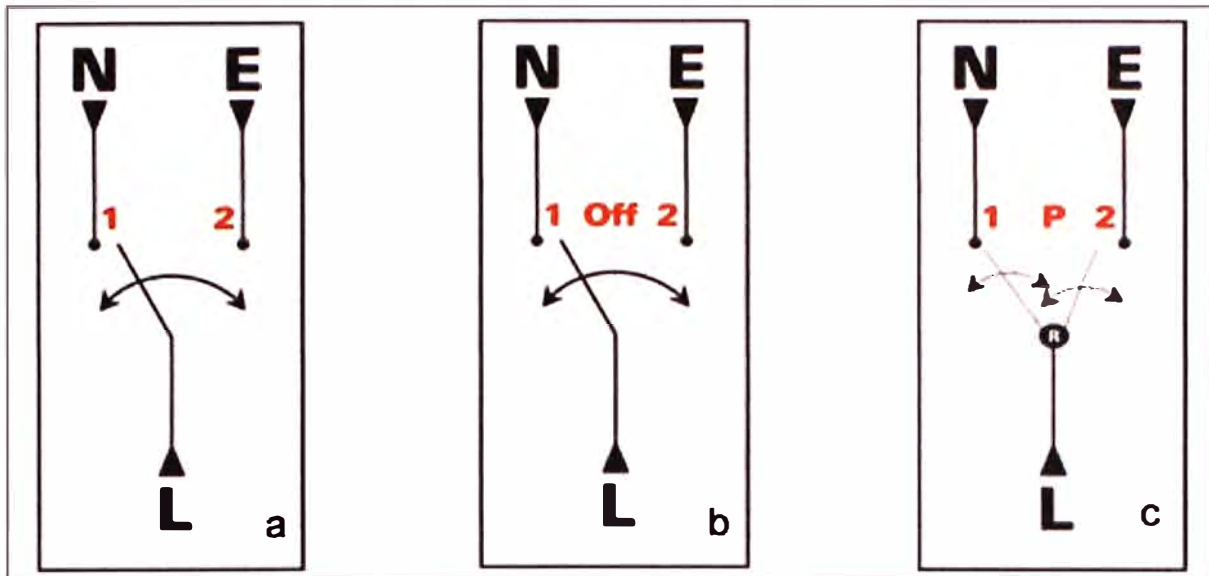


Figura 2.1 Modos de transferencia: a) abierto; b) programado, c) cerrado.

a.6 Tecnologías de tableros de transferencia automática abierta

Existen tres principales:

- Tablero de transferencia con breakers
- Enclavamiento mecánico de doble tiro
- Utilizando contactores eléctricos

i. Tablero de transferencia con breakers

Estos equipos son diseñados en caja moldeada, son mecánica y eléctricamente enclavados. El sistema mecánico debe ser omitido para transiciones cerradas. Sin embargo requeriría controles preventivos de salida de fase del paralelismo.

Está operado por un motor el cual cierra o realiza la apertura del sistema mecánico. La Figura 2.2 ilustra el comportamiento de este tipo de tablero de transferencia.

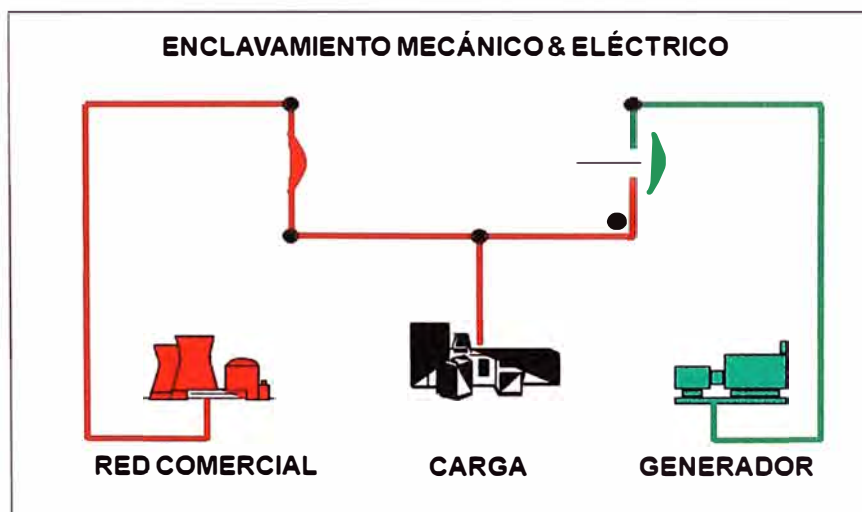


Figura 2.2 Comportamiento de tableros con breakers

Estos equipos de caja moldeada pueden realizar rápidamente el cambio de fuente.

También al usar éstos tableros se requiere protección externa contra los sobre voltajes.

Existen breakers con protección interna a sobrecorrientes, con los cuales se hace innecesaria la protección externa.

ii. Enclavamiento mecánico de doble tiro

La construcción conmutativa de los mecanismos es diseñada específicamente para uso de dos fuentes. Las protecciones contra sobrecorriente son necesarias. A éstos dispositivos también se les llama conmutadores motorizados. La Figura 2.3 ilustra su comportamiento.

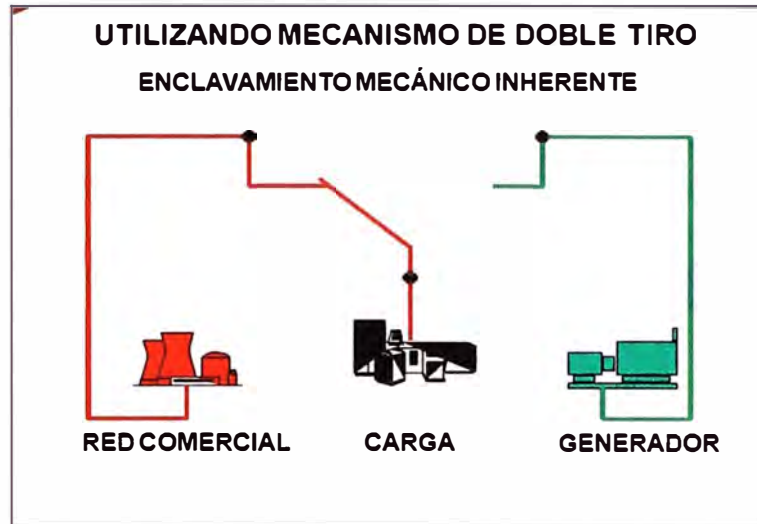


Figura 2.3 Comportamiento de tableros con doble tiro

iii. Utilizando contactores eléctricos

La construcción de éste tipo de tableros son de par mecánico y eléctricamente enclavados. Se tienen dos contactores que actúan independientemente con solenoides independientes. Sin embargo el PLC que gobierna éste sistema permite que uno esté abierto y el otro esté cerrado por defecto. Con eso ambas fuentes jamás estarán en contacto. La Figura 2.4 ilustra su comportamiento.

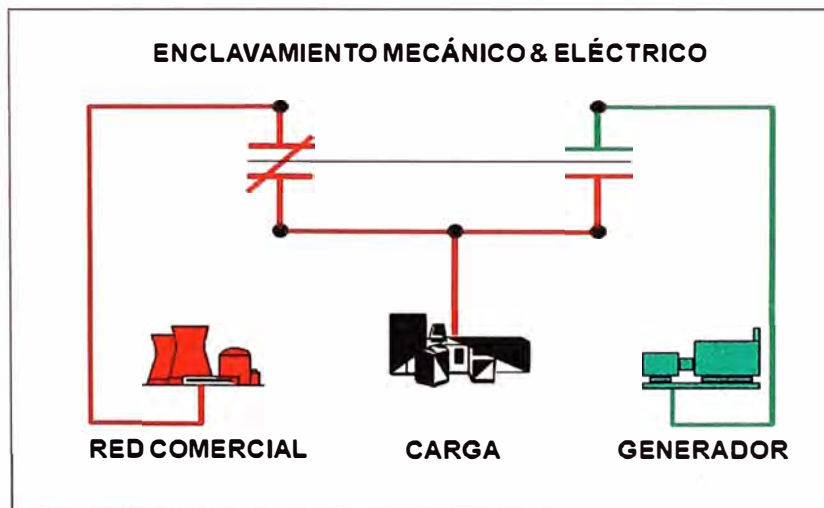


Figura 2.4 Comportamiento con contactores eléctricos

Las desventajas de éste sistema de transferencia radica cuando existen altas cargas superiores a los 600 Amperios. En corrientes superiores existe demasiada pérdida de energía por medio de los contactos lo cual ocasiona pérdidas económicas y según la UL 1008 éste tablero de transferencia debe operar en condiciones de temperatura exigidas en la norma. Los sistemas con contactores son usados en sistemas con baja corrientes por su costo principalmente y su operación es suficientemente estable.

b. Legales

Existen diversas normas y recomendaciones relacionadas a estos sistemas. Estas son desarrolladas a continuación

b.1 Norma NFPA 70

La National Electrical Code (NEC) o la NFPA 70 (Nacional Fire Protection Association) [1], establecen las características que deben cumplir las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica.

Para el caso de estudio, esta norma involucra el artículo 700 "Sistemas de Emergencia". En general el artículo 700 consta de diversos subartículos (700 a 770), cada uno con sus acápite correspondientes.

- La 700, ve los aspectos generales, La 700.9 "Wiring, Emergency System", define los temas de identificación y de cableado.
- El 702 de la NFPA está dedicado a Sistemas Stand By. El 702.6 define a los equipos de transferencia como equipo diseñado para prevenir cortes inadvertidos de energía que tiene la función de transferir la carga desde una fuente principal a una fuente de emergencia.

También está considerado el artículo 700 "Instalaciones para Centros de Salud".

- El artículo 517.32 inciso E indica que los tableros de los Generadores estacionarios de respaldo deben estar iluminados y hace referencia al cargador flotante de baterías.

b.2 NFPA 99

La norma NFPA 99 [2] es aplicada para instalaciones para cuidados de la salud. El artículo 4.4.2.1.4 indica las características de un tablero de transferencia.

- Un tablero de transferencia puede ser eléctricamente operado o mecánicamente. El mecanismo de transferencia transfiere o retransfiere la carga automáticamente.
- Indica excepciones cuando el tablero de transferencia está en modo manual.
- Debe disponer un enclavamiento para sólo disponer una sola fuente y evitar la interconexión.
- Debe contar con medidores de voltaje
- Debe tener retardo de tiempo para inicializar el uso de a fuente alternativa
- Debe tener retardo de tiempo para transferir a la fuente alternativa

- Debe tener retardo de tiempo para retransferir a la fuente principal
- Debe tener una llave para testeo, es decir para simular el corte de la fuente de poder normal.
- Debe disponer de indicadores de posición de las llaves. Indicadores cuando opera en fuente principal y en fuente alternativa.
- Debe contar con un manual de control y operación.
- Debe disponer de retardo de tiempo para apagado del grupo electrógeno
- Para uso de motores eléctricos con arranque simple debe ser prevista adecuadamente para evitar las sobrecorrientes originadas por el arranque.
- La línea neutral debe contar con aislamiento y separado del conductor de tierra.

El artículo 4.4.3.2 abarca sobre tableros de transferencia, sus protecciones y su lógica operación.

b.3 NFPA 110

El estándar para los sistemas de emergencia y respaldo [3] contiene en su capítulo 6 lo relacionado a equipamiento para llaves de transferencia. Se detalla a continuación:

En 6.1 "General":

- 6.1.1.- Los interruptores transferirán cargas eléctricas de una fuente de poder a otro
- 6.1.2.- El tamaño del tablero y su capacidad de corriente será clasificada según el tamaño para la carga total que es diseñada para estar conectada.
- 6.1.3.- Cada interruptor estará en un compartimiento cercado y separado
- 6.1.4.- La capacidad del interruptor, incluyendo todos los componentes que transmiten la corriente de carga será diseñada para incluir todas las cargas a ser conectadas.
- 6.1.5.- El interruptor, incluyendo todos los componentes que transportan la corriente de carga, será diseñado para resistir las corrientes de falla.
- 6.1.6.- Cada interruptor se encontrará enumerados para el servicio de emergencia como para servicio principal

En 6.2 "Características de los tableros de transferencia automática":

- 6.2.1 General. Los interruptores automáticos de transferencia debe ser capaces de todos lo siguiente: capacidad de operación eléctrica y mecánica, transferencia y la retransferencia de la carga automáticamente, monitoreo de la fuente principal:

Detección de bajo voltaje y será provisto para monitorear todas las líneas de la fuente primaria de poder como sigue: (1) Cuando el voltaje en cualquier fase cae debajo del voltaje operativo mínimo, el interruptor de transferencia automáticamente iniciará el encendido del motor y el proceso de transferencia para la fuente de alimentación de emergencia. (2) Cuando el voltaje en todas las fases de la línea principal vuelva a su rango normal comienza un tiempo programable para inicializar el retorno a la fuente

primaria. (3) Visualización cuando opera en automático y en manual.

Debe estar provisto de un medidor de voltaje y frecuencia, además de una línea para aterramiento.

Transferir a la fuente de emergencia cuando el voltaje y frecuencia se encuentren dentro del rango aceptable de operación.

- 6.2.3 Debe existir enclavamiento o un sistema alterno apropiado que impida la conexión de las dos fuentes.

- 6.2.4 Debe existir un manual de operación en el Tablero

Este equipo debe incluir un manual para retransferencia manual si el tablero funciona incorrectamente.

El tablero debe anunciar visualmente cuando “ no opera en automático.”

- 6.2.5 Tiempo de retardo para activar el sistema de emergencia

- 6.2.6 Tiempo de retardo para control de encendido del generador

- 6.2.7 Tiempo de retardo para transferencia de fuente

El retraso de tiempo comenzará cuando el voltaje y frecuencia se encuentren dentro del rango establecido para operación.

Los tiempos de retardo serán permitidos también en el control del generador.

- 6.2.8 Tiempo de retardo para retransferencia a fuente primaria y se estabilice la fuente primaria.

- 6.2.9 Tiempo de retardo si existe falla del sistema de emergencia

- 6.2.10 Para el apagado del generador de tiempo mínimo de 5 minutos.

El retraso de 5 minutos mínimo no será requerido para equipos menores de 15 kW

Un temporizador no será necesario debido a que éste retardo debe estar incluido en el generador.

- 6.2.11 El sistema de emergencia debe incluir un reloj de ejercicios.

La transferencia cambia de fuente principal a fuente de emergencia para alimentar la carga y en caso de que el sistema de emergencia falle deberá volver automáticamente a fuente principal.

El reloj de ejercicios puede ser instalado en el panel de control del generador o en el tablero de transferencia

El reloj de ejercicios no será requerido en centros de salud que proveen el mantenimiento de conformidad con NFPA 99, Estándar para Centros de Salud.

- 6.2.12. Todo Tablero de transferencia será provisto de un llave que permita simular una falta de energía de la fuente principal.

- 6.2.13 Existirá luces indicadores la cuales señalarán la posición del interruptor en fuente principal o fuente de emergencia.

- 6.2.14. Debe existir protección contra sobre corriente tanto en el generador como el tablero de transferencia.
- 6.2.15 Existencia del conductor aislado neutro separado de la tierra.
- 6.2.16 Enclavamiento y con operación manual o eléctrico y remoto

Enclavamiento Confiable mecánico interbloqueado, o un método alternativo aprobado, que impedirá la interconexión inadvertida de la fuente primaria de poder y con la fuente de emergencia.

Indicadores de posición del Interruptor.

b.4 UL 1008

UL (Underwriters Laboratories) [4], ha desarrollado más de 1,000 estándares para seguridad. Estos son esenciales para la seguridad pública y confiabilidad, reduciendo costos, mejorando la calidad, y el mercadeo de productos y servicios. Millones de productos y sus componentes, son probados bajo los rigurosos estándares de seguridad, con el resultado que los consumidores vivan en un ambiente más seguro de lo que comúnmente podrían tener.

La UL 108 [5] exige especificaciones para la fabricación de los equipos. En resumen la norma indica lo siguiente:

- b.4.1.-Los requerimientos para los tableros de transferencia automática para uso de sistemas de emergencia.
- b.4.2.-Estas exigencias cubren el rango hasta 6000 Amperios y debajo de 600 voltios.
- b.4.3.-Los tableros de transferencia deben tener controles como testeadores de voltaje, frecuencia, temporizadores como mínimo.

b.5 UL 2200

Esta norma [6] indica todo lo recomendable para ensamblado de generadores estacionarios y equipos anexos.

- Construcción.
- Sistemas mecánicos – Construcción.
- Sistemas mecánicos – Performance.
- Evaluación.
- Señalizando.
- Pruebas de fabricación y producción.

b.6 Código nacional de electricidad peruano

El Código Nacional de Electricidad – Utilización [7] , tiene como objetivo establecer las reglas preventivas para salvaguardar las condiciones de seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal, y de la propiedad, frente a los peligros derivados del uso de la electricidad; así como la preservación del ambiente y la protección del Patrimonio Cultural

de la Nación. Los artículos involucrados son los siguientes:

- 080-612 Equipos de Transferencia para Sistemas de Suministro de Energía de Emergencia

Los equipos de transferencia para los sistemas de suministro de energía de emergencia, deben prevenir la interconexión inadvertida de las fuentes de suministro normal y de emergencia en cualquier tipo de operación.

- 240-204 Control

La alimentación para sistemas de emergencia debe estar controlada por un sistema automático de transferencia de carga, que energice los sistemas de emergencia desde el momento de la falla de la alimentación normal, y debe ser accesible sólo a personas autorizadas.

Se permite un dispositivo automático accionado por luz, aprobado para este propósito que sea usado para controlar separadamente, las luces ubicadas en un área adecuadamente iluminada durante las horas de iluminación natural, sin la necesidad de iluminación artificial.

2.1.2 De transición cerrada

Es una nueva tecnología que va creciendo sus aplicaciones debido a las exigencias en otros países sobre todo en instituciones dedicadas a la salud y que proporciona muchas ventajas respecto a los sistemas convencionales.

Existen diversos tipos los cuales serán desarrollados a continuación [8].

a. Transición cerrada momentánea

Este tipo de transición tiene paralelismo en un grado mínimo. No supera los 100ms que ambas fuentes de alimentación alimentan la carga. Por su aplicación los circuitos alimentados son cargas no sensibles a la transferencia de fuente.

La Figura 2.5 muestra las fases de comportamiento las cuales son descritas a continuación:

1. Al retornar la energía de la red pública ésta es detectada por el tablero de transferencia.
2. El tablero de transferencia ajusta el voltaje y frecuencia del Grupo Electrónico para estar en sincronía con la red pública.
3. El tablero de transferencia logra el paralelismo entre las dos fuentes cuando el voltaje y frecuencia están en sincronía.
4. Se activa el temporizador el cual permite sólo 100ms de paralelismo
5. Cumplido el tiempo se apertura la fuente procedente del Grupo Electrónico.
6. Se activa la señal de apagado del grupo electrónico.

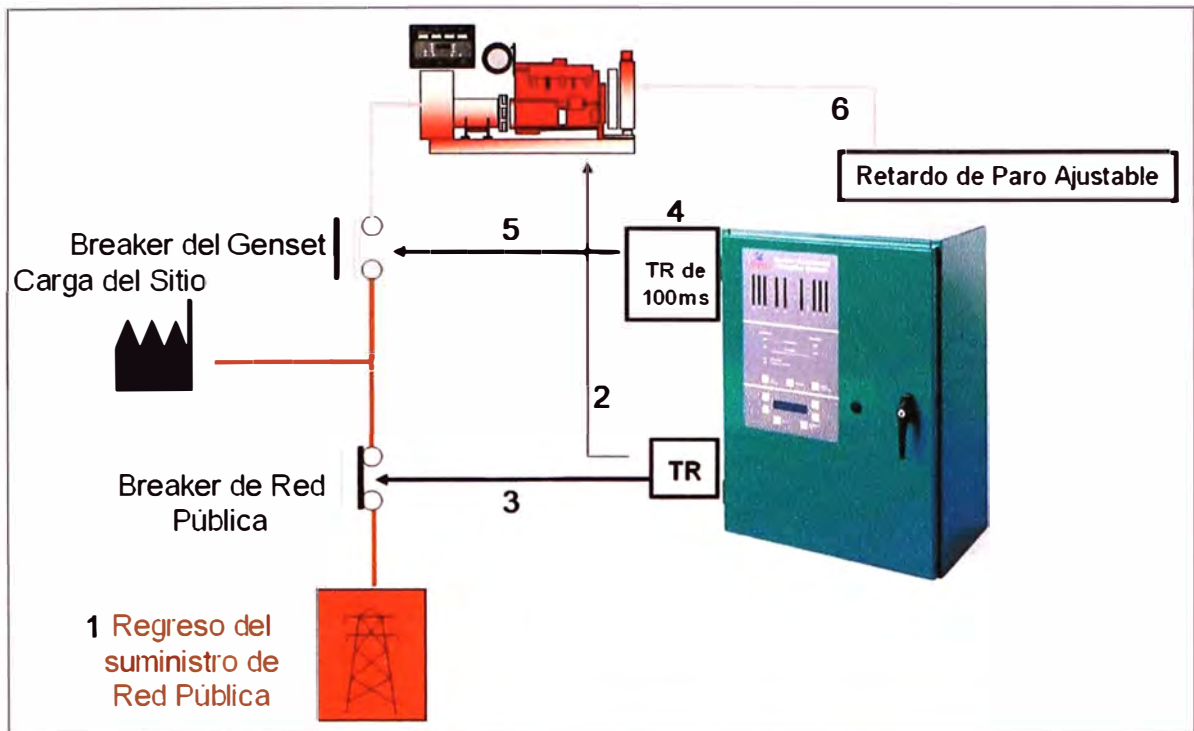


Figura 2.5 Transición cerrada momentánea

b. Transición cerrada con carga suave

Este tipo de transferencia exige mayor tiempo de paralelismo entre ambas fuentes. A diferencia de la momentánea aquí la carga que viene soportando la primera fuente se traslada hacia la segunda de una manera escalonada de tal forma que no se produce corte de suministro ni picos abruptos de energía. Son recomendables donde las cargas son más sensibles y no admiten picos en la señal de voltaje. Este tipo de transferencia se aplica para trasladar carga de la red pública al grupo electrógeno y también para retornar del grupo electrógeno a la red pública.

La Figura 2.6 ilustra los pasos para transferir carga de la red pública al grupo electrógeno:

1. El tablero de transferencia ordena el encendido del grupo electrógeno
2. Ajusta el voltaje y frecuencia del grupo electrógeno para ponerlo en paralelo con la red pública. Aquí gradualmente el grupo asume la carga.
3. Puesta en paralelo del grupo electrógeno con la red pública.
4. Apertura de llaves de la fuente de red pública

La Figura 2.7 ilustra los pasos para transferir carga del grupo electrógeno a la red pública es:

1. Se ajusta voltaje y frecuencia para estar en sincronía con la red
2. Se pone en paralelo el Grupo con la red pública, el tablero logra el paralelismo activando la llave de la red pública. Aquí asume gradualmente carga la red pública.
3. Apertura de la llave del grupo electrógeno

4. El tablero de transferencia ordena el apagado del grupo electrógeno.

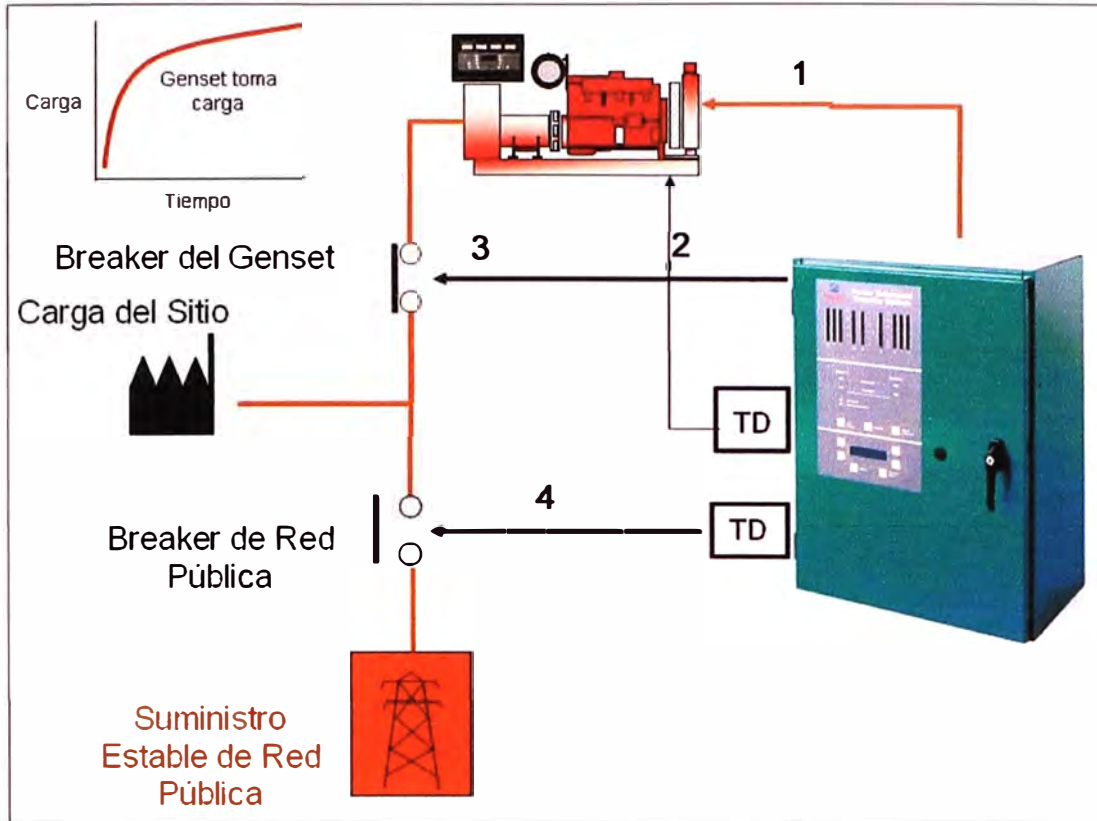


Figura 2.6 Transición cerrada con carga suave asumiendo carga

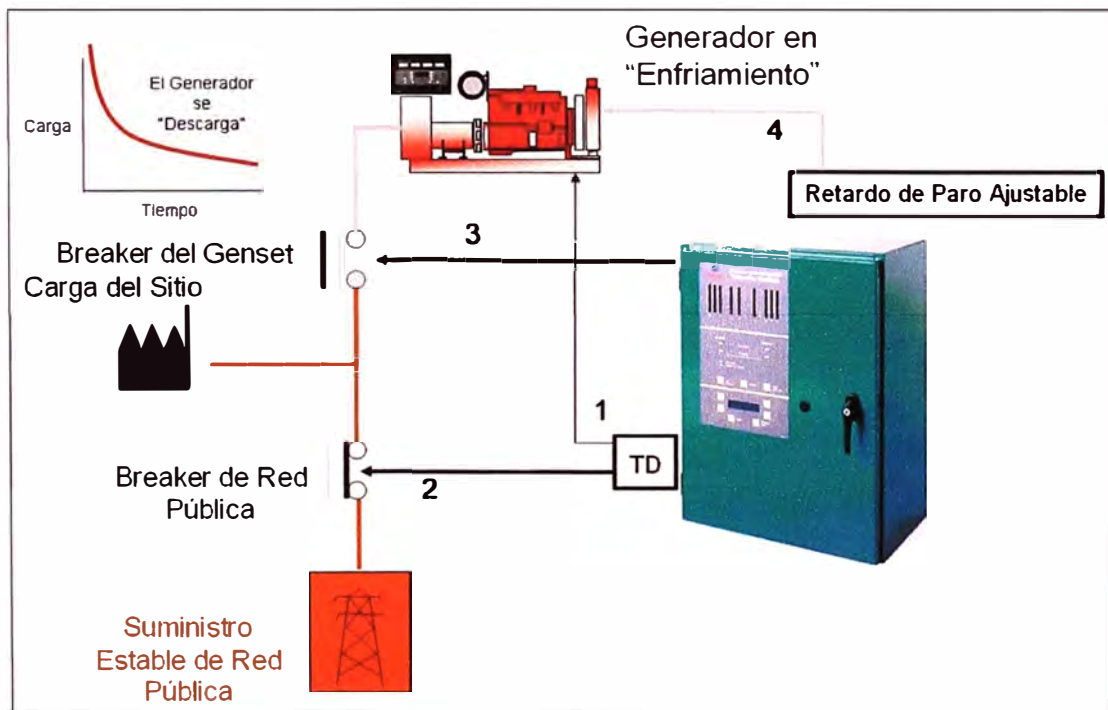


Figura 2.7 Transición cerrada con carga suave devolviendo carga

c. Transición cerrada con paralelismo extendido

La Figura 2.8 muestra el comportamiento de esta tecnología. Este tipo de transición cerrada logra que ambas fuentes estén operando en paralelo como modo de operación y

no como un proceso.

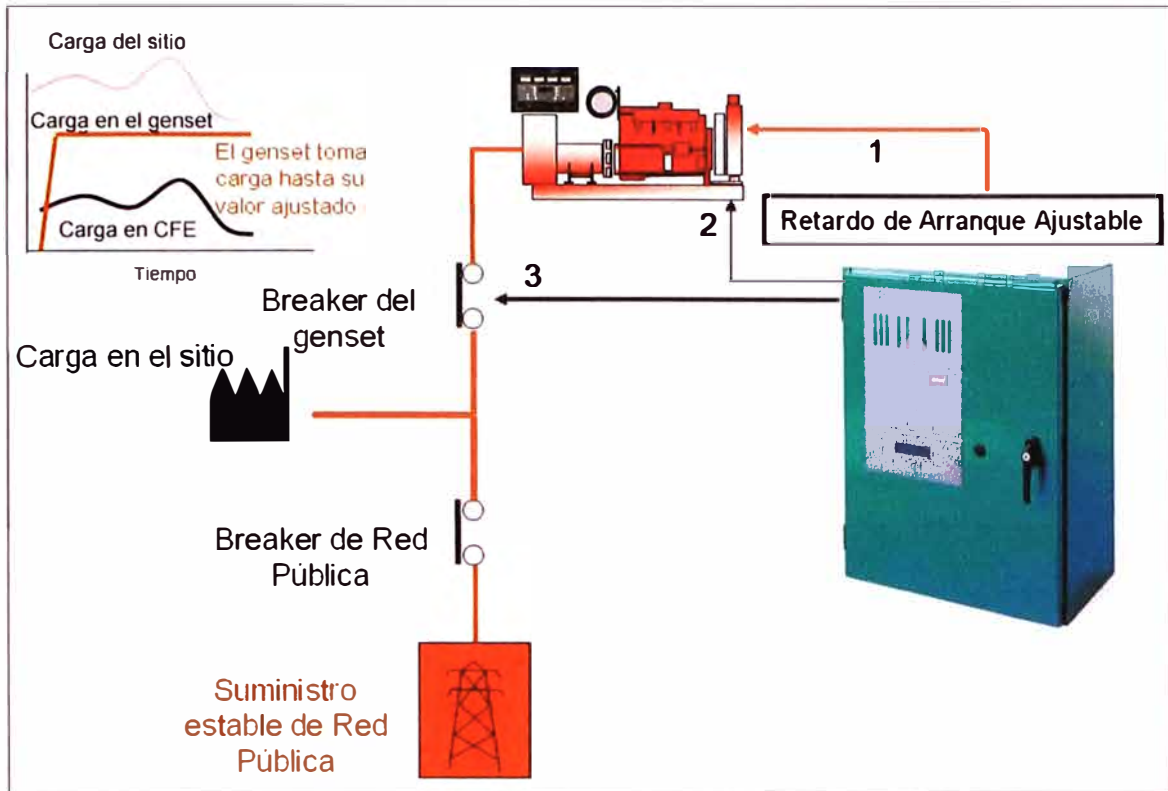


Figura 2.8 Transición cerrada con paralelismo extendido

Por lo tanto, aquí el tablero de transferencia está diseñado para operar nominalmente. El grupo electrógeno está programado para operar asumiendo una carga base. Estos sistemas se aplican cuando el grupo electrógeno no es utilizado como un respaldo sino como una fuente de energía estable. Su aplicación se da por beneficios tarifarios ya que en hora punta es posible tener una energía alternativa y sin exceder el consumo habitual de la carga.

Los pasos son:

1. Arranque del grupo electrógeno
2. Ajuste de voltaje y frecuencia del grupo electrógeno
3. Puesta en paralelo del grupo electrógeno y la red pública

d. Transición cerrada con paralelismo extendido con opción de seguimiento de carga

Este tipo de transición cerrada a diferencia Del anterior. Sigue la misma secuencia a diferencia Del seguimiento de carga. Este paralelismo le hace seguimiento a la carga de tal manera que se ajusta de acuerdo al requerimiento solicitado por la carga. Así logra que la energía base sea suministrada por la red pública y El resto de energía sea compensada por el grupo electrógeno.

La Figura 2.9 ilustra los pasos de su desempeño:

1. Arranque del grupo electrógeno

2. Ajuste de voltaje y frecuencia del grupo electrógeno

3. Puesta en paralelo del grupo electrógeno y la red pública, el grupo y el tablero de transferencia le hacen seguimiento a la carga.

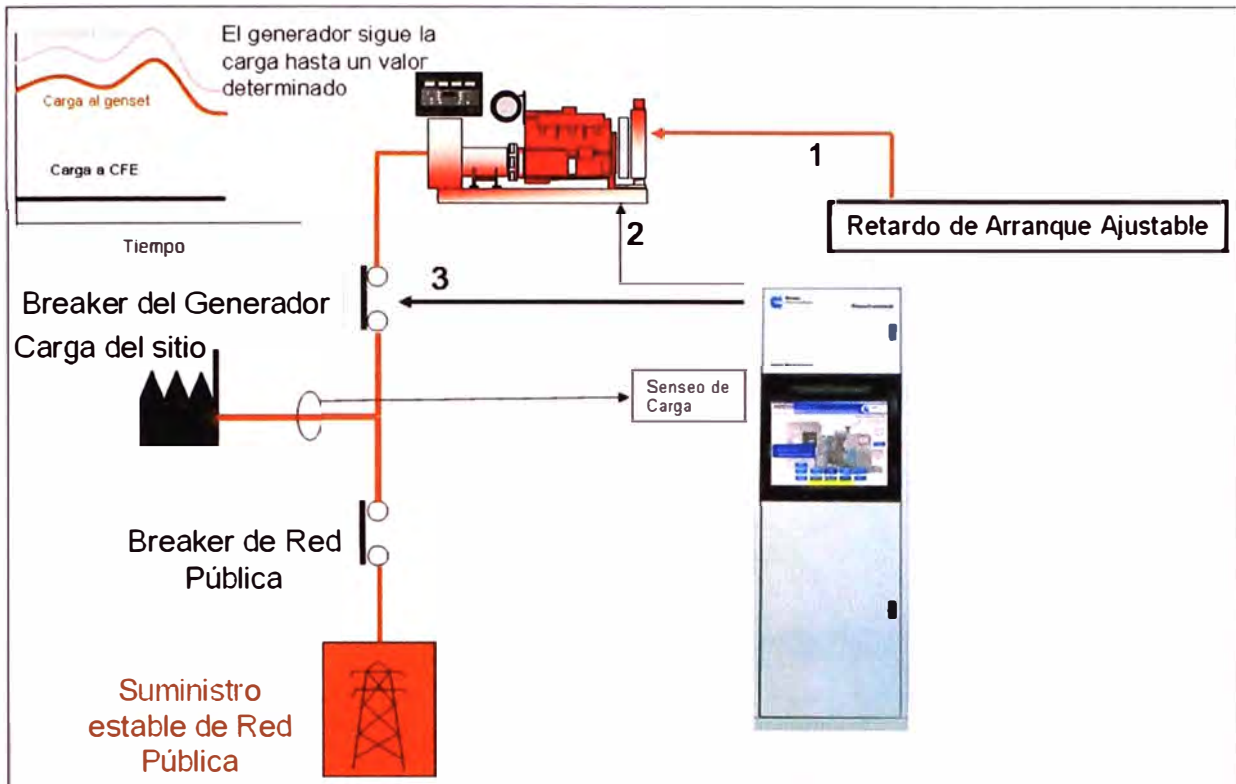


Figura 2.9 Transición cerrada con paralelismo extendido

2.2 Grupos electrógenos

Esta sección se enfoca en los aspectos relacionados a los grupos electrógenos. Se abarca, tanto los aspectos técnicos como legales.

2.2.1 Aspectos técnicos

Este ítem desarrolla los aspectos técnicos fundamentales de los grupos electrógenos. El grupo electrógeno básicamente genera energía eléctrica, alimentado por un motor de combustión interna de cuatro tiempos. El combustible normalmente es diesel (por encima de los 5 kW), sin embargo también se utiliza gas natural y GLP (desde 20 kW hasta 2500 kW). Los de gasolina son equipos domésticos. La clasificación analizada en esta subsección se enfoca en su gobernación: equipos con gobernación mecánica y equipos con gobernación electrónica integrada. Esto por ser de importancia en las transferencias de carga que son parte del informe.

Las consideraciones generales del alternador del grupo electrógeno [9], que son desarrolladas en esta subsección son:

- Conceptos funcionales y excitación.
- Carga de transición.
- Curvas de saturación de generador.- las curvas de saturación de generador.

- Caída sostenida de voltaje.
- Respuesta de falla.
- Gobernación del motor.

a. Conceptos funcionales y excitación

Es deseable tener claro lo fundamental de los generadores de AC y los sistemas de excitación con respecto a la respuesta de transición de carga, y la respuesta del sistema de excitación a las fallas de salida del generador.

a.1 Operación del generador

Un generador convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica. Consiste esencialmente de un rotor y un estator. La Figura 2.10 muestra el corte seccional:

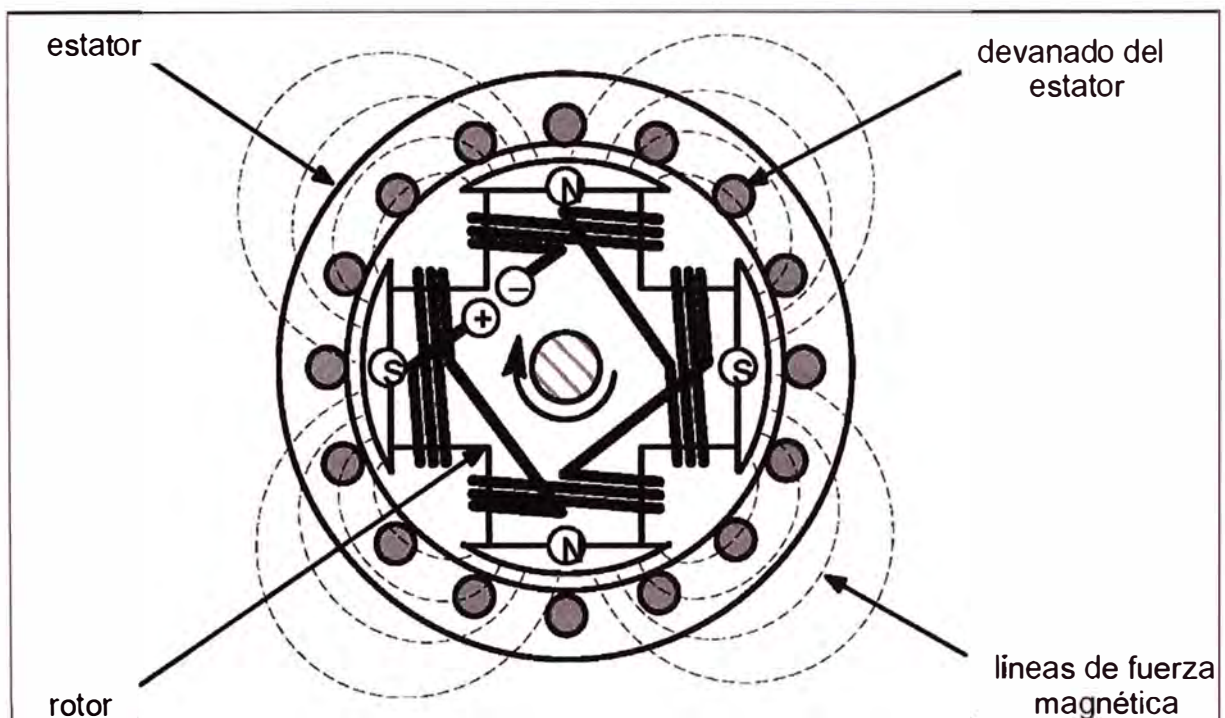


Figura 2.10 Corte seccional del alternador

El rotor lleva el campo del generador (mostrado como de 4 polos), que es girado por un motor de combustión interna. El campo es energizado por una fuente de DC llamada excitador, el cual está conectado a las terminales + y - de los devanados de campo.

El generador está construido de manera que las líneas de fuerza del campo magnético cortan perpendicularmente a través de los devanados del estator cuando el motor gira el rotor induciendo voltaje en los elementos del devanado del estator. El voltaje en un elemento de devanado, se voltea cada vez que la polaridad cambia (dos veces cada revolución en un generador de 4 polos). Típicamente un generador tiene 4 veces más ranuras de devanado como se muestra y está embobinado para obtener una salida sinusoidal, alternante, monofásica o trifásica.

El voltaje inducido en cada elemento del devanado depende de la fuerza del campo

(el cual podría representarse por una más alta densidad de las líneas de fuerza), la velocidad con la que las líneas de fuerza cruzan los elementos del devanado (rpm) y la longitud del banco. Por lo tanto, para poder variar el voltaje de salida de un generador, de un tamaño y velocidad de operación dados, es necesario variar la fuerza del campo. Esto lo realiza el regulador de voltaje que controla la corriente de salida del excitador.

a.2 Generadores auto-excitados

El sistema de excitación de un generador auto-excitado es energizado, por medio del regulador del voltaje automático (AVR), derivando potencia de la salida del generador. El voltaje del regulador detecta el voltaje y la frecuencia de salida, la compara con los valores de referencias y entonces suministra una salida de DC a los devanados de campo del excitador.

El campo del excitador induce una salida de AC en el rotor del excitador, el cual está en el eje giratorio del generador impulsado por el motor. La salida del excitador es rectificada por los diodos rotativos, que también están en el eje del generador, para suministrar DC al rotor principal (campo de generador).

El regulador de voltaje incrementa o decrece la corriente del excitador al detectar cambios en el voltaje y frecuencia de salida debido a los cambios en la carga, incrementando o decreciendo así la fuerza del campo del generador. La salida del generador es directamente proporcional a la fuerza del campo. La Figura 2.11 muestra el diagrama del generador auto-excitado:

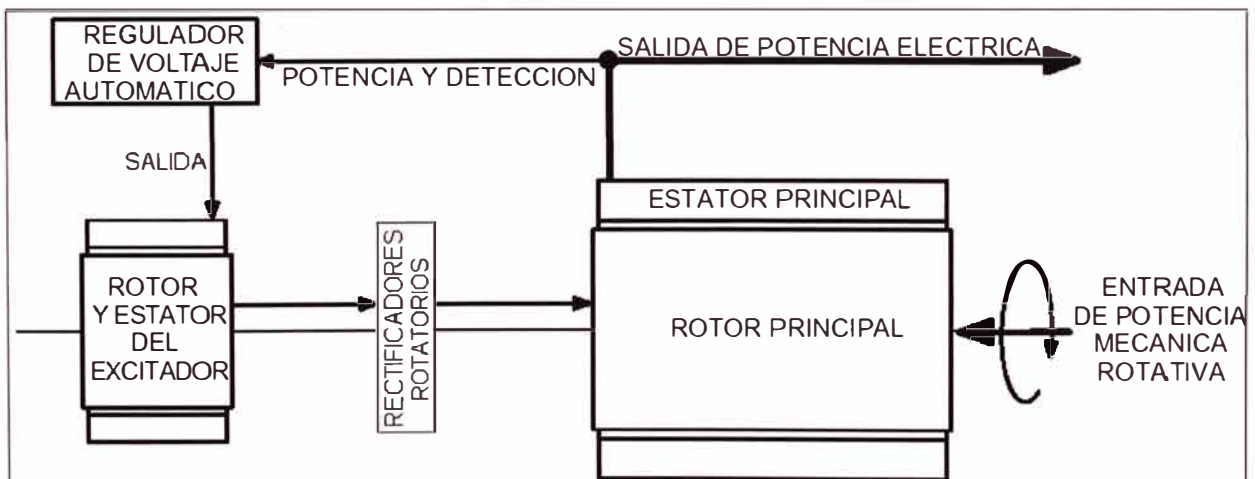


Figura 2.11 Esquema funcional de un generador autoexcitado

Típicamente un sistema de excitación de generador auto-excitado, es el sistema más económico disponible de un fabricante. Da buen servicio a todas las condiciones de operación cuando el generador es del tamaño apropiado para la aplicación. La ventaja de un sistema auto-excitado sobre un sistema excitado separadamente, es que el sistema auto-excitado está inherentemente auto-prottegido bajo condiciones de corto circuito simétricas porque el campo se colapsa. Debido a esto, no se considera necesario un

interruptor de circuito en línea para proteger a generador y a los conductores al primer nivel de distribución reduciendo así el costo del sistema instalado.

Las desventajas de un sistema auto-excitado son:

- Podría ser necesario seleccionar un generador más grande para proveer desempeño de arranque de motor aceptable.
- Las máquinas auto-excitables dependen del magnetismo residual para energizar el campo. Si este no es suficiente, será necesario alimentar el campo con una fuente de potencia DC.
- Podría no sostener fallas de corriente lo suficiente para disparar interruptores de circuito más adelante en el circuito.

a.3 Generadores no auto-excitados

El sistema de excitación de un generador excitado separadamente (Figura 2.12), es similar al de un generador auto-excitado excepto que un generador de magneto permanente separado o PMG (Permanent magnet synchronous generator), ubicado al final del eje principal del generador brinda potencia al regulador del voltaje. Se muestra en la siguiente figura:

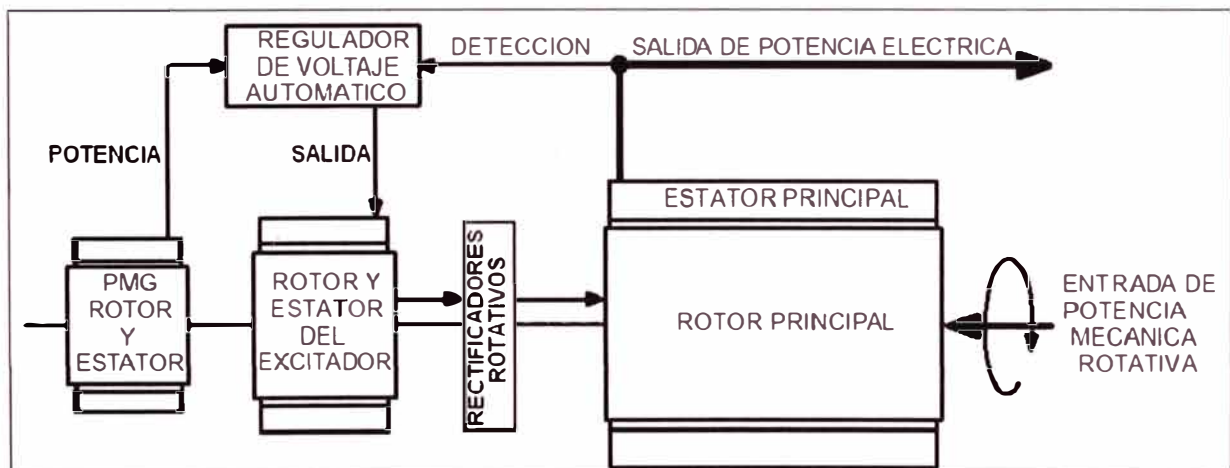


Figura 2.12 Generador no auto-excitado (PMG)

Puesto que es una fuente separada de potencia, el circuito de excitación no es afectado por las caras del generador. El generador es capaz de sostener 2 o 3 veces la corriente de rango durante aproximadamente 10 segundos. Por estas razones, los sistemas de excitación de generador separadamente excitados son recomendados para aplicaciones donde se necesitan capacidad mejorada de arranque de motor, buen desempeño con cargas no lineales o desempeño co cortos circuitos de duración extendida.

Con este sistema de excitación es necesario proteger el generador de condiciones de falla porque el generador es capaz de operar hasta su destrucción. Los sistemas de control que tienen AmpSentry (Figura 2.14) brinda ésta protección al regular la corriente

de corto circuito sostenido y apagando el generador en el caso de que la falla de corriente persista pero antes de que el generador se dañe.

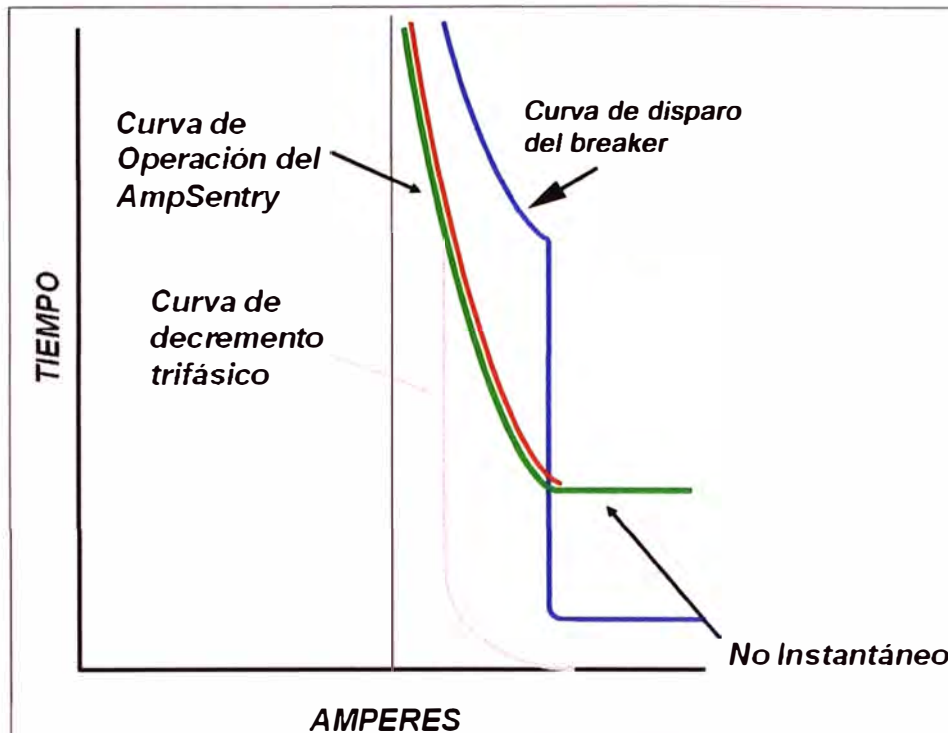


Figura 2.13 Generador con protección AmpSentry

b. Carga de Transición

Un generador es una fuente limitada de potencia en términos de potencia del motor (kW) y voltio-ampères de generador (kVA) sin importar el sistema de excitación, Debido a esto los cambios de carga causaràn excursiones de transición en el voltaje y la frecuencia.

La magnitud y duración de estas excursiones son afectadas principalmente por las características de la carga y el tamaño del generador relativo a la carga. Un generador es una fuente relativamente alta de impedancia cuando se compara con un transformador de red pública. Un perfil típico de voltaje en una aplicación y remoción de carga se muestra en la Figura 2.14.

Al lado izquierdo de la gráfica, el voltaje estable sin carga se regula al 100% del voltaje de rango. Cuando se aplica una carga el voltaje cae inmediatamente. El regulador de voltaje siente la caída de voltaje y responde incrementando al campo de corriente para recuperar el voltaje de rango. El tiempo de recuperación de voltaje es la duración entre la aplicación de la carga y el regreso del voltaje al rango de regulación mostrado como +/- 2%. Típicamente la caída inicial de voltaje va desde 15 a 35% del voltaje nominal cuando 100% de la carga de rango del generador (0.8FP) se conecta en un paso. La recuperación a nivel de voltaje nominal sucederá en 1-10 segundos dependiendo de la naturaleza de la carga y el diseño del generador.

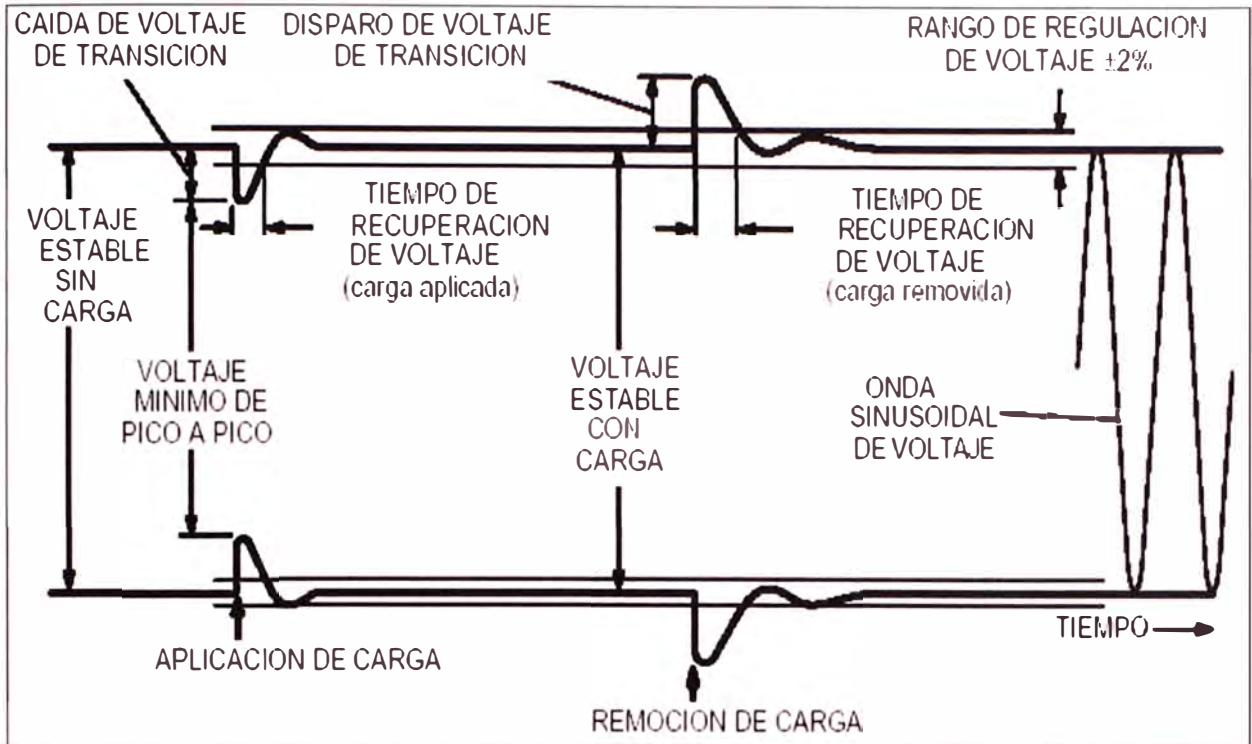


Figura 2.14 Respuesta a cargas transitorias

La diferencia más significativa entre un generador y una red pública es que cuando una carga se aplica repentinamente a la red típicamente no hay variación de frecuencia. Cuando las cargas se aplica a un generador, las rpm del motor(frecuencia) caen. La máquina debe sentir el cambio de velocidad y reajustar su rango de combustible para su nuevo nivel de carga. Hasta que un nuevo rango de carga y combustible se igualen, la frecuencia será diferente a la normal. Típicamente, la caída de frecuencia va de 5 a 15% de la frecuencia nominal cuando una carga de 100% se agrega en un paso. La recuperación podría tomar algunos segundos.

De las diversas marcas de grupos electrógenos, sólo algunas marcas pueden aceptar una carga en bloque de 100% en un paso.

El desempeño varía entre generadores debido a diferencias en las características de regulador de voltaje, respuesta del gobernador, diseño del sistema de combustible, aspiración del motor, (natural o turbocargado), y a como están empatados los motores y generadores. Una meta importante en el diseño de los generadores es limitar la excursión de voltaje y frecuencia a niveles aceptables.

c. Curvas de Saturación de Generador

Las curvas de saturación de generador grafican el voltaje de salida para diferentes cargas al cambiar la corriente devanado de campo principal. Para el generador típico mostrado, la curva de saturación sin carga A (Figura 2.15) cruza la línea de voltaje de rango del generador cuando la corriente de campo es aproximadamente de 18 amperios. En otras palabras se requieren al menos 18 amperios de campo para mantener el voltaje

de salida del generador sin carga.

La curva de saturación a carga completa B muestra que se requieren aproximadamente 38 Amperios de corriente de campo para mantener el voltaje de salida de rango del generador cuando el factor de potencia de carga completa es 0.8.

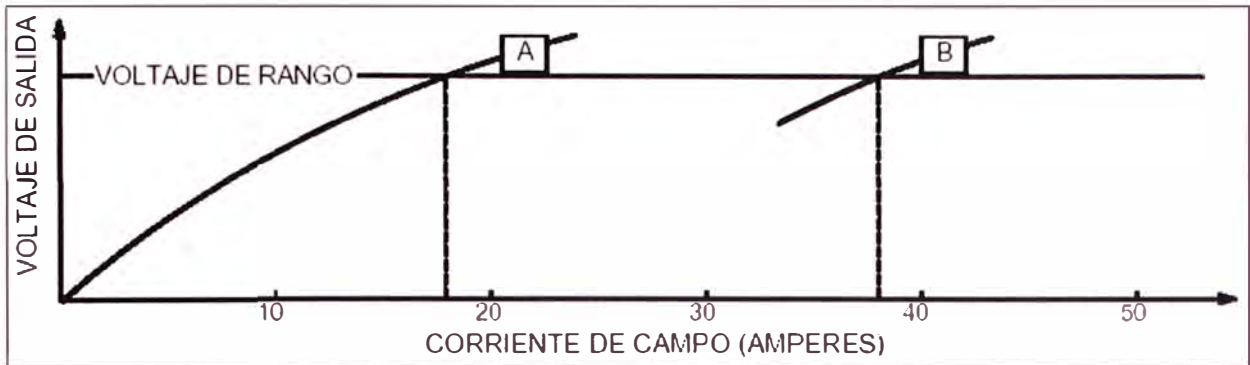


Figura 2.15 Curva típica de saturación de generador

La corriente de campo no se puede cambiar instantáneamente en respuesta al cambio de carga. El regulador, el campo excitador y el campo principal tienen constantes de tiempo que tiene que sumarse.

El regulador de voltaje tiene una respuesta relativamente rápida mientras que el campo principal tiene una respuesta significativamente más lenta que el campo excitador porque es muchas veces más grande.

Debe hacerse notar que la respuesta de un sistema auto-excitado será aproximadamente la misma que aquella de un sistema excitado separadamente porque las constantes de tiempo para los campos principales y de excitación son los factores significativos en este aspecto, y son comunes a los dos sistemas.

El forzamiento de campo está diseñado en consideración de todos los componentes de sistemas de excitación para optimizar el tiempo de recuperación. Debe ser suficiente para minimizar el tiempo de recuperación, pero no tanto para llevar a la inestabilidad o para sobre pasar al motor (el cual es una fuente limitada de potencia) como se muestra en la Figura 2.16.

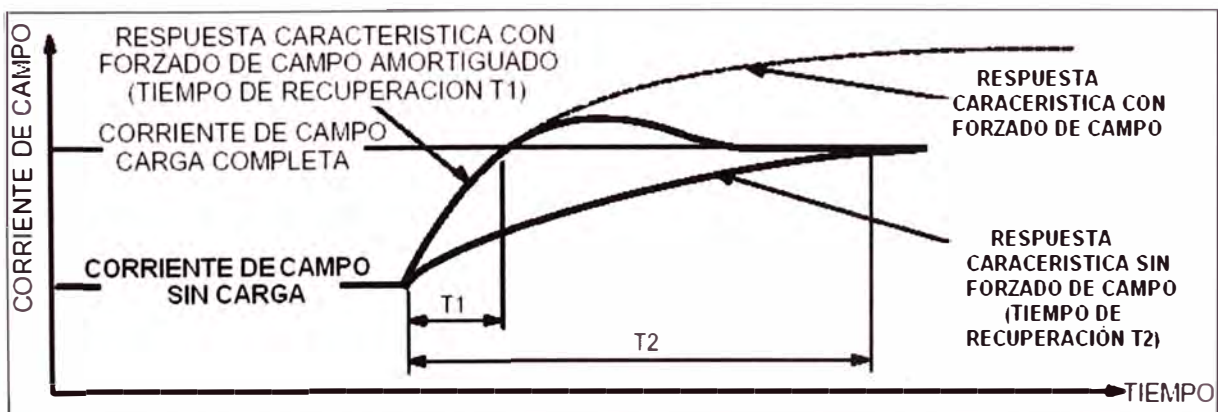


Figura 2.16 Características de respuesta de los sistemas de excitación

d. Caída sostenida de voltaje

Después de la relativamente corta pero abrupta caída de voltaje de transición (típicamente menos de 10 ciclos pero de hasta algunos segundos), sigue un periodo de recuperación de voltaje como se muestra en la Figura 2.17:

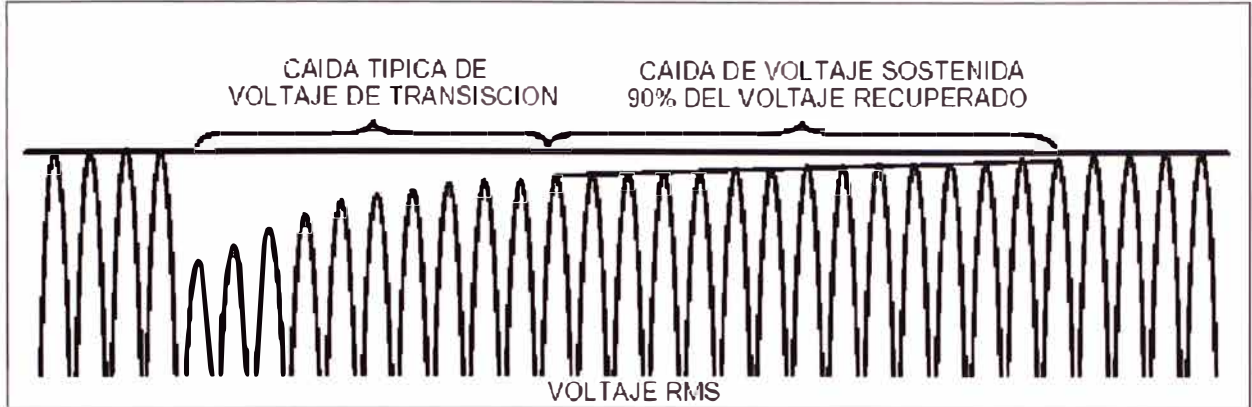


Figura 2.17 Caída de voltaje sostenida

Los máximos kVA de arranque del motor en la Hoja de especificaciones del generador son los máximos kVA que el generador puede sostener y aún recuperarse hasta el 90% del voltaje de rango como se muestra en la Figura 2.18:

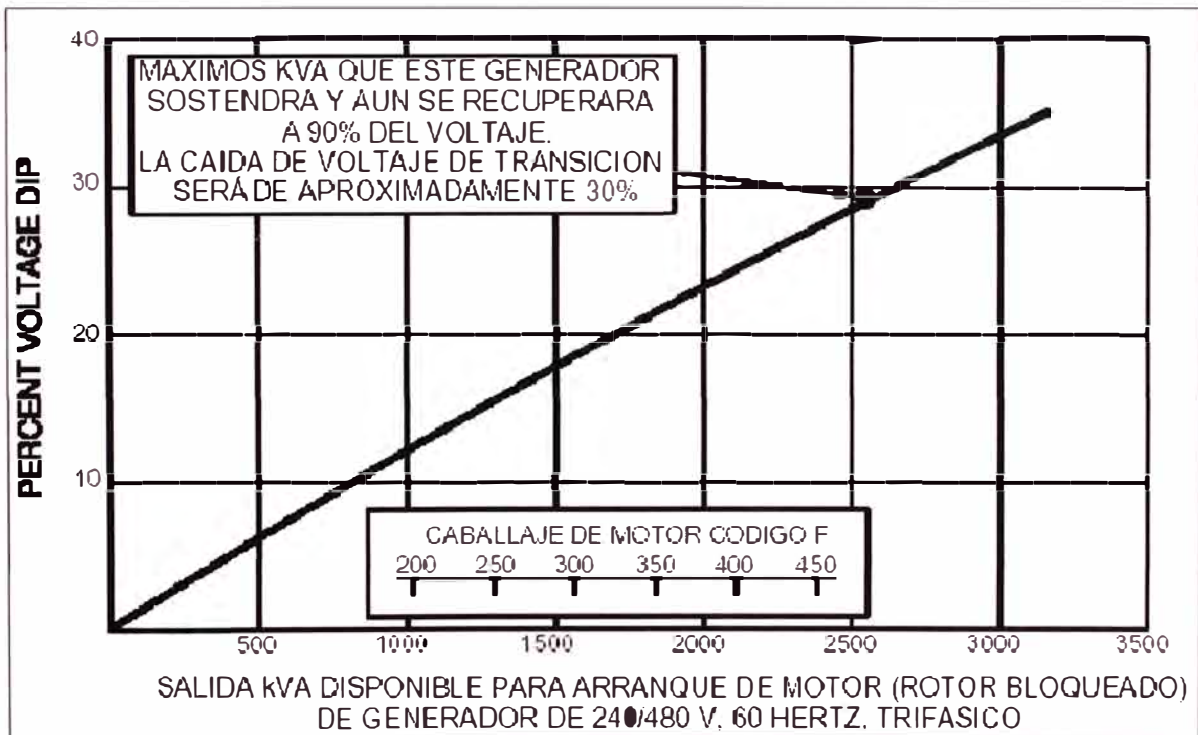


Figura 2.18 Gráfica de generador típica NEMA caída de voltaje de transición vs. kVA

Debe notarse que éste solamente es el desempeño combinado del alternador, excitador y AVR. El desempeño de arranque de motor de un generador en particular depende del motor gobernador y regulador de voltaje así como del generador.

e. Respuesta de falla

La respuesta de falla de generadores auto-excitados y excitados separadamente es

diferente. Un generador auto-excitado es conocido como de campo colapsante porque el campo se colapsa cuando las terminales de salida del generador se ponen en corto (corto trifásico o corto L-L a través de las fases sensibles). Un generador excitado separadamente puede sostener el campo de generador en un corto circuito porque la excitación es suministrada por un generador de magneto permanente separado.

La figura siguiente muestra la típica respuesta al corto circuito simétrico trifásico de generadores auto-excitados y excitados separadamente.

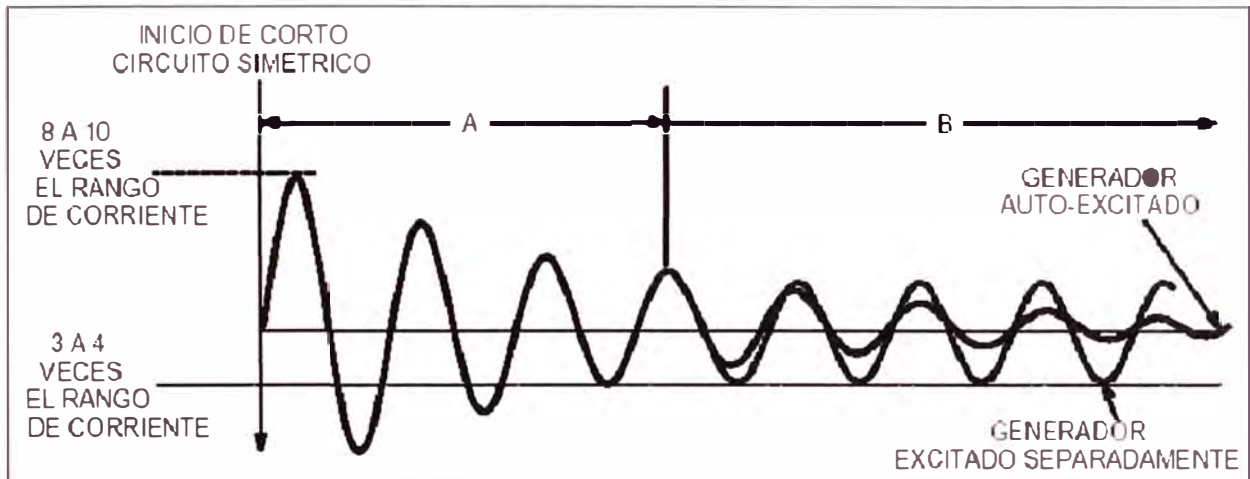


Figura 2.19 Respuesta de corto circuito trifásico simétrico

La corriente corto circuito inicial es nominalmente 8 a 10 veces la corriente de rango del generador y es una función de la reactancia sub-transición recíproca del generador $1/X''_d$. Para los primeros ciclos (A). Prácticamente no hay diferencia en respuesta entre los generadores auto-excitados y los separadamente excitados porque siguen la misma curva de decrecimiento de corriente corto circuito al disiparse la energía de campo. Después de los primeros ciclos (B), un generador auto-excitado continuará siguiendo la curva de decrecimiento de corto circuito a prácticamente cero de corriente. Un generador excitado separadamente puesto que la corriente de campo es derivada separadamente, puede sostener 2.5 a 3 veces la corriente de rango con una falla trifásica aplicada. Este nivel de corriente se puede mantener por aproximadamente 10 segundos sin daño al alternador.

La Figura 2.20 es otro medio de visualizar la diferencia de respuesta a una falla trifásica. Si el generador es auto-excitado, el voltaje y la corriente se colapsarán a cero cuando la corriente se incremente más allá de la rodilla de la curva. Un generador excitado separadamente puede sostener un corto directo porque no depende del voltaje de salida del generador para la potencia de excitación.

La operación estable y las condiciones de la transición, la respuesta de falla y más. Son afectados por este sistema. Estos efectos característicos son importantes en los estudios de desempeño de un sistema.

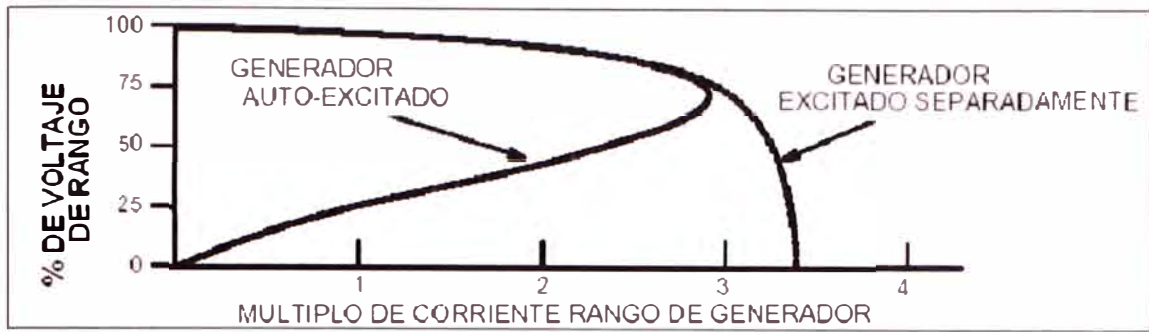


Figura 2.20 Capacidad de corto circuito

En resumen los sistemas auto-excitados presentan:

- caídas de voltaje más altas
- campo colapsante
- detección de promedio monofásicos.
- Menor tolerancia a cargas no lineales
- Menor capacidad de arranque de motor

Los sistemas excitados separadamente

- Menores caídas de voltaje
- Corriente de falla sostenida
- Detección de RMS trifásica
- Mejor inmunidad a cargas no lineales
- Mejor capacidad de arranque de motores.

f. Gobernación del motor

Las RPM del motor afecta directamente la frecuencia de la onda de tensión que brinda el generador. El motor siendo de combustión interna depende de la tasa con que el combustible es explotado, pero a su vez depende del gobernador. A continuación se explican los dos principales tipos de gobernadores y sus consecuencias.

Motor con gobernación mecánica

Los gobernadores mecánicos como lo indica su nombre, controlan la alimentación de combustible del motor basándose en la detección mecánica de las RPM a través de contrapesos o mecanismo similares.

Estos sistemas exhiben una caída de velocidad de aproximadamente 3-5% de no carga hasta carga total inherente al diseño. Este tipo de sistemas es generalmente el más económico y es apropiado para aplicaciones donde la caída de frecuencias no es un problema para las cargas que se sirven. Algunos, pero no todos los generadores tienen disponible gobernación mecánica opcional.

Motor con Gobernadores Electrónicos

Los gobernadores electrónicos se usan en aplicaciones donde se requiere .paralelismo activos.

Las RPM del motor son generalmente detectadas por un sensor electromagnético y la alimentación del motor se controla por solenoides impulsados por circuitos electrónicos. Estos circuitos, ya sea integrados o como parte de un control de generador por microprocesador, utilizan sofisticados algoritmos para mantener el control de generador por microprocesador para mantener el control de la velocidad precisa y por lo tanto afecta la frecuencia.

Los gobernadores electrónicos permiten que los generadores se recuperen más rápidamente de los pasos de la carga transición que los gobernadores mecánicos. Los gobernadores electrónicos se deben usar siempre donde las cargas incluyan equipos UPS.

Los motores modernos, especialmente los motores diesel con sistemas de combustible de autoridad total, solo están disponibles con sistemas de gobernanación electrónica. La demanda o los requerimientos de la ley para lograr más alta eficiencia de combustible, bajas emisiones y otras ventajas requieren el control preciso ofrecido por estos sistemas.

La Figura 2.21 muestra las funciones de control en un generador moderno, las cuales son mostradas a continuación.

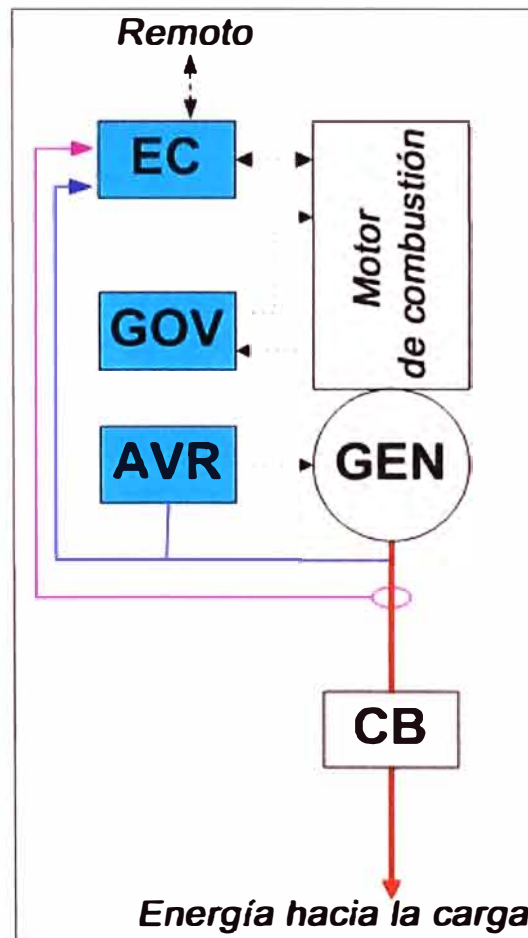


Figura 2.21 Funciones de control en un generador moderno

EC: Control del Motor

- Protección para el motor
- Arranque y paro
- Interfase del operador (control y monitoreo)

GOV: Gobernador

- Mide Velocidad/Controla alimentación de combustible
- AVR: Regulador Automático de Voltaje
- Mide Voltaje/Controla Excitación

CB: Interruptor

- Protección del alternador
- Interruptor de paralelismo

2.2.2 Aspectos legales

Existen diversas normas y recomendaciones relacionadas a los grupos electrógenos

a. IEC-INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMITTEE

Son estándares de las máquinas eléctricas rotativas. IEC 34-.1. Esta norma abarca desde la normativa, diseño, selección e instalación. La norma detallan lo siguiente: ciclos de operación, potencia nominal, derrateo por altura de operación del equipo, condiciones de operación eléctrica, funcionamiento térmico y pruebas, pruebas de aislamiento, sobrevelocidad, conmutación, etc.

b. INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION

Son estándares para motores de combustión interna y alternadores de corriente. El tratado 8528-1:2005 de la Organización Internacional de Normalización define clasificaciones diversas para la aplicación, la evaluación y la actuación de generadores de emergencia consistente en un motor de combustión interna, alternador de corriente, el generador, control asociado, dispositivos de distribución y cualquier equipo auxiliar.

La norma se aplica al generadores a.c. accionados por motores para el uso terrestre y marino excluyendo generadores de emergencia usados en aeronave o para propulsar locomotoras y vehículos terrestres.

Para algunas aplicaciones específicas (por ejemplo el hospital esencial da abasto, rascacielos), los requisitos suplementarios pueden ser menester. Los combustibles de 8528-1:2005 de la Organización Internacional de Normalización deberían ser considerados como la base para establecer requisitos suplementarios.

Los generadores de emergencia encontrados en los requisitos de 8528-1:2005 de la Organización Internacional de Normalización, se usan para generar energía eléctrica para carga continua, culminante y las aplicaciones de reserva. Las clasificaciones impuestas en 8528-1:2005 de la Organización Internacional de Normalización, está dirigida a ayudar

al fabricante y cliente

c. NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION

Estándares para motores y generadores NEMA MGI-1. El contenido se aplica en general a motores eléctricos. En lo referente a generadores abarca:

- Referencias estándares y definiciones
- Clasificación de acuerdo a la medida
- Clasificación de acuerdo a la aplicación
- Clasificación de acuerdo a la clasificación eléctrica
- Clasificación de acuerdo a métodos de refrigeración y protección del medio ambiente
- Clasificación de acuerdo a la variación de velocidad
- Evaluación, funcionamiento y pruebas.
- Máquinas y partes
- Clasificación de aislamientos
- Terminología y señalización

Pruebas de alto potencial

d. CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION: CSA 22, Canadian Electrical Code. CSA 282,

Son normas para uso de sistemas de emergencia en edificaciones. Esta norma CSA es similar a las anteriores. Se incorpora los siguientes capítulos de operación y mantenimiento que:

- Operación y mantenimiento
- Inspección, pruebas y mantenimiento
- Instrucciones, herramientas y partes
- Mantenimientos anuales y pruebas operacionales periódicas
- Frecuencia e historial de los mantenimientos.
- Seguridad
- Inspección visual de combustible

e. UNDERWRITERS LABORATORIES: UL 2200

Orientado al ensamblado de los generadores estacionarios a motor de combustión interna. Esta norma abarca:

- Construcción: Materiales, encapsulados, protección, shock eléctricos, protección de corrosión, ensamblaje mecánica, llaves y control, aparatos de conexión, conexiones de salida, espacio de cableado, aterramiento, unión de partes internas, conexiones internas, partes de las conexiones eléctricas, control de circuitos, transformadores, circuitos de separación, protección de sobrecorriente, filtros de aire, capacitares, resistores, señalizaciones, adhesivas, arranque de motor de combustión, baterías, protección del

personal.

- Sistemas Mecánicos: Existen sistemas de tubería, sistemas de tuberías de escape.
- Sistemas Mecánicos y funcionamiento: Pruebas de temperaturas, voltaje dieléctrico, distorsión armónica, salida de voltaje y frecuencia de fluctuación, pruebas de rotor bloqueado, medida a neutral, protección de sobrecorriente, pruebas de impacto, etc.

CAPÍTULO III METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se describe la metodología para la instalación y puesta en servicio de generador de energía con tablero de transferencia automática de transición cerrada. Los temas a desarrollar son los siguientes:

- Plataforma de concreto.
- Almacenamiento de combustible.
- Suministro de combustible.
- Nivel de ruido.
- Sistema de ventilación.
- Cálculos del Flujo del Aire.
- Sistema de escape.
- Instalación eléctrica.
- Aterramiento.
- Accesorios importantes.
- Monitoreo.
- Programa de mantenimiento.

3.1 Plataforma de concreto

En este tema se desarrollan dos aspectos:

- Cimientos y montaje
- Cimiento aislante de Vibración.

3.1.1 Cimientos y montaje

El diseño de instalación debe dar un cimiento apropiado para soportar al generador y para prevenir que niveles de vibración molestos o dañinos lleguen hasta la estructura del edificio. Además, la instalación debe asegurar que la infraestructura de soporte para el generador, no permita que la vibración del generador llegue a la porción estacionaria del equipo. Todos los componentes que se conectan físicamente al generador deben ser flexibles para absorber el movimiento vibratorio sin daños. Los componentes que requieren aislamiento son: el sistema de escape del motor, las líneas de combustible, el cableado de potencia de AC, cableado de control, el generador de la placa de montaje, y los ductos de aire de ventilación para los generadores con radiadores montados en el

patín. La falta de atención de aislamiento a estos puntos de interconexión física y eléctrica, puede resultar en un daño por vibración al edificio o al generador y falla del generador cuanto esté en servicio.

El motor del generador, alternador y otro equipo están montados típicamente en una base de patín. La base de patín es una estructura rígida que da integridad estructural y un grado de aislamiento de la vibración.

Los cimientos, el piso o techo deben ser capaces de soportar el peso del generador ensamblado y sus accesorios (como el tanque sub-base), así como resistir cargas dinámicas y no transmitir vibración o ruido que sea motivo de objeción.

Para muchas aplicaciones, no es necesario un cimiento masivo para el generador. Los generadores son aisladores de vibración integrado que pueden reducir la vibración transmitida en un 60 a 80 %, poner resortes de acero entre el generador y la plancha puede aislar hasta más del 95% de las vibraciones.

Si la transmisión de la vibración al edificio no es una preocupación crítica, el problema será instalar el generador para su peso, y estar apropiadamente soportado para que la unidad sea fácilmente accesible para su servicio.

Se debe construir un plancha de concreto sobre el piso de concreto para elevar el generador a una altura que haga el servicio conveniente y la limpieza alrededor del generador más fácil.

Los aisladores de vibración deben asegurarse a la plancha de montaje con tornillos tipo J o L puestos en la plancha de concreto. El posicionamiento de tornillos vaciados es problemático, puesto que pequeños errores de ubicación pueden causar perforaciones en el patín. Algunos diseños de generador permiten el uso de tornillos de anclaje.

La plancha del generador debe ser plana y a nivel para permitir el correcto montaje y ajuste del sistema de aislamiento e vibración.

3.1.2 Cimiento aislante de Vibración

En aplicaciones donde la transmisión de vibración al edificio es altamente crítica, se podría requerir el montaje del generador en un cimiento aislante de vibración. En este caso, se hacen necesarias consideraciones adicionales. En la Figura 3.1 muestra el cimiento aislante de vibración:

- El peso (W) del cimiento debe ser de cuando menos 2 veces (y hasta de 5 a 10 veces) el peso del generador para resistir las cargas dinámicas (el peso del combustible en un tanque sub-base no debe considerarse en el peso de un cimiento aislador de vibración aún que los aisladores están entre el tanque y el generador.
- El cimiento debe extenderse cuando menos 150mm más allá del patín en todos o lados. Esto determina la longitud (l) y el ancho (w) del cimiento.

- El cimiento debe extenderse cuando menos 150 mm sobre el piso para facilitar el servicio y mantenimiento del generador.
- El cimiento debe ser de concreto reforzado con una fuerza compresiva de 28 días de cuando menos 17, 200 kPa.
- La altura (h) del cimiento debe ser suficiente para obtener el peso necesario (W) usando la siguiente fórmula (3.1).

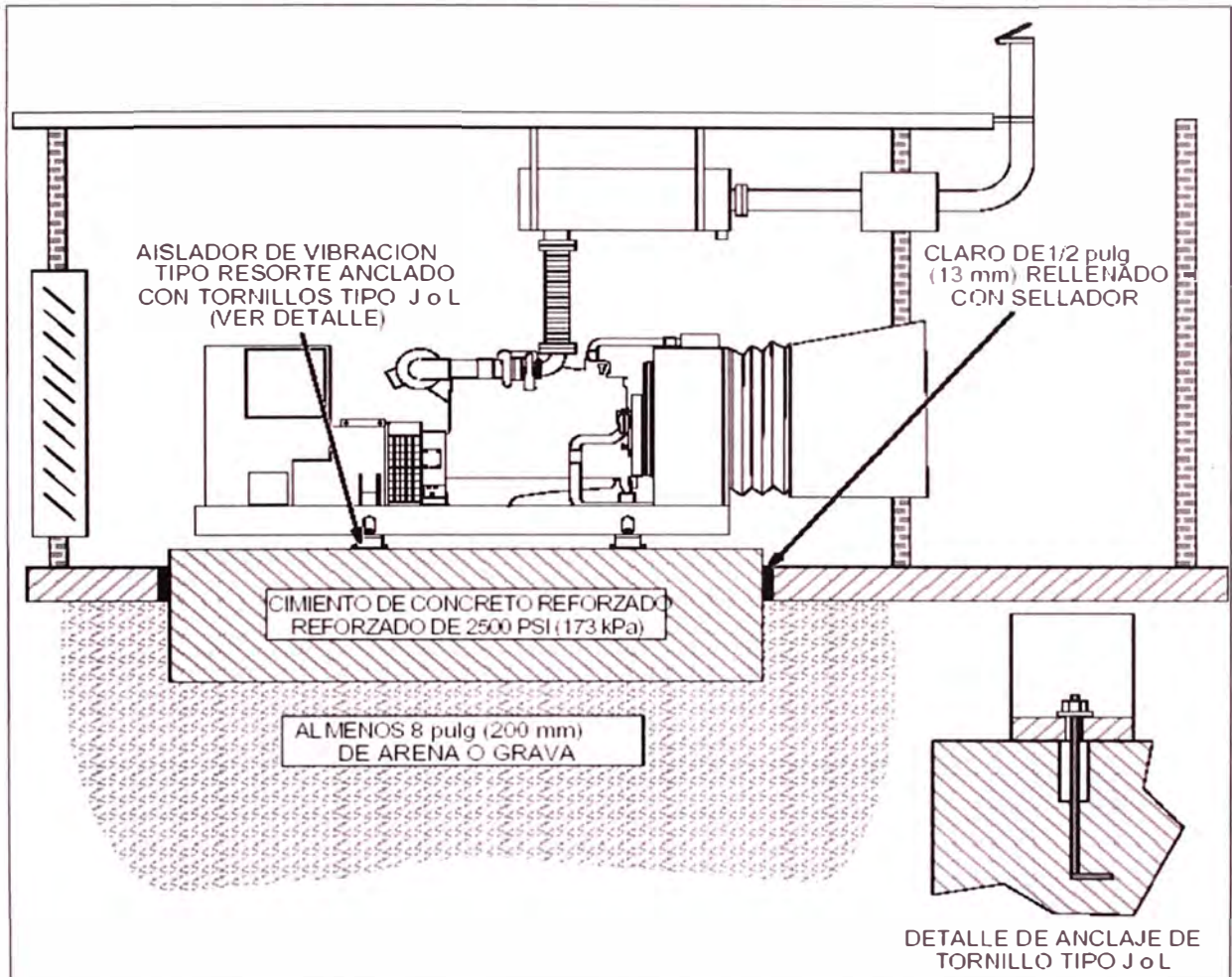


Figura 3.1 Cimiento aislante de vibración

$$h = \frac{W}{d \cdot l \cdot w} \quad (3.1)$$

Donde:

h = Altura del cimiento en metros

l = Longitud del cimiento en metros

w = Ancho del cimiento en metros

d = Densidad del concreto 2322 kg/m³

W = Peso total del generador en lbs (kg)

El peso total del generador, refrigerante, combustible y cimiento generalmente resulta en una carga de suelo de menos de 9800 kg/m² psi (96 kPa). Aunque esto está dentro

de la capacidad de carga de la mayoría de los suelos, siempre es recomendable revisar el código local y el reporte de análisis del suelo del edificio.

Para hallar el SBL se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{SBL}(\text{psi}) = \frac{W}{l \cdot w \cdot 144} \quad (3.2)$$

$$\text{SBL}(\text{kPa}) = \frac{W \cdot 20.88}{l \cdot w} \quad (3.3)$$

3.2 Almacenamiento de combustible

El diseño del tanque de abastecimiento en muchas áreas es controlado por reglamentos escritos generalmente con dos propósitos separados:

- Protección ambiental.
- Protección contra incendio.

En el Perú, las leyes de protección ambiental existen a nivel local y nacional. Hay diferentes regulaciones que aplican para tanques de almacenamiento sobre el terreno y debajo del terreno.

Estas regulaciones cubren los estándares de diseño, construcción y evaluación, con pruebas de tanques y detección de fugas. También cubren requerimientos de cerrado, preparación de planes de prevención de derrames, provisiones para responsabilidad financiera y cobertura de fideicomisos.

Como regla general sujeta a verificación local, se ofrecen exenciones de regulación para tanques de almacenamiento de diesel subterráneos o sobre el terreno que dan servicio en sitio a generadores de emergencia donde: La capacidad de la instalación de almacenaje es de capacidad menor a 1000 litros.

Aún cuando la instalación esté exenta de regulaciones, se debe reconocer que los gastos de limpieza podrían ser muy altos aún para un derrame muy pequeño que resulte de fugas sobrellenado, etc. La tendencia en el almacenaje de diesel para generadores en sitio en interiores y exteriores ha sido hacia tanques de terceros certificados, de sub-base de doble pared, sobre el terreno, con detección de fallas y protección contra sobrellenados.

3.2.1 Diseño mecánico de sistemas de combustible

Para el caso de protección contra incendios típicamente adoptan o se refieren a una o más de los estándares de la Asociación de Protección contra incendio (NFPA).

Estos estándares cubren requerimientos tales como capacidad de almacenamiento en interiores, tubería de sistemas de combustible, el diseño y construcción de los tanques de combustible, ubicaciones de los tanques de combustible, diques y/o provisiones para un drenado seguro.

Existen diferentes tipos de tanques:

Tanque Diario: Los tanques cercanos al generador de donde éste se alimenta, son llamados tanques de día (aunque no necesariamente contengan suficiente combustible para operar un día completo).

Se usan como una conveniencia cuando no es práctico obtener combustible del tanque principal de almacenamiento. Las distancias, la altura por arriba o por abajo, o el tamaño del tanque principal son razones para usar un tanque de día.

Todos los motores diesel tienen limitaciones en cuanto a la capacidad de succión de combustible (o restricción de succión) y la temperatura del combustible suministrado.

El combustible es transferido del tanque principal al tanque de día usando una bomba de transferencia a menudo controlada utilizando sensores de nivel en el tanque diario.

Si el tanque es pequeño, el combustible de retorno es bombeado de regreso al tanque primario para evitar el sobre calentamiento del combustible.

Tanque Sub-Base: Estos tanques son generalmente más grandes que los tanques de día y están contruidos en la estructura bases del generador o contruidos de manera que el chasis del generador pueda estar montado directamente sobre ellos.

Estos tanques contienen una cantidad de combustible para una cantidad especificada de horas de funcionamiento.

Los tanques sub-base a menudo son de doble pared, incorporando un tanque secundario alrededor del tanque contenedor para contener el combustible en caso de una fuga del tanque principal.

Muchas regulaciones locales requieren contención secundaria tal como construcción de pared doble, junto con monitoreo total de contenedores primario y secundario.

Tanque de almacenamiento: Ese tanque es usado para almacenar mayores cantidades de combustible, cuando el tanque diario no es suficiente. Debe contar con un tubo de aspiración, visor de nivel, una tapa suficientemente grande para que ingrese una persona realice el mantenimiento y limpieza respectiva.

Tina anti-derrames: La tina anti-derrames es una alternativa para evitar el derrame de petróleo sobre la superficie. Su función específica es evitar la salida del diesel ante un derrame o fuga de combustible.

Su capacidad está en función a la capacidad del tanque de combustible. INDECI solicita que sea del 110% de la capacidad del tanque de combustible.

Existen tinas metálicas, de concreto sobre el nivel o debajo del nivel de terreno. Lo importantes es que estén diseñadas con material adecuado para prevenir el almacenamiento de diesel si hubiera derrame y que dispongan de una llave de expulsión que permita el desfogue de diesel.

3.3 Suministro de combustible.

Los generadores impulsados por un motor diesel son generalmente diseñados para operar con combustible diesel ASTM D975 número 2. Tal vez otros combustibles funcionen durante operación de corto plazo, si cumplen con la calidad y características físicas descritas en la Tabla A.1 del anexo A.

Se debe tener cuidado en la compra de combustible y en el llenado de los tanques para prevenir la entrada de suciedad y humedad al sistema de combustible. La suciedad y humedad al sistema de combustible. La suciedad tupidará lo inyectores y causará desgaste acelerado en los componentes finamente maquinados del sistema de combustible. La humedad puede causar corrosión y falla de estos componentes.

Si el tanque principal está ubicado lejos del generador, se podría requerir un tanque intermedio (de día) para suministrar apropiadamente al generador. Hay considerables diferencias en las capacidades de los motores entre los fabricantes, así que el sistema de combustible debe ser diseñado para el generador específico instalado en el sitio.

La ventaja primaria de los tanques sub-base es que puede ser diseñado y ensamblado de fábrica para minimizar el trabajo en el sitio. Sin embargo, podrían, no ser una selección práctica o posible basados en los requerimientos de capacidad del tanque principal y las limitaciones del código establecido en determinado lugar, así como la habilidad de acceder al tanque para su re-llenado.

Cuando seleccione un tanque de combustible sub-base se debe tener en cuenta que el sistema de control del generador y otros puntos de servicio de mantenimiento quedarán a una altura que puede ser impráctica. Esto podría requerir que se le agreguen estructuras a la instalación para permitir un servicio conveniente o para cumplir los requerimientos de operación.

Debido a las limitaciones de las bombas mecánicas en la mayoría de los motores, muchas instalaciones que requieren tanques principales remotos, también requerirán tanques intermedios (diario). El tanque principal puede estar arriba o abajo del generador, y cada una de estas instalaciones requiere diferentes diseños de tanques intermedios y sistema de control de combustible.

Se debe considerar lo siguiente cuando se diseña y se instala cualquier sistema de combustible:

- La capacidad del tanque, construcción, ubicación, instalación ventilación, prueba e inspección, deben cumplir con todos los códigos y sus interpretaciones locales. Las regulaciones ambientales locales generalmente requieren una segunda contención (llamada una bandeja de "ruptura", "dique" o "tina anti-derrames") para prevenir que el combustible que se fugue entre al piso o al sistema de drenaje. El área de contención

secundaria normalmente incluirá características para detectar y sonar una alarma cuando el tanque principal existe fuga.

- Se debe seleccionar la ubicación con la consideración para la accesibilidad del relleno y en caso de que las líneas deban calentarse (en climas fríos).

- El tanque de combustible de suministro debe almacenar suficiente combustible para hacer funcionar al generador el número prescrito de horas sin rellenarse. Los cálculos del tamaño del tanque se pueden basar en los rangos de consumo por hora, atemperados con el conocimiento de que la operación a plena carga de la mayoría de los generadores es rara. Otras consideraciones para el tamaño de los tanques incluyen la duración esperada de los apagones vs. La disponibilidad de combustible y la vida almacenada del combustible. La vida almacenada del diesel es de 1.5 a 2 años, cuando se mantiene apropiadamente.

- Los tanques de suministro deben estar adecuadamente ventilados para evitar la presurización. Puede haber requerimientos para ventilación primaria y secundaria del tanque, dependiendo de los códigos locales y sus interpretaciones. También deben tener provisiones para drenar un tanque manualmente o para bombear el agua y los sedimentos, y tener cuando menos un espacio de expansión del 5% para prevenir derrames cuando el combustible se calienta.

- La bomba de "alzado" del combustible, la bomba de transferencia al tanque diario o el asiento de la válvula o del flotador, deben estar protegidos de la suciedad del tanque principal por un pre-filtro o un tazón de sedimentos con un elemento de malla protectora.

- Se deben proveer líneas de retorno de combustible separadas para cada generador en una instalación múltiple para prevenir la presurización de las líneas de los generadores en espera. También una línea de retorno no debe tener una válvula de cerrado. Se podría dañar el motor si el motor se hace funcionar con la línea cerrada.

- Se pueden exceder los límites de temperatura de los tanques diarios en algunas aplicaciones donde el combustible caliente del motor es retornado al tanque diario. Al incrementarse la temperatura del combustible, se reducen la densidad de este y su lubricidad, reduciendo la potencia máxima de salida y la ubicación de partes que manejan combustible. Una solución es conducir el combustible de regreso al tanque de suministro en lugar del tanque diario. Otros diseños podrían requerir un enfriador de combustible para regresar la temperatura de este a un nivel más seguro para su retorno al tanque diario.

- La capacidad de la bomba de transferencia del tanque diario, y el tamaño de la tubería de suministro deben estar basadas en el flujo máximo de combustible indicado en la hoja de especificaciones del generador.

- Los códigos locales contra incendio podrían incluir requerimientos específicos para el generador, tal como un medio de impedir que el flujo de combustible al cuarto del generador, si se detecta un incendio, y medios para retornar combustible al tanque principal, si ocurre un incendio en el cuarto del generador.
- La tubería del sistema de combustible debe estar soportada correctamente para evitar que se fatigue y se rompa debido a la vibración. La tubería no debe mantenerse cerca de tubos de calentamiento, cableado eléctrico. Los componentes del sistema de tubería debe incluir válvulas en las ubicaciones adecuadas para permitir la reparación o reemplazo de los componentes del sistema sin tener que vaciarlo completamente.
- Los sistemas de tubería se deben inspeccionar regularmente buscando fugas y chocando su condición general. El sistema de tubería debe lavarse por dentro antes de la operación del motor para eliminar impurezas que puedan dañarlo. El uso de conexiones T tapadas en lugar de codos permite una mejor limpieza del sistema.
- Los datos del fabricante del motor indican las restricciones máximas de entrada y retorno, el flujo máximo de combustible y los tamaños de mangueras para las conexiones a un tanque de suministro o diario cuando se encuentra a más de 15 metros del generador y aproximadamente a la misma elevación.
- Se debe referenciar los tamaños del tubo y la de la manguera en el flujo máximo más que en el consumo de combustible. Se recomienda ampliamente que se verifiquen las restricciones de la entrada de combustible antes de que el generador se ponga en servicio. En el siguiente un cuadro (Tabla 3.1) para referenciar los tipos de tuberías.

Tabla 3.1 Tamaños mínimos de manguera hasta 15 metros de longitud

Rango Max de Flujo de Combustible GPH (L/hr.)	Manguera Flexible N° *	Tamaño tubo NPS(pulg)	Tamaño tubo DN(mm)
Menos que 80 (303)	10	1/2	15
81 - 100(304-378)	10	1/2	15
101-160(379-604)	12	3/4	20
161-230(605-869)	12	3/4	20
231-310(870-1170)	16	1	25
311-410(1171-1550)	20	1-1/4	32
411-610(1550-2309)	24	1-1/2	40
611-920(2309-3480)	24	1-1/2	40

3.4 Nivel de ruido.

En esta sección se tratan tres temas; la ciencia del ruido, niveles de ruido y casetas acústicas.

3.4.1 La ciencia del ruido

Medición de nivel de ruido y unidades de decibeles dB(A): Su unidad de medición de sonido es el decibel. El decibel es un número en una escala logarítmica que expresa la relación de dos presiones de sonido, comparando la presión real con una presión de

referencia.

Las regulaciones de sonido se escriben generalmente en términos de decibels escala A o dB(A). La A denota que la escala ha sido ajustada para aproximarla a como una persona percibe la intensidad del sonido. La intensidad depende del nivel de presión de sonido (amplitud) y frecuencia.

Las mediciones de ruido se hacen usando un medidor de nivel de sonido y un analizador banda de octavo para un análisis más detallado por los consultores acústicos. Los micrófonos se ponen en un círculo de 7 metros de radio centrado en el generador distancia suficiente para este tipo y tamaño o de equipo.

Alternativamente se puede usar la siguiente fórmula para sumar los niveles de presión de sonido medidos en dB(A).

$$dBA_{total} = 10 \bullet \log_{10} \left[10 \left(\frac{dBA_1}{10} \right) + 10 \left(\frac{dBA_2}{10} \right) + \dots + 10 \left(\frac{dBA_n}{10} \right) \right] \quad (3.4)$$

En un campo libre el nivel de sonido decrece al incrementarse la distancia. Si por ejemplo se toma una segunda medición al doble de la distancia de la fuente la segunda medición será aproximadamente 6 dB(A) menos que la primera (cuatro veces menor). Si la distancia se corta a la mitad la segunda medición será aproximadamente 6dB(A) más alta (cuatro veces mayor). Para el caso más general si se conoce el nivel de presión de sonido (SPL1) de una fuente a distancia d1 el nivel de presión de sonido (SPL2) a d2 se puede encontrar como sigue:

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \bullet \log_{10} \left(\frac{d_2}{d_1} \right) \quad (3.5)$$

El nivel de ruido producido por un generador en un límite de propiedad es predecible si el generador está instalado en un ambiente de campo libre.

En un ambiente a campo libre, no hay paredes que reflejen y magnifiquen el ruido producido por el generador y el nivel de ruido sigue la regla de 6dB(A) de reducción por el doble de la distancia.

Las paredes reflejantes y otras superficies duras magnifican el nivel de ruido percibido por el receptor.

Por ejemplo si un generador es ubicado junto a una pared de superficie dura el nivel de ruido perpendicular a la pared será de aproximadamente el doble de potencia de sonido esperado del generador en un ambiente de campo libre (esto es en generador operando con un nivel de 68dB(A) mediría 71dB(A) junto a un muro reflejante). El poner el generador en un esquina magnifica aún más el nivel de ruido percibido.

3.4.2 Niveles de ruido

En las ciudades modernas, la ley estatal y local establece niveles máximos de ruido

para áreas específicas. La Tabla 3.2 muestra algunas regulaciones representativas de ruido exterior que requiere un entendimiento entre el nivel de ruido ambiente y el nivel de ruido resultante con el grupo electrógeno funcionando a carga máxima en ese ambiente.

Tabla 3.2 Niveles representativos de ruido exterior

Zonas de Ruido	pico de día dB (A)	pico de noche dB (A).	continuo de día dB(A)	continuo de noche dB(A)
Urbano-Residencial	62	52	57	47
Sub-urbana- Residencial	57	47	52	42
Sub-urbana muy silenciosa o Rural Residencial	52	42	47	37
Urbana - Industrial cercana	67	57	62	52
Industria Pesada	72	62	67	57

Las regulaciones de ruido también existen para proteger la audición del operario. Las personas que trabajan en cuartos de generador deberán usar siempre protección para los oídos mientras el generador esté funcionando.

3.4.3 Casetas acústicas

Para atenuar el ruido del equipo se usan las casetas acústicas.

Se puede categorizar a las casetas en tres tipos: las outdoor, acústicas y walk-in.

Casetas Outdoor.- Estas casetas protegen y aseguran el generador(No disponen elementos atenuadores de sonido). A menudo están disponibles con cerrojos. Tiene persianas o paneles perforados para permitir el flujo de aire. Se obtiene muy poca o nula atenuación de ruido y a veces puede haber más ruido inducido por la vibración. Estas casetas no retienen calor o temperatura sobre la temperatura ambiente.

Casetas Acústicas.- Las casetas atenuadoras de sonido se especifican basadas en una cierta cantidad de atenuación de ruido, o un rango de sonido publicado exteriormente.

Algunas de estas casetas exhibirán algo de capacidad para mantener el calor, esta no es la intención del diseño. Si se requiere mantener el generador sobre las temperaturas ambiente, se necesita una casa de fuerza para el equipo.

Casetas Walk-in.- Este término agrupa una gran variedad de casetas que se construyen especialmente a las especificaciones del cliente.

A menudo incluyen atenuación de ruido, equipo de monitores e interrupción de potencia, iluminación, sistemas contra incendio, tanque de combustible y otros equipos. Este tipo de casetas se construyen de forma de cubiertas en una sola unidad integrales con grandes paneles removibles para acceso de servicio. Estas casetas se pueden construir con aislantes y capacidad de calentamiento.

3.5 Sistema de ventilación

La ventilación del cuarto del generador es necesaria para eliminar el calor generado por el motor, alternador y otros equipos generadores de calor en el cuarto del generador, así como para eliminar gases peligrosos y proveer de aire para la combustión. El mal diseño de la ventilación crea altas temperaturas ambiente alrededor del generador que pueden causar baja eficiencia de combustible, pobre desempeño del generador, falla prematura de los componentes y sobrecalentamiento del motor. También resulta en pobres condiciones de trabajo alrededor del motor.

La selección de las ubicaciones de ventilación de entrada y escape es crítica para el funcionamiento correcto del sistema idealmente, la entrada y el escape permiten que el aire de ventilación sea circulado a través del cuarto completo del generador. Los efectos de los vientos dominantes deben tomarse en consideración cuando se determine la ubicación de la salida del aire. Estos efectos pueden degradar seriamente el desempeño del desempeño de generadores con radiador montado en el patín. Si hay alguna duda en cuanto a la velocidad del viento y su dirección, se pueden usar paredes de bloqueo para prevenir que el viento sople hacia dentro de la salida de aire del motor. Se debe tener cuidado de evitar que la salida de aire de ventilación llegue en una región de recirculación de un edificio que se forme debido a la dirección dominante del viento.

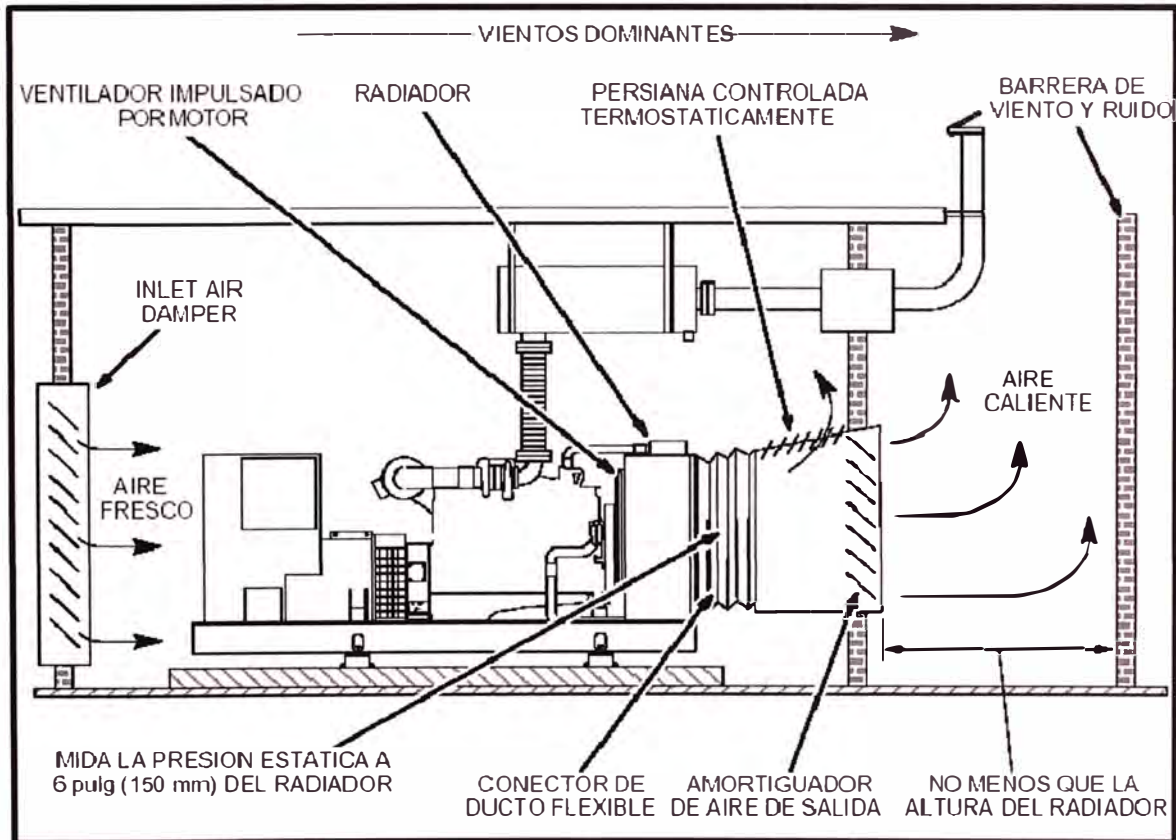


Figura 3.2 Sistema de ventilación típico

El aire de ventilación contaminado con polvo, fibras u otros materiales puede requerir filtros especiales en el motor y alternador para permitir la operación y enfriamiento adecuados, en especial en operaciones de potencia primaria. Consulte a la fábrica para la información en el uso de generadores en ambientes que incluyen contaminación química.

Los sistemas de ventilación del motor pueden expeler aire cargado de aceite al cuarto del generador. El aceite se puede depositar en los radiadores u otro equipo de ventilación impidiendo su operación. El uso de trampas de ventilación de motor, o el ventilar el motor a la parte exterior es la mejor práctica.

Una buena meta de diseño para aplicaciones de emergencia es mantener la temperatura del cuarto a no más de 50° C. Sin embargo, limitar la temperatura del cuarto del generador a 40 ° C permitirá que el generador sea suministrado con un radiador montado en el patín de tamaño más pequeño y menos costoso, y eliminará la necesidad de derrateo debido a las altas temperaturas de aire de combustión.

La clave para la operación del sistema es estar seguro de que la temperatura máxima de operación y de incremento de temperatura máxima de operación y de temperatura se hagan cuidadosamente, y que el fabricante del generador diseñe el sistema de enfriamiento (no solo el radiador) para las temperaturas y ventilación requeridos.

El resultado de un inadecuado diseño es que el generador se calentará cuando la temperatura ambiente y las cargas en el generador sean altas. A temperaturas más bajas, o menores niveles de carga el sistema podría operar correctamente. La Figura 3.3 muestra el esquema de temperatura de aire típica alrededor de un generador.

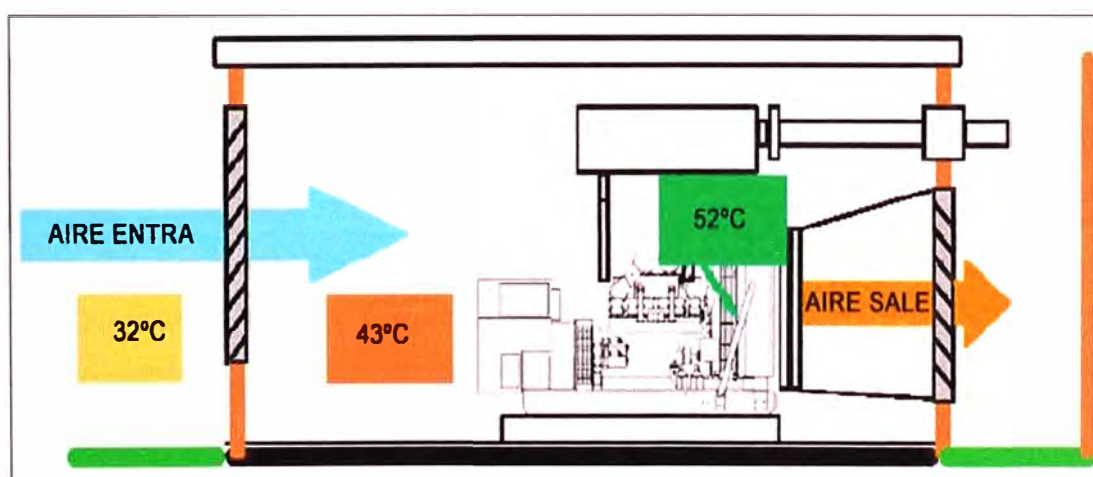


Figura 3.3 Temperatura de aire típica alrededor de un generador

3.6 Cálculos del flujo del aire

El rango de flujo de aire requerido para mantener un incremento específico de temperatura en un cuarto de generador se describe con la fórmula:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta T \cdot d} \quad (3.6)$$

Donde:

m = Rango de flujo de masa de aire que entra al cuarto en m^3/minuto

Q = Rechazo de calor al cuarto del generador o de otras fuentes de calor BTU/minuto (MJ/minuto)

C_p = Calor específico a presión constante: 0.241 BTU/lb-°F

ΔT = Incremento de temperatura en el cuarto del generador

d = densidad del aire 0,0754 lb/ft³

Lo que se puede reducir a:

$$m = \frac{Q}{0.241 \cdot 0.0724 \cdot \Delta T} = \frac{55.0 \cdot Q}{\Delta T} \text{ (ft}^3 \text{ /minuto)} \quad (3.7)$$

$$m = \frac{Q}{(1.01 \cdot 10^3) \cdot 1.21 \cdot \Delta T} = \frac{818 \cdot Q}{\Delta T} \text{ (m}^3 \text{ /minuto)} \quad (3.8)$$

El flujo total de aire en el cuarto es el valor calculado por esta ecuación, más el aire de combustión requerido por el motor.

En éste cálculo los factores mayores son obviamente el calor irradiado al cuarto por el generador (y otros equipos) y el incremento de temperatura máximo permisible.

Puesto que el rechazo de calor al cuarto está fundamentalmente relacionado con el tamaño en kW del generador, y ese rango está controlado por la demanda local del edificio, la mayor decisión por el diseñador en cuanto a la ventilación es el incremento a la temperatura en el cuarto.

3.7 Sistema de escape

Las regulaciones de ruido o las preferencias son los principales puntos a considerar en la elección de un silenciador y también dependen obviamente de si el generador está en interiores o exteriores. Una caseta protectora para exteriores suministrada por el fabricante del generador tendrá usualmente varias opciones de silenciador con éste montado generalmente adentro de la cápsula insonorizada. Las opciones son clasificadas como industriales, residenciales o críticas dependiendo de su grado de atenuación. Las casetas acústicas por lo general incluyen un sistema de silenciador integrado como parte del paquete acústico.

Un elemento clave concerniente al sistema de escape en general es que el generador tiende a vibrar. Es decir se mueve dentro de la estructura que lo contiene. Por lo tanto se requiere una pieza de tubo flexible en la salida de escape del generador.

Los sistemas en interiores unen grandes de tubos de escape y también requieren

espacio para la expansión para evitar el daño al sistema de escape y a los múltiples de escape o turbocargadores.

Al sistema de escape del motor se le pueden instalar termocuplas y equipo de monitoreo para medir con precisión la temperatura de escape del motor con el propósito de diagnóstico de servicio o para verificar la temperatura si el motor está operando a un nivel de carga suficiente para prevenir problemas de operaciones por carga ligera.

La función del sistema de escape es llevar con seguridad el escape del motor hacia fuera del edificio y dispersar los gases, hollín y ruido lejos de la gente y los edificios. El sistema de escape debe estar de acuerdo para minimizar la retro-presión en el motor. La restricción excesiva resultará en consumo excesivo de combustible, temperatura de sistema de escape anormalmente alta y fallas relacionadas a la alta temperatura del escape así como humo negro.



Figura 3.4 Consideraciones de diseño de instalación

Consideraciones:

- Se recomienda usar tubo de fierro negro de grado 40 para tubería de escape. Otros materiales que se aceptan incluyen los sistemas prefabricados de acero inoxidable.
- Se debe conectar tubo flexible corrugado de acero inoxidable sin costura en una medida mínima de 610mm de largo, a las salidas de escape del motor para permitir la expansión térmica y el movimiento y vibración del generador cuando el generador está montado en aisladores de vibración. Los generadores más pequeños con aisladores de

vibración integrados que se montan directamente al piso deben ser conectados con tubo flexible corrugado de acero inoxidable sin costura, de medida mínima 457mm de largo. El tubo de escape flexible no se debe usar para formar curvas o compensar tubo de escape incorrectamente alineado.

- Se puede proveer a los generadores con conexiones de tubo de escape en rosca, de ensamble con abrazadera o de herraje. Las conexiones de rosca y de herraje son menos propensas a las fugas para más costosas de instalar.
- La tubería de escape debe ser soportada por soportes o colgantes no combustibles. No por la salida del escape del motor. El peso en la salida de escape del motor puede causar daños al múltiple de escape y reducir la vida del turbo-cargador. Y puede causar que la vibración del generador se transmita a la estructura del edificio. El uso de monturas con aisladores limita aún más la vibración que se transmite a la estructura del edificio.

Para reducir la corrosión debido a la condensación se debe instalar un silenciador lo más cerca del motor que sea prácticamente posible para que se caliente rápidamente. Ubicar el silenciador cerca del motor también mejora la atenuación del silenciador. Los radios dobles del tubo deben ser tan largos como sea práctico.

Se realizará según las siguientes recomendaciones:

- La tubería de escape debe ser del mismo diámetro nominal (o más grande) que la salida del escape del motor a lo largo de toda el recorrido de esta. Verifique que toda la tubería es del diámetro suficiente para limitar la retro-presión a un valor que esté dentro del rango para el motor usado, (los diferentes motores tienen diferentes tamaños de salidas de escape y diferentes limitaciones de retro-presión). El tubo que es más largo que lo necesario está más sujeto a la corrosión debido a la condensación que un tubo más pequeño. La tubería que es demasiado grande también reduce la velocidad de los gases disponibles para dispersar los gases hacia las corrientes de aire externas.
- Todos los componentes del sistema de escape del motor deben incluir barreras para prevenir contactos peligrosos. La tubería de escape y los silenciadores deben estar aislados térmicamente para prevenir contactos accidentales peligrosos prevenir quemaduras accidentales, prevenir la activación de sistemas contra incendio, reducir la cantidad de calor irradiada al cuarto del generador. Nunca se deben aislar las juntas de expansión, los múltiples de escape, y los turbo-cargadores a menos que sean enfriados por agua. Conducir la tubería de escape a cuando 2 a 3 metros del suelo ayuda a evitar contactos accidentales con el sistema de escape.
- La tubería del sistema de escape debe conducirse a cuando menos 230mm de construcciones combustibles. Use ojillos aprobados donde el sistema de escape deba pasar por muros o combustibles. Ver las siguientes figuras:

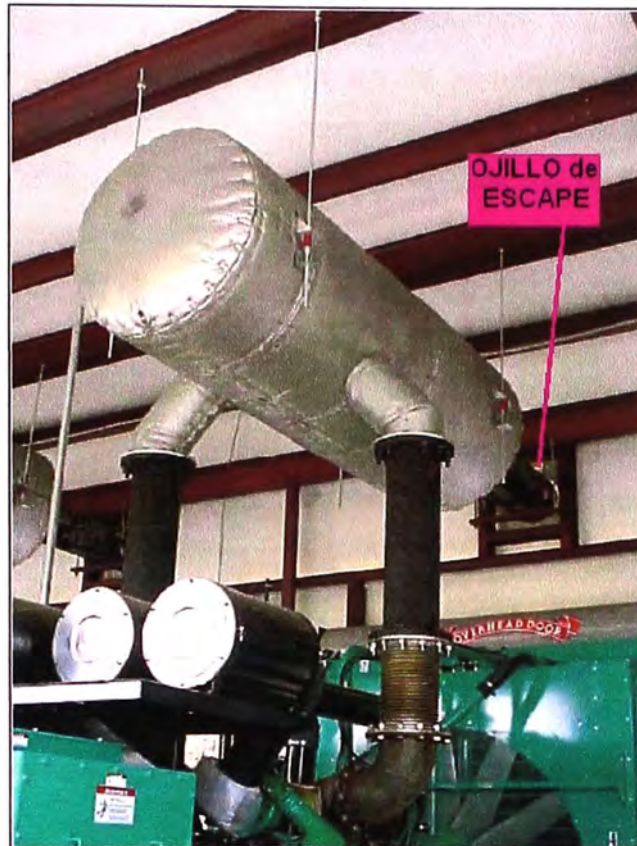


Figura 3.5 Silenciador de doble entrada con conectores flexibles y montajes colgantes

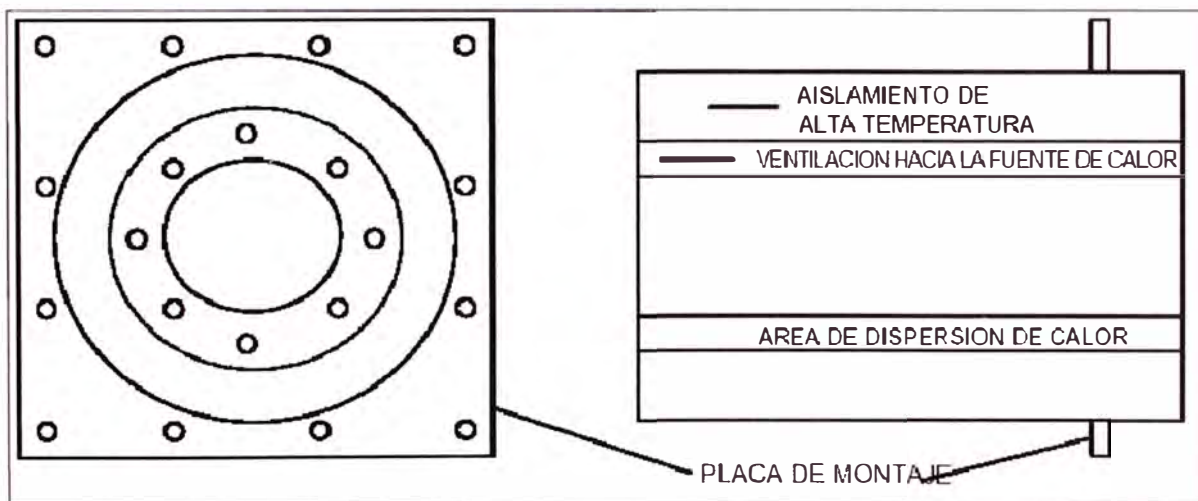


Figura 3.6 Construcción de Ojillo para instalaciones en muros combustibles

- También se debe considerar cuidadosamente la dirección de la salida de escape. El escape nunca debe dirigirse hacia el techo de un edificio o hacia superficies combustibles. El escape de un motor diesel es caliente y tiene hollín y otros contaminantes que pueden adherirse a las superficies circundantes.
- Ubique y dirija la salida del escape lejos de las entradas de ventilación.
- Si el ruido es un factor, dirija la salida lejos de ubicaciones críticas.
- El tubo de escape de acero se expande aproximadamente 1.14 mm por metro de tubo por cada 100° C de incremento de gases de escape sobre la temperatura ambiente. Se

requiere que se usen juntas de expansión en tramos largos y rectos de tubería. Debe haber juntas de expansión en cada punto donde la tubería cambie de dirección. El sistema de escape debe estar soportado para que la expansión se aleje del generador. Las temperaturas de escape las suministra el fabricante del motor o generador para el motor usado específicamente.

- Las corridas horizontales de tubería de escape deben estar inclinadas hacia abajo, lejos del motor hacia el exterior o hacia una trampa de condensación.

- Se deben instalar una trampa de condensación y un tapón donde la tubería da la vuelta hacia arriba. Las trampas de condensación también deben tener un silenciador. Los procedimientos de mantenimiento para el generador deben incluir también el drenado regular de las trampas de condensación del sistema de escape.

- Se deben tomar provisiones para evitar la entrada de la lluvia al sistema de escape de un motor que no está operando. Estas pueden incluir una cubierta de lluvia o una trampa de escape como en las siguientes figuras en salidas verticales.



Figura 3.7 Pasamuro

Escudo de lluvia fabricado para una chimenea vertical del generador. Las dimensiones mostradas son para una chimenea de escape típica de 14 pulg.

Las salidas horizontales deben cortarse en ángulo y protegerse con malla. Las cubiertas de lluvia se pueden congelar en climas fríos, deshabilitando el motor, así que otros dispositivos de protección deben usarse para esas situaciones.

Los generadores sin importar aplicación, podrían estar sujetos a regulaciones de emisiones de escape a nivel local, nacional o ambos. El cumplimiento de las regulaciones de emisiones generalmente requiere de permisos especiales. Algunas localidades podrían tener designaciones específicas requiriendo estrategias de post-tratamiento para los combustibles de los motores de gas o diesel.

En la Tabla 3.3 se muestran emisiones típicas de diesel para generadores de 40-

2000kW con escapes sin tratamiento de estimación.

Tabla 3.3 Emisiones típicas de motores diesel

CRITERIO DE CONTAMINANTES	GRAMOS / BHP
HC(Total de Hidrocarburos no quemados)	0,1-0,7
NDx (Óxidos de Nitrógeno como NO ₂)	6,0-13,0
CO(Monóxido de Carbono)	0,5-2,0
PM(Partículas)	0,25-0,5
SO ₂ (Dióxido de Azufre)	0,5-0,7

En algunas ciudades existen normativas para los equipos móviles que están sujetas a la certificación de la EPA que esencialmente limita las emisiones federales de NO_x a 6.9 g/bhp.hr (gramos/Brake HP x Hora).

3.8 Instalación eléctrica

Comprende: consideraciones de diseño y consideraciones de conexión a.c. en el generador, y tipo de conductores.

3.8.1 Consideraciones de diseño

- a. El diseño de la distribución eléctrica para sistemas de generación de emergencia en sitio deben minimizar las interrupciones debido a problemas internos como sobrecargas y fallas. Para proveer la protección de fallas internas del tablero de transferencia debe ubicarse tan cerca del equipo de utilización de la carga como sea práctico.
- b. La separación física de los alimentadores del generador debe prevenir destrucción simultánea como resultado de un incendio, inundación, etc.
- c. El tablero de transferencia con sobrepaso aislado para que los interruptores de transferencia puedan mantenerse o repararse sin afectar equipos críticos de carga.
- d. Protección contra incendio de los conductores de funciones críticas como bombas de incendios, elevadores para el uso de los bomberos iluminación de salida para evacuación, ventiladores de remoción de humo o presurización, sistemas de comunicación, etc.
- e. La seguridad y accesibilidad a los tableros y paneles con dispositivos de sobre corriente.
- f. Provisiones para la conexión de generadores temporales (portátiles de renta) para periodos cuando el generador permanentemente instalado esté fuera de servicio o necesite potencia para dar energía a otras cargas (aire acondicionado, etc.)

3.8.2 Consideraciones de conexión a.c. en el generador

Para realizar una correcta instalación el número de conductor por fase y su tamaño deben adecuadamente dimensionados, el conductor, los terminales, el breaker del generador y los tornillos en el equipo (Breakers de circuito, e interruptores de

transferencia). Contiene las siguientes partes:

a. Breakers de Circuito de caja moldeada montados en el generador

El breaker seleccionado debe tener apropiada capacidad interruptora basada en una corriente corto circuito. Con un solo generador el corto circuito de corriente simétrico de primer ciclo disponible está típicamente en el rango de 8 a 10 veces la corriente de rango. Para un generador específico es igual a el recíproco de la reactancia sub-transitoria por unidad del generador, o $1/X''d$. Se debe usar la tolerancia mínima de reactancia sub-transitoria de los datos del fabricante del generador para el cálculo.

b. Conductores de Potencia AC

La salida de Ac del generador se conecta a los conductores dimensionados para la operación en base a la corriente de carga, aplicación y códigos.

Si el generador no viene con un breaker principal instalado de fábrica, la ampacidad de los conductores de fase AC instalados en el campo de las terminales de salida del generador al primer dispositivo debe ser cuando menos 115% del rango de la corriente total de carga, sin derrateo de temperatura o altitud. La ampacidad de los conductores debe ser del 100% del rango de corriente total de carga. Las siguientes fórmulas muestran la manera para calcular la I de línea.

$$I_{LINEA} = \frac{kW \cdot 1000}{V_{L-L} \cdot 0.80 \cdot 1.73} \quad (3.9)$$

$$I_{LINEA} = \frac{kVA \cdot 1000}{V_{L-L} \cdot 1.73} \quad (3.10)$$

Donde:

I_{LINEA} = corriente de línea (amps)

Kw = Rango de Kilowatts del generador

kVA = Rango kVA del generador

V_{L-L} = Rango de voltaje Línea-Línea

c. Cálculos de caídas de voltaje

La impedancia del conductor debido a la resistencia y la reactancia causan una caída de voltaje en el circuito AC. Para obtener el desempeño adecuado esperado del equipo de carga, los conductores deben ser de tamaño de forma que el voltaje no caiga más de 3% en un circuito ramal, o de más de 5% total en la caída de servicio y el equipo de carga. Pueden usarse fórmulas razonables con bastante aproximación

$$V_{CAIDA} = \frac{I_{FASE} \cdot Z_{CONDUCTOR}}{V_{RANGO}} \quad (3.11)$$

$$Z_{(ohms)} = \frac{L}{1000 \cdot N} \left[(R \cdot fdp) + X \sqrt{(1 - fdp^2)} \right] \quad (3.12)$$

Donde:

Z = Impedancia del conductor

R = Resistencia del conductor

X = Reactancia del conductor

L = Longitud del conductor en pies

N = número de conductores por fase

fdp = Factor de potencia

3.9 Aterramiento

La Figura 3.8 muestra diagramas típicos de aterramiento.

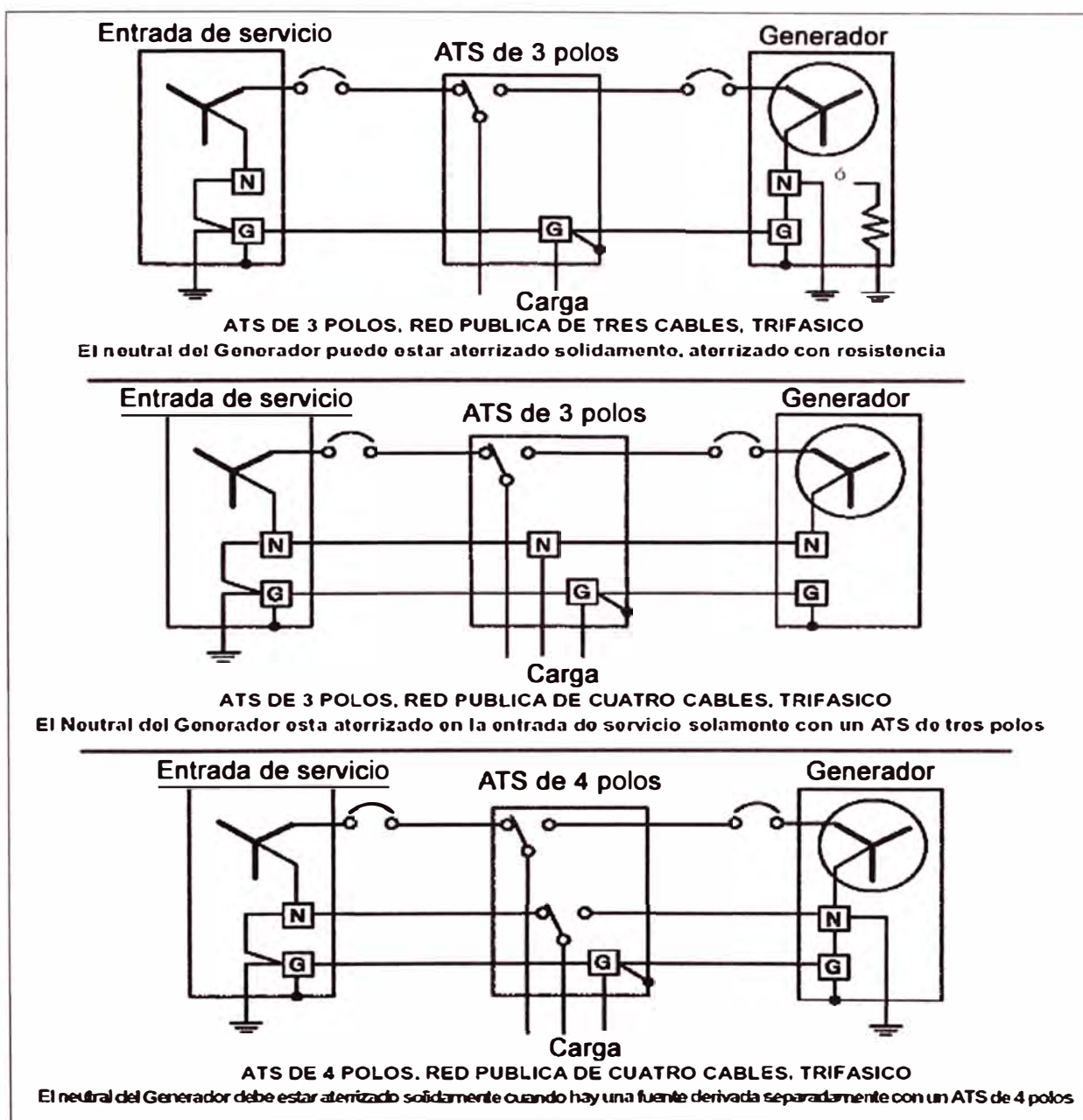


Figura 3.8 Diagramas típicos de aterramiento

Es bien conocido que los sistemas puesta a tierra tienen como finalidad descargar y

proteger a las personas y equipos. Para el aterramiento del Grupo Electrógeno y Tablero de Transferencia se considera lo siguiente:

Aterrizado del sistema: El aterrizado del sistema es el aterrizado intencional del punto neutral de un generador conectado en estrella, la esquina de un generador conectado en delta, o el punto medio de un devanado en monofásico de un generador conectado en delta a tierra. Es mucho más común aterrizar el punto neutral de un generador conectado en estrella y sacar el neutral (conductor de circuito aterrizado) en un sistema de cuatro cables trifásico. Un sistema delta aterrizado en la esquina tiene un conductor de circuito aterrizado que no es neutral.

Aterrizaje sólido: Un sistema aterrizado sólidamente es aterrizado directamente por un conductor (el electrodo conductor de tierra) sin impedancia intencional a tierra (electrodo de tierra). Este método es típicamente usado y es requerido por el código eléctrico en todos lo sistema de bajo voltaje con un conductor de circuito de aterrizaje a menudo neutral que sirva cargas L-N.

3.10 Accesorios importantes

Se estudia los calentadores de agua, los aisladores de vibración, filtro separador de agua y resistencia antihumedad.

3.10.1 Calentadores de agua

Una preocupación crítica del sistema es el tiempo que le toma al equipo de emergencia el detectar una falla de energía, arrancar al generador y transferir la carga. Algunos códigos y estándares para sistemas de potencia de emergencia indican que el generador debe ser capaz de tomar todas las cargas de emergencia dentro de los siguientes 10 segundos de la falla de potencia.

Algunos fabricantes de generadores limitan el rango de desempeño de arranque en frío un porcentaje del rango de emergencia del generador. Esta práctica reconoce que en muchas aplicaciones, sólo una porción de la carga total conectable es carga de emergencia (se permite que las cargas no críticas se conecten después) y que es difícil arrancar y lograr aceptación total de cargas con generadores diesel.

Para éste tipo de operación el generador debe estar ubicado en una planta donde la temperatura no sea inferior a 4°C y que el generador esté equipado con calentadores de refrigerante.

Esto se debe lograr instalando el generador en una caseta o cuarto con calefacción. Las casetas exteriores protectoras al ambiente generalmente no están aisladas y hacen difícil el mantener un generador caliente en temperaturas ambiente frías.

3.10.2 Aisladores de vibración

Para reducir la vibración transmitida al edificio o la estructura del montaje, los

generadores a menudo se montan en aisladores. Estos aisladores existen en tipo de resorte y de hule, siendo el más común el de resorte. EL desempeño del aislamiento de la vibración, es generalmente de 90% o más, y comúnmente más de 95%. La capacidad de peso y la ubicación correcta son críticos para su desempeño. En el caso de generadores de mayor tamaño con tanque sub-base los aisladores son instalados entre el tanque y la estructura base.

El motor y el alternador de un generador deben estar aislados de la estructura de montaje donde se instalan. Algunos generadores, particularmente los modelos de menor potencia, utilizan aisladores de vibración de hule/neopreno insertados en la máquina entre el motor/alternador y el patín. El patín de estos generadores generalmente se puede montar directamente al cimiento, piso o subestructura. Otros generadores pueden tener un diseño que tenga el motor/alternador montado sólidamente en el patín.

Nota: El atornillar un generador que no incluye aisladores directamente al cimiento o piso resultará en ruido y vibraciones excesivas y posible daños al generador , el piso y otros equipos.

Aisladores de Resorte: Estos aisladores de resorte de acero pueden amortiguar hasta 98% de la energía vibratoria producida por el generador. Puede que los aisladores no estén ubicados simétricamente alrededor del motor, porque se requiere que estén ubicados considerando el centro de gravedad de la máquina. El número de aisladores que se requieran varía con los rangos de los aisladores y el peso del generador.

La figura siguiente ilustra un aislador de resorte de acero del tipo requerido para montar generadores que no incluyen aisladores integrados. Se muestran la almohadilla inferior de hule, el cuerpo del aislador, los tornillos de anclaje, resorte de soporte, tornillo de ajuste y tuerca de bloqueo.

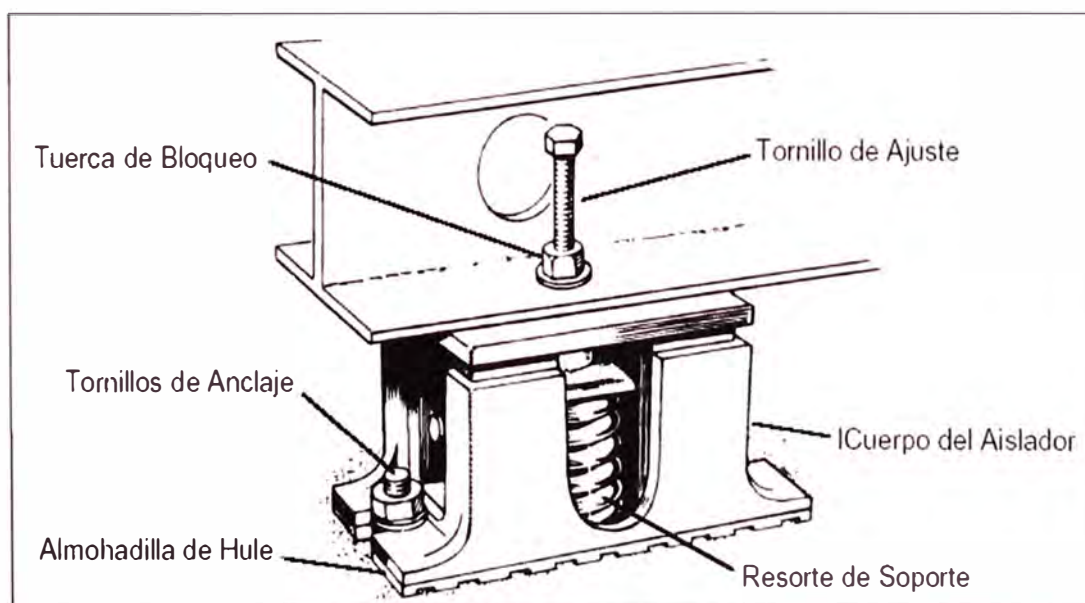


Figura 3.9 Aisladores de resorte

Aisladores de Almohadilla: Los aisladores de almohadilla están hechos de capas de materiales flexibles diseñado para amortiguar los niveles de vibración en aplicaciones no críticas, tales como las de generadores montado en su propia caseta de exteriores, o donde se usan aisladores integrados en el generador.

Los aisladores de almohadilla varían en su efectividad, pero son aproximadamente 75% eficientes. Dependiendo de su construcción. También pueden variar en efectividad con la temperatura, puesto que la bajas temperaturas afectan la flexibilidad del medio de hule haciéndolo mucho menos flexible.

Cuando la máquina se monta en un tanque de combustible sub-base el tipo de aisladores de vibración requeridos para proteger el tanque sub-base depende de la estructura de éste y el nivel de fuerza de vibración creado por la máquina. Si se instala aisladores de hule entre el motor/alternador y el patín, generalmente no se requiere aislamiento adicional entre la máquina y el tanque sub-base. Sin embargo la frecuencia natural del tanque sub-base en los puntos de fijación al generador debe ser de 200Hz o más. Si el motor/alternador está fijado sólidamente al patín se necesita aislamiento de vibración entre el patín y el tanque sub-base y aislar adecuadamente el edificio de la vibración. En todos los casos siga las recomendaciones del fabricante para la combinación específica de generador y sub-base.

El amortiguamiento de los aisladores de aire es generalmente bajo con una relación de amortiguación de 0.05 o menos. Este amortiguamiento es provisto por la flexión en el diafragma o pared por fricción o por amortiguamiento en el gas. Incorporar resistencia al flujo capilar (aumentar un orificio al flujo) puede incrementar el amortiguamiento entre el cilindro del aislador de aire y los tanque de contención.

3.11 Monitoreo

El objetivo es mostrar conexiones y configuración de parámetros en el control y los adaptadores para monitoreo de grupos electrógenos en una red a Ethernet.

La aplicación es:

- Monitorear en cualquier momento las condiciones y variables de operación de la planta en una PC.
- Visualizar las alarmas del equipo eventualmente activas.
- Optimizar los tiempo de los técnicos de servicio o el operador para corregir problemas con la planta, ya que el sistema noticia de las falla específica.
- Modificar una configuración existente de los parámetros de operación de la planta si tener que ir hasta el sitio.
- Realizar arranque, paros y operar la transferencia a distancia.
- Generar gráficas de históricos y tablas de eventos.

3.12 Programa de mantenimiento.

Un programa bien planeado de mantenimiento y servicio preventivo debe ser un parte integral del diseño de un sistema de potencia en sitio. Que un generador de emergencia falle al arrancar o al funcionar podría llevar a la pérdida de vidas humanas, lastimaduras personales, daños a la propiedad o pérdidas de negocio.

La falla al arranque y funcionamiento debido a la baja carga de la batería por falta de un mantenimiento correcto es la falta más común. Un programa completo llevado a cabo con regularidad por personas calificadas puede prevenir tales fallas y sus posibles consecuencias.

Se deben considerar los programas de mantenimiento y servicio ofrecidos por los distribuidores por medio de un contrato. Estos típicamente incluyen mantenimiento programado, reparaciones, reemplazo de partes y documentación de servicio.

El programa de mantenimiento para generadores de potencia primaria debe basarse en el tiempo de funcionamiento como lo publica el fabricante.

Puesto que los generadores de emergencia funcionan infrecuentemente, el mantenimiento de estos está programado en términos diarios, semanales, mensuales o más largos. Debe revisarse las instrucciones del fabricante para mayor detalle. En cualquier caso, el mantenimiento programado debe incluir.

Diario:

- Buscar fugas de aceite, refrigerante y combustible.
- Verificar la operación de los calentadores de refrigerante del motor. Si el bloque no está caliente, los calentadores no están funcionando y el generador podría no arrancar.
- Verificar que los interruptores estén en la posición AUTOMATICO y que el breaker del generador si existe uno esté cerrado.

Semanalmente

- Verificar los niveles de refrigerante y aceite
- Verificar el sistema de carga de las baterías.

Mensualmente

- Buscar restricciones en el filtro de aire
- Ejercitar el generador arrancándolo y haciéndolo funciona durante cuando menos 30 minutos a no menos de 30% de su rango de carga. Niveles más bajos de carga son aceptables si la temperatura del escape alcanza el nivel suficiente para prevenir daños al motor.
- Se debe revisar que no haya vibraciones extrañas, ruidos ni fugas de aceite, refrigerante y combustible en el generador mientras éste funciona(la ejercitación regular mantiene las partes lubricadas, mejora la confiabilidad del arranque previene la oxidación

de los contactos eléctricos y consume el combustible antes de que se deteriore y tenga que ser desechado).

- Verificar que no hay restricciones en el radiador, fugas de refrigerante, mangueras deterioradas, bandas flojas o dañadas, persianas motorizadas que no funcionan y que la concentración de aditivos en el refrigerante sea la correcta.
- Buscar perforaciones, fugas u conexiones flojas en el sistema de filtración de aire.
- Verificar el nivel de combustible y la operación de la bomba de transferencia.
- Buscar fugas en el sistema de escape y drene la trampa de condensación.
- Verificar que todos los medidores, instrumentos y lámparas indicativas funcionen correctamente.
- Revisar las conexiones de la batería y sus cables, el nivel del fluido de las baterías y su carga y recargarlas si fuera necesario.
- Revisar que no haya restricciones en las entradas y salidas de ventilación del generador.
- Asegurarse de tener todas las herramientas de servicio a la mano.

Semi-Anualmente

- Cambiar los filtros de aire
- Cambiar los filtros en el circuito de acondicionador de refrigerante
- Limpiar o reemplazar los filtros de los respiraderos del motor
- Cambiar los filtros de combustible, drene los sedimentos de los tanques de combustible, verifique que las mangueras flexibles de combustible no tengan cortes o desgastes y revise el varillaje del gobernador.
- Verificar los controles y alarmas de seguridad
- Limpiar las acumulaciones de grasa, aceite, combustible y polvo de los generadores.
- Verifique el cableado de distribución, conexiones, breakers de circuito e interruptores de transferencia.
- Simular un apagón. Esto probará la habilidad del generador para arrancar y tomar la carga de rango. Verifique la operación de los interruptores de transferencia automáticos conjuntos de interruptores relacionados y controles y todos los otros componentes en el sistema de emergencia.

Anualmente

- Verificar las paletas del ventilador, poleas y bomba de agua.
- Limpiar el respiradero del tanque diario.
- Verificar y limpie el múltiple de escape y los tornillos del turbo-cargador
- Apretar el sistema de montaje del generador.
- Limpiar las cajas de control y de salida de potencia. Revise y apriete todas las

conexiones de cableado que estén flojas.

- Medir y registrar las resistencias del aislamiento de los devanados del generador. Verifique la operación de las cintas de calentamiento del generador y engrase los cojinetes.
- Verificar la operación del breaker principal de generador operándolo manualmente.
- Probar la unidad de disparo de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Si el generador es ejercitado normalmente sin carga o solo lleva cargas ligeras correr el generador por lo menos durante 3 horas, incluyendo una hora cercana a la carga de rango.
- Conducir pruebas del aislamiento del generador anualmente durante la vida del generador. Las pruebas iniciales hechas antes de hacer las conexiones finales de las cargas servirán como referencia para las pruebas anuales. Estas pruebas son obligatorias para el estándar ANSI/IEEE # 43, prácticas y recomendaciones para la resistencia del aislamiento de maquinaria rotativa. La Tabla 3.4 muestra las temperaturas mínimas de escape para motores estándar.

Tabla 3.4 temperaturas mínimas de escape para motores estándar.

Familia de motor	Temperatura de chimenea
B Series	550
C Series	600
LTA 10	650
M11	650
NT(A)865	650
N14	650
QSX15	700
KTA 19	650
VTA28	650
QST30	650
KTA 38	650
QSK45	700
KTA50	700
QSK60	700
QSK178	700

Normas de referencia

De acuerdo a las normas internacionales muchos asuntos de seguridad y ambientales relacionados con las aplicaciones de generadores se tratan en los siguientes estándares de la National Fire Protection Association (NFPA).

- Normas para líquidos y combustibles NFPA 30
 - Estándares para la instalación u uso de los Motores de combustión estacionarios-NFPA
- 37
- Código nacional de Combustibles para Norteamérica NFPA 54

- National Electrical Code –NFPA 70
- Storage and handling of liquified petroleum gás-NFPA 58
- Health Care Facilities Code-NFPA 99
- Life Safety Code NFPA 101
- Emergency and Standby Power Systems NFPA 110

CAPÍTULO IV EJEMPLO DE APLICACIÓN

En el presente capítulo se presenta un ejemplo de aplicación sobre la instalación y puesta en servicio y consideraciones acerca de un generador accionado por motor diesel operando en modo stand by con un sistema de respaldo de energía con transferencia automática cerrada.

Este capítulo se divide en los siguientes ítems: Ubicación y características climatológicas, lógica de funcionamiento, trabajos a realizar, descripción de los equipos a instalar, pruebas y configuraciones en taller, consideraciones para la instalación, anclaje y conexión de grupo electrógeno y tablero de transferencia, acabados, señalizaciones e inspección final, y puesta en servicio.

4.1 Ubicación y características climatológicas

El proyecto se ejecuta en la estación base celular ubicada a 14,5 km de la localidad de Oxapampa ubicado en el distrito de Oxapampa, Provincia de Cerro de Pasco, Departamento de Cerro de Pasco (Lat 10° 38' 59" S y Long 75° 17' 34" S).

Las instalaciones de la estación cuenta con carretera afirmada de difícil acceso en temporada de lluvias.

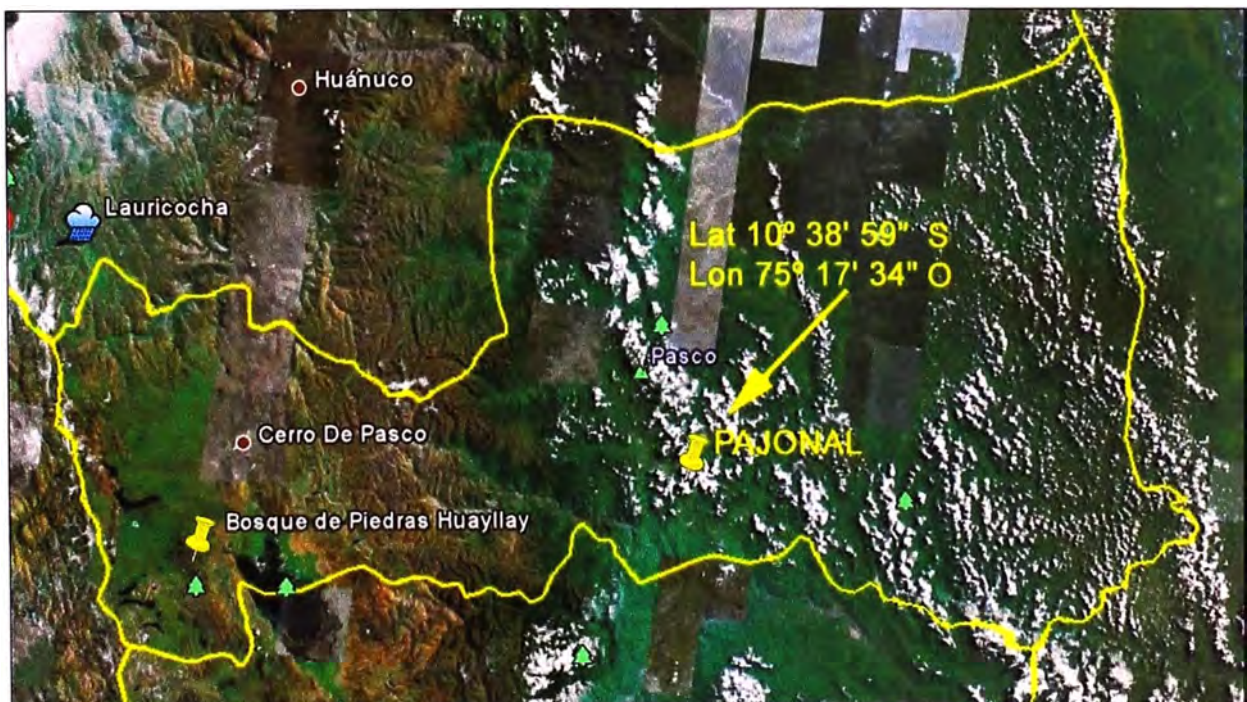


Figura 4.1 Ubicación geográfica

Se caracteriza por un valle formado por la reserva ecológica de Oxapampa que es alimentado con aguas del río Chacos. El clima de Oxapampa es ceja de selva con una temperatura máxima de 25°C y una temperatura promedio de 17°C y goza de sol y lluvias en el transcurso de todo el año. La altura sobre el nivel del mar es de 2858. La contaminación de la Estación Base es mínima debido a que está rodeado de bosques y en la parte alta existen bastantes matorrales. Por tratarse de una reserva ecológica, el grupo electrógeno debe contar con una caseta acústica y generar no más de 75dB a 7 metros escala A. La energía de respaldo solicitada para la instalación es de 40kW.

4.2 Lógica de funcionamiento

El grupo electrógeno DGCA 50kW, 220 Voltios, 60 Hz en régimen standby tendrá la siguiente lógica.

La fuente de energía principal es proveniente de la concesionaria de energía. Por lo tanto se está planificando que el grupo electrógeno de emergencia de la Estación Base funcione bajo las siguientes formas:

- Ante una falla intempestiva de la Red Pública.
- Ante un racionamiento de la Red Pública, la cual impida un correcto funcionamiento de la Central.

Ante una falla Intempestiva de la Red Pública: El ATS va a estar constantemente sensando la tensión de la red pública, por lo que al irse la tensión el grupo electrógeno arrancará en forma automática y operará en forma aislada. Cuando la energía regrese se tomará la tensión de la red pública la cual servirá como referencia a fin de sincronizar el equipo por no más de 100 ms y efectuar la transferencia sin realizar ningún corte y efectuar la transferencia de fuentes desde el grupo electrógeno a la red pública.

En modo manual, el arranque se realiza desde el Panel de Mando del Grupo. Una vez pulsado el botón de arranque/parada, el Grupo Electrónico arrancará inmediatamente y después de haber alcanzado sus parámetros nominales en breves segundos, estará listo para que el operador presione en este panel el cierre del interruptor (3x150 Amperios) correspondiente, con lo cual el grupo estará disponible para entregar energía eléctrica a las instalaciones de la Estación Base.

4.3 Trabajos a realizar

Debido a que la ubicación del grupo electrógeno está definida por el diseño estructural y civil la presente obra es de instalación de un grupo generador de 56 kW, un tablero de transferencia automática con sistema cerrado. Por lo tanto se ha considerado el montaje de los siguientes equipos:

- Grupo Electrónico de 50 kW-220 Voltios -60 Hz.
- Tablero de Transferencia Cerrada modelo CHPC

- Tanque de almacenamiento de combustible de 500 litros.

Se describen el montaje del Grupo Electrónico encapsulado e insonorizado que entrega 50 kW, 220 Voltios, 60 Hz en régimen stand By.

- Anclaje de Grupo Electrónico.
- Sistema de Escape.
- Anclaje y ubicación del tablero de transferencia automática.
- Instalación Eléctrica de cables de fuerza para el Grupo Electrónico, cables de señal, aterramiento del grupo electrónico y del mismo modo con el tablero de transferencia automática.
- Instalación del sistema de escape y sistema de ventilación.
- Instalación de tanque de combustible, instalación de tuberías de petróleo y aterramiento de tanque de combustible.

4.4 Descripción de los equipos a instalar

Los equipos a detallar son:

- Grupo electrónico de 50 kW, con un generador de capacidad de 56 kW.
- Tablero de transferencia automática modelo CHPC.

4.4.1 Grupo electrónico

Se detalla a continuación sus características:

a. Imagen de Grupo Electrónico

La Figura 4.2 muestra la imagen del modelo Cummins DGCA.



Figura 4.2 DGCA Cummins

b. Motor

Marca	:	CUMMINS
Modelo	:	4BT3.9-G4
Potencia	:	73.9 kWm (99 bhp)
Velocidad	:	1800 RPM

Aspiración	:	Turboalimentado
Número de Cilindros	:	4 En Línea
Número de Tiempos	:	4
Sistema Eléctrico	:	12 VDC. Incluye arrancador y alternador.
Regulador de Velocidad	:	Gobernador mecánico
Sistema de Refrigeración	:	Por agua
Sistema de Inyección	:	Directa
Relación de Compresión	:	16.5:1
Diámetro de Carrera	:	4.02" x 4.72"
Cilindrada	:	3.9 litros
Consumo de Combustible	:	17 litros/hr a 75% de carga 19 litros/hr a plena carga
Sistema de Protección	:	Parada automática de motor por falla de baja presión de aceite, alta temperatura de agua, sobrearranque y sobrevelocidad.

c. Alternador

Marca	:	NEWAGE-STAMFORD
Tipo	:	4 polos, autoexcitado, autoregulado y sin escobillas.
Potencia	:	56 kW (70 kVA)
Factor De Potencia	:	0.8
Voltaje	:	220 Voltios
No de fases	:	Trifásico
Frecuencia	:	60 Hz
Aislamiento	:	Clase H
Regulación de Voltaje	:	+/- 1 %

d. Base y armado

El motor, alternador y radiador están montados sobre una base común de acero estructural tipo patín. El alternador se acopla directamente a la volante del motor mediante discos flexibles.

e. Tablero De Control Digital – PCC 2100

Se procede a describirlo:

- Sistema de control basado en microprocesador. Integra las funciones de medición, control, protección, regulación de voltaje y gobernación del motor, otorgándole mayor confiabilidad comparado a un sistema de control convencional.
- Está provisto de interfaz digital con pantalla alfanumérica de dos líneas de 16 caracteres cada una.
- Está alojado en gabinete metálico con acabado de pintura electrostática satinada color

negro, el cual está montado sobre el generador con aisladores antivibratorios.

- Es fabricado en conformidad con las normas: NFPA110, UL 508, CSA C282, CSA 22.2, ISO 8528-4, NFPA99, CE Marking, EN 50081-2, EN 50082-2, ISO 7637, ANSI C62.41, IEC 801.

- Sus condiciones de operación son: -40°C a 80°C de temperatura y 95% de humedad hasta una altura de 5000 m.

- Operación del sistema de control desde 8 hasta 35 VDC.

El tablero Incluye lo siguiente:

e.1 Selectores y Pulsadores de Control:

- Selector de Auto / Manual / Apagado.
- Pulsador de Arranque / Parada Manual.
- Pulsador de Parada de Emergencia, Tipo hongo con retención.
- Pulsador de Prueba de lámparas / Panel de lámparas.
- Switch de Reseteo / Reconocimiento de falla.
- Botones o teclas de control del Panel Display Alfanumérico

e.2 Indicadores de alarma y estado:

- Indicador de funcionamiento de generador (LED Verde).
- Indicador de señal de arranque remoto recibida (LED Verde).
- Indicador de No Auto (LED intermitente Rojo)
- Indicador común de Parada por falla (LED Rojo)
- Indicador común de Alarma (LED Amarillo).
- Indicador de alarma pre-falla de baja presión de aceite (LED amarillo)
- Indicador de alarma pre-falla por alta temperatura (LED amarillo)
- Indicador de parada por falla de baja presión de aceite (LED rojo)
- Indicador de parada por falla de sobrevelocidad (LED rojo)
- Indicador de parada por falla de arranque (LED rojo)

e.3 Medición digital del Motor:

- Voltaje de baterías de arranque.
- Presión de aceite.
- Temperatura del agua refrigerante. Lado izquierdo y derecho de motores en "V".
- Contador de horas de operación.
- Número de arranques.
- Velocidad en RPM.

e.4 Medición digital del Generador

- Tensión de salida, Línea-línea y Línea-Neutro.
- Corriente de salida, tres líneas.

- Frecuencia de salida.
- Potencia de salida kW.
- Factor de Potencia de salida.
- Contador de Energía kWh.
- Porcentaje de caída de velocidad y voltaje.
- Proporciona las ultimas 20 fallas indicando el número de veces que cada falla ha ocurrido

e.5 Funciones de Control

- Intentos de arranque programable (1 a 6) y retardos ajustables.
- Ajustes del operador: Retardo de arranque, Retardo de parada, Regulación de Voltaje y Regulación de Frecuencia.
- Ajustes de Servicio: Ganancia y estabilidad del Regulador de Voltaje y Gobernador del Motor, y otros parámetros.
- Arranque inteligente para minimizar el humo negro, sobre modulación de tensión y frecuencia, y oscilaciones durante el arranque.

e.6 Funciones de Protección del Generador – Sistema AmpSentry

Proporciona verdadera protección al generador, siendo más completo y confiable comparado a un interruptor termomagnético convencional.

- Alarma Sobre corriente.
- Parada Sobre corriente (51)
- Parada Cortocircuito.
- Parada Sobre Voltaje (59).
- Parada Bajo Voltaje (27).
- Parada Baja Frecuencia (81u).
- Alarma/parada por sobrefrecuencia
- Alarma Sobre Carga kW.
- Parada Potencia Activa Inversa (32).
- Parada Potencia Reactiva Inversa.
- Parada por pérdida de excitación.

e.7 Funciones de Protección del Motor

- Parada Sobre velocidad.
- Parada Baja Presión de Aceite.
- Alarma Baja Presión de Aceite.
- Parada Alta Temperatura de Agua.
- Alarma Alta Temperatura de Agua.
- Alarma o parada Bajo Nivel de Agua (Opcional en algunos modelos de generadores).

- Alarma Baja Temperatura de Agua.
- Alarma Sobre o Bajo Voltaje de Baterías.
- Alarma Batería Débil.
- Parada por Batería deteriorada.
- Parada Sobre Arranque.
- Parada Falla de arranque.
- Desconexión redundante del arrancador.
- Bloqueo de arrancador con el motor en operación.

e.8 Interfaz con el usuario

- Una entrada de señal de arranque remoto. Señal discreta o por Puerto de Comunicación.
- Una entrada para Parada de Emergencia Remoto. Señal discreta.
- Cuatro entradas para indicar Fallas Externas. Señales discretas.
- Una entrada de alarma por Bajo Nivel de Combustible. Señal discreta.
- Una entrada para Reposición Remoto. Señal discreta.
- Una salida para indicar Alarma Común. Señal discreta.
- Una salida para indicar Falla Común. Señal discreta.
- Una salida para indicar Falla de Baja Frecuencia o Sobre Carga. Señal discreta.
- Una salida para indicar 90% de Carga. Señal discreta.
- Dieciséis salidas para indicación remota de Estado y Alarmas. Señal discreta.
- Ocho entradas para fallas adicionales que el cliente seleccione.
- Una salida de 24VDC con fusible de 10A, solo en operación del Motor. Señal positiva.
- Una salida de 24VDC con fusible de 20A. Señal positiva.
- Un puerto Serial para comunicación con una PC.

e.9 Software Power Command para Windows

Disponibilidad para incorporar componentes adicionales que permitan controlar y monitorear el Grupo Electrónico por una Red de comunicación PowerCommand.

f. Accesorios

- 01 silenciador tipo residencial
- 01 tubo flexible de acero inoxidable
- Resilentes antivibratorios instalados entre el grupo electrónico y la base común.
- Mangueras flexibles para conexión al motor de tuberías de petróleo de alimentación y retorno
- Cables de batería más bornes y terminales
- 01 Batería de 12 VDC
- Juego de manuales

- Rejilla de protección para el ventilador del motor.
- Breaker montado en el grupo electrógeno de 3x165Amperios.

g. Encapsulado e Insonorizado del Grupo Electrónico

Se describe al gabinete metálico (Figura 4.3):



Figura 4.3 Encapsulado insonorizado

- Fabricado de plancha de Acero SAE 1020 1/16" de espesor.
- Puertas laterales con chapa para el mantenimiento del Motor.
- Puerta posterior con ventana
- El sistema de ventilación asegura un barrido completo del Grupo del sentido Alternador / Motor, evitando de este modo cualquier zona caliente.
- El acceso al conjunto del radiador, se realiza fácilmente mediante el desmontaje del panel delantero.
- La estructura de chapa de acero plegada de 1/16" de espesor en promedio, está compuesta por paneles unidos mediante tornillo o pernos que permite un desmontaje rápido.
- Tiene pasos en zigzag en las entradas y salidas de aire, que funcionan como trampas de atenuación de ruidos.
- Las puertas de acceso laterales tienen cerraduras de llave y de amplias dimensiones para un cómodo acceso al mantenimiento.
- El tablero de control está en una posición que permite fácil acceso para el

mantenimiento y lectura de los instrumentos, a través de una ventana.

Respecto al aislamiento acústico e insonorización, este está forrado internamente con material absorbente de ruido y resistente a la alta temperatura de trabajo del motor. El silenciador forma parte del encapsulado e insonorizado. La cápsula que se ha solicitado es de tipo outdoor acústica por consiguiente atenúa el ruido y a la vez protege al grupo electrógeno.

4.4.2 Tablero de transferencia automática cerrada

El tablero del caso será de 220 Voltios, 60Hz, 150 Amperios, trifásico. Consta de tres partes fundamentales:

a. Sistema de control

Está basado en un microprocesador que tiene como funciones controlar, sensor y evaluar las señales y ejecutar acciones en función a la lógica de operación. Normalmente las entradas están ópticamente aisladas y las salidas aisladas también con transformadores AC proveyendo alta protección.

b. Switch y mecanismo de transferencia

Equipo diseñado para apertura rápida ante la existencia de corrientes producidas por la unión de las dos fuentes.

- Diseñado para 3 polos.
- Opera como tablero de transferencia automática de transición abierta.
- Protección que elimina la posibilidad de interconexión de ambas fuentes cuando se opera en modo manual.
- Tiempo máximo que ambas fuentes están conectadas es por 100ms.
- Contactos de aleación de plata.
- Alta presión dentro del mecanismo de transferencia
- Temperatura de operación de - 40° C a 60 C°
- Altitud de operación hasta 3000msnm sin derrateo.
- Sistema de control con categoría B3, IEEE C62.41 y IEEE C62.45. También `por estándares europeos EN 61000-4-5

c. Caja de alta energía

- Caseta diseñada para todas las fases con apertura muy rápida
- Contactor es encapsulado.

El diseño de éste dispositivo permite que el corte de todas las fases y adicionalmente la neutral en una misma velocidad lo cual es proporcionado por su mecanismo de operación.

d. Funciones adicionales

Tiempo de retardo con software ajustable

- Arranque de Motor: 0 a 120 segundos
- Transferencia normal a emergencia: 0 a 120 segundos
- Retransferencia emergencia a normal: 0 a 30 minutos
- Apagado de Motor: 0 a 30 minutos
- Transición Programada: 0 a 60 segundos
- Sensado de Bajo Voltaje
- 3 fases normales y 3 fases de emergencia
- Voltaje de Pico: 85% a 98% del voltaje nominal: 75% a 98% de seteo
- Sensado de Sobrevoltaje
- Sobre y Bajo frecuencia sensado
- Sensado de Desbalance de voltaje
- Sensado de fases y rotación
- Reloj programable de ejercicios
- Panel básico indicador
- Grabación de eventos
- Secuencia de Cargas.

e. Especificaciones

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| - Voltaje de operación | 0 a 600 VAC |
| - Corriente de operación | 125 a 800 A. |
| - Frecuencia de operación | 50 o 60 Hz. |
| - Contactores auxiliares | de 10 A en 250 VAC |
| - Temperatura de operación | -40 a 60° C. |
| - Temperatura de almacenamiento | -40 a 60° C. |
| - Humedad | Hasta 95% de humedad relativa. |
| - Altitud | Hasta 3000 msnm sin derrateo. |
| - Transferencia fuente a fuente | Hasta 6 ciclos en 60 Hz |

4.4.3 Tanque de combustible

Una imagen del mismo se muestra en la Figura 4.4. Sus características son:

- Capacidad de 500 litros de almacenamiento.
- Fábrica de plancha de acero SAE 1020-3/16" de espesor y 6mm para tanque superiores, de primer uso y libre de corrosión.
- Tapa Man Hole, fabricadas con plancha de igual calidad, de forma circular. En caso de requerir tapa rectangular o cuadrada.
- Varilla medidora de combustible
- Tubo de ventilación 2"
- Tapón de llenado 3"

- 2 salidas 1 ½" y ½".
- Tapón de purga 1"
- 04 bases de apoyo soldadas al tanque, para montaje en podio o soporte de concreto.
- Todos los empalmes serán hechas con soldadura de alta penetración tipo MIG.



Figura 4.4 Tanque de almacenamiento de combustible

4.5 Pruebas y configuraciones en taller

El equipo seleccionado brinda 50 kW a 0 msnm, en modo Stand By. El catálogo del Grupo Electrónico indica que el modelo del motor es un 4BT3.9-G4, la altura de la estación de estudio está a 2858 msnm. Por lo tanto se debe estudiar los efectos que enfrenta el equipo por derrateo (razón de cambio de la pérdida de potencia con respecto a la altura.) en operación a 2858 msnm.

El motor es afectado por baja densidad de oxígeno y éste al disponer menor cantidad de oxígeno no puede producir la suficiente combustión que le permita desarrollar la potencia normal. Sin embargo el catálogo del fabricante indica que éste motor puede proporcionar la potencia de 50 kW hasta una altura de 1220 msnm.

También indica que por sobre los 1220 msnm, por cada 300m cae la potencia 4%. Por lo tanto de 2858 a 1220 existen 1638 metros, haciendo una regla de 3 simple se obtiene una pérdida de potencia de 21,84%.

Esto significa que si el grupo de 50 kW es llevado a una altura de 2858 msnm brindará una potencia efectiva de 43,76 kW.

4.6 Consideraciones para la instalación

Esta referencia está organizada de la siguiente manera

- Estudio Estructural
- Estudio Almacenamiento de Combustible

- Estudio de Suministro de combustible
- Estudio de Ruido generado por el Grupo Electrónico
- Estudio de Ventilación del Grupo Electrónico
- Estudio de Sistema de Escape y Emisión de gases
- Instalación Eléctrica y accesorios
- Sistema de Aterramiento
- Accesorios

4.6.1 Estudio estructural

Según el peso del equipo a instalar:

- | | |
|---|--------------|
| - Peso del Grupo electrógeno con cápsula acústica | 1594 kg |
| - Longitud | 2,73 metros |
| - Ancho | 1,09 metros |
| - Altura | 1,865 metros |

Para la plataforma se agregará 20 cm por el borde según el marco teórico. Según fórmula de altura del cemento: $h = 1594/2322*(2,73+0,2)(1,09+0,2)$, de lo que se obtiene $h = 0.19$ m o $h = 19$ cm.

Significa que la losa de concreto como mínimo ha de tener 19 cm de profundidad para compensar adecuadamente las vibraciones generadas por el grupo electrógeno.



Figura 4.5 Plataforma de concreto

En la fase de construcción los encargados de la obra civil realizaron la mezcla de concreto y estructura sólida para cual se solicitó 2500psi. Por lo tanto lo único que nos queda es verificar si la plataforma cumple con lo solicitado y asegurarnos que disponga al menos 19 cm de profundidad para amortiguar las vibraciones.

4.6.2 Estudio almacenamiento de combustible

El grupo electrógeno consume: 19 Litros/hora a 100% de carga, 17 al 75% de carga, 13 al 50% y 10 al 25%.

Para el caso, si la autonomía solicitada es de 25 horas, se necesita 475 litros de

capacidad de almacenamiento, por lo tanto el tanque seleccionado es de 500 lt. Se muestra a continuación la tina antiderrames.



Figura 4.6 Tina antiderrames

4.6.3 Estudio de suministro de combustible

Para la correcta instalación de tuberías de combustible desde el tanque hasta el motor del grupo electrógeno se deberá revisar la tasa de succión motor.

Será tomado el valor máximo de succión que según la información anterior para 19 litros/hora. En consecuencia le corresponde tubo de ½ pulgada. Los codos y T que se requieran serán de ½ pulgada.

4.6.4 Estudio de ruido generado por el grupo electrógeno

Para ésta sección primero se revisa el ruido del grupo electrógeno. Las pruebas de sonido se realizan en 8 puntos alrededor del generador. Se tienen dos casos para revisar.

El primero es cuando el generador está abierto es decir sin encapsulado e insonorizado (Standard - unhouesed).

Tabla 4.1 Niveles de ruido de grupo electrógeno

Configuración	1	2	3	4	5	6	7	8	Prom.
Sin cápsula sin silenciador	79.5	83.5	83.7	84.8	80.3	82,7	81.8	73.1	82.4
F182 con silenciador	79.4	84.9	82.7	83	79	73.1	83.9	84.9	82.6
Cápsula F182-Nivel I	76	78.6	70.4	69.3	65.5	68.3	69.8	79	72.1
Capsula F173-Nivel II	66	67.8	66.6	67.8	63.2	65.8	64.6	66.6	66.1

Nota:

1.-Posición 1: parte frontal del motor y desde allí girar en 45° grados alrededor del

generador.

- 2.-El nivel de ruido está sujeto de acuerdo al tipo de insonorización acústica.
- 3.-La tabla muestra el nivel de ruido con encapsulado de acero.
- 4.-Los datos están basados a plena carga con radiador estándar.
- 5.-La presión de sonido están medidas con norma ANSI S1.13 y ANSI S12.18.
- 6.-La potencia de sonido para ISO3744 y ISO8528-10
- 7.-Potencia de referencia: $1 \text{ pw } (10^{-12} \text{ W})$

El segundo caso es cuando el grupo electrógeno se encuentra encapsulado e insonorizado. Corresponde a F172-Quiet Site II First Stage. La prueba es realizada a plena carga. Este proyecto requiere en promedio 75dB por lo tanto el equipo tiene 72.1dB en consecuencia cumple los requerimientos de diseño.

4.6.5 Estudio de ventilación del grupo electrógeno

Para realizar el estudio de ventilación se tiene lo siguiente:

a. Debe asegurarse que el área de salida de la sala de máquinas, donde se encuentra el grupo electrógeno, sea equivalente o mayor al área del radiador del grupo electrógeno (Figura 4.7). Para este caso el área es de 28.3x30.2 cm, por lo tanto el ducto de salida debe tener como mínimo esa área.

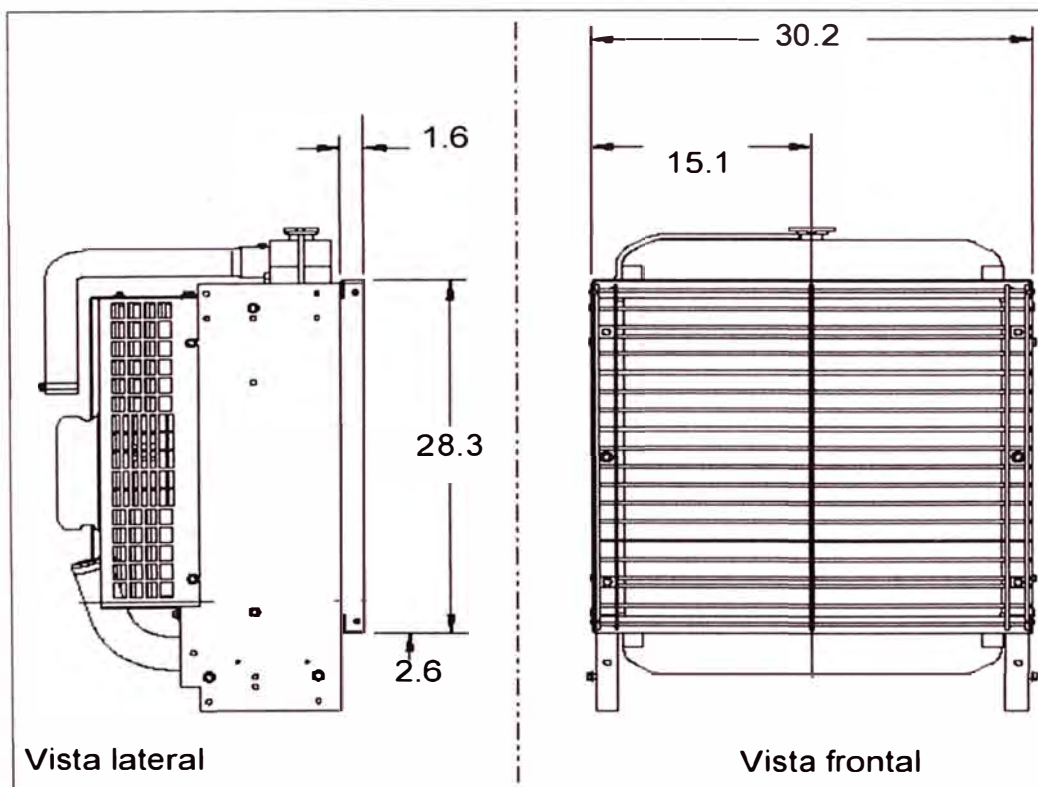


Figura 4.7 Medidas del radiador

b. Debe evitarse la recirculación de aire. El aire frío será tomado del medio ambiente y expulsado al medio ambiente. El tipo de cápsula es outdoor por lo tanto evita la recirculación del aire.

4.6.6 Estudio de sistema de escape y emisión de gases

Para realizar una correcta instalación del sistema de escape aplicado al caso se procede de la siguiente manera:

- No hace falta la prolongación de la tubería de escape, por lo tanto se mantiene la sección a la salida de la cápsula (Figura 4.8).



Figura 4.8 Escape

- Para la emisión de gases se debe revisar lo mostrado en la Tabla 4.2, referente a los criterios de contaminantes. La tabla fue realizada tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Tabla 4.2 Pruebas y emisiones de los gases de escape [9]

	Standby	Prime
Datos de operación		
BHP@1800RPM(60Hz)	99	90
Consumo de combustible (gal/Hr)	5.0	4.6
Flujo de gases de escape(CFM)	505	480
Temperatura de gases de escape(°C)	925	885
Datos de las emisiones de gases de escape		
HC(Hidrocarburo no quemado)	0.31	0.40
NO _x (Oxidos de Nitrogeno NO ₂)	9.16	7.97
CO(Monóxido de carbono)	1.19	0.75
PM(partículas varias)	0.16	0.13
SO ₂ (dióxido sulfúrico)	0.60	0.60

Para modo stand by:

Nivel HC es 0.31 es adecuado según Tabla 3.3.

Nivel de NO₂ es 9.16 es adecuado según tabla 3.3

Nivel de CO es de 1.19 es adecuado según tabla 3.3

Nivel de SO₂ es de 0.6 es adecuado según tabla 3.3

Métodos de testeo y condiciones:

Emissiones de acuerdo a ISO8178-1 en condiciones nominales de operación del motor con (± 25 RPM) y con carga constante ($\pm 2\%$) con temperatura, presión y emisiones estables.

Especificaciones del combustible

Número de cetano: 46.5

Nivel de sulfato: 0.035

Referencia: ISO8178-5, 40CFR86.1313-98 Tipo:diesel2 y ASTM D975 Nro.2-D

Condiciones de prueba:

Temperatura de entrada de aire: 25°C

Temperatura de entrada de combustible: 40°C

Presión barométrica: 100 kPa

4.6.7 Instalación eléctrica y accesorios

Ahora se puede diseñar de acuerdo a la potencia máxima que brindará el equipo. Calculando la corriente: $I=43,76/1.73*220*0,8$, se obtiene que $I=143,75$ A.

Siendo la capacidad de corriente del tablero de transferencia de 150 Amperios trifásico, 220 Voltios y 60 Hz, se selecciona el tipo de conductor más adecuado:

Tabla 4.3 Tabla de conductores NYY sección y corriente

Calibre mm ²	N° de Hilos	Espesor Aislam. mm	Espesor Cubierta mm	Diámetro Exterior mm	Corriente Admisible Amperios form. Triple(*)			Peso Kg/Km
					Enterr.	Aire	Ducto	
CONDUCTORES SOLIDOS								
0.75	1	0.8	1.4	5.38	14	11	8	36
1.0	1	0.8	1.4	5.53	18	14	11	40
1.5	1	0.8	1.4	5.78	29	24	19	47
2.5	1	0.8	1.4	6.18	42	32	26	60
4	1	1.0	1.4	7.06	55	43	35	83
6	1	1.0	1.4	7.56	72	54	44	106
10	1	1.0	1.4	8.37	95	74	60	150
CONDUCTORES CABLEADOS								
16	7	1.0	1.4	9.92	127	100	81	223
25	7	1.2	1.4	11.60	163	131	106	328
35	7	1.2	1.4	12.77	195	161	130	432
50	19	1.4	1.6	15.15	230	196	159	612
70	19	1.4	1.6	16.83	282	250	198	815
95	19	1.6	1.6	19.02	336	306	242	1082
120	37	1.6	1.8	21.02	382	356	281	1349
150	37	1.8	1.8	23.10	428	408	322	1666
185	37	2.0	1.8	25.26	483	470	357	2034
240	61	2.2	2.0	28.54	561	562	427	2623
300	61	2.4	2.0	31.32	632	646	491	3239
400	61	2.6	2.2	35.61	730	778	591	4274
500	61	2.8	2.4	39.47	823	895	618	5314

Dado que se dimensiona para una corriente de 157 amperios, en ducto. Por lo tanto $3-1 \times 50 \text{ mm}^2$.

4.6.8 Sistema de aterramiento

Para el sistema de puesta a tierra se usa el conductor flexible de 16 mm^2 para el tablero, y para el grupo de 70 mm^2 . Los sistemas de puesta a tierra deben tener mínimo 10 ohms para su sistema de aterramiento. El tipo de conexión es 220 trifásico sin neutro.



Figura 4.9 Detalle de aterramiento

4.6.9 Accesorios

Instalación de Tablero Auxiliar para alimentación de cargas auxiliares como el cargador de baterías (Figura 4.10), calentador de agua (Figura 4.11), filtro separador de agua (Figura 4.12).



Figura 4.10 Cargador de baterías



Figura 4.11 Calentador de agua de 1500 W



Figura 4.12 Filtro separador de agua

4.7 Anclaje y conexión de grupo electrógeno y tablero de transferencia

Esta sección hace referencia a la conexión del generador con el grupo electrógeno:

4.7.1 Conexiones de conductores de fuerza

Se desarrolla lo siguiente:

- Conexión Grupo Electrógeno con tablero de transferencia.
- Conexión Tablero general con Tablero de Transferencia

a. Conexión de grupo electrógeno con tablero de transferencia.

Para la conexión entre terminales del generador y el tablero de transferencia cerrada bastará conectar los conductores con los terminales adecuados y prensados con sistemas hidráulicos. Las tres fases han de mostrarse diferenciadas por el color del conductor NYY 3x50 mm². Para la conexión con el tablero también se conectan en la entrega de fuente de emergencia (Figura 4.13).



Figura 4.13 Conexión al grupo electrógeno

b. Conexión tablero general con tablero de transferencia

El Tablero de transferencia recibe la conexión de la red pública y después del pasar por el tablero de transferencia recién la envía al tablero general (Figura 4.14). Eso significa que el tablero general de la estación se convierte en nuestra carga eléctrica.



Figura 4.14 Conexión de conductores NYY

4.7.2 Conexiones de señal

Las conexiones principales serán hechas con cable UTP de 8 pares (Figura 4.15)

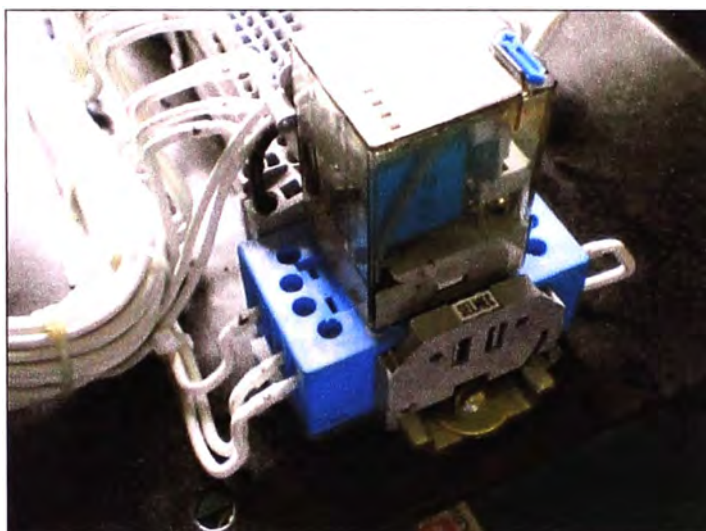


Figura 4.15 Conexiones de señal

1. Negativo.- Señal negativa a la batería
2. Remote Start.- Contacto seco para envío de señal para encendido y apagado del grupo electrógeno.
3. Cargador de Batería.- Señal positiva para cargar la batería
4. Remote Start.- Contacto seco para envío de señal para encendido y apagado del grupo electrógeno.
5. Testeo remoto
6. Transferencia inhibida.- Señal para evitar transferencia.
7. Load Shed.- Función opcional es un contacto normalmente abierto, sin embargo si llega a cerrarse el tablero realiza la transferencia desde la fuente de emergencia hacia la neutral y luego si la señal remota es desactivada retorna a la fuente de emergencia.

8. Común.- Contacto complementario de 6 y 7

9. Retransferencia inhibida.- Señal para evitar retransferencia

4.7.3 Conexiones auxiliares

Este equipo dispone 2 breakers, uno para el cargador de baterías se requiere de 2x10Amperios y otro para el calentador de agua de 2x20 Amperios. Ambos equipos deben mantenerse con protección eléctrica debido a que su funcionamiento es permanente.

4.8 Acabados, señalizaciones e inspección final

Los acabados deben ser:

- Limpieza de partes sometidas al polvo y suciedad.
- Pintado de superficies dañadas por maniobras.
- Ajuste de pernos de anclaje.
- Revisión de tuberías de suministro de combustible.
- Pintado con pintura epóxica a las superficies de tubería de combustible.
- Revisión con el fasímetro de la correcta ubicación de los conductores y las fases del generador.
- Revisión del cargador de baterías y alimentación del tablero de transferencia por las baterías del grupo electrógeno.

La señalización debe ser así:

- Señalizar adecuadamente la tubería de combustible.
- Indicar letrero de peligro en el breaker del generador.
- Señalizar adecuadamente las fases del grupo, la red comercial, y la carga.
- Peinar los conductores que lleguen al tablero de transferencia.
- Señalizar los puntos de tierra del generador.
- Señalizar la llave de suministro de combustible.
- Asegurarse que el tanque esté adecuadamente señalizado e indique su capacidad máxima y su volumen actual de combustible.

Inspección final

Se deben revisar que los equipos tengan a la mano sus manuales y kit de herramientas básicas, según se detalla a continuación.

4.8.1 Revisión de la parte eléctrica

Se debe tener las siguientes consideraciones:

- Revisar la continuidad de los conductores de fuerza, y su ajuste con los terminales de fuerza.
- Revisar la continuidad de los conductores de señal, alimentación.
- Verificar que los bornes del tablero a la salida a grupo electrógeno estén bien

atornillados, igualmente en la línea de red y a la carga.

- Verificar con el fasímetro la correcta secuencia de las fases en el lado de red y ajustarlo con el lado de grupo electrógeno.
- Ajustar adecuadamente los bornes de la batería del grupo electrógeno y revisar su operación.
- Asegurarse que la batería del grupo esté cargada y el cargador de baterías esté en modo flotante.
- Asegurarse que el calentador de agua esté manteniendo al motor preparado para arranque inminente.
- Medir con el megohmétrico la resistencia del pozo a tierra y verificar que se encuentre por encima de los 5 ohm.
- Medir el nivel de ruido alrededor del generador a distancia de 7 metros usando un decibelímetro correctamente calibrado. Realizar un promedio y verificar que esté por debajo de los 75 dB.
- Revisar la correcta señalización de las fases, indicadores, tensión.
- Asegurarse que el tablero esté firmemente aterrado.
- Asegurarse que el tanque de combustible esté firmemente aterrado.
- Usa espuma antiexplosiva para sellar orificios y lugares donde puede circular la humedad, insectos y polvo.

4.8.2 Revisión del grupo electrógeno

Se debe tener las siguientes consideraciones:

- Revisar el nivel de combustible adecuado y suficiente es recomendable que disponga al menos $\frac{1}{4}$ parte del volumen del tanque.
- Revisar el nivel de refrigerante adecuado.
- Asegurarse que las mangueras de combustibles estén firmemente ajustadas las de ida y retorno.
- Revisar que las llaves de combustible estén abiertas.
- Verificar que el tablero del grupo electrógeno se encuentre en automático.
- Asegurarse que el grupo esté cargando la batería.
- Verificar el nivel de aceite adecuado.
- Verificar que el sistema de escape esté correctamente sellado.

4.8.3 Prueba de los sistemas de ventilación en campo

Puesto que es difícil probar la operación adecuada, un factor que tener en cuenta en la prueba del sistema es el incremento de temperatura en el cuarto en condiciones reales de operación vs. el incremento de temperatura a carga total. El procedimiento siguiente se puede usar para la revisión.

- Hacer funcionar el generador a carga plena (fp de 1.0 es aceptable) lo suficiente para que se establezca la temperatura del refrigerante. Esto tomará aproximadamente una hora.
- Con el generador aún funcionando a carga de rango, medir la temperatura ambiente del cuarto del generador en la entrada del filtro de aire.
- Medir la temperatura exterior en la sombra.
- Calcular la diferencia de temperaturas entre la de afuera y la de adentro del cuarto.
- Verificar que el incremento de temperatura diseñado del cuarto del generador y que la temperatura máxima del tanque superior no se exceda.

Teniendo ya todo realizado se pone en servicio. Después de revisar su operación por el rango de 1 hora, se toman los datos de temperatura, presión, tensión, frecuencia.

4.9 Puesta en servicio

- Se solicita el corte de energía.
- Se realiza la conexión de la red pública al tablero de transferencia
- Se realiza la conexión de la red de emergencia al tablero de transferencia.
- Se realiza la conexión de la carga al tablero de transferencia.
- Se pone en servicio.
- Se simula un corte y se verifica la correcta operación del equipo.
- Se configura los retardos, la tensión de sub-voltaje, sub-frecuencia, para que el tablero realice transferencias.
- Se programa el reloj de ejercicios una vez a la semana.

Habiendo verificado la correcta operación de los grupos electrógenos y el tablero de transferencia. Se realiza el acta donde indica los datos principales del equipo y datos relevantes acerca de su operación.

4.9.1 Acta de puesta en servicio de grupos electrógenos

Aquí es importante detallar el la marca, modelo, serie, registro del grupo electrógeno.

a.- Montaje del grupo

Se revisa adecuadamente si el grupo está correctamente instalado en la base de concreto, nivelado, aislado de la sala, con aisladores de vibración, estructura chasis, acceso para drenar aceite y refrigerate, espacio libre alrededor del grupo, disponibilidad para reparaciones y maniobras.

b.- Sistema de escape

Aquí se revisa la instalación del tubo flexible, alineación del tubo flexible, silenciador, tubo de escape aislado, tapa contra ingreso de lluvia, diámetro y longitud correctas del tubo de escape, sistema de escape hermético.

c.- Sistema de refrigeración

Se revisa el nivel de refrigerante, calentador de agua, suministro eléctrico al

calentador de agua.

d.- Sistema de ventilación de la sala

Se debe revisar cuidadosamente la salida y entrada de aire. También dependiendo si la instalación tiene casa de fuerza. Si los conductos de aire son mayores en 50% al menos del área del radiador.

e.- Sistema de Combustible

Se revisa adecuadamente si: la conexión flexible en el Grupo tanto de ida y retorno, que las tuberías correspondan no ser galvanizadas ni cobre, válvula manual de corte de combustible, el combustible de retorno, diámetro y longitud de tuberías adecuado, ausencia de curvas elevadas en las tuberías, filtros separadores en línea de suministro, nivel del tanque de combustible, tanque de combustible adecuado con respiradero y medidor de nivel, ausencia de fugas.

f.- Sistema Eléctrico

Se revisa las conexiones de control aisladas de cables de fuerza, conexiones de control con conductores flexibles, conductores con el calibre adecuado, transformadores de corriente instalados correctamente con polaridad y fases, conductores de fuerza bien ajustados, faseados, chasis del grupo conectado a tierra, batería adecuada, cargador, resistencia antihumedad.

g.- Condiciones ambientales

Reportamos la presencia o ausencia de: Humedad, polvo, aire salino, nivel de aceite adecuado, grupo electrógeno limpio y en buen estado.

h.- Parámetros principales de funcionamiento

Se reporta pruebas con carga y en vacío. Se anotan: presión de aceite, refrigerante, escape, rpm, voltaje, potencia, voltaje de batería.

4.9.2 Acta de puesta en servicio del tablero de transferencia

a.- Datos del tablero de transferencia:

Marca, modelo, serie.

b.- Características generales de la instalación:

Mural, autosoportado, conexiones, puesta a tierra, limpieza, etc.

c.- Pruebas de funcionamiento

Se revisa adecuadamente

c.1.- Suministro red pública

Se revisa si la lámpara indicadora de red pública está disponible, la conexión del tablero a red comercial, la señal de arranque del grupo electrógeno.

c.2.- Ausencia de Red pública

Se revisa si existe temporización en arranque el grupo electrógeno, el envío de señal

de arranque, la tensión del grupo electrógeno, la temporización de transferencia, la conexión de carga con la fuente de emergencia, las luces indicadoras de operación.

c.3.- Retorno del Suministro Comercial

Se revisa si el tablero de transferencia revisa el voltaje comercial, enciende la lámpara normal disponible, el tablero retorna a la red pública. Realiza la sincronización sin complicación, temporización de la parada del grupo.

d. -Ajustes del tablero

Se revisa los niveles del voltaje y temporizaciones a las cuales se configura la operación del equipo. También se programa el reloj de ejercicios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Un sistema de transferencia abierta no permite la unión de dos fuentes de energía, por lo tanto un sistema de transferencia cerrada permite la combinación de dos o más fuentes de energía.
2. Un tablero de transferencia abierta no puede operar como transferencia cerrada debido a la funcionalidad y diseño completamente diferente.
3. Un sistema con gobernación mecánica tiene menor control sobre la regulación necesaria que un sistema con gobernación electrónica y en sistemas con transferencia cerrada es determinante su utilización.
4. Las normas NFPA determinan y especifican el tipo de instalación necesaria para cada aplicación.
5. La vibración generada por el movimiento rotacional del motor perjudica las partes colindantes al equipo, por ésta razón es necesario los aislantes de vibración para equipos que no dispongan resistentes antivibratorios incorporados.
6. La losa de concreto debe ser diseñada no sólo para soportar el peso bruto del equipo sino también para aislar las vibraciones generadas por el grupo electrógeno en movimiento.
7. Los conductores deben ser diseñados de acuerdo a la máxima potencia que pueda entregar el grupo electrógeno en el sitio de operación.
8. Los grupos electrógenos están sujetos a brindar su potencia dependiendo la altura de operación y se considera como referencia el nivel del mar.
9. La sala de máquinas de un grupo electrógeno debe tener ingreso y salida de aire, en aplicaciones outdoor no es necesario debido a que el medio ambiente es suficiente para lograr operar adecuadamente.
10. La tubería de escape debe expulsarse fuera del alcance del filtro de ingreso de aire limpio para la combustión en el motor.
11. Para sistemas de almacenamiento de combustible que requieran cumplir las normas requieren tina antiderrames el cual debe ser del 110% de capacidad del tanque.

12. El diseño de la tubería de conexiones entre el tanque y el grupo electrógeno debe ser de acuerdo a la tasa máxima de ingreso de combustible.
13. El ruido generado por el motor debe ser atenuado por medio de capsulas acústicas insonorizadas.
14. El grupo electrógeno insonorizado en su interior trae consigo instalado su silenciador para atenuación de ruido.
15. El grupo electrógeno debe estar equipado con un calentador de agua y cargador de baterías para garantizar la operación del grupo electrógeno en modo stand by.
16. El sistema con transferencia cerrada momentánea es sólo uno de los sistemas de transferencia cerrada existente y sólo logra la simultaneidad de fuentes por no más de 100ms.
17. Para migrar de un sistema de transferencia abierta a uno de transferencia cerrada se requiere: cambiar el tablero de transferencia íntegramente y cambiar la instalación eléctrica.
18. El sistema de transición cerrada tiene como aplicación en sectores donde el tiempo de falta de energía es vital, como es en el caso de embajadas, oficinas administrativas, clínicas, etc., por lo tanto, el beneficio es intangible debido a que no se percibe el segundo corte. Como parte económica del caso de estudio se puede cuantificar los costos de suministro e instalación, indicados en el Anexo D.
19. El aporte principal de este trabajo es brindar las recomendaciones suficientes para garantizar la correcta operación de un sistema de emergencia. La normativa nacional no es precisa respecto a los accesorios que requiere un sistema standby.

Recomendaciones

1. Para la instalación de grupos generadores de energía se recomienda la construcción de una losa de cimentación superior al doble de la masa del equipo.
2. Para la operación correcta de un grupo electrógeno se recomienda abastecer de combustible y utilizar tubería de fierro negro para su transmisión.
3. Para el ingreso de aire fresco de un grupo electrógeno se recomienda evitar la recirculación de aire.
4. Para la expulsión de gases de escape generados por el motor se debe trasladar el humo desde el motor hasta fuera de las inmediaciones del equipo.
5. Para la correcta operación de un sistema con transferencia automática cerrada se recomienda el uso de un reloj de ejercicios de manera que permita la lubricación constante de las piezas móviles del motor y accesorios

ANEXOS

ANEXO A TABLAS DE ESPECIFICACIONES DE COMBUSTIBLE

En este anexo se muestran las tablas de especificaciones de combustible a tomar en cuenta. Los parámetros considerados son:

- Viscosidad(ASTM D445)
- Número de Cetano (ASTM D 613)
- Contenido de Azufre (ASTM D 129 - 1552)
- Azufre Activo (ASTM D 130)
- Agua y Sedimentos(ASTM D 1796)
- Residuo de Carbón (Ramsbottom. ASTM D254 o Conradson,ASTM D189)
- Densidad(ASTM D287)
- Punto de nubosidad (ASTM D97)
- Ceniza (ASTM D 482)
- Destilación (ASTM D482)
- Numero ácido (ASTM D664)
- Lubricidad
- Viscosidad(ASTM D445)

Tabla A.1 Características físicas del combustible

Propiedad	Especificaciones	Descripción general
Viscosidad(ASTM D445)	1,3-1,5 centisokes(mm/sec) a 40°C.	El sistema de inyección funciona más efectivamente cuando el combustible tiene la viscosidad adecuada. Los combustibles que cumplen los requerimientos ASTM 1-D o 2-D son satisfactorios para los sistemas de combustible.
Número de Cetano (ASTM D 613)	42 mínimo sobre C 45 mínimo debajo de 0° C	El número de cetano es la medida de las características de arranque y calentamiento de un combustible. En clima frío, o en servicio con cargas bajas prolongadas es deseable un número más alto de cetano.
Contenido de Azufre (ASTM D 129 or1552)	No exceder 0,5 de masa porcentual (ver nota)	El diesel contiene cantidades diferentes de componentes de azufre los cuales aumentan la acidez del aceite. Un método práctico de neutralizar los ácidos altos, del alto azufre es cambiar el aceite más frecuentemente o usar un TBN de aceite. Un método práctico de neutralizar los ácidos altos, del alto azufre es cambiar el aceite más frecuentemente o usar un TBN de aceite mas alto (TBN= 10 to 20) o ambos. El uso de combustible con alto azufre (sobre 0,5 mas porcentual) resultara formación de sulfato en el gas de escape bajo condiciones de alta carga continua. El combustible con alto azufre también acortará la vida de algunos componentes en el sistema de escape, incluyendo el catalizador de oxidado.
Azufre Activo (ASTM D 130)	Corrosión de barra de cobre no exceder rango N° 2 después de tres horas a 50° C.	Algunos componentes de azufre en el diesel son corrosivos. Combustibles con un rango de corrosión de 3 o mas pueden causar problemas de corrosión.
Agua y Sedimentos(ASTM D 1796)	No exceder 0,05 volumen porcentual	La cantidad de agua y desechos sólidos en el diesel se clasifica como agua y sedimento. Es una práctica sana es filtrar el combustible al ser vaciado en el tanque . En tanques parcialmente llenos se condensa mas vapor de agua debido a la respiración del tanque causada por los cambios de temperatura. Los elementos filtrantes, coladores en la bomba de combustible y los conectores de los inyectores deben limpiarse o cambiarse cuando se ensucian. Estos filtros y coladores se tupiran al funcionar con combustible sucio y necesitaran reemplazarse mas a menudo.
Residuo de Carbon (Ramsbottom. ASTM D254 o Conradson,ASTM D189)	No exceder 0,35 de masa porcentual en residuo de 10 volumen porcentual	La tendencia de un diesel a formar depósitos de carbón en el motor puede estimarse determinando el residuo de carbon Ramsbottom o Conrads on en el combustible después de que el 90 % del combustible se ha evaporado.

Densidad(ASTM D287)	42-30 grados API gravedad 0,0816 - 0,876 g/cc a 15°C.	La gravedad es una indicación de alto contenido de energía del combustible. Un combustible con una alta densidad, (baja gravedad API) contiene mas BTUs por galón que el combustible con una baja densidad(mayor gravedad API). Bajo iguales condiciones de operación, un combustible con mas alta densidad dara mejor economía de combustible que uno con menor densidad.
Punto de nubosidad (ASTM D97)	6° C debajo de la mas baja temperatura ambiente a la que espera que opere	El punto de nubosidad es la temperatura a la que aparecen cristales de parafina. Los cristales se pueden detectar por una nubosidad del combustible. Estos cristales pueden causar el tupido de los filtros.
Ceniza (ASTM D 482)	No exceder 0,02 masa porcentual (0,05 por ciento con mezcla de aceite lubricante)	La pequeña cantidad de material metálico no combustible encontrada en asi todos los productos del petróleo se llama ceniza.
Destilación (ASTM D482)	La curva de destilación debe ser suave y continua.	Cuando menos 90 % del combustible se debe evaporar a menos de 360° C. Todos los combustibles deben evaporarse a menos 385° C .
Numero acido (ASTM D664)	No exceder 0,1 Mg KOH por 100 ML	El usar combustible con números de acido mas altos puede llevar a mas altos niveles de desgaste que lo deseable. El total de número de ácido esta en ASTM D664
Lubricidad	3100 gramos o mas al medirse con prueba US Army scuffing BOCLE o Wear Acar Diameter (WSD) menos de 0,45 mm a 60°C(WSD menos que 0,38 mm a 25°C) a medirse con el método HFRR	La lubricidad es la habilidad de un líquido para proveer lubricación hidrodinámica o de superficie para prevenir el desgaste entre las parte móviles.
Viscosidad(ASTM D445)	1,3-1,5 centisokes(mm/sec) a 40°C.	El sistema de inyección funciona mas efectivamente cuando el combustible tiene la viscosidad adecuada. Los combustibles que cumplen los requerimientos ASTM 1-D o 2-D son satisfactorios para los sistemas de combustible.

ANEXO B DIAGRAMA DE GANTT

El diagrama de Gantt, gráfica de Gantt o carta Gantt es una herramienta sumamente útil para la definición de proyectos de diversa índole.

El objetivo de esta herramienta es mostrar el tiempo que provee se dedique a las diferentes tareas o actividades para un tiempo total determinado.

El diagrama de Gantt de la figura B.1 muestra el origen y el final de las diferentes unidades mínimas de trabajo y los grupos de tareas así cómo las dependencias entre unidades mínimas de trabajo.

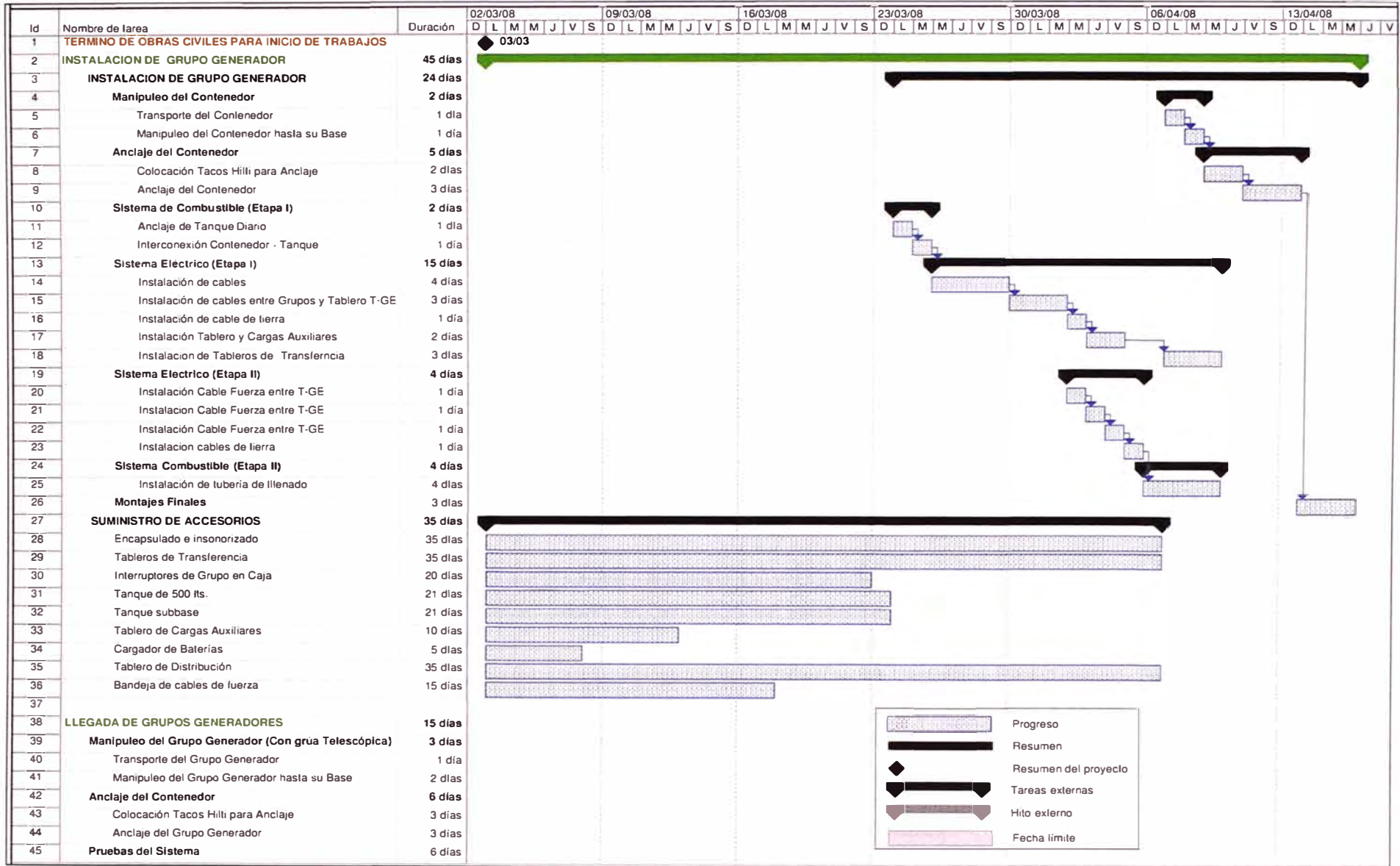


Figura B.1 Diagrama de Gantt

ANEXO C DATOS TÉCNICOS DE COMPONENTES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

La Figura C.1 muestra copia del Data sheet proporcionado por el fabricante para el alternador del grupo electrógeno.


		Frame Size: UC2D		
ALTERNATOR DATA SHEET				
CHARACTERISTICS				
WEIGHTS: Wound Stator Assembly		176 lb	80 kg	
Rotor Assembly		194 lb	88 kg	
Complete Alternator		595 lb	270 kg	
EXCITATION CURRENT: Full Load 2 Amps		No Load 0.5 Amps		
INSULATION SYSTEM: Class H Throughout		MAXIMUM SPEED: 2250 rpm		
1 Ø RATINGS (1.0 power factor) (Based on specified temperature rise at 40°C ambient temperature)	60 Hz		50 Hz	
	Double Delta	4 Lead	Double Delta	
	<u>120/240</u>	<u>120/240</u>	<u>110-120</u> <u>220-240</u>	
	125°C Rise Ratings kW/kVA 105°C Rise Ratings kW/kVA	40 / 40 35 / 35	40 / 40 36 / 36	34 / 34 30 / 30
3 Ø RATINGS (0.8 power factor) (Based on specified temperature rise at 40°C ambient temperature)	Upper Broad Range		LBR*	
	347/600		Broad Range	
	<u>120/208</u> <u>240/416</u>	<u>139/240</u> <u>277/480</u>	<u>190-208</u> <u>380-416</u>	<u>347/600</u>
	150°C Rise Ratings kW	50	55	52
	kVA	63	69	65
	125°C Rise Ratings kW	48	52	50
	kVA	60	65	63
	105°C Rise Ratings kW	42	46	45
	kVA	53	58	56
	80°C Rise Ratings kW	36	40	39
kVA	46	50	48	
3 Ø REACTANCES (per unit, ±10%) (Based on full load at 105°C Rise Rating)	2.65	2.20	2.23	2.10
	Synchronous	2.09	1.75	1.49
	Transient	0.15	0.13	0.11
	Subtransient	0.11	0.09	0.08
	Negative Sequence	0.13	0.11	0.09
	Zero Sequence	0.08	0.07	0.06
3 Ø MOTOR STARTING	Maximum kVA (Shunt)	163	163	163
	(90% Sustained Voltage) (PMG)	191	191	191
TIME CONSTANTS (Sec)	Transient	0.027	0.027	0.027
	Subtransient	0.006	0.006	0.006
	Open circuit	0.700	0.700	0.700
	DC	0.005	0.005	0.005
		0.005	0.005	0.005
WINDINGS (@ 20°C)	Stator Resistance (Line to Line, Ohms)	0.2580	0.1760	0.4000
	Rotor Resistance (Ohms)	0.6400	0.6400	0.6400
	Number of Leads	12	12	6
		12	12	12
* Lower broad range 110/190 thru 120/208, 220/380 thru 240/416.				
Cummins Power Generation		Specification May change Without Notice.		

Figura C.1 Datos técnicos de alternador del grupo electrógeno

La Figura C.2 muestra copia del Data Sheet correspondiente a las pruebas realizadas con el analizador de gases.


	Exhaust Emission Data Sheet 50DGCA 60 Hz Diesel Generator Set	
	Engine Information: Model: Cummins Inc. 4BT3.9-G4 Type: 4 Cycle, In-line, 4 Cylinder Diesel Aspiration: Turbocharged Compression Ratio: 16.5:1 Emission Control Device: Turbocharger	
	Bore: 4.02 in. (102 mm) Stroke: 4.72 in. (120 mm) Displacement: 239 cu. in. (3.9 liters)	
PERFORMANCE DATA	Standby	Prime
BHP @ 1800 RPM (60 Hz)	99	90
Fuel Consumption (gal/Hr)	5.0	4.6
Exhaust Gas Flow (CFM)	505	480
Exhaust Gas Temperature (°F)	925	885
EXHAUST EMISSION DATA		
HC (Total Unburned Hydrocarbons)	0.31	0.40
NOx (Oxides of Nitrogen as NO ₂)	9.16	7.97
CO (carbon Monoxide)	1.19	0.75
PM (Particular Matter)	0.16	0.13
SO ₂ (Sulfur Dioxide)	0.60	0.60
All values are Grams per HP-Hour		
Test Methods and Conditions Test Methods: Steady-State emissions recorded per ISO8178-1 during operation at rated engine speed (± 25 RPM) and stated constant load ($\pm 2\%$) with engine temperatures, pressures, and emission rates stabilized.		
Fuel Specification: 46.5 Cetane Number, 0.035 Wt.% Sulfur; Reference ISO8178-5, 40CFR86.1313-98 Type 2-D and ASTM D975 No. 2-D.		
Reference Conditions: 25°C (77°F) Air Inlet Temperature, 40°C (104°F) Fuel Inlet Temperature, 100kPa (29.53 in Hg) Barometric Pressure; 10.7g/kg (75 grains H ₂ O/lb) of dry air humidity (required for NO _x correction); Intake Restriction set to maximum allowable limit for clean filter; Exhaust Back Pressure set to maximum allowable limit.		
<small>Data was taken from a single engine test according to the test methods, fuel specification and reference conditions stated above and is subject to engine-to-engine variability. Tests conducted with alternate test methods, instrumentation, fuel or reference conditions can yield different results.</small>		
Cummins Power Generation	<i>Data and Specifications Subject to Change Without Notice</i>	eds-102f

Figura C.2 Pruebas realizadas con el analizador de gases

La Figura C.3 muestra las pruebas de sonido realizadas al grupo electrógeno con insonorización.

Configuration		Measurement Location Number								Average
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Standard - Unhoused	Infinite Exhaust	79.5	83.5	83.7	84.8	80.3	82.7	81.8	73.1	82.4
F182 and F216 -Weather	Infinite Exhaust	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
F182 and 216 -Weather	Mounted Muffler	79.4	84.9	82.7	83	79	73.1	83.9	84.9	82.6
F172 - Quiet Site II First Stage	Mounted Muffler	76	78.6	70.4	69.3	65.5	68.3	69.8	79	72.1
F173 and F217 - Quiet Site II Second Stage	Mounted Muffler	66	67.8	66.6	67.8	63.2	65.8	64.6	66.6	66.1

Configuration		Octave Band Center Frequency (Hz)								Overall Sound Power Level
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Standard - Unhoused	Infinite Exhaust	74.9	83.6	97.2	102.9	105.1	103.6	99.2	93.6	109.6
F182 and F216 -Weather	Mounted Muffler	91.5	89.3	96.7	101.2	105	103.7	98.9	93.5	109.3
F172 - Quiet Site II First Stage	Mounted Muffler	82.1	81.1	90	97	97.6	95.5	92	86.9	102.5
F173 and F217- Quiet Site II Second Stage	Mounted Muffler	80.6	78.9	86.3	84.5	87.6	86	84	84	93.5

Open Exhaust (No Muffler Rated Load)	Octave Band Center Frequency (Hz)								Sound Pressure Level	
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Note:

- Position 1 faces the engine front. The positions proceed around the generator set in a counter-clockwise direction in 45° increments. All positions are at 7m (23 ft) from the surface of the generator set and 1.2m (48") from floor level.
- Sound levels are subject to instrumentation, measurement, installation and manufacturing variability.
- Sound data with remote-cooled generator sets are based on rated loads without cooling fan noise.
- Sound levels for aluminum enclosures are approximately 2 dB(A)s higher than listed sound levels for steel enclosures.
- Sound data for generator set with infinite exhaust do not include exhaust noise.
- Data is based on full rated load with standard radiator-cooling fan package
- Sound Pressure Levels are measured per ANSI S1.13 and ANSI S12.18, as applicable.
- Reference sound pressure is 20 µPa.
- Sound Power Levels per ISO 3744 and ISO 8528-10, as applicable.
- Reference power = 1 pw (10⁻¹² W)
- Exhaust Sound Pressure Levels are per ISO 6798, as applicable.

Figura C.3 Pruebas de sonido realizadas al grupo electrógeno con insonorización.

La Figura C.4 muestra el consumo de combustible a diversos niveles de carga del motor diesel.

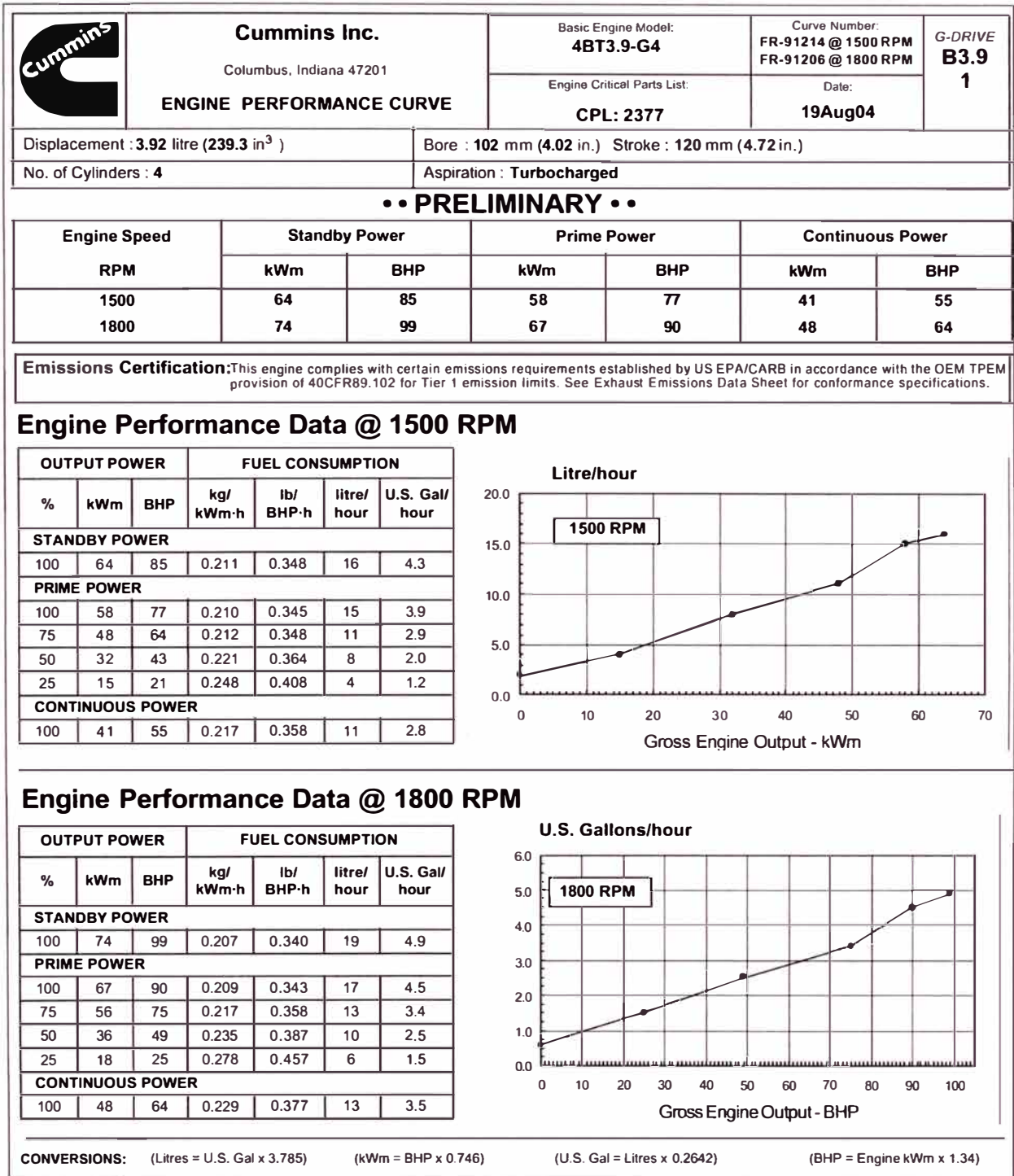


Figura C.4 Consumo de combustible a diversos niveles de carga del motor diesel

La Figura C.5 muestra las pruebas finales realizadas al grupo electrógeno previa a su entrega.



PROTOTYPE TEST SUPPORT (PTS) 60 HZ TEST SUMMARY																																																																															
<u>GENERATOR SET MODELS</u>	<u>REPRESENTATIVE PROTOTYPE</u>																																																																														
	35DGBB 40DGBC 50DGCA 60DGCB	Model: 60DGCB Engine: 4BT3.9-G4 Alternator: UCD2F																																																																													
<p>The following summarizes prototype testing conducted on the designated representative prototype of the specified models. This testing is conducted to verify the complete generator set electrical and mechanical design integrity. Prototype testing is conducted only on generator sets not sold as new equipment.</p>																																																																															
<p>Maximum Surge Power: 66 kW</p> <p>The generator set was evaluated to determine the stated maximum surge power.</p> <p>Maximum Motor Starting: 231 kVA</p> <p>The generator set was tested to simulate motor starting by applying the specified kVA load at low lagging power factor (0.4 or lower). With this load applied, the generator set recovered to a minimum of 90% rated voltage.</p> <p>Alternator Temperature Rise:</p> <p>The highest rated temperature rise (150 °C) test results are reported as follows to verify that worst case temperature rises do not exceed allowable NEMA MG1 limits for class H insulation. Tests were conducted per IEEE 115, rise by resistance and embedded detector, with the rated voltages. Only the highest temperatures are reported.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><u>Location</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Maximum Rise (°C)</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alternator Stator</td> <td style="text-align: center;">102</td> </tr> <tr> <td>Alternator Rotor</td> <td style="text-align: center;">71</td> </tr> <tr> <td>Exciter Stator</td> <td style="text-align: center;">19</td> </tr> <tr> <td>Exciter Rotor</td> <td style="text-align: center;">29</td> </tr> </tbody> </table> <p>Torsional Analysis and Testing:</p> <p>The generator set was tested to verify that the design is not subjected to harmful torsional stresses in excess of 5000 psi. A spectrum analysis of the transducer output was conducted over the speed range of 1200 to 2000 RPM.</p> <p>Cooling System: 50 °C Ambient 0.5 in. H2O restriction</p> <p>The cooling system was tested to determine ambient temperature and static restriction capabilities. The test was performed at full rated load in elevated ambient temperature under static restriction conditions.</p> <p>Durability:</p> <p>The generator set was subjected to a minimum 500 hour endurance test operating at variable load up to the standby rating based upon MIL-STD-705 to verify structural soundness and durability of the design.</p>	<u>Location</u>	<u>Maximum Rise (°C)</u>	Alternator Stator	102	Alternator Rotor	71	Exciter Stator	19	Exciter Rotor	29	<p>Steady State Performance:</p> <p>The generator set was tested to verify steady state operating performance was within the specified maximum limits.</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Voltage Regulation:</td> <td style="text-align: right;">± 1 %</td> </tr> <tr> <td>Random Voltage Variation:</td> <td style="text-align: right;">± 1 %</td> </tr> <tr> <td>Frequency Regulation:</td> <td style="text-align: right;">5 %</td> </tr> <tr> <td>Random Frequency Variation:</td> <td style="text-align: right;">± 0.50 %</td> </tr> </table> <p>Transient Performance:</p> <p>The generator set was tested to verify single step loading capability as required by NFPA 110 and verify acceptable voltage and frequency response on load addition or rejection. The following results were recorded:</p> <p><u>Full Load Acceptance:</u></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Voltage Dip:</td> <td style="text-align: right;">19 %</td> </tr> <tr> <td>Recovery Time:</td> <td style="text-align: right;">2 Second</td> </tr> <tr> <td>Frequency Dip:</td> <td style="text-align: right;">9.5 %</td> </tr> <tr> <td>Recovery Time:</td> <td style="text-align: right;">3.4 Second</td> </tr> </table> <p><u>Full Load Rejection:</u></p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td>Voltage Rise:</td> <td style="text-align: right;">28 %</td> </tr> <tr> <td>Recovery Time:</td> <td style="text-align: right;">1 Second</td> </tr> <tr> <td>Frequency Rise:</td> <td style="text-align: right;">6.8 %</td> </tr> <tr> <td>Recovery Time:</td> <td style="text-align: right;">1 Second</td> </tr> </table> <p>Harmonic Analysis:</p> <p style="text-align: center;">(per MIL-STD-705B, Method 601.4)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="text-align: left;"><u>Harmonic</u></th> <th colspan="2" style="text-align: center;"><u>Line to Line</u></th> <th colspan="2" style="text-align: center;"><u>Line to Neutral</u></th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;"><u>No Load</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Full Load</u></th> <th style="text-align: center;"><u>No Load</u></th> <th style="text-align: center;"><u>Full Load</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td style="text-align: center;">0.059</td> <td style="text-align: center;">0.18</td> <td style="text-align: center;">0.064</td> <td style="text-align: center;">0.082</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td style="text-align: center;">0.86</td> <td style="text-align: center;">1.2</td> <td style="text-align: center;">0.87</td> <td style="text-align: center;">1.24</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td style="text-align: center;">0.72</td> <td style="text-align: center;">1.96</td> <td style="text-align: center;">0.76</td> <td style="text-align: center;">1.96</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0.032</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td style="text-align: center;">0.39</td> <td style="text-align: center;">0.65</td> <td style="text-align: center;">0.4</td> <td style="text-align: center;">0.64</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td style="text-align: center;">0.13</td> <td style="text-align: center;">0.48</td> <td style="text-align: center;">0.144</td> <td style="text-align: center;">0.46</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Electrical and Mechanical Strength:</p> <p>The generator set was tested to several single phase and three phase faults to verify that the generator can safely withstand the forces associated with short circuit conditions. The generator set was capable of producing full rated output at the conclusion of the testing.</p>	Voltage Regulation:	± 1 %	Random Voltage Variation:	± 1 %	Frequency Regulation:	5 %	Random Frequency Variation:	± 0.50 %	Voltage Dip:	19 %	Recovery Time:	2 Second	Frequency Dip:	9.5 %	Recovery Time:	3.4 Second	Voltage Rise:	28 %	Recovery Time:	1 Second	Frequency Rise:	6.8 %	Recovery Time:	1 Second	<u>Harmonic</u>	<u>Line to Line</u>		<u>Line to Neutral</u>		<u>No Load</u>	<u>Full Load</u>	<u>No Load</u>	<u>Full Load</u>	3	0.059	0.18	0.064	0.082	5	0.86	1.2	0.87	1.24	7	0.72	1.96	0.76	1.96	9	0	0	0	0.032	11	0.39	0.65	0.4	0.64	13	0.13	0.48	0.144	0.46	15	0	0	0	0
<u>Location</u>	<u>Maximum Rise (°C)</u>																																																																														
Alternator Stator	102																																																																														
Alternator Rotor	71																																																																														
Exciter Stator	19																																																																														
Exciter Rotor	29																																																																														
Voltage Regulation:	± 1 %																																																																														
Random Voltage Variation:	± 1 %																																																																														
Frequency Regulation:	5 %																																																																														
Random Frequency Variation:	± 0.50 %																																																																														
Voltage Dip:	19 %																																																																														
Recovery Time:	2 Second																																																																														
Frequency Dip:	9.5 %																																																																														
Recovery Time:	3.4 Second																																																																														
Voltage Rise:	28 %																																																																														
Recovery Time:	1 Second																																																																														
Frequency Rise:	6.8 %																																																																														
Recovery Time:	1 Second																																																																														
<u>Harmonic</u>	<u>Line to Line</u>		<u>Line to Neutral</u>																																																																												
	<u>No Load</u>	<u>Full Load</u>	<u>No Load</u>	<u>Full Load</u>																																																																											
3	0.059	0.18	0.064	0.082																																																																											
5	0.86	1.2	0.87	1.24																																																																											
7	0.72	1.96	0.76	1.96																																																																											
9	0	0	0	0.032																																																																											
11	0.39	0.65	0.4	0.64																																																																											
13	0.13	0.48	0.144	0.46																																																																											
15	0	0	0	0																																																																											

Figura C.5 Pruebas finales realizadas al grupo electrógeno previa a su entrega

ANEXO D COSTOS DE INSTALACIÓN Y SUMINISTRO

Esta sección presenta una tabla de los costos de instalación y suministro el cual comprende los siguientes ítems:

1. Conexionado Eléctrico
2. Ducto de Extracción de Aire Caliente del Radiador
3. Conexión Tanque Combustible
4. Tubería Escape
5. Instalación del ATS y Accesorios
6. Costos de los Equipos
7. Costos de Transporte
8. Personal Operativo

CÓSTOS DE INSTALACIÓN DE GRUPOS ELECTROGENOS

EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA INSTALACION DE GRUPO ELECTROGENO Y ATS

Item	DESCRIPCION	TOTAL	UNITARIO	UND	METRADO TOTAL	PRECIO UNITARIO \$	UNIDAD	METRADO TOTAL	MONTO TOTAL DOLARES	MONTOS PARCIALES
1.0	INSTALACION DE GRUPO ELECTROGENO									
1.1	MATERIALES									
1.1.1	CONEXIONADO ELECTRICO									
	Tuberia flexible conduit de 1 1/2"	1	2.0	m	2 A1	7.00	m	2	14.00	
	Terminal para flexible conugado metalico de 1 1/2"	1	2.0	und	2 A2	2.80	u	2	5.60	
	Conductor NYY 3x50 mm2	1	27.0	m	27 A3	12.00	m	27	324.00	
	Conductor NYY 3x16 mm2	0	27.0	m	0 A4	0.00	m	0	0.00	
	Tuberia flexible conduit de 1"	1	2.0	m	2 A5	3.50	m	2	7.00	
	Terminal para flexible conugado metalico de 1"	1	2.0	und	2 A8	2.00	u	2	4.00	
	Cable desnudo de cobre 1x70 mm2 (aterramiento)	1	15.0	m	15 A7	8.50	m	15	127.50	
	Tuberia de PVC pesada 2"	1	25.0	m	25 A8	2.50	m	25	62.50	
	Tuberia de PVC pesada 1"	1	25.0	m	25 A9	1.80	m	25	45.00	
	Terminales de compresión para 70mm2(aterramiento grupo)	1	8.0	und	8 A10	2.00	u	8	16.00	
	Conector para pozo a tierra	1	2.0	und	2 A11	2.40	u	2	4.80	
	plancha de goma antivibratoria(neopreno) de 2"x5"	1	4.0	und	4 A12	2.00	u	4	8.00	
1.1.2	DUCTO DE EXTRACCIÓN DE AIRE CALIENTE DEL RADIADOR									
	-Planchas galvanizadas 2.4mx1.2m espeso 0.75mm	0	1.0	und	0 A14	0.00	u	0	0.00	
	-Fierro angulo 3/4"	0	6.0	m	0 A15	0.00	m	0	0.00	
	-soldadura	0	2.0	kg	0 A16	0.00	kg	0	0.00	
1.1.3	CONEXIÓN TANQUE COMBUSTIBLE									
	-Sum. de tuberle de fierro negro 1/2" con costura	1	15.0	m	15 A17	2.50	m	15	37.50	
	-Codos de 1/2" de 90 grados de fierro negro	1	10.0	und	10 A16	0.75	u	10	7.50	
	-Abrazaderas de 1/2" galvanizadas	1	10.0	und	10 A19	0.37	u	10	3.70	
	-Conector universal de 1/2"	1	2.0	und	2 A20	2.82	u	2	5.64	
	-Válvulas de bola 1/2"	1	2.0	und	2 A21	3.50	u	2	7.00	
	-Tapon macho de 1/2"	1	3.0	und	3 A22	0.60	u	3	1.80	
	-Base metálica perfil en forma de C para soporte de tuberia	1	1.0	und	1 A23	1.00	u	1	1.00	
	-Campana reductor de 1/2" a 1/4"	0	2.0	und	0 A24	0.90	u	0	0.00	
	-Teflon	1	4.0	und	4 A25	0.80	u	4	2.40	
	-Permatex	1	1.0	und	1 A26	1.81	u	1	1.81	
	-pintura esmalte color amarillo(incluye catalizador)	1	0.5	galon	1 A27	5.00	gal	29	145.00	
	-Manguera hidráulica de 3/8 con conectores hembra y macho	0	2.0	m	116 A50	0.00	m	116	0.00	
1.1.4	TUBERIA ESCAPE									
	-tuberia electrosoldada de 2"	0	3.0	m	0 A28	0.00	u	0	0.00	
	-brida de 4"x5/16"	0	2.0	m	0 A29	0.00	u	0	0.00	
	-plancha 1/8" (1.2m x1.2m)	0	2.0	und	0 A30	0.00	u	0	0.00	
1.1.5	INSTALACION DEL ATS y ACCESORIOS									
	Cable 1x16 mm2 para aterremiento al SPAT.	1	10.0	m	10 A31	2.41	m	10	24.10	
	Terminales de compresión para conductor NYY de 35mm	1	14.0	und	14 A32A	1.80	u	14	25.20	
	Terminales de compresión para conductor NYY de 16mm	1	14.0	und	14 A32B	1.50	u	14	21.00	
	Prensaestopa de 2"	1	5.0	und	5 A33	4.23	u	5	21.15	
	Riel din	1	0.4	m	0.4 A34	2.56	m	0.4	1.02	
	Cable telefonico 4 pares	1	50.0	m	50 A35	0.81	m	50	40.50	
	Cable UTP 6 pares	1	50.0	m	50 A36	0.40	m	50	20.00	
	Terminales de cable telefonico tubular	1	50.0	und	50 A37	0.02	u	50	0.90	

Terminales tipo pin para cable bipolar #12	1	30.0	und	30	A38	0.07	u	30	2.10
Cintillos de amarre de 2"	1	30.0	und	30	A39	0.05	u	30	1.50
Silicona	1	1.0	und	1	A40	1.50	u	1	1.50
Bomera de tierra	1	2.0	und	2	A41	1.20	u	2	2.40
Bomera de cable telefonico	1	8.0	und	8	A42	1.20	u	8	9.60
Terminales de hojal(ojo)	1	6.0	und	6	A43	0.21	u	6	1.26
Canaleta Pesada de 2" x 2"	1	10.0	m	10	A44	7.10	m	10	71.00
Poxiina	1	2.0	und	2	A45	1.00	u	2	2.00
Espuma antilexplisiva	1	1.0	und	1	A46	1.20	u	1	1.20
Cable bipolar 2x12 BIPOLAR	1	25.0	m	25	A47	1.57	m	25	39.25
Cinta termocontrable para 12mm	1	1.0	m	1	A48	1.20	m	1	1.20
Tuberla Rigida de 2"	1	6.0	m	6	A49	2.50	m	6	15.00
1.1.6 COSTOS DE LOS EQUIPOS									1133.63
Grupo Electrógeno de 50Kw	1	1.0	und	1		12500.00	u	12500	12500
Tablero de Transferencia automática con transición cerrada 150A/220Voltios	1	1.0	und	1		3250.00	u	3250	3250
Encapsulado e insononzado del Grupo Electrógeno	1	1.0	und	1		2500.00	u	2500	2500
1.1.7 COSTOS DE TRANSPORTE									16250
Transporte desde Almacenes Lima hasta poblado de Oxapampa	1	1.0	und	1		1500.00	u	1500	1500
Transporte desde poblado de Oxapampa hasta EBC Palonal	1	1.0	und	1		500.00	u	500	500
Maniobra, manipuleo y acarreo	1	1.0	und	1		850.00	u	850	850
1.1.8 PERSONAL OPERATIVO									2850
01 Ingeniero Residente(2 semanas)	1	1.0	personas	1		700.00	u	700	700
02 Técnico electricistas(2 semanas)	1	2.0	personas	2		350.00	u	700	700
01 Técnico mecánico	1	1.0	personas	1		350.00	u	350	350
10 Peones para maniobras(un día)	1	10.0	personas	10		25.00	u	250	250
Viáticos y movilidad (2 semanas)	1	14.0	und	14		100.00	u	1400	1400.00
									3400

SUB-TOTAL	25633.63
IGV(18%)	4614.0534
TOTAL	30247.6834

ANEXO E COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA

Esta sección presenta una tabla de los costos de materiales y mano de obra, el cual comprende los siguientes ítems:

- Repuestos
- Descripción del Mantenimiento al Motor
- Descripción del Mantenimiento al Generador
- Transporte de Personal yY Repuestos
- Costo Total del Mantenimiento
- Costos de Operación

COSTOS DE MATERIALES Y MANO DE OBRA NECESARIOS PARA MANTENIMIENTO Y OPERACIÓN								
Item	DESCRIPCION	TOTAL	UNITARIO	UND	PRECIO UNITARIO	METRADO TOTAL	MONTO PARCIALES DOLARES	MONTO TOTALES
1.0	SERVICIO DE MANTENIMIENTO							
1.1	Repuestos para Grupo Electrónico de 50kW							
1.1.1	REPUESTOS							
	Filtro de aceite	1	1.0	und	8.50	1.0	8.50	
	Filtro de combustible	1	1.0	und	12.60	1.0	12.60	
	Filtro de aire (en el 2do. Mantenimiento)	1	1.0	und	10.20	1.0	10.20	
	Aceite de motor 15W40	1	2.9	Gal	10.34	2.9	30.00	
	Refrigerante	1	1.9	Gal	3.78	1.9	7.20	
							MONTO TOTAL DOLARES	69.5
1.1.2	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO AL MOTOR							
	Cambio de filtros de aceite	1						
	Cambio de aceite	1						
	Cambio filtro de combustible	1						
	Cambio de filtro de aire	1						
	Verificación y ajuste los mandos de aceleración y parada	1						
	Limpieza de sistema de admisión de aire y ajuste de abrazaderas	1						
	Comprobar el electrolítico y carga de batería, limpiar y proteger los bornes	1						
	Prueba de concentración de refrigerante para determinar si requiere aditivos	1						
	Verificar la tensión de las fajas de accionamiento	1						
	Limpieza exterior de radiador	1						
	Limpieza exterior del motor	1						
	Un técnico mecánico	1	2.5	horas	25\$/hora	2.5	62.50	62.5
							MONTO TOTAL DOLARES	62.5
1.1.3	DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO AL GENERADOR							
	Verificar y detectar posibles ruidos anormales en el generador	1						
	Verificar y ajustar de ser necesario la tensión y la frecuencia	1						
	Limpieza externa del generador y tablero de control	1						
	Limpieza y desoxidado con disolvente dieléctrico de terminales y otros.	1						
	Pruebas en vacío y con carga	1						
	Un técnico electricista	1	1.5	horas	25\$/hora	1.5	37.50	37.5
							MONTO TOTAL DOLARES	37.5
1.1.4	TRANSPORTE DE PERSONAL Y REPUESTOS							
	Transporte del personal, herramientas y repuestos(Lima-Oxapampa)	1	1.0	viaje	60\$/ida y vuelta	1.0	60.00	
	Transporte del personal, herramientas y repuestos(Oxapampa-Pajonal)	1	1.0	viaje	200\$/por día	1.0	200.00	
	Viáticos y otros	1	1.0	día	20\$/día	1.0	20.00	
	Nota: El grupo Electrónico y Tablero necesitan 2 mantenimientos anuales en modo stand by						MONTO TOTAL DOLARES	280
1.1.5	COSTO TOTAL DEL MANTENIMIENTO						SUMA TOTAL DOLARES	448.5
							SUB-TOTAL	448.5
							IGV(18%)	80.73
							TOTAL DOLARES	529.23
2.0.	COSTOS DE OPERACIÓN(1-Hora)							
	Costos de traslado de combustible hasta EBC Pajonal (4.9Gal)	1	4.9	Gal	5\$/hora	1.0	24.50	
	Costos de combustible con generador de 50kW a 100% de carga(4.9Gal/hora)	1	1.0	horas	10.9\$/gal	1.0	53.41	
	Nota:1kW-Hora es equivalente a \$1.83 incluido impuestos.						MONTO TOTAL DOLARES	77.91
							SUB-TOTAL	77.91
							IGV(18%)	14.02
							TOTAL DOLARES	91.93

ANEXO F GLOSARIO DE TÉRMINOS

Aislamiento.- Material no conductivo usado para prevenir la fuga de corriente eléctrica de un conductor. Hay varias clases de aislamiento en uso para la construcción de un generador, cada una reconocida por su trabajo de máxima temperatura continua.

Armónicos.- Los armónicos son voltaje o componentes de corriente que operan en múltiplos integrales de la frecuencia fundamental del sistema de potencia (60Hz). Las corrientes armónicas tienen el efecto de distorsionar la forma de la onda de voltaje de la una onda sinusoidal pura.

Aterramiento.- Es la conexión intencional del sistema o equipo eléctrico (carcasa, coconduit, marco, etc.) e la tierra.

Bajo Voltaje.- Se refiere a sistemas CA con voltajes de operación de 120 a 600VCA.

Breaker Principal.- Un breaker principal es un breaker de circuito a la entrada o salida de un bus, a través del cual fluye toda la corriente del bus. El breaker principal del generador es el dispositivo montado en el generador, que se usa para interrumpir la corriente de salida del generador.

Breaker de circuito de caja moldeada.- Es el que automáticamente interrumpe la corriente que fluye a través de él cuando esta excede un cierto nivel durante un tiempo específico. Caja moldeada se refiere al uso de plástico moldeado para cubrir los mecanismos para separar las superficies de conducción una de otra y de las partes de metal o tierra.

Caída de Voltaje.- Es la caída en el voltaje que resulta cuando se agrega una carga y ocurre antes de que el regulador la pueda corregir o que resulta del funcionamiento del regulador de voltaje para descargar un generador motor sobre cargado.**CNE** (Código Nacional de Electricidad).

Campo Libre (Medición de Ruido).- En la medición de ruido, un campo libre es aquel en un medio homogéneo, isotrópico (que tiene la cualidad de transmitir el sonido igualmente en todas direcciones)) que no tiene límites. En la práctica, es un campo en el cual los efectos de las barreras no son importantes en la región de interés.**Ciclo** Una reversión completa de un corriente alterna o voltaje, de cero a un máximo positivo a cero a un máximo positivo a cero nuevamente y de cero a máximo positivo a a cero a neutro. El número de ciclos por segundo por segundo es la frecuencia.

Carga Suave.- Se refiere rampeo de la carga hacia o desde un generador de forma gradual con el propósito de minimizar los impactos en el voltaje y frecuencia del sistema.

Contactador.- Un contactor es un dispositivo para abrir y cerrar un circuito de potencia eléctrica.

Conexión delta.- Se refiere a la conexión trifásica que en el cual el inicio de cada fase esta

conectada al final de la siguiente formando la letra griega triángulo. Las líneas de carga están conectadas a las puntas de la delta.

Corriente Directa (CD).- Es corriente sin reversiones en el voltaje.

CSA.- (Canadian Standards Association), Asociación de estándares Canadienses.

Escala dB/dB(A).- La escala de decibeles usada en mediciones de nivel de sonido es logarítmica. Los medidores de nivel de sonido tiene varias escalas corregidas (A,B,C). La escala DB(A) es la escala corregida más comúnmente usada para medir la sonoridad del ruido emitido por los generadores.

Excitador.- Dispositivo que suministra corriente directa a las bobinas de un generador sincrónico, produciendo el flux magnético requerido para inducir voltaje en las bobinas de la armadura (estator).

Fuerza dieléctrica.- Es la habilidad del aislamiento de soportar voltaje sin sufrir rupturas.

Gobernador.- Dispositivo del motor que controla el combustible para mantener una velocidad constante bajo diferentes condiciones de carga. El gobernador debe tener un ajuste de velocidad (frecuencia del generador) y caída de velocidad(sin carga a carga total).

IEC.- (International Electrotechnical Committee), Comité electrotécnico internacional.

ISO.- (International Organization for Standardization), Organización de estandarización internacional.

Material Acústico.- Cualquier material considerado en términos de sus propiedades acústicas especialmente sus propiedades para absorber o amortiguar el sonido.

NEC.- (National Electrical Code), Código Eléctrico Nacional.

NEMA.- (National Electrical Manufacturers Association), Asociación Nacional de Fabricantes eléctricos

Neutral.- Se refiere al punto común de un generador AC conectado en Y, un conductor conectado a ese punto o al punto central de devanado de un generador AC monofásico.

NFPA.- (National Fire Protection Association) Asociación Nacional de protección contra el fuego.

PMG.- Generador cuyo campo es un magneto permanente al contrario de un electromagneto (campo devanado). Usado para generar potencia de excitación para alternadores excitado separadamente.

Polo.- Se usa en referencia a magnetos que son bipolares. Los polos de un magneto están designados norte y sur. Puesto que los magnetos son bipolares, todos los generadores tienen un número par de polos. El número de polos determina que tan rápido se tiene que hacer girar un generador para obtener la frecuencia especificada.

Reactancia.- Es la oposición al flujo de corriente en los circuitos AC causada por las

inductancias y capacitancias. Se expresa en términos de ohms y su símbolo es X.

Red Pública.- Término usado para denominar el servicio normal de electricidad.

Relevador Diferencial.- Es un dispositivo protector alimentado por corriente de dos transformadores ubicados en dos puntos diferentes del sistema eléctrico. Compara las corrientes y detecta cuando hay una diferencia en los dos que significa una falla en la zona de protección. Estos dispositivos se usan típicamente para proteger los devanados en generadores o transformadores.

Rotor.- Un rotor es el elemento rotativo de un motor o generador

RPM.- Revoluciones por minuto

Sistema de Emergencia.- Es el equipo independiente de potencia que se requiere legalmente para alimentar a equipo o sistemas cuya falla podría representar un peligro a la seguridad de vida de personas o de propiedades.

Tierra.- Es la conexión intencional del sistema eléctrico o del equipo eléctrico (carcasas, conduit, marcos, etc.) a tierra.

Transformador de corriente.- Los transformadores de corriente son instrumentos transformadores usados en conjunción con amperímetros, circuitos de control y relevación de protección.

UL.- Estándares de Underwriters Laboratories,

Voltaje Línea-Línea.- El voltaje entre cualesquiera de dos fases de un generador CA.

Voltaje Línea-Neutral. En un generador trifásico de 4 hilos conectado en Y, el voltaje línea-neutral es el voltaje entre una fase y el neutral común donde las tres fases están sujetas juntas.

Zonas de protección.- Son áreas definidas dentro de una edificación que son protegidas y es usada para casos de emergencia.

BIBLIOGRAFÍA

1. NFPA, Nacional FIRE Protection Association, "NFPA 70- National Electrical Code", Edición 2008.
2. NFPA, Nacional FIRE Protection Association, "NFPA 99- Health Care Facilities", Edición 2002.
3. NFPA, Nacional FIRE Protection Association, "NFPA 110- Emergency and Standby Power Systems", Edición 2002.
4. UL, "Página institucional" , <http://www.ul.com/global/eng/pages/corporate/standards/>
5. UL, Underwriters Laboratories, "Scope for Transfer Switch Equipment - UL 1008". <http://ulstandardsinfonet.ul.com/outscope/outscope.asp?fn=1008a.html>
6. UL, Underwriters Laboratories, "Stationary Engine Generator Assemblies - UL 2200". 1998, Underwriters Laboratories Inc.
7. Ministerio de Energía y Minas, "Código Nacional de Electricidad – Utilización", Resolución Ministerial N° 037-2006-MEM/DM, 30 de enero 2006.
8. Komatsu Mitsui Maquinarias Perú S.A, "Power Electronics- Lunch and Learn", 2009, Cummins Power Generation.
9. Cummins Power Generation, "Manual de aplicación T030 – Generadores enfriados por líquido".