

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RESPALDO DE ENERGÍA PARA LA MEJORA DE LA CONFIABILIDAD Y CALIDAD DE SUMINISTRO ELÉCTRICO EN INSTALACIONES CRÍTICAS

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR:

ULISES WILLIAM MARCELO PIO

**PROMOCIÓN
2003 - I**

**LIMA – PERÚ
2011**

**IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE RESPALDO DE
ENERGÍA PARA LA MEJORA DE LA CONFIABILIDAD Y
CALIDAD DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN
INSTALACIONES CRÍTICAS**

Dedico este trabajo a:

Dios, a quién estoy profundamente agradecido por darme la vida y una maravillosa familia,

A Mi Esposa Marleny y Mi Hijo Alvaro, por su gran cariño y por motivarme a seguir
creciendo en lo personal y en lo profesional,

A Mis Padres, por su apoyo incondicional en todo momento, por su gran afecto y
confianza hacia mi persona,

A Mis Hermanos, por su constante aliento en el transcurso de mi carrera y su amistad
incondicional.

SUMARIO

En la actualidad, el uso de la energía eléctrica es indispensable para el desarrollo de cualquier actividad industrial, comercial y humana dentro de una instalación crítica ya sea en un centro de cómputo o en una sala de uso médico, y debe estar a disposición de cualquier usuario de forma permanente y con un adecuado nivel de calidad de energía.

Las diferentes aplicaciones, equipos y procesos que dependen de esta energía son cada vez más sensibles a las perturbaciones eléctricas que puedan presentarse en esta ya sea proveniente de la red de suministro del concesionario eléctrico ó dentro del mismo entorno de la instalación crítica, estas perturbaciones pueden ser: corte de energía, sobretensiones, subtensiones, variaciones de frecuencia, armónicos, ruido eléctrico, etc.

La posible interrupción de las actividades normales en un momento dado, puede tener graves consecuencias en una instalación denominada como crítica, por ejemplo: las pérdidas económicas significativas debido a la pérdida de suministro eléctrico en un centro de cómputo ó en otros casos el daño puede ser irreparable como la pérdida de la vida humana para el caso de la interrupción del suministro eléctrico durante una intervención médica dentro de una sala de operaciones.

Por todo lo anterior, se considera necesaria la implementación de los sistemas de respaldo de energía en una instalación crítica para contrarrestar la problemática antes mencionada; el presente trabajo considera las diferentes alternativas en equipos, topologías, además de las normativas y/o estándares que se aplican a este tipo de instalaciones críticas.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

INSTALACIONES CRÍTICAS Y NORMATIVA APLICADA

1.1	Generalidades	2
1.2	Alcance	3
1.3	Descripción de un Centro de Cómputo	3
1.3.1	Qué es un Centro de Cómputo	3
1.3.2	Misión de un Centro de Cómputo	3
1.3.3	Equipos críticos que conforman un Centro de Cómputo	4
1.3.4	Introducción al estándar TIA/ANSI 942	5
1.3.5	Alcance del estándar TIA/ANSI 942	6
1.3.6	Recomendaciones de diseño e implementación según TIA/ANSI 942	6
1.3.7	Los TIER	7
1.3.8	Equipos de protección y respaldo de un Centro de Cómputo	11
1.4	Descripción de una Sala de Uso Médico	12
1.4.1	Definición de Salas de Uso Médico	12
1.4.2	Norma IEC 60364-7-710.2002-11	12
1.4.3	Clasificación de las Salas de Uso Médico	12
1.4.4	Equipos críticos que conforman una Sala de Uso Médico	14
1.4.5	Recomendaciones de diseño e implementación	18
1.4.6	Sistemas eléctrico con tierra aislada (IT)	19
1.4.7	Cómo evitar peligros ante una falta del suministro eléctrico	20
1.4.8	Equipos de protección y respaldo del entorno de una Sala de Uso Médico	21

CAPÍTULO II

GARANTÍA DE FUNCIONAMIENTO Y MÉTODOS DE MODELAMIENTO Y ANÁLISIS

2.1	La importancia de la garantía de funcionamiento	23
-----	---	----

2.2	Los parámetros de la garantía de funcionamiento	23
2.2.1	Confiabilidad	23
2.2.2	Tasa de falla	24
2.2.3	Disponibilidad	25
2.2.4	Mantenibilidad	26
2.2.5	Seguridad	27
2.3	Relaciones entre las magnitudes de la garantía de funcionamiento	27
2.4	Los tipos de defecto	29
2.5	Métodos de modelamiento y análisis	29
2.5.1	Los diagramas de Ishikawa o Causa – Efecto	29
2.5.2	Los diagramas de Confiabilidad	32

CAPÍTULO III

SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

3.1	Generalidades	35
3.2	Grupo Electrónico	35
3.2.1	Partes de un Grupo Electrónico	36
3.2.2	Sistema automático de un Grupo Electrónico	38
3.2.3	Conmutación Red – Grupo	39
3.3	Banco de Baterías	41
3.3.1	Clasificación de baterías por su tecnología de fabricación	41
3.3.2	Clasificación de baterías por su aplicación	41
3.4	Sistemas de Alimentación Ininterrumpido (SAI)	43
3.4.1	Clasificación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido	44
3.4.2	Calidad de Energía de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido	50
3.5	Rectificador o Convertidor Estático AC/DC	50
3.5.1	Calidad de Energía de un Rectificador	51
3.6	Inversor o Convertidor Estáticos DC/AC	51
3.7	Compatibilidad entre Grupo Electrónico y SAI (UPS)	52
3.7.1	Desajustes	53
3.7.2	Sensibilidad del regulador de voltaje	53
3.7.3	Distorsión de la tensión de salida	54
3.7.4	Errores en los sistemas de medición	55
3.7.5	Efectos del calentamiento	55

3.7.6	Compatibilidad de los bucles de control	56
3.7.7	Limitaciones de los sistemas SAI alimentados por Grupo Electrónico	56
3.7.8	Recomendaciones de instalación	57

CAPÍTULO IV

PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD DE UN SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

4.1	Generalidades	58
4.2	Riesgos en las Instalaciones Críticas	58
4.2.1	Riesgos en un Centro de Cómputo	58
4.2.2	Riesgos en Salas de Uso Médico	59
4.3	Identificación del problema	59
4.4	Causa del problema	60
4.5	Análisis de los factores como causa del problema	60
4.6	Opciones de solución en sistemas de respaldo de energía	62
4.6.1	Beneficios de los sistemas de respaldo de energía en paralelo	63
4.6.2	Configuraciones en paralelo de un sistema de respaldo de energía	64
4.6.3	Conexión en paralelo de Grupos Electrónicos	69
4.6.4	Selección de Banco de Baterías	70
4.6.5	Conexión en Paralelo de Sistemas de Alimentación Ininterrumpido	74
4.6.6	Conexión en Serie o Redundancia Aislada de un UPS	80

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

5.1	Generalidades	82
5.2	Propuesta del nuevo sistema de respaldo de energía	82
5.3	Equipamiento del sistema de respaldo de energía	84
5.4	Especificaciones técnicas del Sistema de Respaldo de Energía	86
5.4.1	Grupo Electrónico	86
5.4.2	Sistema de Alimentación Ininterrumpido	87
5.4.3	PDM de 50kVA (Administrador y Distribuidor de Energía)	92
5.4.4	Tablero de paralelismo – CLC (Critical Load Cabinet)	94
5.4.5	Banco de Baterías	94
5.5	Costo de proyecto	95
5.5.1	Servicios no considerados en el proyecto	96

5.5.2	Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 1era Etapa	97
5.5.3	Presupuesto de Sistema de UPS – 1era Etapa	98
5.5.4	Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 2Da Etapa	99
5.5.5	Presupuesto de Sistema de UPS – 2da Etapa	99
5.6	Análisis Costo – Beneficio	100
5.7	Fase de implementación	105
5.6.1	Fotografía de montaje de equipamiento	107
CONCLUSIONES		111
ANEXOS		112
BIBLIOGRAFÍA		135

PRÓLOGO

El presente trabajo tiene como principal propósito el promover la aplicación de los Sistemas de Respaldo de Energía en los diferentes proyectos donde se implementen instalaciones eléctricas críticas, donde las necesidades sean el mejorar la confiabilidad y la calidad de energía eléctrica para garantizar el funcionamiento y la disponibilidad del suministro eléctrico; todo ello en base a las recomendaciones del estándar ANSI/TIA 942 para el caso de Centros de Cómputo y la norma IEC 60364-7-710: 2002-11 para las Salas de Uso Médico, dado que en nuestro país no existe una normativa o estándar propio de aplicación para este tipo de instalaciones. El tema ha sido desarrollado en base a la experiencia adquirida por el graduando en temas de implementación de este tipo de sistemas, y complementado con el uso de la información recopilada y extraída de los libros, publicaciones, presentaciones, páginas de internet, en temas sistemas de respaldo de energía y calidad de energía. Además, si bien es cierto, se menciona únicamente a los Centros de Cómputo y Salas de Uso Médico, su aplicación no se limita únicamente a las instalaciones críticas mencionadas, ya que puede ser aplicada a otros tipos de entornos que puedan considerarse críticos.

En el capítulo I, se realiza una descripción general de los Centros de Cómputo y Salas de Uso Médico; el capítulo II detalla los parámetros que nos ayudarán a comprender el concepto de “garantía de funcionamiento”, asimismo de los diagramas de confiabilidad y causa – efecto para el modelamiento de un sistema de respaldo de energía; el capítulo III describe los diferentes equipos que forman parte de un sistema de respaldo de energía, sus tipos, topologías, beneficios y funcionalidades; el capítulo IV hace referencia al planteamiento de la necesidad de la implementación de un sistema de respaldo de energía, identificando la causa, riesgos de los problemas eléctricos y las soluciones disponibles para su mitigación o eliminación; finalmente en el capítulo V enfoca el planteamiento del proyecto aplicado a un centro de cómputo, desde la etapa de adquisición de equipos, pasando por el tema de costos, beneficios y fase de implementación. Adicionalmente en la sección de Anexos se presentan los planos del proyecto ejecutado e información adicional del equipamiento instalado.

CAPÍTULO I

INSTALACIONES CRÍTICAS Y NORMATIVA APLICADA

1.1 Generalidades

El término “Instalación Crítica” se usa en este informe, para incluir a todas aquellas instalaciones, recintos, entornos, lugares, donde se desarrollen diversas actividades (industriales, comerciales, médicas, etc.), que por razón de su función, tienen el riesgo de causar graves daños en los procesos productivos (transacciones financieras, control de planillas, pagos de servicios en centros bancarios), procesos de recuperación o intervención de pacientes (por ejemplo: intervención quirúrgica en una sala de operaciones, diagnóstico por imágenes en un tomógrafo), si estas son vulneradas, dañadas o interrumpidas.

Algunos ejemplos de una Instalación Crítica se mencionan a continuación:

- Establecimientos donde se realicen procesamiento de datos, donde el valor de la transacción a efectuar es alto, pero el costo del proceso es reducido, como es el caso de las operaciones en los mercados de valores o en el cambio de divisas, o también en el comercio electrónico. La interrupción de la posibilidad de operar en un momento determinado ya sea por falla de algún equipo, aplicación ó sistema, puede provocar pérdidas cuyos valores puede exceder en muchas veces el costo del proceso.
- Establecimientos donde se realicen actividades complejas con equipamiento de asistencia vital, destinados a la recuperación y/o tratamiento de salud las personas, donde una interrupción de dicha actividad podría causar la pérdida de la vida humana, o alguna falla de su equipamiento podría indicar valores no reales del estado de salud de la persona intervenida.
- Actividades que se desarrollan mediante procesos continuos, en las que breves interrupciones pueden alterar los ritmos de las cadenas de producción, acumulando grandes cantidades de productos semielaborados desechables.

Se trata de ejemplos de instalaciones o entornos muy sensibles, que aparentemente realizan procesos muy sencillos pero presentan unas exigencias en la calidad y disponibilidad del suministro de energía.

- Los procesos de producción por etapas, en las que un corte o interrupción de los mismos puede inutilizar el resultado de las operaciones anteriores. Un ejemplo de este tipo es la fabricación de semiconductores, en donde la elaboración del producto final requiere de muchas etapas que duran varios días y no es permitido una parada en el proceso.

1.2 Alcance

Como se indicó en el prólogo, este informe de suficiencia está limitado al análisis y estudio de las aplicaciones de sistemas de respaldo de energía para las siguientes instalaciones críticas:

- Centros de Cómputo.
- Salas de uso Médico.

Aun así no se descarta su aplicación a otro tipo de instalaciones considerados también como críticos por los procesos o servicios importantes que realizan.

1.3 Descripción de un Centro de Cómputo

1.3.1 Qué es un Centro de Cómputo

Un centro de cómputo representa una entidad dentro de la organización, la cual tiene como objetivo satisfacer las necesidades de información de la empresa, de manera veraz y oportuna. Su función primordial es apoyar la labor administrativa para hacerla más segura, fluida, y así simplificarla. El centro de cómputo es responsable de centralizar, custodiar y procesar la mayoría de los datos con los que opera la compañía. Prácticamente todas las actividades de los demás departamentos se basan en la información que les proporciona dicho centro. La toma de decisiones depende en gran medida de la capacidad de respuesta del proceso de datos. Por lo anterior, casi no se escatima la inversión para proveerlo del equipo técnico (material y humano) necesario.

1.3.2 Misión de un Centro de Cómputo

La computadora como herramienta de solución para problemas de cálculo de operaciones, investigación de procesos, enseñanza, etc. establece las bases para determinar el objetivo de un centro de cómputo, como es el de prestar servicios a diferentes áreas de una organización ya sea dentro de la misma empresa, o bien fuera de ella, tales como: producción, control de operaciones, captura de datos, programación, dibujo, biblioteca, etc. Los diversos servicios que puede prestar un centro de cómputo, pueden dividirse en departamentos a áreas específicas de trabajo.

El Centro de Cómputo tiene como misión el desarrollar sistemas en el área computacional, que sirvan de apoyo y satisfagan las necesidades de cualquier institución.

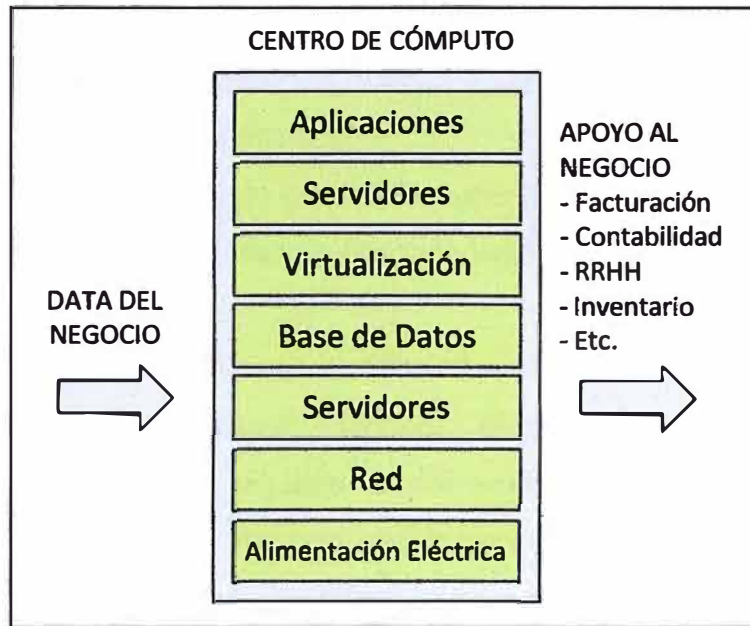


Figura 1.1: Servicios críticos de un Centro de Cómputo (o Data Center)

1.3.3 Equipos críticos que conforman un Centro de Cómputo

Para tener una visión organizada de los componentes básicos de un Centro de Cómputo como Sistema de Computación integral, podemos dividir sus elementos en dos categorías: hardware y software.

- **Hardware**

El hardware es el conjunto de elementos físicamente visualizables en un sistema integral de computación o Central de Tecnologías de Información, el hardware es la infraestructura informática del centro de cómputo (ver figura 1.2). Es el equipo propiamente dicho. Bajo este término se incluye tanto a la computadora como a los equipos periféricos: impresoras, discos, monitores, unidades de respaldo, etc.

Al hablar de infraestructura informática se puede establecer una división entre:

- **Terminales:** se trata de los equipos finales que permiten extender los contenidos hasta los usuarios.
- **Redes:** están compuestas por todo el equipamiento que se encarga de asegurar la conexión entre los terminales y los servidores.
- **Servidores:** son los equipos informáticos en los que residen la información y los servicios a los que acceden los usuarios.

- **Software**

El software es el segundo elemento de un sistema de computación, está constituido por los programas, es decir por el conjunto de instrucciones que se suministran a la máquina para que resuelva algún problema.

Bajo el concepto de software, se incluye al conjunto de instrucciones agrupadas en rutinas y programas junto con la documentación respectiva que indican cómo resolver problemas de naturaleza diversa en una computadora.

En síntesis, el software está formado por instrucciones para que la computadora trabaje. El conjunto o serie de instrucciones para realizar una tarea en particular se llama programa o programa de software.

Elementos complementarios: Sistema de Climatización

Otro equipamiento crítico en un Centro de Cómputo, es el sistema de climatización controlado, comprendido por los equipos de aire acondicionado de precisión, los cuales deben estar operando en todo momento ya que de estos dependen que el entorno de trabajo de los equipos de tecnología de la información esté bajo condiciones normales de temperatura y humedad relativa, para poder garantizar su funcionamiento.



Figura 1.2: Infraestructura Informática crítica de un Centro de Cómputo.

1.3.4 Introducción al estándar TIA/ANSI 942

Existe un estándar llamado TIA/ANSI 942 Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, creado por miembros de la industria, consultores y usuarios, que intenta estandarizar el proceso de diseño de los centros de datos. La definición de un

centro de cómputo dado por dicho estándar es: Un edificio o porción de un edificio cuya función principal es albergar un cuarto de cómputo y sus áreas de soporte.

El estándar es una guía de las mejores prácticas industriales para el diseño de un Centro de Cómputo, fue adoptada por la ANSI (Instituto Nacional Americano de Estándares), promovido por las asociaciones de Tecnología de la Información y por los estándares:

- TIA (Asociación de la Industria de las Telecomunicaciones).
- EIA (Asociación Industrial de Electrónica).
- FCC (Comisión Federal de Comunicaciones).
- IEC (Comité Internacional de Electrotecnia).
- IEEE (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).
- BICSI (Asociación para Sistemas de Transporte de Información).

1.3.5 Alcance del estándar TIA/ANSI 942

Dicho estándar define una guía de diseño para Infraestructuras de Tecnología de la Información basándose en una serie de especificaciones, para comunicaciones, cableado estructurado, subsistemas de infraestructura, generando lineamientos que se deben seguir para clasificar estos subsistemas en función a su grado de disponibilidad que se pretende alcanzar, de ese modo poder garantizar: Seguridad operacional, Continuidad del Servicio, Disponibilidad y Solidez.



Figura 1.3: Garantía del Estándar TIA/ANSI 942.

1.3.6 Recomendaciones de diseño e implementación según TIA/ANSI 942

Requerimientos mínimos del estándar TIA/ANSI 942

Este estándar especifica los requerimientos mínimos para la infraestructura de telecomunicaciones de centros de cómputos y cuartos de cómputo. La intención de la topología propuesta en este documento es que sea aplicable para cualquier tamaño de centro de cómputo.

A su vez, el estándar divide la infraestructura de soporte en cuatro subsistemas:

- Telecomunicaciones
- Arquitectura
- Sistema Eléctrico
- Sistema Mecánico

Dentro de cada subsistema el estándar contempla una serie de componentes como los que indica la tabla 1.1:

Tabla 1.1: Infraestructura de un Centro de Cómputo de acuerdo al estándar TIA/ANSI-942 [11]

Telecomunicaciones	Arquitectura	Eléctrica	Mecánica
Cableado de Gabinetes	Tipo de construcción	Puntos únicos de falla	Sistemas de climatización
Accesos redundantes	Selección del sitio	Cargas críticas	Presión positiva
Cuarto de entrada	Requerimientos NFPA 75	Redundancia de UPS	Cañerías y drenajes
Área de distribución	Protección ignífuga	Topología de UPS	Chillers
Elementos activos redundantes	Control de acceso y CCTV	Unidad de Distribución de Energía	Control de HVAC
Cableado Horizontal	Techos y pisos	Puesta a Tierra	Detección de incendio
Backbone	Área de oficinas	Monitoreo	Extinción por agente limpio
Paneles de conexión	Sala de UPS y baterías	Generadores	Detección de líquidos
Pach Cord	Sala de generador	Baterías	Rociadores

1.3.7 Los TIER

El concepto de Tier nos indica el grado de confiabilidad de un centro de cómputo asociado a cuatro niveles de disponibilidad definidos. A mayor número en el Tier, mayor disponibilidad, y por lo tanto mayores costes asociados en su construcción y más tiempo para implementarlo.

Hasta la fecha se han definido cuatro niveles de Tier diferentes.

Tier I: Centro de Cómputo básico

- Disponibilidad del 99.671%.
- Tiempo de indisponibilidad anual de 28.80 horas.

- El servicio puede interrumpirse por actividades planeadas o no planeadas.
- No hay componentes redundantes en la distribución eléctrica y de refrigeración.
- Puede o no puede tener suelos elevados, generadores auxiliares o UPS.
- Tiempo medio de implementación, 3 meses.
- La infraestructura del centro de cómputo deberá estar fuera de servicio al menos una vez al año por razones de mantenimiento y/o reparaciones.

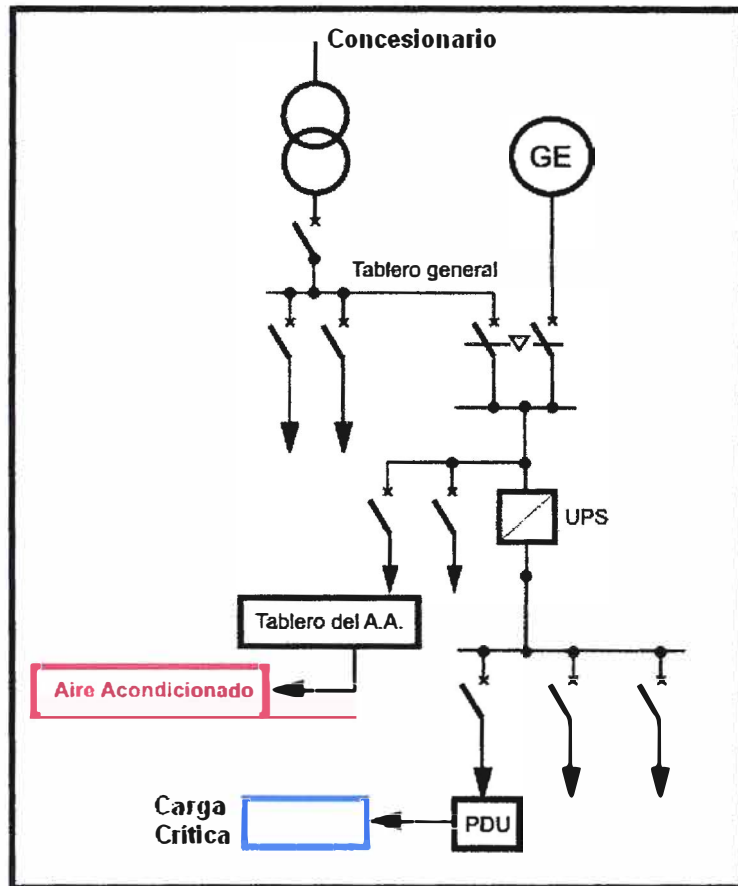


Figura 1.4: Esquema típico de una instalación electro – mecánica Tier I.

Tier II: Centro de Cómputo redundante

- Disponibilidad del 99.741%.
- Tiempo de indisponibilidad anual de 22.00 horas.
- Menos susceptible a interrupciones por actividades planeadas o no planeadas.
- Componentes redundantes (N+1)
- Tiene suelos elevados, generadores auxiliares o UPS.
- Conectados a una única línea de distribución eléctrica y de refrigeración.
- De 3 a 6 meses para implementar.
- El mantenimiento de esta línea de distribución o de otras partes de la infraestructura requiere una interrupción de las servicio.

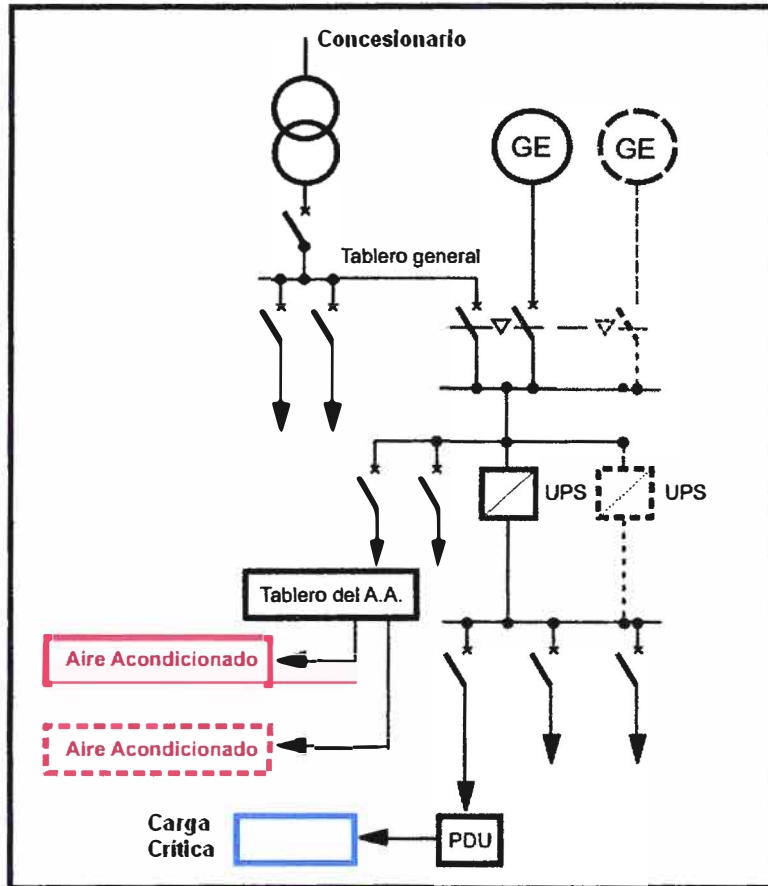


Figura 1.5: Esquema típico de una instalación electro – mecánica Tier II.

Tier III: Centro de Cómputo concurrentemente mantenibles

- Disponibilidad del 99.982%.
- Tiempo de indisponibilidad anual de 1.60 horas.
- Permite planificar actividades de mantenimiento sin afectar al servicio de los equipos y/o cargas críticas, pero eventos no planeados pueden causar paradas no planificadas.
- Componentes redundantes (N+1)
- Conectados múltiples líneas de distribución eléctrica y de refrigeración, pero únicamente con una activa.
- De 15 a 20 meses para implementar.
- Capacidad de crecimiento al siguiente nivel Tier IV.
- Hay suficiente capacidad y distribución para poder llevar a cabo tareas de mantenimiento en una línea mientras se da servicio por otras.

Tier IV: Centro de Cómputo tolerante a fallas

- Disponibilidad del 99.995%.
- Tiempo de indisponibilidad anual de 0.40 horas.
- De 15 a 20 meses para implementar.

- Permite planificar actividades de mantenimiento sin afectar al servicio hacia la carga crítica.
- Capaz de soportar por lo menos un evento no planificado del tipo ‘peor escenario’ sin impacto crítico en la carga.
- Energía activa múltiple y canales de distribución de enfriamiento, componentes redundantes y tolerantes a fallos.
- Cualquier falla (no planificada) puede ser resuelto sin ningún impacto negativo dado que los canales de distribución activos están en su lugar para apoyar esta protección en configuración redundante Sistema + Sistema (Ver mayor información en Capítulo II y IV).
- A diferencia del Centro de Cómputo TIER III, en el Centro de Cómputo TIER IV ambos canales de distribución permanecen activos.
- Gracias a esta funcionalidad de tolerancia a fallos, el Centro de Cómputo TIER IV ofrece la capacidad de conducir y llevar a cabo con éxito cualquier operación sin interrupciones.

En nuestro país todavía no se desarrollan muchos sistemas de respaldo de energía tomando en cuenta las recomendaciones del estándar, salvo algunas aplicaciones en centros bancarios.

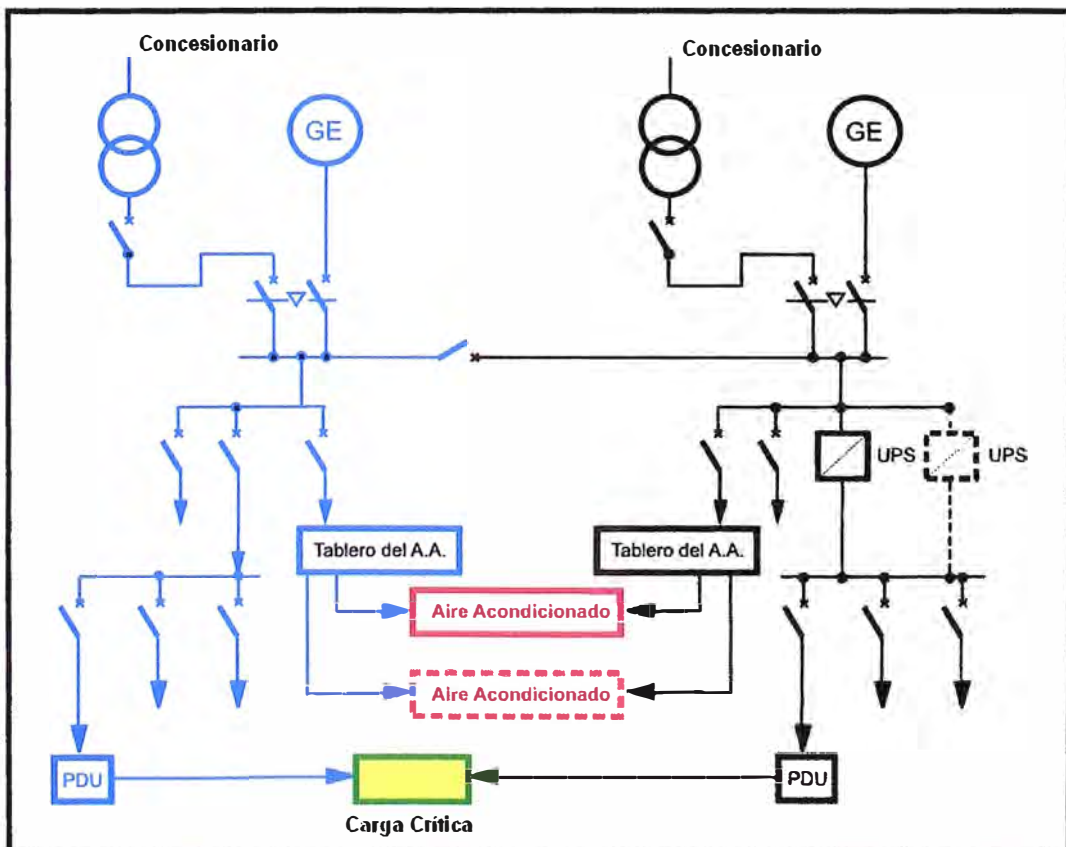


Figura 1.6: Esquema típico de una instalación electro – mecánica Tier III.

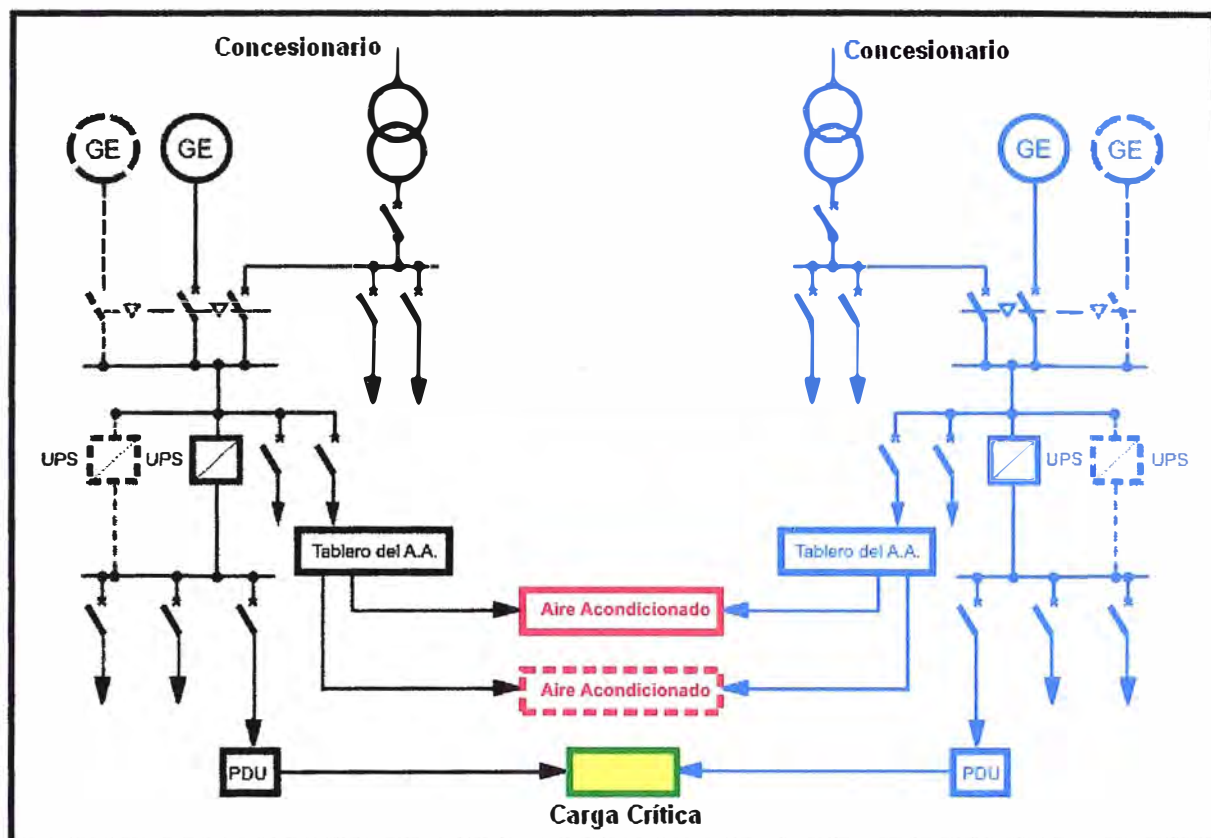


Figura 1.7: Esquema típico de una instalación electro – mecánica Tier IV.

1.3.8 Equipos de protección y respaldo eléctrico de un Centro de Cómputo

En todo Centro de Cómputo que ha sido diseñado bajo el estándar ANSI/TIA 942 podemos encontrar el siguiente equipamiento eléctrico:

Equipos o sistemas de respaldo de energía

- Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI ó UPS).
- Banco de Baterías.
- Grupos Electrógenos.
- Rectificadores de Potencia.
- Inversores de Potencia.

Nota: Los rectificadores e inversores se utilizan con poca frecuencia en los Centros de Cómputo, este tipo de equipos es mayormente utilizado en aplicación de telecomunicaciones.

Equipamiento eléctrico complementario

- PDU: Unidad de Distribución de Energía.
- ATS: Interruptor de Transferencia Automática.
- STS: Interruptor de Transferencia Estática.
- Transformador de Aislamiento.

- Tablero de By Pass de UPS
- Tableros Eléctricos Generales y de Distribución.
- Sistema de Puesta a Tierra.
- Supresores de Transitorios (SPD).

Otro equipamiento

- Aire Acondicionado de Precisión (también considerado como carga crítica).
- Sistema de Control de Acceso.
- Sistema de Seguridad y Monitoreo Perimetral.
- Sistema de Detección y Extinción de Incendio.

1.4 Descripción de una Sala de Uso Médico

1.4.1 Definición de Salas de Uso Médico

Una Sala de Uso Médico puede considerarse como un establecimiento donde se llevan a cabo un conjunto de actividades complejas, asistidas por sistemas también complejos, destinados a restaurar y/o recuperar la salud de personas, esto implica estar frente a un problema singular de servicios que debe tener seguridad y continuidad los 365 días del año, las 24 horas del día, de manera que otorgue confiabilidad al funcionamiento de todos los departamentos o servicios que conforman un hospital.

1.4.2 Norma IEC 60364-7-710: 2002-11

Quizás las normas más aceptadas a nivel mundial son las expedidas por la Comisión Internacional Electrotécnica o IEC, y en este caso a la fecha tiene la norma más reciente que incluye mayor seguridad al considerar los más recientes adelantos tecnológicos, se trata de la IEC 60364-7-710: 2002-11: Instalación eléctrica en edificios- Requerimientos para instalaciones o recintos especiales-salas de uso médico, las recomendaciones para un sistema eléctrico seguro se desarrollarán teniendo como base esta normativa, la cual es utilizada en diversos países.

1.4.3 Clasificación de las Salas de Uso Médico

De acuerdo a la norma IEC 60364-7-710: 2002-11, las salas para uso médico se clasifican teniendo en cuenta el nivel de seguridad de los pacientes y de continuidad del suministro eléctrico.

Las salas de uso médico se clasifican en 3 grupos:

- Grupo de aplicación “0”.
- Grupo de aplicación “1”.
- Grupo de aplicación “2”.

- **Salas del grupo de aplicación “0”**

- No se emplean aparatos o dispositivos electro-médicos, o durante el examen o el tratamiento de los pacientes no existe necesidad de entrar en contacto con equipos electro-médicos, o se utilizan aquellos que están permitidos hasta incluso fuera de las salas para uso médico.
- Se utilizan equipos electro – médicos que se alimentan exclusivamente de fuentes de energía eléctrica instaladas en los mismos equipos. Puede aceptarse la desconexión automática del suministro de energía, al presentarse una primera falla eléctrica a tierra, o un corte del suministro eléctrico, sin que existan riesgos para los pacientes.

- **Salas del grupo de aplicación “1”**

- Se utilizan equipos electro-médicos conectados a la red eléctrica.
- Los exámenes y tratamientos pueden interrumpirse y repetirse sin implicar riesgos para el paciente.
- Puede aceptarse la desconexión automática del suministro de energía.
- Se requiere que todos o algunos tomacorrientes, ante el corte del suministro eléctrico, se alimenten en los siguientes 15 segundos, del sistema de respaldo de energía (SAI, Baterías ó Grupo Electrógeno).

- **Salas del grupo de aplicación “2”**

En este informe se desarrollará con mayor énfasis este tipo de salas de uso médico, por ser las más críticas. Este tipo de salas se pueden subdividir a su vez en:

- **Salas del grupo de aplicación “2-a”**

- Salas para uso médico, donde se utilizan equipos electro-médicos conectados a la red eléctrica, que sirven para intervenciones quirúrgicas o para mediciones corpóreas de interés vital.
- Los equipos deben seguir operando ante una primera falla eléctrica a masa o a tierra, y ante un corte en el suministro eléctrico, ya que los exámenes o tratamientos no pueden interrumpirse ni repetirse, sin que impliquen un riesgo para los pacientes.
- En estas salas el paciente no está sujeto a un riesgo de micro choque.

- **Salas del grupo de aplicación “2-b”**

- Salas para uso médico con los mismos requerimientos que las del grupo de aplicación 2a, salvo que el paciente corre el riesgo de micro choque.

Nota: A pesar de los ejemplos aquí dados, la asignación de los tipos de salas a los grupos de aplicación se determina por el tipo de utilización médica prevista y equipamientos

médicos utilizados. Por este motivo, ciertos tipos de salas pueden estar asignados a varios grupos de aplicación.

Tabla 1.2: Ejemplos de los distintos grupos de salas de uso médico según clasificación de la IEC 60364-7-710: 2002-11 [25]

Ítem	Grupo		Sala de Uso Médico
1	0		Salas de esterilización para cirugías, Salas de lavado para cirugías, Consultorios de medicina humana y dental
2	1		Salas para ecografía, Salas de internación, Salas para terapia física, Salas de masajes, Salas para diagnóstico/tratamiento radiológico, Salas de parto y Consultorios de medicina humana y dental
3	2	2-a	Salas de preparación para cirugías, Salas para hidroterapia, Salas para endoscopias, Salas para diálisis, Salas para yesos quirúrgicos
		2-b	Salas para ambulatorios quirúrgicos, Salas de examen intensivo con mediciones invasivas, Salas de recuperación post-quirúrgica, Salas de cirugías, Salas de guardia para tratamiento de emergencia, Salas de cuidados intensivos (UCI), Quirófanos de obstetricia, Salas para diálisis de emergencia o aguda, Salas de neonatología

1.4.4 Equipos críticos que conforman una Sala de Uso Médico

Se menciona a continuación algunos equipos electro – médicos críticos que forman parte del equipamiento esencial de algunas salas de uso médico:

- **Sala de Emergencia:**

Es el departamento de cuidados primarios de un hospital que proporciona tratamiento a pacientes con un amplio rango de enfermedades y heridas, algunas de las cuales pueden ser mortales y requieren atención inmediata, el equipamiento electro – médico que se utiliza en esta sala son:

- Monitor de signos vitales, mide los cuatro signos estándares (temperatura corporal, pulso, presión arterial, frecuencia respiratoria) y los muestra por pantalla.

- El Respirador, se trata de una medida de respiración asistida no invasiva aplicada a los pacientes a los que se les dificulta respirar.
- Electrocardiógrafo, aparato electrónico que capta y amplía la actividad eléctrica del corazón a través de electrodos colocados en las 4 extremidades y en 6 posiciones precordiales.



Figura 1.8: Equipos electro – médicos críticos de una Sala de Emergencia.

- **Sala de Operaciones o Quirófano:**

Es la unidad más importante de un hospital, pues aquí es donde los médicos, cirujanos y enfermeras realizan operaciones de cirugía de un órgano o de parte de él. Los equipos médicos más usados en una sala de operaciones son los siguientes:

- Lámpara cialítica, es un equipo médico provisto de bulbos o bombillos de luz halógena o de xenón, su función es iluminar el campo operatorio.
- Electrobisturi, es un equipo electro – médico que realizar el corte y coagulación con corrientes de alta frecuencia, las cuales permiten hacer las cirugías sobre el cuerpo humano con el menor índice de sangrado pues mientras se corta se cauteriza en simultaneo, esto es gracias a las corrientes de alta frecuencia que emite el Electrobisturi

- Monitor desfibrilador.

Mesa de operaciones, puede ser de tipo mecánica hidráulica o de tipo eléctrica, generalmente son fabricadas en acero inoxidable, los movimientos para el caso de la tipo eléctrica son mediante motores lineales de corriente continua.

- Monitor de signos vitales Multiparámetros.
- Bomba de infusión.
- Equipo de cirugía laparoscopia.
- Carro de anestesia.



Figura 1.9: Equipos electro – médicos críticos de una Sala de Operaciones.

- **Salas de Recuperación o Unidad de Cuidados Intensivos:**

En esta área los pacientes son tratados por los profesionales médicos durante las 24 horas del día para así poder estabilizar sus signos vitales en el menor tiempo posible, es necesario indicar que en esta área los equipos electro – médicos usados son los siguientes:

- Electrocardiograma: este equipo se encarga de medir las señales eléctricas provenientes del corazón.
- Monitor de Signos Vitales Multiparámetros (respiración, electrocardiograma, presión arterial invasiva o no invasiva, pulso, oximetría, temperatura).
- Desfibrilador.
- Respirador volumétrico.
- Bomba de infusión.



Bomba de Infusión



Respirador Volumétrico

Figura 1.10: Equipos electro – médicos críticos de una Sala de Recuperación.

- **Sala Angiográfica:**

Son las áreas donde se realizan exámenes médicos apenas invasivos que los ayudan a diagnosticar y tratar enfermedades. La angiografía utiliza una de las tres tecnologías de diagnóstico por imágenes y, en algunos casos, un material de contraste, para producir imágenes de los principales vasos sanguíneos en todo el cuerpo, estos exámenes se realizan mediante Rayos X, Tomografía Computarizada, Resonancia Magnética Nuclear, el equipamiento generalmente utilizado para este examen consiste en:

- Mesa radiográfica.
- Tubo de Rayos “X”.
- Sistema de Monitoreo (Pantallas).

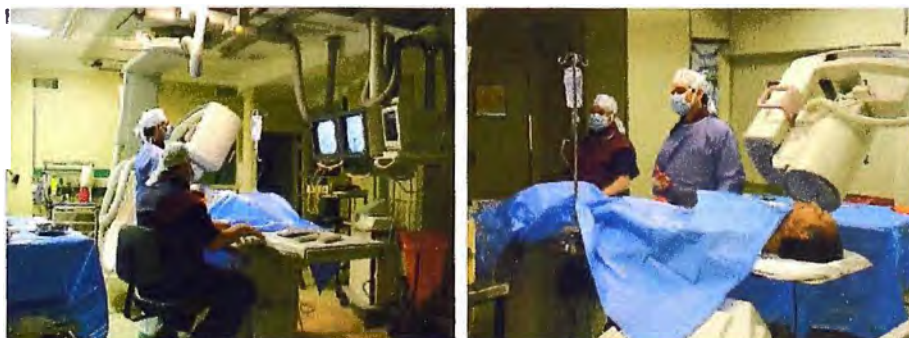


Figura 1.11: Equipos electro – médicos críticos de una Sala Angiográfica.

1.4.5 Recomendaciones de diseño e implementación

El diseño e instalación de sistemas de alimentación eléctrica para las Salas de uso Médico, se realizan según la norma internacional IEC 60364-7-710: 2002-11.

La norma recomienda tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los fallos de aislamiento no deben provocar una interrupción en el suministro.
- Las corrientes de fallo en el sistema eléctrico deben ser reducidas a un nivel no crítico.
- La vigilancia permanente de la alimentación al recinto médico debe estar garantizado.
- Las reparaciones de los fallos deben poder ser planificados con anticipación para servir a las necesidades del paciente.
- La provisión de una señalización clara de los tomacorrientes y de los tableros ó cuadros de distribución con correspondencia a la documentación disponible del sistema, se deben diferenciar de los tomacorrientes de uso general.

Normas de seguridad en salas de uso médico

Según la norma IEC 60364-7-710: 2002-11 la clasificación se lleva a cabo de acuerdo a los procedimientos médicos que se llevan a cabo en estos entornos.

➤ **IEC 60364-7-710.3.5 Grupo 0**, salas de uso médico donde no se utilizan equipos conectados a la red eléctrica.

➤ **IEC 60364-7-710.3.6 Grupo 1**, salas de uso médico donde se utilizan quipos conectados a la red eléctrica, ya sea:

- Externamente
- Invasivamente a cualquier parte del cuerpo, pero no al corazón, excepto donde se aplica la 710.3.7.

➤ **IEC 60364-7-710.3.7 Grupo 2**, las mayores demandas se presentan en las salas de grupo 2, son salas de uso médico, donde se utilizan equipos conectados a la red eléctrica en aplicaciones como pueden ser procedimientos intracardiacos, salas de operación y tratamientos de soporte vital, donde una falta en la alimentación pone en riesgo la vida del paciente.

Una primera falta no debe provocar la interrupción del suministro de energía eléctrica y por consiguiente una falta en el equipo que soporta la vida del paciente.

La norma IEC 60364-7-710: 2002-11 requiere un sistema aislado (IT) para todos los salas de uso médico del grupo 2.

➤ **Sistema Eléctrico Aislado conforme a IEC 60364-7-710.413.1.5**, en las salas de uso médico del grupo 2, el sistema eléctrico aislado (IT) debe ser utilizado para:

- Circuitos que alimenten equipamiento electro – médico y sistemas que soportan la vida del paciente o aplicaciones quirúrgicas.
- Otros equipamientos en el entorno del paciente.

1.4.6 Sistemas eléctrico con tierra aislada (IT)

La utilización de un sistema IT es la parte fundamental de una alimentación eléctrica confiable en los salas de uso médico. En un sistema IT no existe una conexión galvánica entre los conductores activos y el conductor de tierra de protección.

Entonces se cumple lo siguiente:

- Cuando ocurre una primera falla de aislamiento, el suministro no se interrumpe por el disparo del dispositivo de protección.
- El equipamiento electro – médico continúa funcionando.
- Las corrientes de falla a tierra se reducen a niveles no críticos.
- No hay escenas de pánico en el quirófano debido a que el suministro no se interrumpe.

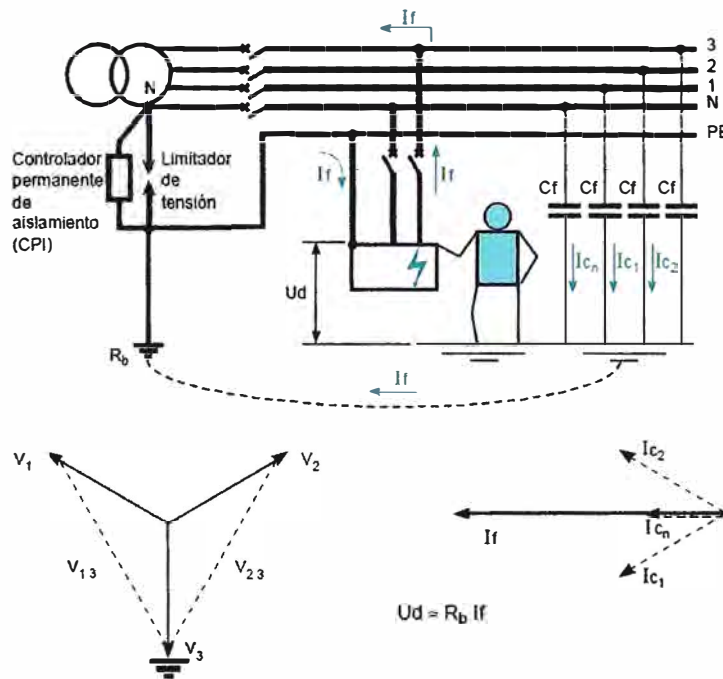


Figura 1.12: Sistema Eléctrico Aislado IT (Fuente: Cuaderno Técnico N° 172

Schneider Electric – Los esquemas de Conexión a Tierra – Regímenes de Neutro).

Gracias a este sistema podemos obtener:

- Seguridad de los pacientes, personal médico e instalaciones (equipos), dado que la vida de las personas es vital en un área crítica.
- Garantiza la continuidad del suministro eléctrico aún con falla.
- Tener disponibilidad del suministro eléctrico y como consecuencia del equipamiento médico dependiente de este suministro.

- Posibilidad de poder continuar con las actividades de forma normal y permanente.

1.4.7 Cómo evitar peligros ante una falta del suministro eléctrico

Debido a la importancia vital de la seguridad eléctrica en las salas de uso médico, la mayoría de estos entornos que ha sido diseñado bajo la normativa IEC cuenta con al menos dos fuentes de alimentación independientes a su disposición, por ejemplo: suministro de concesionario, grupos electrógenos, SAI). En ese sentido, las fallas en el suministro eléctrico no conllevan una falla del equipamiento electro-médico que expone al paciente a un peligro.

- Según la norma IEC 60364-7-710: 2002-11, sección 313, en los recintos médicos, el sistema de distribución debe ser diseñado e instalado para facilitar una conmutación automática de la red pública a la red eléctrica segura que alimenta cargas esenciales.
- Dependiendo de sus funciones médicas, los recintos del Grupo 1 y 2 tienen diferentes necesidades con respecto al periodo de conmutación permitido y a la duración tolerable de una interrupción en el suministro eléctrico.
- Norma IEC 60364-7-710, sección 556.5.2.1.1: en los recintos médicos, se requiere de una alimentación para los servicios seguros, que en caso de una falta del suministro eléctrico normal, debe ser energizado para alimentar el equipamiento con energía eléctrica por un periodo de tiempo definido y con un periodo de conmutación predeterminado.

➤ Fuentes de alimentación con un periodo de conmutación < 0.5 s

- Luminarias de mesas de operación y otras luminarias esenciales por un periodo mínimo de 3 horas.

➤ Fuentes de alimentación con un periodo de conmutación < 15 s

- Iluminación de seguridad.
- Equipamiento electro – médico en recintos médicos del grupo 2.
- Equipamiento de alimentación de gases médicos.
- Detección de incendio.

➤ Fuentes de alimentación con un periodo de conmutación > 15 s

- Equipamiento esencial para mantener los servicios del hospital (por ejemplo aire acondicionado, equipamiento de cocina, equipamiento de esterilización).

➤ Tres opciones de alimentación para sistemas eléctricos aislados IT

Debido a la importancia vital de la seguridad eléctrica en los hospitales, la mayoría de los centros de salud tiene al menos dos fuentes de alimentación independientes a su disposición (por ejemplo suministro público, generadores, ups). En ese sentido, las fallas

en el suministro eléctrico no conlleven una falla del equipamiento electro-médico que expone al paciente a un peligro.

- Un alimentador eléctrico, el sistema IT está alimentado solamente por un alimentador. Si el cable de alimentación se interrumpe, ocurre una falla completa del suministro eléctrico, este sistema no está permitido para salas médicas del grupo “2”
- Doble alimentador eléctrico, el sistema IT está alimentado por dos alimentadores eléctricos independientes. En el caso de falla de uno de ellos, da lugar a la transferencia automática al segundo alimentador eléctrico.
- Doble suministro eléctrico a través de dos alimentadores independientes, donde uno de ellos proviene de la red de suministro eléctrico y el segundo alimentador eléctrico proviene de una fuente de alimentación alternativa y segura ya sea a través de Grupo electrógeno, Baterías, Sistemas de Alimentación Ininterrumpida. Esto asegura la alimentación a los equipos que soportan la vida del paciente, independientemente del suministro externo e interno.

1.4.8 Equipos de protección y respaldo del entorno de una Sala de Uso Médico

En toda Sala de Uso Médico que ha sido diseñado o implementada bajo la norma IEC 60364-7-710: 2002-11 podemos encontrar el siguiente equipamiento:

- **Equipos o Sistemas de respaldo de energía**
 - Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI ó UPS).
 - Banco de Baterías.
 - Grupos Electrógenos.
 - Alimentadores Eléctricos Independientes
- **Equipamiento Eléctrico Complementario**
 - Transformador de Aislamiento para uso médico.
 - Sistema de monitoreo de aislamiento, carga y temperatura.
 - Módulo de Conmutación y Monitorización.
 - Tableros Eléctricos especiales para salas médicas.
 - Supresores de Transitorios (SPD)
 - Sistema de Puesta a Tierra.
- **Otro Equipamiento**
 - Sistema de Aire Acondicionado.
 - Extractores e Inyectores.
 - Sistema de Detección y Extinción de Incendio.

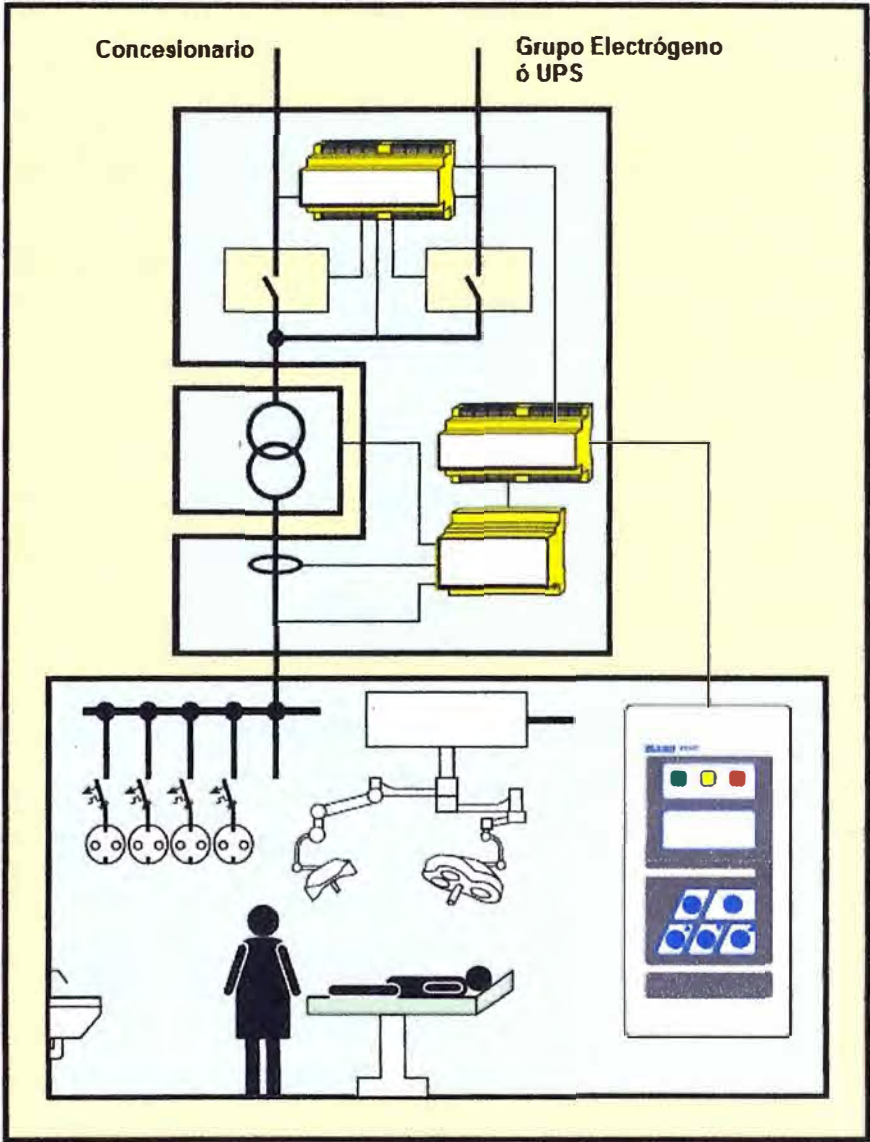


Figura 1.13: Ejemplo de instalación eléctrica típica de una sala de grupo “2”.

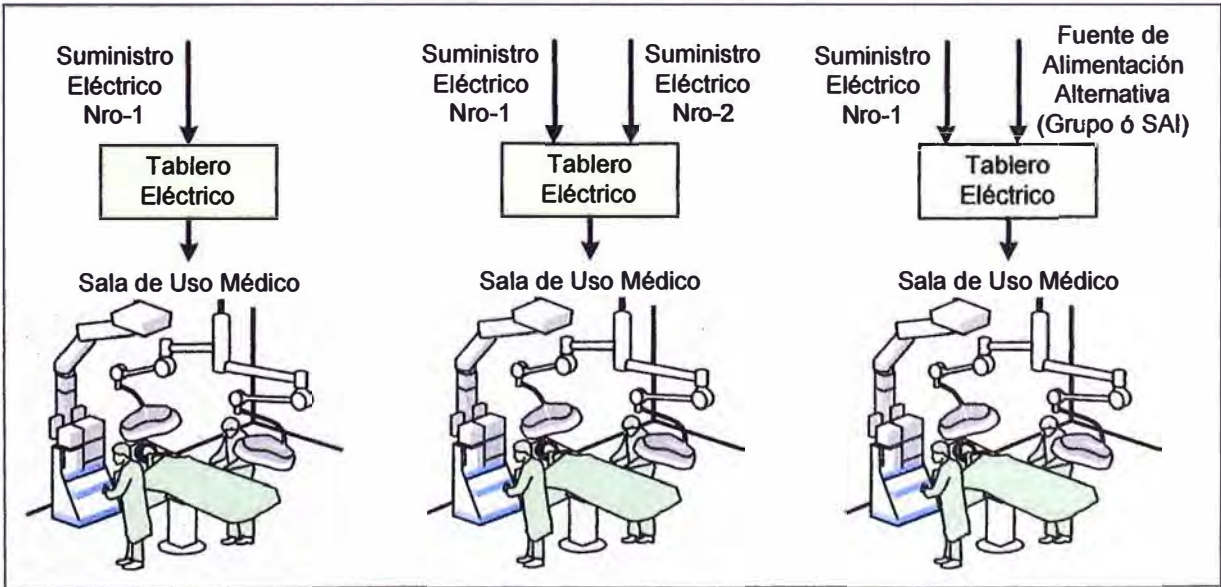


Figura 1.14: Alternativas de alimentación eléctricas en un Sistema Eléctrico IT.

CAPÍTULO II

GARANTÍA DE FUNCIONAMIENTO Y MÉTODOS DE MODELAMIENTO Y ANÁLISIS

2.1 La importancia de la garantía de funcionamiento

La garantía de funcionamiento de una instalación crítica puede ser expresada en términos de confiabilidad, de mantenibilidad, de disponibilidad y de seguridad, estos cuatro elementos deben de tomarse en cuenta a la hora de diseñar, evaluar e implementar un sistema de respaldo de energía aplicado a una instalación crítica.

En los entornos críticos y en muchos otros sectores se da mucha importancia a:

- La confiabilidad de la informática.
- Confiabilidad de sus procesos de su control y mando.
- Disponibilidad del suministro eléctrico.
- Disponibilidad de sus máquinas y/o equipos.
- Mantenimiento de las herramientas de producción.
- Seguridad de las personas y del activo industrial.

Estos parámetros que se agrupan bajo el concepto de garantía de funcionamiento, lo relacionaremos directamente con el grado de confianza de la instalación o sistema de respaldo de energía a implementar.

2.2 Los parámetros de la garantía de funcionamiento

2.2.1 Confiabilidad

La confiabilidad es la probabilidad de que una máquina, aparato o un dispositivo funcione correctamente bajo ciertas condiciones y en un periodo de tiempo determinado $[t_1, t_2]$; y pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, durante un intervalo de tiempo dado; en nuestro caso la confiabilidad será expresada por: $R(t_1, t_2)$. Para el caso del suministro eléctrico, la confiabilidad es la probabilidad que este se encuentre en estado de funcionar en el instante (t) , con ello se mide su aptitud de estar en un estado de funcionamiento correcto.

Algunas nociones son fundamentales en esta definición:

Función: la confiabilidad es característica de la función atribuida a un sistema. El conocimiento de su arquitectura material es a menudo insuficiente y se deben utilizar métodos de análisis funcional.

Condiciones: el rol del medio ambiente es primordial en la confiabilidad, también hace falta conocer las condiciones de utilización. El conocimiento del material no es suficiente.

Intervalo: uno se interesa por una duración considerable y no por un instante. Por hipótesis el sistema funciona en el instante inicial, el problema es saber por cuanto tiempo. En general $t_1 = 0$ y se expresa la confiabilidad por $R(t)$.

2.2.2 Tasa de falla

La tasa de falla mide la probabilidad de que alguna máquina, aparato o un dispositivo falle intempestivamente en el intervalo $[t, t+\Delta t]$ sabiendo que este se mantiene operativo hasta el instante t .

La tasa de falla, es un valor horario, que es proporcional al inverso del tiempo, la denominaremos: $\lambda(t)$.

La siguiente Figura 2.1 muestra la curva típica de la tasa de falla $\lambda(t)$, en un gráfico respecto al tiempo. Se conoce normalmente como una “curva de bañera” y es una muestra típica de la que se obtiene en muchos componentes electrónicos y otros equipos.

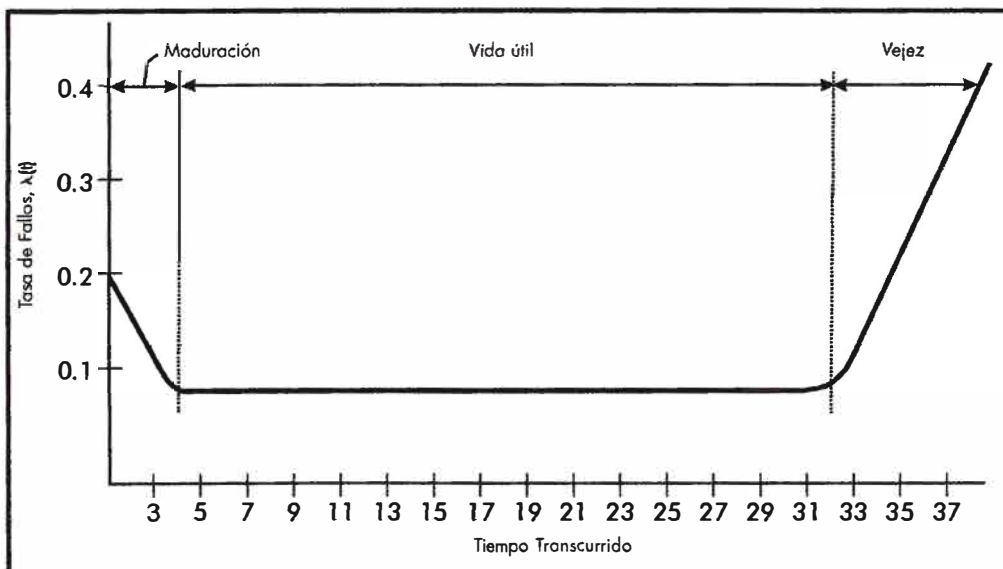


Figura 2.1: Curva típica de la tasa de falla $\lambda(t)$, respecto al tiempo.

La curva mostrada en la Figura 2.1 tiene tres partes diferenciadas, y estas son:

- **Primera vida o maduración**

Se trata del periodo de tiempo (hasta la unidad de tiempo 4 aproximadamente, en la Figura 2.1) en el que $\lambda(t)$ decrece cuando fallan componentes débiles o que no cumplen las especificaciones. Se conoce por el nombre de primera vida, falla prematura, mortalidad

infantil o periodo de maduración. Los motivos para los tres primeros términos deberían ser obvios. Es un proceso que se utiliza a veces en las etapas finales de la fabricación de componentes con objeto de eliminar fallas prematuras. Esto comprende el funcionamiento de los componentes en condiciones normales (o en condiciones controladas algo más exigentes que las normales para acelerar el proceso) durante el tiempo suficiente para que superen el periodo de primera vida.

- **Periodo de vida útil o funcionamiento normal**

Éste es un periodo con un valor de $\lambda(t)$ prácticamente constante y relativamente bajo (de la unidad de tiempo 5 a la unidad de tiempo 31 en la figura anterior), llamado vida útil o periodo de funcionamiento normal. Durante este tiempo la tasa de falla es independiente del tiempo durante el que se ha utilizado el componente. En otras palabras, la probabilidad de falla de un componente es la misma durante todo este periodo.

- **Desgaste o vejez**

Éste es el periodo en el que la tasa de falla aumenta drásticamente con el tiempo (a partir de la unidad de tiempo 31 en la figura anterior), recibe el nombre de periodo de desgaste o vejez.

La curva de bañera (ver Figura 2.1) describe el comportamiento que muy bien puede esperarse para muchos tipos de componentes, o incluso para sistemas complejos como un UPS o equipo Biomédico.

Sin embargo como ningún proceso de fabricación puede producir componentes idénticos, algunas tendrán fallas graves que producirán averías en la primera vida. La tasa de falla irá decreciendo conforme se eliminan los componentes más débiles. De forma similar es razonable esperar una serie de tiempos de fallas durante el periodo de desgaste.

2.2.3 Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de que una máquina, aparato o un dispositivo pueda cumplir una función requerida, en las condiciones determinadas, en un instante “t”, suponiendo que el suministro de los medios externos necesarios está asegurado. Se representará en este informe por: $D(t)$. La disponibilidad mide la aptitud de funcionar en un instante dado, aparentemente es igual a la definición de la confiabilidad, pero con la diferencia fundamental en el aspecto temporal, una se refiere a un período de tiempo y la otra a un instante dado. En un sistema reparable, el funcionamiento al instante “t” no supone, forzosamente el funcionamiento durante $[0, t]$. Esta es la diferencia fundamental con respecto la confiabilidad.

Podemos trazar la curva de la disponibilidad en función del tiempo, de un elemento reparable con las funciones exponenciales para los desfallecimientos y las reparaciones (ver Figura 2.2).

Podemos constatar en el gráfico que la disponibilidad tiende a un valor límite, que es por definición la disponibilidad asintótica. Este valor límite es una punta de tiempo que corresponde aproximadamente, al tiempo de reparación. La confiabilidad tiene siempre un límite, puesto que los sistemas no son eternos.

La confiabilidad participa entonces en la disponibilidad por la aptitud a ser reparado rápidamente, esto es también importante, es la mantenibilidad.

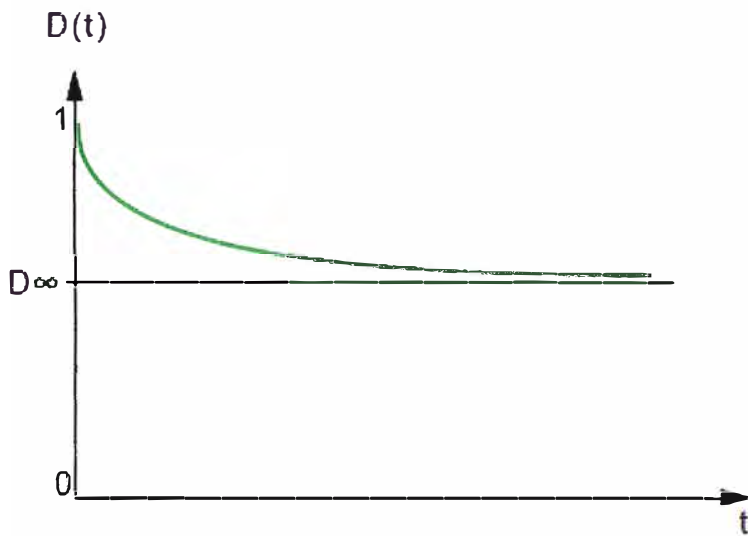


Figura 2.2: Disponibilidad $D(t)$ en función del tiempo.

2.2.4 Mantenibilidad

La mantenibilidad es la probabilidad de que una operación dada de mantenimiento pueda ser realizada en un intervalo tiempo dado $[t1, t2]$, esta será expresada por: $M(t1, t2)$. La tasa de reparación a la cual denominaremos: $\mu(t)$, es introducida de forma similar a la tasa de falla. Se ha establecido que la mantenibilidad es a la reparación como la confiabilidad es a la falla. La aptitud de un sistema en ser reparado se mide por la mantenibilidad.

Los proyectistas buscan siempre las máximas prestaciones de sus productos y olvidan a menudo la hipótesis de la avería. Es difícil, cuando uno trabaja para que el sistema funcione, el preguntarse qué sucederá en caso de avería. Por tanto esta interrogación es indispensable. Para que un sistema esté disponible, se ha de averiar lo más raramente posible, pero también es importante que pueda ser reparado rápidamente. Se entiende por reparación todo el proceso hasta su puesta en servicio, incluyendo las demoras logísticas.

2.2.5 Seguridad

Se distingue entre las averías peligrosas y las que no lo son. La diferencia no proviene de la naturaleza de la avería sino de sus consecuencias. Por ejemplo: El hecho de apagar el inversor de un UPS o de pasar intempestivamente del estado “on – line” al estado “by pass” puede afectar al funcionamiento de la carga alimentada por el UPS (alimentación directamente de la red comercial) pero no es directamente peligroso. Es completamente diferente del caso de pasar del estado “stand by” al de “on – line”.

La seguridad es la probabilidad de evitar un suceso peligroso, la noción de seguridad está estrechamente ligada al riesgo que de ella misma depende, no solamente de la probabilidad de que ocurra, pero sí de la gravedad del hecho. Uno puede arriesgar su vida si la probabilidad de que ocurra es muy pequeña.

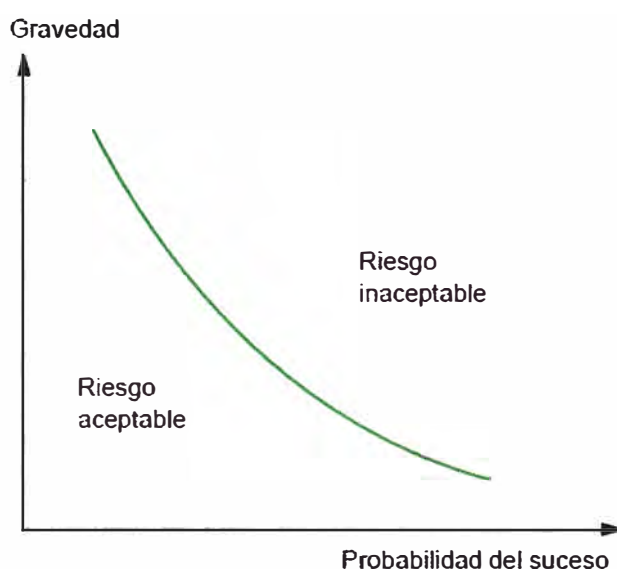


Figura 2.3: Nivel de riesgo en función de su gravedad y probabilidad del suceso.

2.3 Relaciones entre las magnitudes de la garantía de funcionamiento

• Las magnitudes son interactivas

En este informe y a través de algunos ejemplos veremos que la garantía de funcionamiento es un concepto basado en cuatro magnitudes cuantificables que están interrelacionadas entre sí, a modo práctico se ilustra en la Figura 2.4.

Estas cuatro magnitudes deben ser consideradas al momento del diseño e implementación de cualquier sistema de respaldo de energía.

- Confiabilidad: probabilidad que el sistema no se averíe durante $[0, t]$.
- Mantenibilidad: probabilidad que el sistema sea reparado durante $[0, t]$.
- Disponibilidad: probabilidad que el sistema funcione en el instante t .
- Seguridad: probabilidad de evitar un suceso catastrófico.

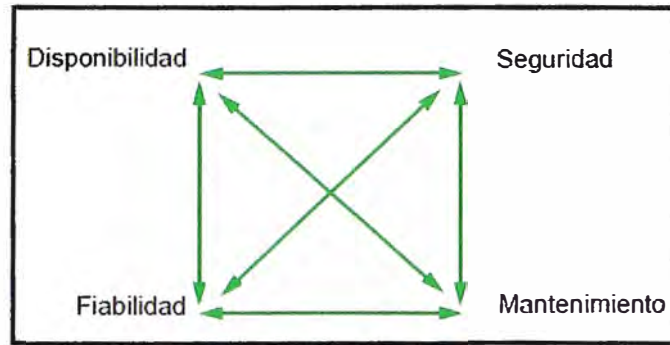


Figura 2.4: Interacción entre los componentes de la garantía de funcionamiento.

- **Magnitudes que pueden contraponerse**

La mejora de la mantenibilidad puede conllevar decisiones que degraden la confiabilidad (por ejemplo la incorporación de componentes para facilitar el montaje y desmontaje). La disponibilidad es un compromiso entre la confiabilidad y la mantenibilidad; un análisis de la seguridad permite valorar estos compromisos, hemos visto que la seguridad es la probabilidad de evitar un suceso peligroso, ella tiene generalmente su máximo cuando el sistema está inutilizado, y es entonces cuando la disponibilidad es nula; por ejemplo en el caso de incendio en un centro de cómputo, por normativa se debe cortar el suministro de energía brindado por el UPS para evitar la propagación del fuego. A la inversa para mejorar la disponibilidad de sus aparatos ciertas compañías pueden estar tentadas a descuidar el mantenimiento preventivo, disminuyendo la seguridad de sus operaciones.

La elección de un sistema de respaldo de energía adecuado debe permitir el equilibrio óptimo entre la seguridad y la disponibilidad, estableciendo el cálculo y sus magnitudes.

Un sistema cualquiera, en nuestro caso un sistema de respaldo de energía, puede situarse en tres situaciones o estados (ver Figura 2.5). Además del funcionamiento normal, se consideran dos situaciones de avería: uno en falla peligrosa y otro en falla no peligrosa. Como modo de simplificación, agrupamos los estados de avería incluyendo todos los estados degradados de funcionamiento, usando la designación de "funcionamiento incorrecto".

El tiempo de permanencia en el estado A es la característica de la confiabilidad. El tiempo transcurrido en el estado B, después de una avería no peligrosa es característica de la mantenibilidad.

La aptitud de un sistema de no pasar por el estado C es característica de la seguridad. Se constata que el estado B es una situación con más seguridad; pero es también es fuente de indisponibilidad.

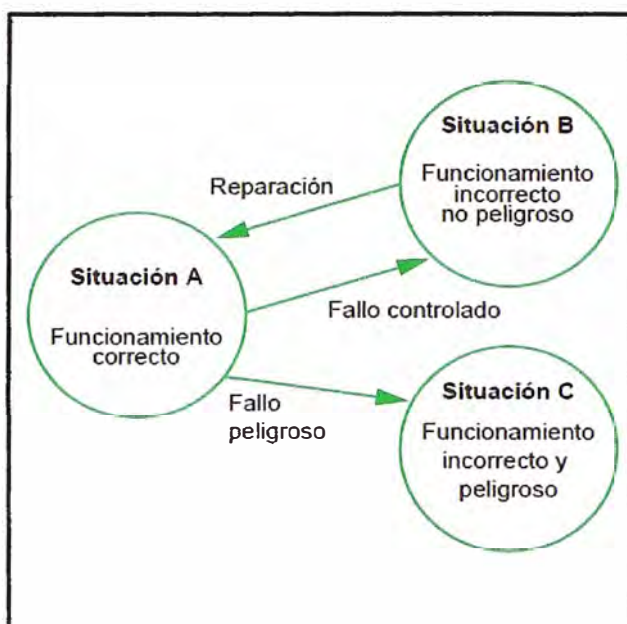


Figura 2.5: Falla controlada: disponibilidad; Falla peligrosa: seguridad.

2.4 Los tipos de defecto

La elaboración de un sistema de respaldo de energía cuyo objetivo sea el poder garantizar el funcionamiento de los equipos de una instalación crítica, necesita identificar y tomar en consideración las causas posibles de las fallas.

Se propone la siguiente clasificación:

- **Los defectos físicos (Averías)**, las averías pueden ser inducidas por causas internas (rotura de un elemento) o externas (interferencias electromagnéticas, vibraciones, etc.).
- **Los fallas de diseño**, que reagrupan principalmente los errores de concepción material y los errores logísticos.
- **Los defectos de explotación**, que engloban los defectos generados por una mala utilización. No obstante, el problema de los errores humanos y de las fallas logísticos no se debe menospreciar, en especial cuando los conocimientos, en estos campos, sean menos precisos que los aplicados a los defectos físicos.

2.5 Métodos de modelamiento y análisis

Se consideran para el modelamiento de sistemas de respaldo los “diagramas de confiabilidad” y para el análisis de las causas de las fallas los “diagramas de Ichikawa”, a continuación se detallan cada uno de ellos:

2.5.1 Los diagramas de Ichikawa o Causa – Efecto

Cuando se ha identificado el problema a estudiar, es necesario buscar las causas que producen la situación anormal. Cualquier problema por complejo que sea, es producido por factores que pueden contribuir en una mayor o menor proporción. Estos factores pueden

estar relacionados entre sí y con el efecto que se estudia. El Diagrama de Causa y Efecto es un instrumento eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan el problema. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas Causa y Efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de estas causas.

Cuando se estudian problemas de fallas en equipos, estas pueden ser atribuidas a múltiples factores. Cada uno de ellos puede contribuir positiva o negativamente al resultado. Sin embargo, algún de estos factores pueden contribuir en mayor proporción, siendo necesario recoger la mayor cantidad de causas para comprobar el grado de aporte de cada uno e identificar los que afectan en mayor proporción. Para resolver esta clase de problemas, es necesario disponer de un mecanismo que permita observar la totalidad de relaciones causa-efecto. Un Diagrama de Causa y Efecto facilita recoger las numerosas opiniones expresadas por el equipo sobre las posibles causas que generan el problema. Se trata de una técnica que estimula la participación e incrementa el conocimiento de los participantes sobre el proceso que se estudia.

El Diagrama de Causa y Efecto es un gráfico con la siguiente información:

- El problema que se pretende diagnosticar
- Las causas que posiblemente producen la situación que se estudia.
- Un eje horizontal conocido como espina central o línea principal.
- El tema central que se estudia se ubica en uno de los extremos del eje horizontal. Este tema se sugiere encerrarse con un rectángulo. Es frecuente que este rectángulo se dibuje en el extremo derecho de la espina central.
- Líneas o flechas inclinadas que llegan al eje principal. Estas representan los grupos de causas primarias en que se clasifican las posibles causas del problema en estudio.
- A las flechas inclinadas o de causas primarias llegan otras de menor tamaño que representan las causas que afectan a cada una de las causas primarias. Estas se conocen como causas secundarias.
- El diagrama de Causa y Efecto debe llevar información complementaria que lo identifique. La información que se registra con mayor frecuencia es la siguiente: título, fecha de realización, área de la empresa, integrantes del equipo de estudio, etc.

Estructura de un diagrama de Causa y Efecto

- Causas debidas a la materia prima, se tienen en cuenta las causas que generan el problema desde el punto de vista de las materias primas empleadas para la elaboración de

un producto. Estos factores causales pueden hacer que se presente con mayor severidad una falla en un equipo.

- Causas debidas a los equipos, aquellas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.
- Causas debidas al método, se registran las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo.
- Causas debidas al factor humano, se incluyen la falta de experiencia del personal, grado de entrenamiento, motivación, pericia, habilidad, etc. Debido a que no en todos los problemas se pueden aplicar las anteriores clases, se sugiere buscar otras alternativas para identificar los grupos de causas principales.

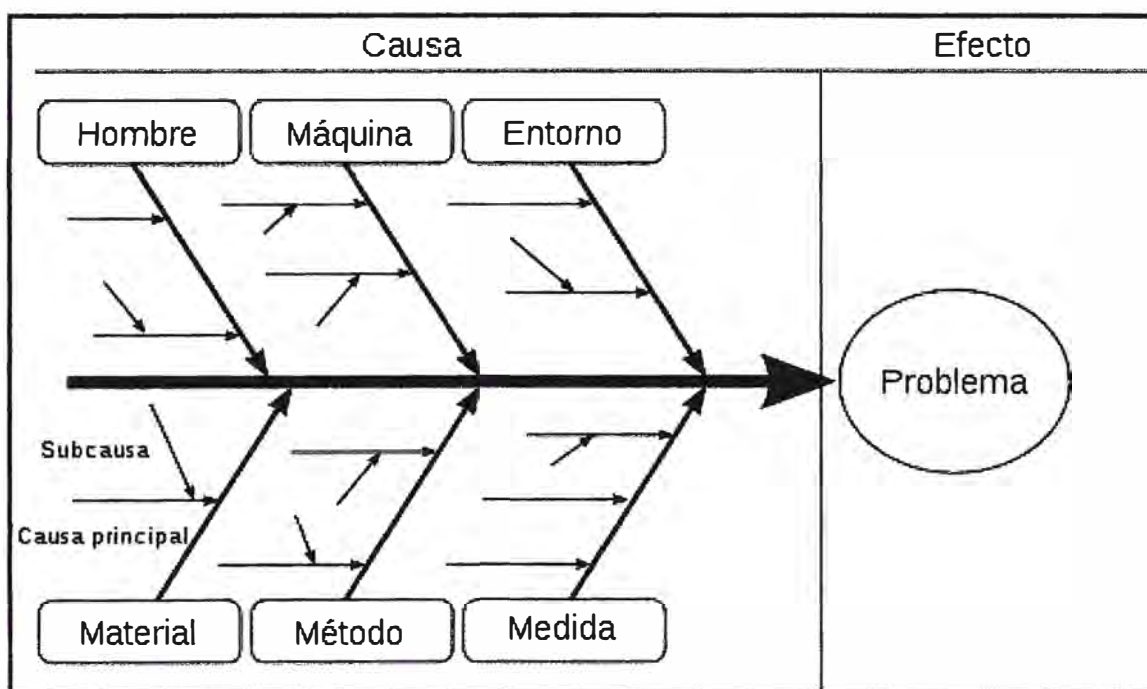


Figura 2.6: Diagrama de Causa – Efecto

De la experiencia se ha visto frecuentemente la necesidad de adicionar las siguientes causas primarias:

- Causas debidas al entorno, se incluyen aquellas causas que pueden venir de factores externos como contaminación, temperatura del medio ambiente, altura de la ciudad, humedad, ambiente laboral, etc.
- Causas debidas a las mediciones y metrología, frecuentemente en los procesos industriales los problemas de los sistemas de medición pueden ocasionar pérdidas importantes en la eficiencia de una planta.

Es recomendable crear un nuevo grupo de causas primarias para poder recoger las causas relacionadas con este campo de la técnica.

2.5.2 Los diagramas de Confiabilidad

Los diagramas de confiabilidad son una forma muy simple de representar un conjunto de componentes no reparables. El cálculo de la confiabilidad del sistema así representado, es posible para diferentes configuraciones como: las conexiones serie-paralelo, en redundancia K/N (N elementos/K elementos suficientes), etc. Su aplicación es mucho menos sistemática.

- **Redundancia**

La redundancia es un método directo de aumentar la disponibilidad de los equipos y optimizar el equilibrio entre la efectividad operativa y los gastos. Se instalan circuitos, equipos o componentes alternativos de forma tal que, en el caso de que se produzca uno o varios fallas, se mantenga la funcionalidad. El nivel y tipo de redundancia determina el nivel de funcionalidad conseguido y el número y los tipos de fallas permitidos.

- **Redundancia N+1**

Una alternativa de menor coste es usar un mayor número de unidades de menor potencia para soportar la carga y disponer de una unidad redundante adicional. Por ejemplo, una carga de 800 kVA podría conectarse a cinco unidades UPS de 200 kVA, siendo suficientes cuatro de ellas para soportar la carga. A esto lo llamaríamos redundancia 4+1, ya que se requieren cuatro unidades y una en redundante. La redundancia N+1 puede ser más barata de aplicar que la 1+1, y es más adaptable; si la carga aumenta basta con añadir otra unidad, de tal forma que un sistema 2+1 se convierta en un sistema 3+1. Por otro lado deben evitarse los extremos; cada unidad adicional supone una posibilidad adicional de avería por lo que debe buscarse un equilibrio entre la adaptabilidad del sistema adicional y su coste y la mayor posibilidad de avería, no del sistema, sino de la unidad añadida.

- **Los sistemas serie-paralelo**

Dos elementos se dice que están en serie si el funcionamiento de los dos es necesario para asegurar el funcionamiento del conjunto. Dos elementos se dice que están en paralelo si el funcionamiento, al menos, de uno de ellos es suficiente para asegurar el funcionamiento del conjunto (ver figura 2.7).

En el momento que dos elementos están situados en serie, el uno y el otro, deben funcionar; en consecuencia se debe, pues, multiplicar sus confiabilidades para obtener la confiabilidad del conjunto (ecuación 2.1):

$R(t) = R1(t) \cdot R2(t).....(2.1)$

En el momento que dos componentes están situados en paralelo se dice que el uno o el otro funcionan. Es muy práctico de utilizar la confiabilidad en este caso. Para que el sistema esté en avería hace falta que el uno y el otro, o sea, ambos componentes estén averiados (ecuación 2.2):

$1 - R(t) = [1 - R1(t)] \cdot [1 - R2(t)].....(2.2)$

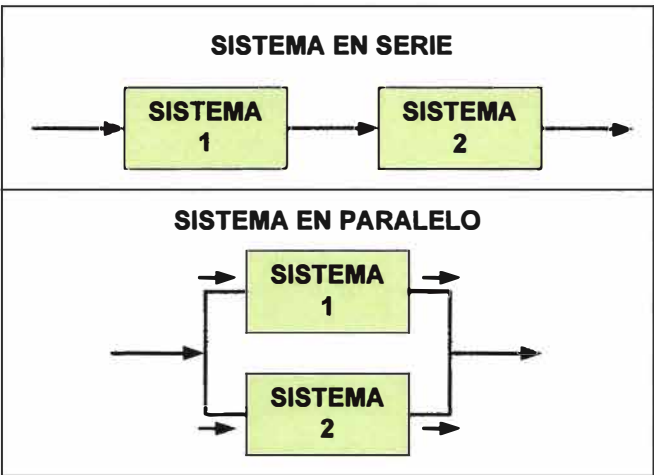


Figura 2.7: Sistemas en serie y en paralelo.

• **Redundancia de espera**

Redundancia de espera quiere decir que se ha previsto un medio alternativo para realizar la función de que se trate, pero que dicho medio está inactivo hasta que se requiere su actuación. Se activa cuando falla el medio primitivo para sustituirle en su función. Un departamento de informática puede disponer de varios monitores de reserva y usarlos para sustituir a los que puedan averiarse. Éste es un ejemplo de redundancia de espera.

El inconveniente de la redundancia de espera es que existe un inevitable periodo de interrupción del servicio entre el momento en que se produce la falla y aquel en que la unidad redundante entra en servicio. Estas soluciones raramente son satisfactorias en las instalaciones críticas.

• **Redundancia activa o paralela**

En la redundancia activa o paralela todas las unidades redundantes están funcionando simultáneamente, en lugar de esperar a activarse cuando sean requeridas a causa de una avería en el equipo principal (Ver Figura 2.8).

La solución más obvia es el uso de dos componentes, cada uno de ellos capaz de soportar toda la carga, de tal forma que si uno falla el otro le sustituirá. A esto se le llama redundancia 1+1.

Una solución alternativa es repartir la carga entre varias unidades, siendo capaz de soportar tan solo una fracción de la carga, y disponer únicamente de una unidad redundante adicional. Esto recibe el nombre de redundancia N+1.

Para cargas muy críticas puede disponerse de más de una unidad redundante totalmente operativa. Por ejemplo, un sistema redundante de 1+2 tendría tres unidades totalmente operativas, cada una de las cuales soporta la totalidad de la carga, lo que haría necesario que fallaran las tres unidades antes de fallar el sistema.

Debido a que no existe interrupción, la redundancia activa es adecuada para instalaciones de ordenadores. El uso de dos discos paralelos en un ordenador de servidor es un ejemplo de redundancia 1+1.

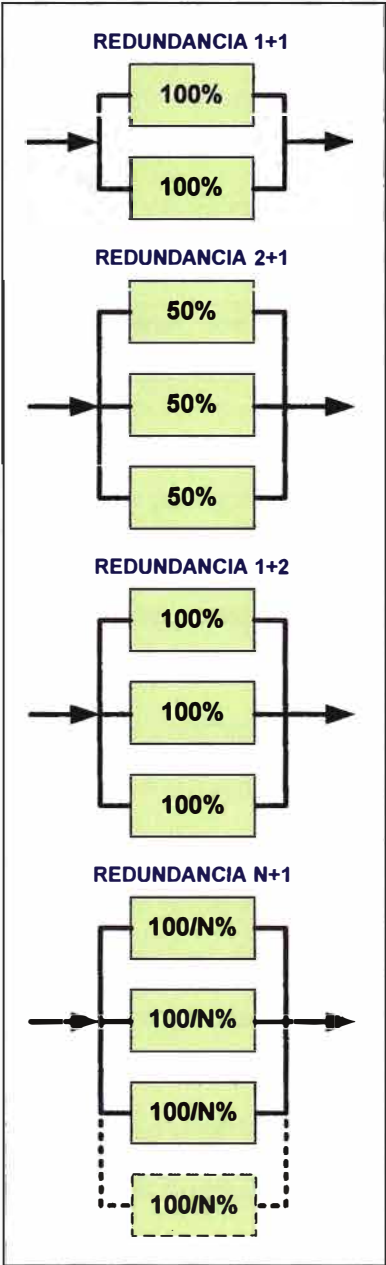


Figura 2.8: Ejemplo de redundancia activa

CAPÍTULO III

SISTEMAS DE RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

3.1 Generalidades

En el Capítulo I se mencionaron los sistemas de respaldo de energía que forman parte de la infraestructura de protección eléctrica de un centro de cómputo y salas de uso médico, los mismos se describen de manera más amplia en este capítulo para un mayor conocimiento de los mismos.

3.2 Grupo Electrógeno

Los Grupos electrógenos son utilizados para aplicaciones especiales: cuando no se dispone del suministro del concesionarios de energía y por consecuencia se necesite otra fuente de energía alternativa para abastecerse, por ejemplo en instalaciones tales como: salas de uso médico, centros de cómputo, estaciones base celular, centrales telefónicas, centrales de llamadas (ó call center), etc.

Los grupos electrógenos, como elementos para garantizar una buena calidad de suministro, se usan de dos maneras diferentes, dependiendo de los equipos a alimentar y de la confiabilidad de suministro que éstos requieran, generalmente se utilizan cuando se requiere de un elevado nivel autonomía.

Una primera situación aparece cuando las interrupciones y/o fallos del suministro eléctrico pueden ser relativamente largos. Ante esta situación, el grupo electrógeno arranca cuando esto se produce. El arranque del motor se lleva a cabo usando la energía de unas baterías secundarias. En esta situación hay un claro retraso entre el fallo de alimentación de la red y el momento en el que el generador puede asumir la carga.

Una segunda situación sería, cuando se usan normalmente los grupos electrógenos ante interrupciones o fallos de corta duración, de esta manera, los tiempos de transferencia deben ser muy inferiores a los considerados anteriormente.

Los grupos electrógenos están constituidos normalmente por motores diesel de combustión interna (como fuente de energía mecánica), un generador (que convierte la energía mecánica en eléctrica), aceleradores, sistemas de control y regulación y un cuadro de

conmutación. Este tipo de equipos pueden estar diseñados para un funcionamiento de larga duración, de varias horas o incluso días, o pueden estar diseñados para funcionamiento continuo.

3.2.1 Partes de un Grupo Electrónico

- **Motor Diesel**, el motor Diesel que acciona el Grupo Electrónico ha sido seleccionado por su confiabilidad y por el hecho de que se ha diseñado específicamente para accionar Grupos Electrónicos. La potencia útil que se quiera suministrar nos la proporcionará el motor, así que, para una determinada potencia, habrá un determinado motor que cumpla las condiciones requeridas. El motor representa nuestra fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad. Existe dos tipos de motores: Motores de gasolina y de gasoil (diesel). Generalmente los motores Diesel son los más utilizados en los Grupos Electrónicos por sus prestaciones mecánicas, ecológicas y económicas.
- **Sistema eléctrico del motor**, el sistema eléctrico del motor es de 12 VDC, excepto aquellos motores los cuales son alimentados a 24 VDC. El sistema está comprendido en un motor de arranque eléctrico, una/s batería/s libre/s de mantenimiento (generalmente acumuladores de plomo), sin embargo, se puede instalar otros tipos de baterías si así se especifica, y los sensores y dispositivos de alarmas de los que disponga el motor. Normalmente, un motor dispone de un moncontacto de presión de aceite, un termo – contacto de temperatura y de un contacto en el alternador de carga del motor para detectar un fallo de carga en la batería.
- **Sistema de refrigeración**, el sistema de refrigeración del motor puede ser por medio de agua, aceite o aire. El sistema de refrigeración por aire consiste en un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.
- **Depósito de combustible**, el motor y el alternador están acoplados y montados sobre una bancada de acero de gran resistencia. La bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.
- **Alternador**, la energía eléctrica de salida se produce por medio de un alternador apantallado, protegido contra salpicaduras, autoexcitado, autoregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor, aunque también se pueden acoplar alternadores con escobillas para aquellos grupos cuyo funcionamiento vaya a ser limitado y, en ninguna circunstancia, forzado a regímenes mayores.

- **Aislamiento de la vibración**, el Grupo Electrónico está dotado de tacos antivibrantes diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el Grupo Motor - Alternador. Estos aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- **Silenciador y sistema de escape**, el silenciador de escape va instalado en el Grupo Electrónico. El silenciador y el sistema de escape reducen la emisión de ruidos producidos por el motor.
- **Sistema de control**, se puede instalar uno de los diferentes tipos de paneles y sistemas de control para controlar el funcionamiento y salida del grupo y para protegerlo contra posibles fallos en el funcionamiento. El manual del sistema de control proporciona información detallada del sistema que está instalado en el Grupo Electrónico.
- **Interruptor automático de salida**, para proteger al alternador, se suministra un interruptor automático de salida adecuado para el modelo y régimen de salida del Grupo Electrónico con control manual. Para Grupos Electrónicos con control automático se protege el alternador mediante contactores adecuados para el modelo adecuado y régimen de salida.



Figura 3.1: Grupo Electrónico

- **Otros accesorios instalables:**

A continuación se detallan otros elementos que en casos especiales son necesarios y que nos ayudan a controlar y mantener, de forma automática, el correcto funcionamiento de un grupo electrónico.

- Cuando el grupo se encuentra en un lugar muy apartado del operario y funciona las 24 horas del día es necesario instalar un mecanismo para restablecer el combustible gastado.
- Para la regulación automática de la velocidad del motor se emplean una tarjeta electrónica de control para la señal de entrada y salida del actuador. Se detecta la velocidad del motor, y se produce una salida de tensión debido al movimiento del engranaje que se mueve a través del campo magnético, por lo tanto. El actuador sirve para controlar la velocidad del motor en condiciones de carga. Cuando la carga es muy elevada la velocidad del motor aumenta para proporcionar la potencia requerida y, cuando la carga es baja, la velocidad disminuye, es decir, el fundamento del actuador es controlar de forma automática el régimen de velocidad del motor sin aceleraciones bruscas, generando la potencia del motor de forma continua.
- Una boya indicadora de nivel máximo y nivel mínimo. Cuando detecta un nivel muy bajo de combustible en el depósito activa la bomba de trasiego.
- Cuando las condiciones de frío en el ambiente son intensas se dispone de un dispositivo calefactor que ayuda al arranque del motor. Los Grupos Electrónicos refrigerados por aire suelen emplear un radiador eléctrico, el cual se pone debajo del motor, de tal manera que mantiene el aceite a una cierta temperatura. En los motores refrigerados por agua la resistencia de calefacción va acoplada al circuito de refrigeración, ésta resistencia se alimenta de 220 VAC y calienta el agua de refrigeración para calentar el motor. Ésta resistencia dispone de un termostato ajustable; en él seleccionamos la temperatura adecuada para que el grupo arranque en breves segundos.

3.2.2 Sistema automático de un Grupo Electrónico

- **Equipo de control del Grupo Electrónico**

El equipo de control automático del grupo electrónico tiene la función de efectuar el arranque y sincronización del mismo con los demás grupos al recibir una señal del exterior, además de protegerlo de las anomalías que pueden dañarlo en su funcionamiento.

Dispone de los diversos elementos de mando sobre el grupo para los diversos modos de funcionamiento, pruebas, alarmas, potenciómetros de ajuste, disyuntor general de grupo, etc.

- **Cuadro centralizado de señales de Grupo Electrónico**

Este dispositivo realiza las siguientes funciones:

Los grupos electrónicos se pueden arrancar y parar a distancia al cerrar y abrir respectivamente un contacto sin tensión conectado al cuadro centralizador de señales del

grupo electrógeno. Cuando los grupos han arrancado y están disponibles, el cuadro centralizado da una señal al equipo de control de conmutación, de que los grupos están disponibles para su puesta en servicio. En caso de en algún grupo se produzca la orden de paro activada por una protección, se da una señal para la desconexión parcial de la carga, evitando así que los grupos que permanezcan en servicio queden sobrecargados.

3.2.3 Conmutación Red – Grupo

• **Equipo de control de conmutación**

El cuadro automático de cada grupo arranca y sincroniza el grupo electrógeno al recibir una señal del exterior, y lo para al retirarse la señal. La instalación necesita además de un equipo de control de conmutación y un conmutador de potencia red – grupo.

El equipo de control de conmutación detecta el fallo de red. En caso de detectarse dicho fallo manda una señal a los cuadros de control de cada grupo para el arranque y sincronización. Una vez recibe del equipo centralizador de señales la señal de grupos disponibles, da las señales al Conmutador de potencia red – grupo para que realice la conmutación. Al normalizarse el suministro público transfiere automáticamente la carga a la red y retira la señal externa a los cuadros de control de cada grupo para comenzar la secuencia de enfriamiento y parada de grupos.

Pueden existir varias conmutaciones de potencia red – grupo. En este caso cada una de ellas puede funcionar de forma independiente con su propio equipo de control de conmutación. Los grupos en paralelo alimentan sólo los consumos de las conmutaciones en las que haya fallado la red.

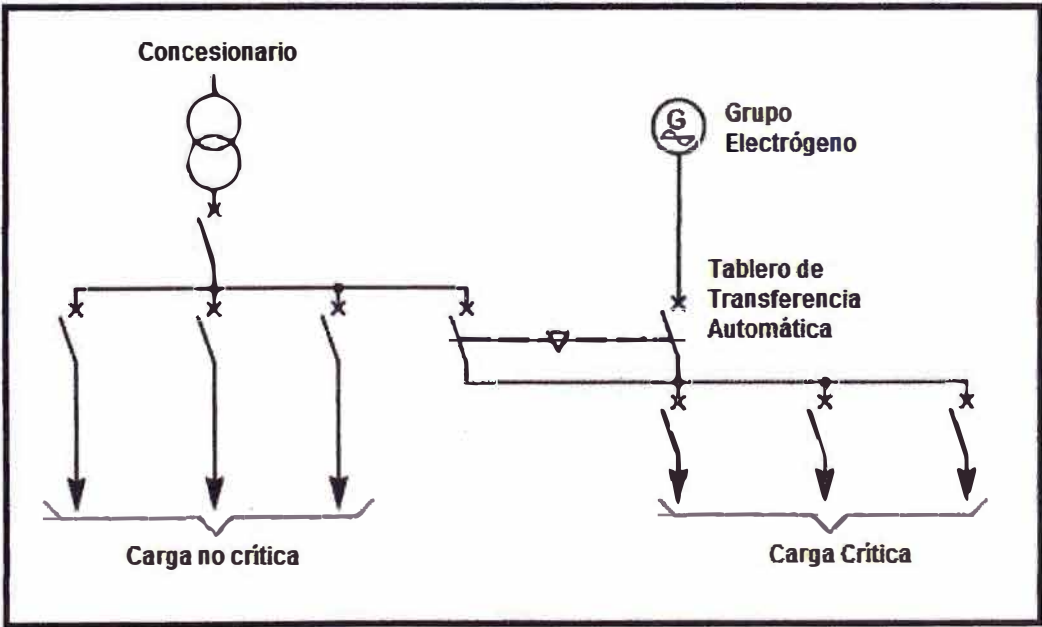


Figura 3.2: Instalación típica de un grupo electrógeno.

- **Conmutador de potencia Red de Suministro – Grupo Electrónico**

Se suele incluir en el mismo armario que el equipo de control de conmutación. Dispone de dos disyuntores tetra polares para alimentar el consumo desde la red pública o desde los grupos electrógenos. Los disyuntores de grupo y de red están enclavados eléctrica y mecánicamente para que no puedan conectarse los dos a la vez, pues provocaría una avería grave en los grupos.

Disponen de un conmutador de control con tres posiciones: automático, red y grupo.

- Automático: Se conecta el disyuntor de red o de grupo según la señal que le llegue del equipo de control de conmutación. Es la posición de funcionamiento normal.



Figura 3.3: Sistema automático de un Grupo Electrónico



Figura 3.4: Módulo de conmutación Red de Suministro – Grupo Electrónico

- Red: Se fuerza la entrada del disyuntor de red, quedando anulada la señal del equipo de control de conmutación.
- Grupo: Se fuerza la entrada del disyuntor de grupo, quedando anulada la señal del equipo de control de conmutación.

3.3 Banco de Baterías

Las baterías o banco de baterías nos permiten tener autonomía de funcionamiento o mejor dicho energía almacenada que puede ser utilizada para la alimentación de equipos críticos en corriente continua (DC) o alterna (AC), también son muy utilizadas en lugares en los que no es accesible una conexión a la red eléctrica. Las baterías trabajan en conjunto con sistemas electrónicos de SAI, Inversores, Rectificadores y en algunos tipos de grupos electrógeno para arrancar el motor y en circuitos de control de la alimentación.

La batería no es un elemento mecánico más, es un elemento vivo cuyo comportamiento depende de múltiples variables (estado de carga, temperatura, velocidad de descarga, profundidad de la descarga, etc.). La figura 3.2 muestra la disposición de un banco de baterías de un SAI.

3.3.1 Clasificación de baterías por su tecnología de fabricación

Podemos clasificarlas según su tecnología de fabricación:

- **Baterías de Plomo Ácido Abierto**, de electrolito líquido de ácido sulfúrico y agua. Posibilidad de derramamiento. Baterías con mantenimiento. Aplicaciones de arranque y/o ciclos.
- **Baterías de AGM**, herméticas de recombinación de gases. Baterías sin mantenimiento. Recomendable en atmósferas peligrosas o en entornos con exigencias medioambientales. Aplicaciones: ciclos, arranque, estacionario, etc.
- **Baterías de GEL**, herméticas, sin mantenimiento. Recomendable en atmósferas peligrosas o exigencias medioambientales. Aplicaciones: ciclos, arranque, estacionario, etc.
- **Baterías de Ni - Cd, Fe - Ni, Li**, muy robustas y de mucha duración, de elevado volumen, necesita mantenimiento, son de costo.

3.3.2 Clasificación de baterías por su aplicación

También se pueden clasificar por su aplicación:

- **Baterías de arranque**, el requisito es una alta intensidad en el arranque. No adecuadas para realizar ciclos. Son fabricados en placas finas. Aplicaciones: arranque de vehículos, generadores de emergencia (grupos electrógenos).

- **Baterías estacionarias**, destinadas a trabajo en flotación, son de capacidades, pequeñas, medianas y grandes, son de larga vida útil. Aplicaciones: SAI, Rectificadores, Inversores para alimentación de equipos de Tecnología IT, Electro – médicos, de Telecomunicaciones, Centrales Eléctricas, etc.

Para elegir el tipo de batería deben ser conscientes del tipo de batería utilizado y los procedimientos de mantenimiento requeridos, estos parámetros pueden influir en la elección de los equipos.

- **Baterías de ciclos**, cargas y descargas sucesivas. Tensiones y capacidades mayores. Fabricados en placas gruesas, separadores y materia activa especialmente diseñados. Diseño robusto y resistente, son de larga vida útil. Aplicaciones: Plataformas elevadoras, Energías renovables (eólica y solar), etc.

- **Baterías de tracción**, de ciclos largos y aplicaciones de gran consumo energético, son diseñados con placa tubular. Aplicaciones: Carretillas elevadoras, Máquinas de conductor sentado, Vehículos eléctricos, etc.

Los tipos principales de baterías y sus propiedades básicas se muestran en la Figura 3.5 y la Tabla 3.1 respectivamente.



Figura 3.5: Tipos de baterías

Tabla 3.1: Tipos de baterías y sus propiedades básicas [27].

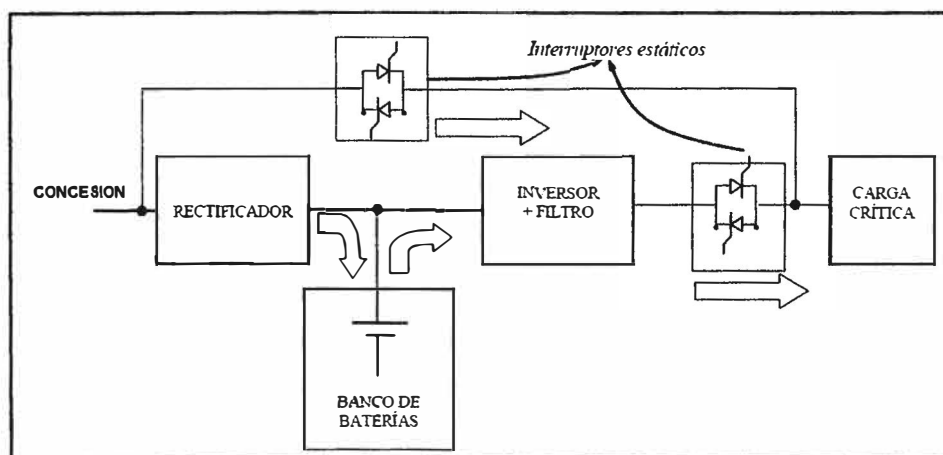
	Acumulador de Plomo	Ni Cd	Ni MH	Iones de Litio
Costo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Densidad de energía (W-h/kg)	30	50	75	100
Tensión por celda (VDC)	2.27	1.25	1.25	3.6
Corriente de Cargas	Bajo	Muy Alto	Moderada	Alto
Nº de ciclos de carga y descarga	200-2,000	1,500	500	300-500
Auto - descarga	Bajo	Moderado	Alto	Bajo
Tiempo de recarga mínimo (en horas)	8-16	1.5	2-3	3-6
Periodo de prueba	180 días	30 días	90 días	ninguno
Riesgo medioambiental	Alto	Alto	Bajo	Alto

3.4 Sistema de Alimentación Ininterrumpido (SAI)

Para alimentar cargas críticas, como son ordenadores que controlan procesos importantes, equipos médicos, etc., es necesario el empleo de sistemas de alimentación Ininterrumpido, abreviados por las siglas SAI (del inglés UPS, “Uninterruptible Power Supply”).

Este tipo de sistemas proporciona protecciones frente a cortes del suministro eléctrico a través de su banco de baterías, así como la regulación de tensión frente a fluctuaciones (por encima o por debajo) de los valores nominales. Además, se emplean como supresores de transitorios y de armónicos en la línea de alimentación, en resumen es muy conveniente su uso para mejorar la confiabilidad y calidad de suministro eléctrico.

La figura 3.6 muestra un diagrama de bloques de un SAI. En modo normal de operación (para los del tipo online), la potencia suministrada a la carga proviene de la red de suministro de la empresa suministradora.

**Figura 3.6. Diagrama de bloques de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido.**

En caso de producirse una fluctuación en la línea (corte, sobretensión, etc.), la potencia es suministrada por el banco de baterías. Un SAI debe incluir un cargador de baterías, para mantener la batería cargada en cualquier momento.

Los interruptores estáticos, también denominados interruptores de “by - pass”, permiten alimentar la carga a través del inversor en menos de 1/4 ciclo cuando ocurre un fallo en la red eléctrica, Otra función de los interruptores estáticos es la de aislar el inversor cuando se desea efectuar su mantenimiento. Su conmutación debe ser rápida, de modo que no interrumpan la alimentación durante más de ½ ciclo. Cuando la potencia aumenta, el uso de tiristores es lo más habitual.

La ventaja de un SAI es que se cuenta en todo momento con un nivel de calidad aceptable, ya sea cuando está conectada a la red de suministro o cuando esta no esté disponible, claro está que ante la pérdida del suministro el SAI estará limitado a la energía almacenada en su banco de baterías.

3.4.1 Clasificación de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido

La clasificación básica de los sistemas SAI se realiza de acuerdo a la norma IEC 62040- 3, donde se distingue tres clases de SAI, según la dependencia de la tensión de salida y de la frecuencia de salida respecto a los parámetros de entrada, estos son:

- VFD (Tensión y Frecuencia de salida dependientes de la red de suministro de energía).
- VI (Tensión de salida independientes de la red de suministro de energía).
- VFI (Tensión y Frecuencia de salida independientes de la red de suministro de energía).

La siguiente tabla muestra las principales propiedades de estas clasificaciones de los dispositivos UPS:

Tabla 3.2: Clasificación y características de los tipos de SAI [27]

Clasificación IEC	VFD	VI	VFI
	Reserva pasiva	Línea interactiva	Doble conversión
Costo	Mínimo	Medio	Máximo
Regulación de la Tensión	Ninguna	Limitada	Sí
Regulación de frecuencia	Ninguna	Ninguna	Sí
Tiempo de Transferencia	Corto	Cero	Cero

a) Tipo VFD

Mejor conocido como UPS en espera (Stand By) o fuera de línea, provee un nivel de protección básico y tiene dos modos de operación.

- **Modos de Operación:**

Modo normal (ver figura 3.7), en este modo la carga es alimentada por la energía eléctrica de la red, la energía es acondicionada de manera muy básica simplemente atenuando los picos de tensión de cierta intensidad y el ruido en la línea. En operación normal la batería se carga y se mantiene en espera para proveer energía en caso de pérdida del suministro del concesionario.

Modo en batería (ver figura 3.8), durante un corte de energía o en caso de que el tensión caiga por debajo del rango mínimo de tolerancia, la batería y el inversor entran en operación para asegurar la continuidad en el suministro eléctrico. El tiempo de transferencia, es decir, el tiempo que toma conmutar de modo normal a modo en batería es menor a 5 ms. Las aplicaciones no - críticas de cómputo pueden seguir operando con tales cortes de energía con cierto grado de confiabilidad.

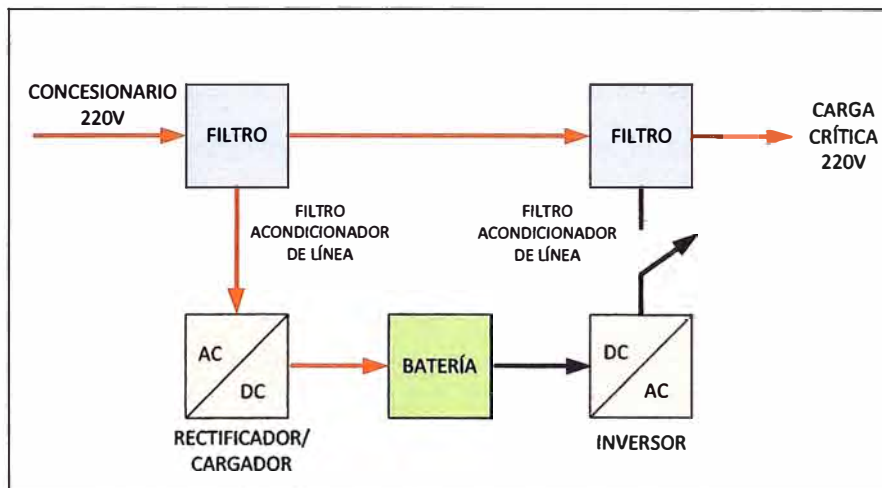


Figura 3.7: En modo normal la carga es alimentada por la energía de la red.

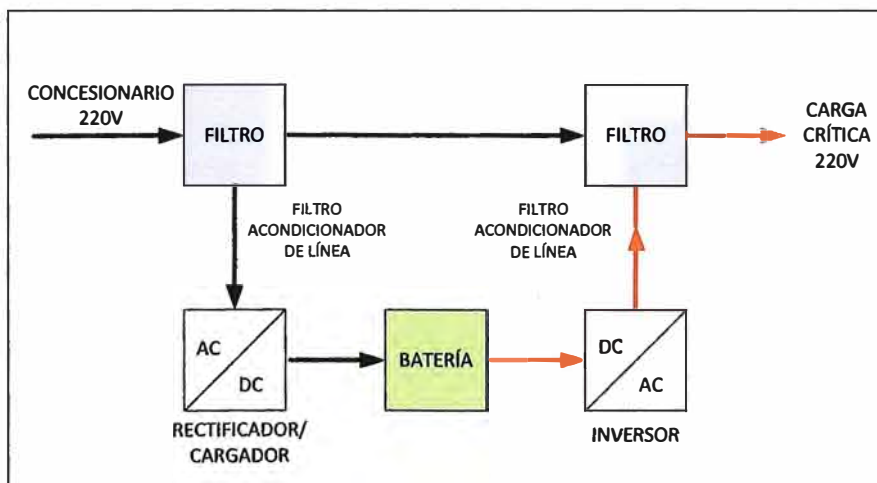


Figura 3.8: En caso de pérdida de suministro, la batería y el inversor proveen energía a la carga.

- **Ventajas:** Diseño simple, tamaño compacto, bajo costo.
- **Desventajas:** No hay regulación de la tensión de línea, no hay regulación de frecuencia, no cuenta con acondicionamiento para filtrar armónicos, no provee un aislamiento real del resto de la red. En modo batería la forma de onda de tensión entregada es cuadrada, con lo cual se tiene una Distorsión Armónica (THD) cercana al 20%
- **Capacidades:** Típicamente los UPS “en espera” se diseñan en capacidades que van de los 300 VA a los 1500 VA. Debido a que ofrecen una protección muy básica se recomienda usarlos en aplicaciones no críticas: Computadoras para el hogar, instalaciones no críticas.

b) Tipo VI

Estos UPS ofrecen un nivel de protección intermedia. El principio de un operación de un UPS línea - interactiva un muy parecido al del UPS en espera.

• Modos de operación:

Modo normal (ver figura 3.9), al igual que en los UPS en espera, la carga es alimentada directamente desde el suministro eléctrico brindado por la concesionaria de energía. La gran diferencia con respecto a la topología anterior es que el UPS línea - interactiva en todo momento monitorea la tensión de línea y lo acondiciona para mantenerla en valores de tensión regulados.

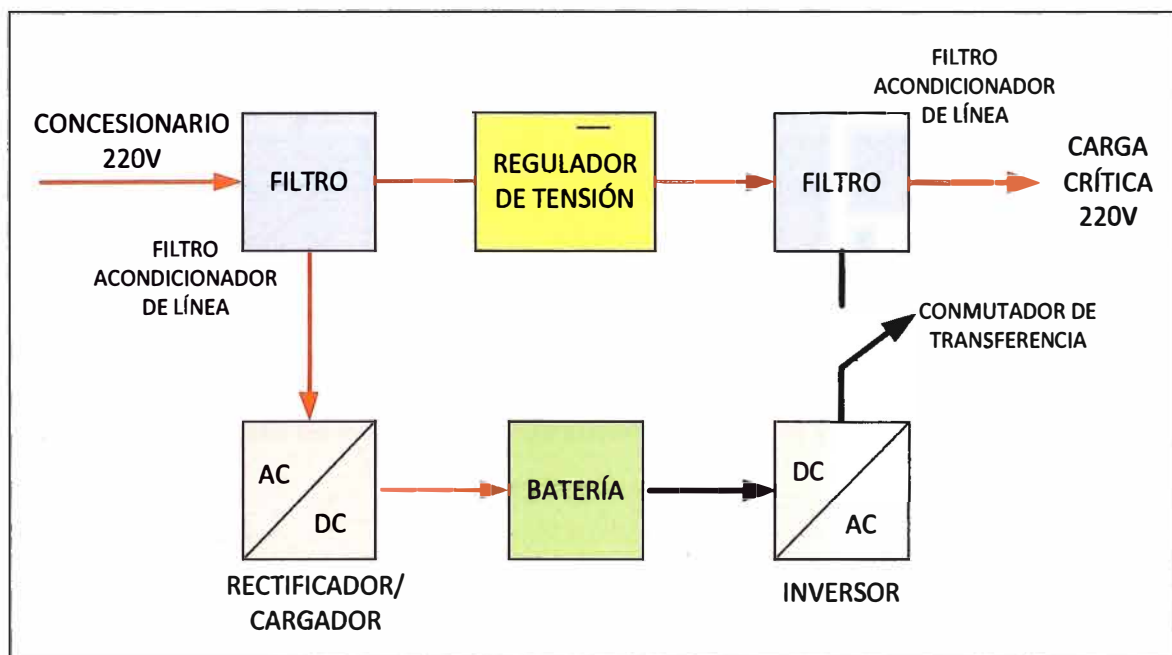


Figura 3.9: La energía entregada siempre es regulada en modo normal

Modo en batería (ver figura 3.10), durante un corte de energía o en caso de que la tensión caiga por debajo del rango mínimo de tolerancia, la batería y el inversor entran en

operación para asegurar la continuidad en el suministro eléctrico. El tiempo de transferencia, es decir, el tiempo que toma conmutar de modo normal a modo en batería es menor a 5 ms.

- **Ventajas:** Regulación constante de tensión, elevada relación costo – beneficio.
- **Desventajas:** No hay regulación de frecuencia, no cuenta con acondicionamiento para filtrar armónicos, pobre protección contra picos y sobre tensión. En modo batería la forma de onda entregada es cuadrada, con lo cual se tiene una Distorsión Armónica (THD) cercana al 20%.
- **Capacidades:** Típicamente los UPS línea - interactiva se diseñan en capacidades menores a 5000 VA.
- **Aplicaciones:** No se recomiendan para proteger cargas críticas. Sus aplicaciones típicas son: Computadoras personales, estaciones de trabajo, servidores de rango medio, multilíneas, conmutadores, dispositivos de conectividad (hubs, switches), etc.

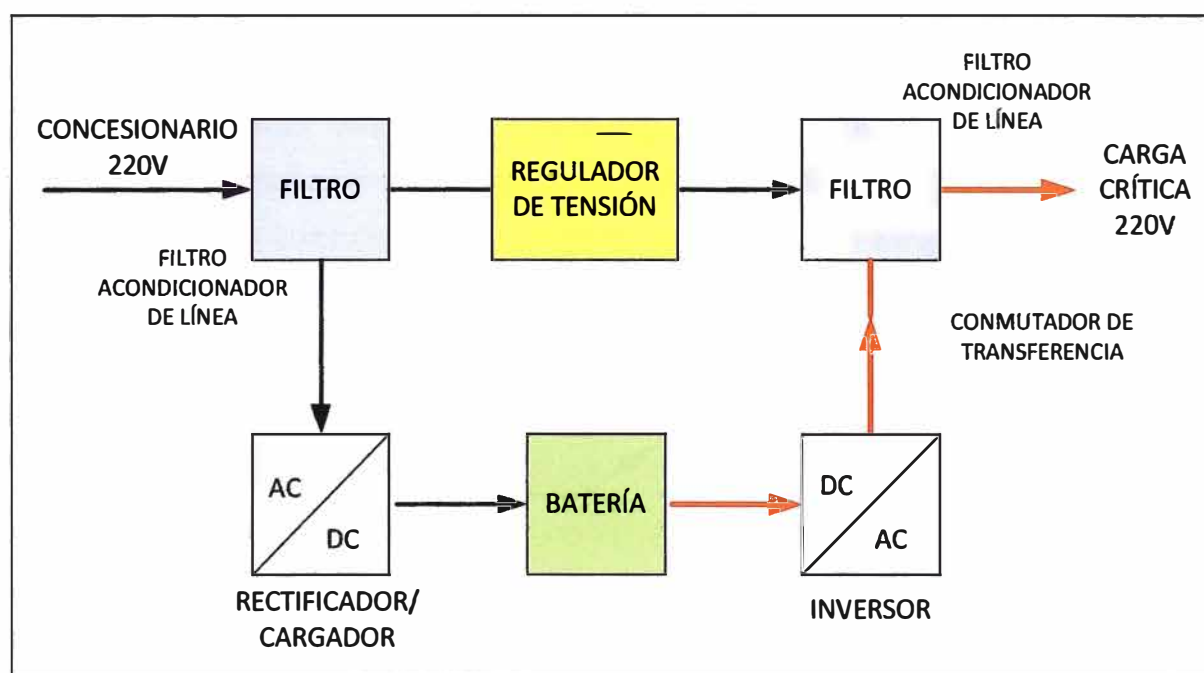


Figura 3.10: En caso de pérdida de suministro, la batería y el inversor proveerán de energía a la carga.

c) Tipo VFI

También conocidos como UPS Online de doble conversión, estos UPS proveen el mayor nivel protección. Tiene tres modos de operación.

- **Modo de operación:**

Modo normal (ver figura 3.11), la carga es alimentada por la batería y el inversor, dándose en todo momento una doble conversión en la energía AC/DC y DC/ AC. Además, la

energía pasa por un sistema de acondicionamiento que provee un nivel máximo de protección idóneo para proteger cargas críticas.

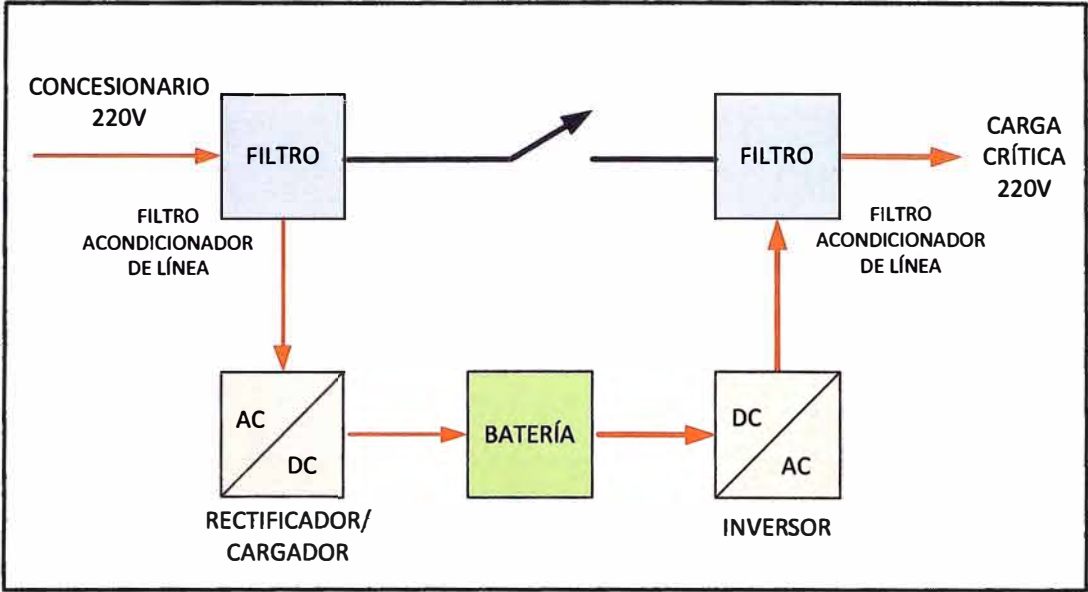


Figura 3.11: La carga es siempre alimentada por el inversor y la batería.

Modo en batería (ver figura 3.12), durante un corte de energía la batería dejan de cargarse pero éstas y el inversor continúan suministrando energía eléctrica al sistema. El tiempo de transferencia es prácticamente cero, esto es debido a que la carga es alimentada siempre por la batería y el inversor, lo cual significa que la carga en ningún instante dejará de recibir energía.

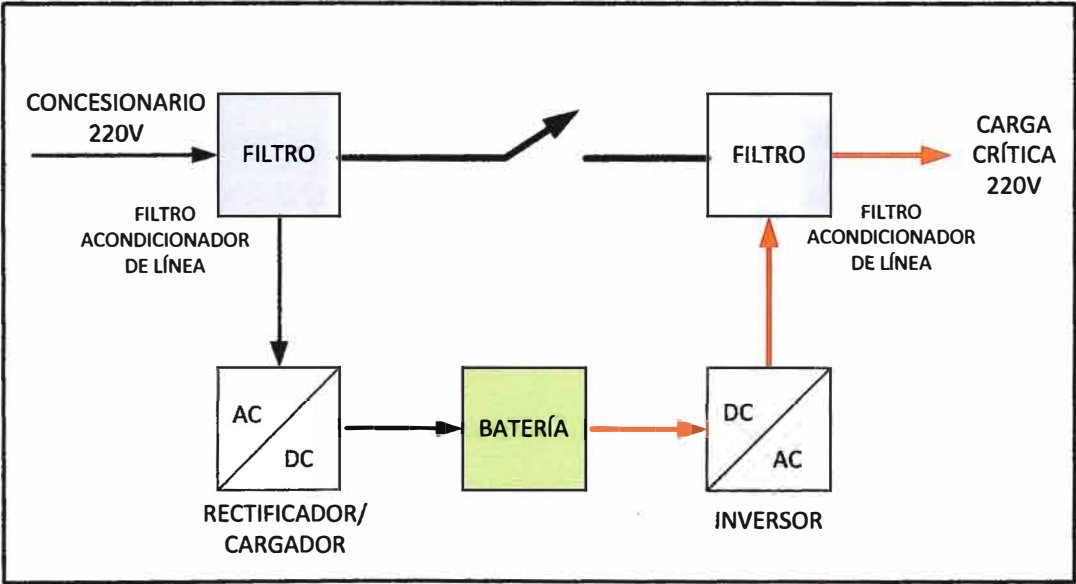


Figura 3.12: En caso de pérdida de suministro, la carga sigue siendo alimentada sin interrupción alguna.

Modo bypass (ver figura 3.13), en caso de que las baterías lleguen al fin de su vida útil, o de un mal funcionamiento del UPS, un conmutador estático, llamado bypass interno,

conmuta sin interrupción a energía de la red de suministro. Con esto se asegura que la carga sigue siendo alimentada.

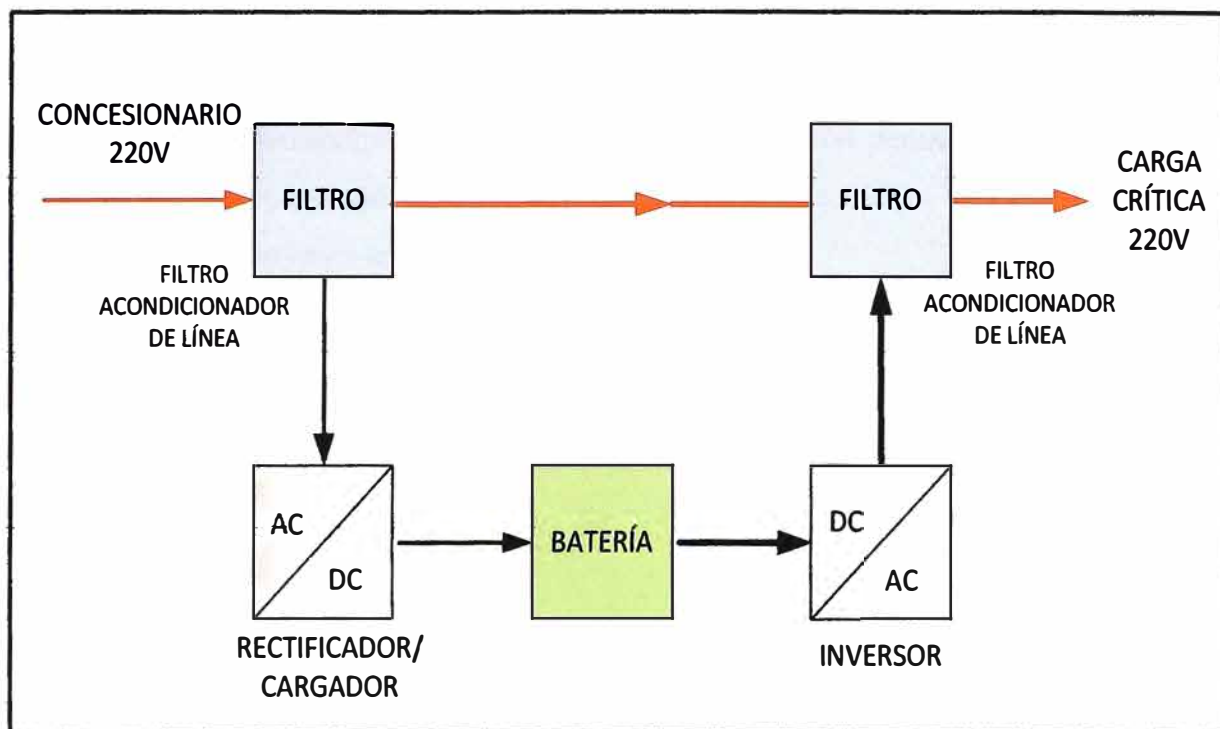


Figura 3.13: En caso de fallo en el UPS se conmuta a red de energía del concesionario. Debe cerciorarse que la tensión de la red es igual a la tensión nominal con que se debe alimentar la carga.

- **Ventajas:** Aislamiento total de la carga del resto de la red lo cual elimina la posibilidad que alguna fluctuación presente en la red eléctrica incida a la carga, tiempo de transferencia cero lo que asegura una alimentación continua de energía, amplio rango del Tensión de entrada y precisa regulación del Tensión a la salida, regulación de frecuencia, onda senoidal pura a la salida en todo momento (baja distorsión de tensión), eliminando los problemas originados por armónicos.

La capacidad para adicionar bypass de mantenimiento aumenta la disponibilidad de los sistemas. Ideal para equipos que tienen que operar de forma continua.

- **Desventajas:** Precio de adquisición e instalación relativamente alto (relativo ya que el costo de una pérdida de suministro puede costar mucho más).
- **Capacidades:** Se diseñan desde 500 VA hasta sistemas de varios millones de VA (orden de los MVA).
- **Aplicaciones:** Ideales para proteger todo equipo sensible y aplicaciones de misión crítica: Servidores, Redes, Equipos de Telecomunicaciones, Centros de Datos, Equipo Médico, Procesos Industriales, etc.

3.4.1 Calidad de Energía de un Sistema de Alimentación Ininterrumpido

Los Sistemas de Alimentación Ininterrumpido (SAI) son muy eficaces para corregir la mala calidad de la energía, estos equipos ofrecen una protección completa ante los problemas más frecuentes que se presentan en el suministro eléctrico: cortes de energía, bajas de tensión momentáneas (micro cortes), baja de tensión permanente, sobre tensión momentáneas, sobre tensión permanentes, tensión transitoria, ruidos de línea, variaciones de frecuencia, distorsiones armónicas.

De forma gráfica podemos ver en la figura 3.14, que con el uso de los SAI podemos brindar a la carga crítica, una energía limpia libre de perturbaciones, ya sea si el SAI se alimenta de la red de suministro público o a través de un generador.

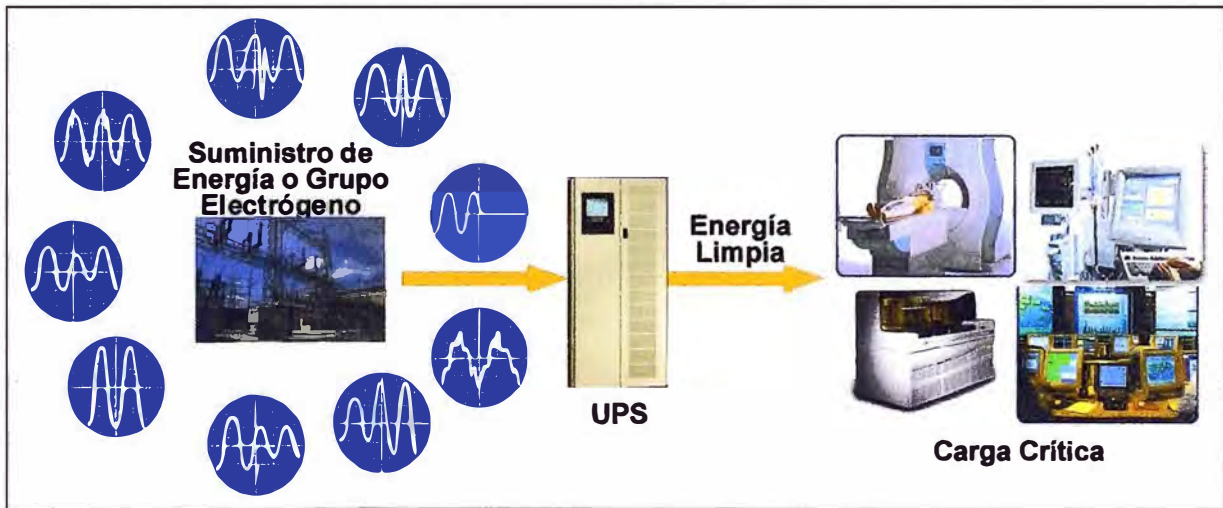


Figura 3.14: Energía limpia suministrada por el SAI.

3.5 Rectificador o Convertidor Estático AC/DC

En muchas aplicaciones, la carga alimentada requiere una tensión continua. La conversión AC/DC es realizada por convertidores estáticos de energía, comúnmente denominados rectificadores. Por lo tanto, un rectificador es un sistema electrónico de potencia cuya función es convertir una tensión alterna en una tensión continua, estos equipos se complementan con el uso de bancos de baterías para brindar autonomía a la carga crítica. Los

Las aplicaciones típicas de los rectificadores de potencia pueden ser:

- Sistemas de alimentación Ininterrumpido (SAI).
- Cargadores de Baterías.
- Variadores de Velocidad.
- Alimentación de cargas de corriente continua DC a partir de una fuente de corriente alterna AC (ver figura 3.15), por ejemplo: Equipo de Telecomunicaciones.

3.5.1 Calidad de Energía de un Rectificador

Al igual que los SAI, los rectificadores también son muy efectivos para corregir la mala calidad de la energía (Cortes de energía, bajas de tensión momentáneas, baja de tensión permanente, sobre tensión momentáneas, sobre tensión permanentes, tensión transitoria, ruidos de línea, variaciones de frecuencia, distorsiones armónicas), también se soportan en los bancos de baterías para en caso de corte de energía.

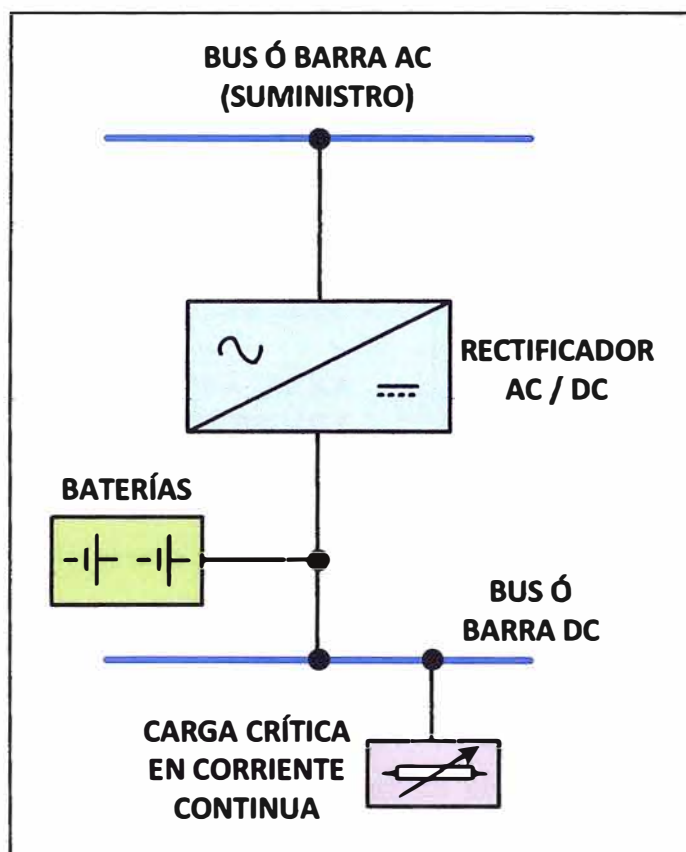


Figura 3.15: Diagrama Unifilar típico de una instalación de rectificador.

3.6 Inversor o Convertidor Estático DC/AC

Los onduladores o inversores son convertidores estáticos de energía que convierten la corriente continua DC en corriente alterna AC, con la posibilidad de alimentar una carga en alterna, regulando la tensión, la frecuencia o bien ambas. Los inversores transfieren potencia desde una fuente de continua a una carga de alterna.

Las aplicaciones típicas de los inversores de potencia pueden ser:

- Sistemas de alimentación Ininterrumpido (SAI).
- Dispositivos de corriente alterna que funcionan a partir de una batería.
- Accionamientos de motores de AC de velocidad ajustable.
- Alimentación de cargas de corriente alterna AC, a partir de una fuente en corriente continua DC (ver figura 3.16), se usa en sistemas eólicos y fotovoltaicos.

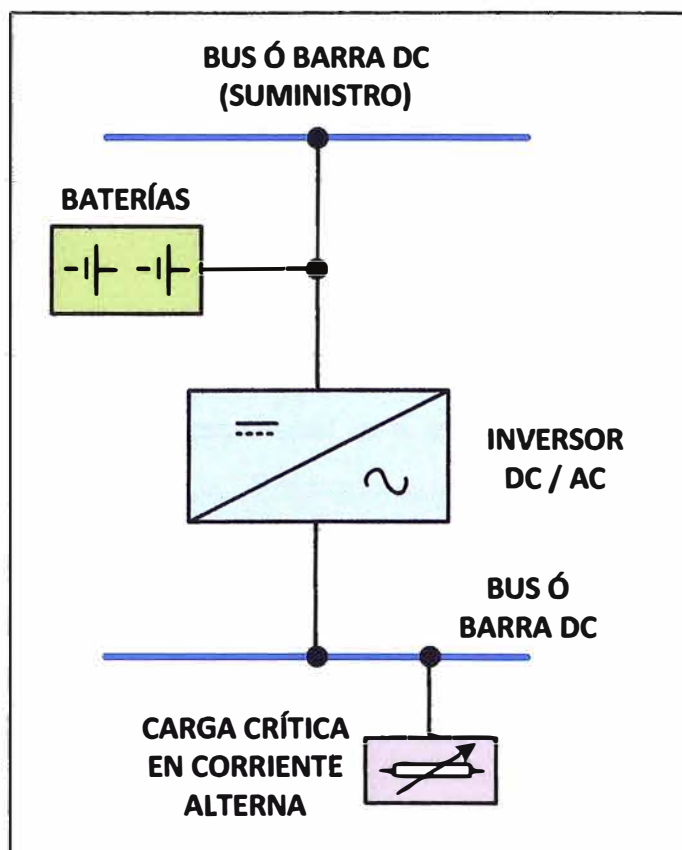


Figura 3.16: Diagrama Unifilar típico de una instalación de inversor.

3.7 Compatibilidad entre Grupo Electrónico y SAI (UPS)

En muchas instalaciones las baterías de los sistemas UPS ofrecen 10 a 15 minutos de energía antes de descargarse. Para proteger a las cargas críticas de cortes de energía de larga duración, el UPS debe ser sostenido por un grupo electrógeno, el cual debe ser dimensionado para poder alimentar al UPS ante las más exigentes situaciones de carga.

Es importante analizar los problemas que se pueden encontrar al operar un SAI ó UPS en conjunto con los Grupos Electrónicos, para lo cual se pretende indicar los pasos que se pueden seguir para minimizar los problemas de compatibilidad entre grupos electrógenos y equipos UPS estáticos.

Algunas de las fallas que pueden presentarse se indican a continuación:

- Fallas del UPS en aceptar la potencia proveniente del grupo electrógeno.
- Inestabilidad en frecuencia y/o en tensión del grupo electrógeno cuando está alimentando al UPS.
- Imposibilidad del UPS de sincronizarse con la tensión del grupo electrógeno.
- Inhibición del sistema de by pass o derivación del UPS.
- Excesiva distorsión de salida en la tensión del grupo electrógeno.
- Problemas de transferencia de potencia.

Los problemas de compatibilidad del grupo electrógeno son más pronunciados en pequeños grupos electrógenos (por debajo de 100 kW). Los problemas ocurren con mayor frecuencia cuando el UPS es la única carga en el grupo electrógeno, o cuando es la carga individual más grande en el sistema.

3.7.1 Desajustes

A los grupos electrógenos que atienden cargas lineales de estado estacionario, dada la naturaleza de la calidad de la energía de la carga requerida, normalmente no se les exige que funcionen en el máximo de estabilidad en el estado estacionario y de los niveles de rendimiento de respuesta transitoria. A menudo se ajustan en la fábrica para responder de la forma más rápida a los cambios de carga.

En consecuencia, la gran cantidad de ajustes que se pueden realizar en los circuitos de mando y regulador de voltaje pueden no estar optimizados, pero el rendimiento del sistema en general puede todavía ser aceptable.

3.7.2 Sensibilidad del regulador de voltaje

Un grupo electrógeno usa un regulador de tensión automático (AVR: Automatic Voltage Regulator) para monitorear la tensión de salida del grupo electrógeno y controlar la fuerza del campo de la máquina para mantener una tensión constante en la salida del grupo electrógeno bajo varias condiciones de estados estacionarios con carga. La figura 3.17 ilustra el diseño típico de un grupo electrógeno.

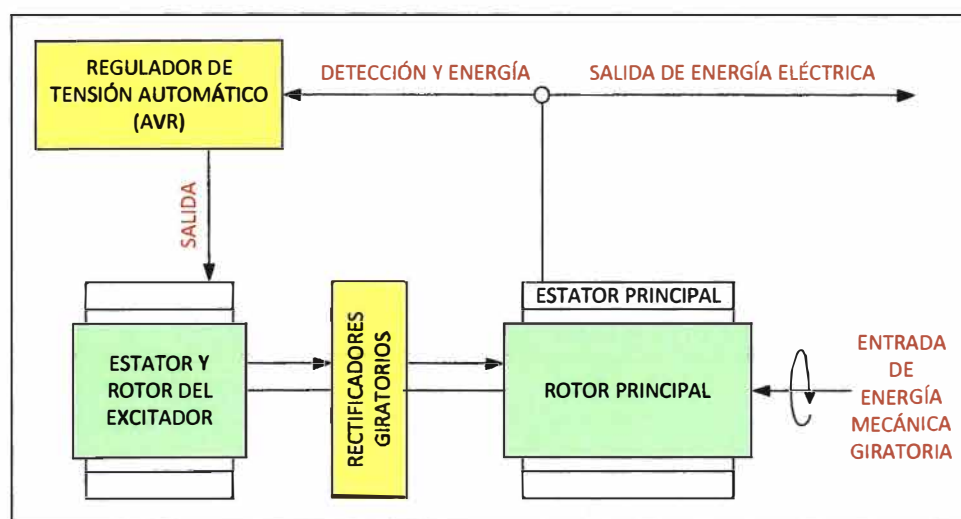


Figura 3.17: Diseño típico de un Grupo Electrónico.

El regulador de tensión detecta el nivel de la tensión de salida del grupo electrógeno directamente desde las conexiones de salida de energía y, en base a un punto de referencia determinado, cambia la energía de salida al excitador del generador para mantener la tensión. El AVR, debe estar diseñado para funcionar correctamente cuando la forma de

onda de tensión detectada esté distorsionada por la alimentación de energía a cargas no lineales. Esta distorsión de la forma de onda de tensión puede causar un funcionamiento incorrecto de los grupos electrógenos, especialmente los AVR que utilizan SCR (Tiristores) para encender y apagar la energía de excitación.

3.7.3 Distorsión de la tensión de salida

La degradación de la calidad de la forma de onda de tensión puede causar efectos de calentamiento y degradación de la vida en los motores, funcionamiento incorrecto de algunas cargas e incluso alarmas de “bypass no disponible o fuera de rango” en el equipo UPS. Dado que el grupo electrógeno tiene una impedancia más alta que el servicio de la red de suministro, estos efectos serán mucho más aparentes mientras se opera con energía del grupo electrógeno que con la red de suministro. Por lo tanto, la mayor dificultad es determinar qué nivel de calidad de la forma de onda de tensión se requiere para el funcionamiento exitoso del sistema, y luego especificar un alternador que brinde este nivel de rendimiento. La distorsión de tensión real observada en un circuito autónomo de un grupo electrógeno está directamente relacionada con la reactancia subtransitoria del alternador (X''_d). Un grupo electrógeno configurado con una reactancia subtransitoria baja se desempeñará significativamente mejor que una unidad con una reactancia más alta.

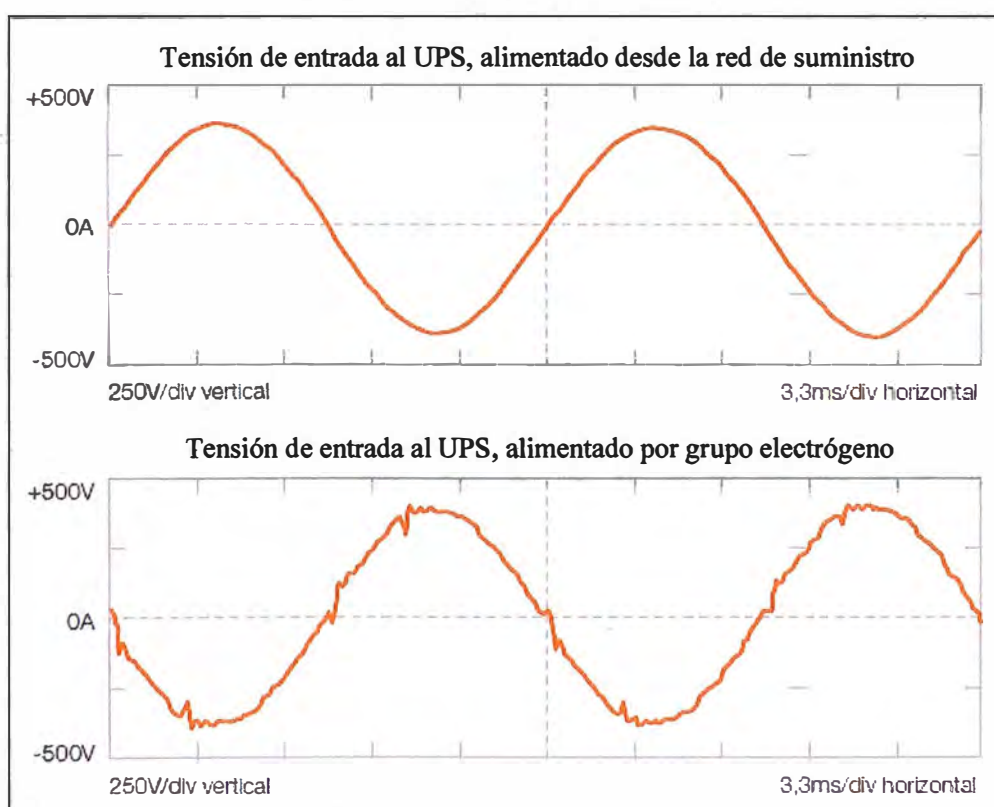


Figura 3.18: Comparación de la distorsión de onda de la tensión de alimentación a un UPS, desde la red de suministro y a través de un grupo electrógeno.

3.7.4 Errores en los sistemas de medición

La medida de la tensión de salida AC en algunos grupos electrógenos es tomada a través de elementos de medición del tipo análogo, los cuales no indicarán los verdaderos valores RMS cuando se atienden cargas no lineales. La primera desventaja de esto es que un operador no familiarizado con el sistema puede ajustar incorrectamente el grupo electrógeno basado en lecturas erróneas del medidor.

Actualmente ya se cuentan con medidores digitales que pueden medir el verdadero valor eficaz RMS con mayor precisión.

3.7.5 Efectos del calentamiento

Los grupos electrógenos, como otros componentes eléctricos, se ven afectados por el calentamiento causado por las cargas no lineales. Los generadores están diseñados para proporcionar una salida determinada a frecuencias fundamentales nominales de 50 Hz o 60 Hz. Las consideraciones de diseño incluyen hacer el uso más efectivo del material activo para cumplir con los límites aceptables de aumento de temperatura. Estos efectos del calentamiento incluyen histéresis anormal, corriente parásita y pérdidas por efecto pelicular. El dimensionamiento incorrecto para los efectos de las cargas no lineales puede causar fallas prematuras del alternador debido al calentamiento anormal en la máquina.

En un sentido práctico, casi todos los grupos electrógenos se proporcionan inicialmente con alternadores sobredimensionados para proporcionar al motor la capacidad de arranque necesaria y para brindar un rendimiento de la caída de la tensión requerido con la máxima carga que se aplicará al sistema. A modo práctico varios fabricantes de grupos electrógenos sugieren dimensionarlos aplicando un factor de acuerdo al tipo de rectificador del UPS.

Tabla 3.3: Dimensionamiento de Grupos Electrógenos, según el tipo de rectificador del UPS [7].

Ítem	Tipo de Rectificador de UPS	Factor	Potencia del Grupo Electrogeno (kW)
1	De 6 Pulsos (SCR)	1.6	Potencia Grupo = 1.6 x (Potencia UPS)
2	De 12 pulsos (SCR)	1.4	Potencia Grupo = 1.4 x (Potencia UPS)
3	Tecnología IGBT	1.2	Potencia Grupo = 1.2 x (Potencia UPS)

3.7.6 Compatibilidad de los bucles de control

Cuando el AVR está compuesto por dispositivos controlados por SCR (Tiristores), el control de la exactitud de la potencia de salida del rectificador depende de la exactitud de la coordinación del disparo del SCR. El tiempo de disparo es esencial porque el SCR se prenderá en un momento específico, pero el comando de “apagado” tiene su origen en un evento de “cruce por cero”.

En un sistema de energía alimentado desde la red de suministro este no es un problema importante porque la frecuencia de la red de suministro se puede considerar constante, por lo tanto, los principales problemas de la coordinación del disparo giran alrededor de la detección del cruce por cero, que puede estar enmascarado en cierta medida por la distorsión de la forma de onda de voltaje.

En un grupo electrógeno la frecuencia del voltaje de salida no es constante. El término “velocidad de respuesta” se usa para describir la velocidad de cambio de la frecuencia. Si la frecuencia de la fuente de energía cambia más rápido que la carga para la cual el dispositivo está diseñado, el disparo del SCR se producirá en el momento erróneo y provocará que se transmita demasiada o muy poca energía al dispositivo de carga.

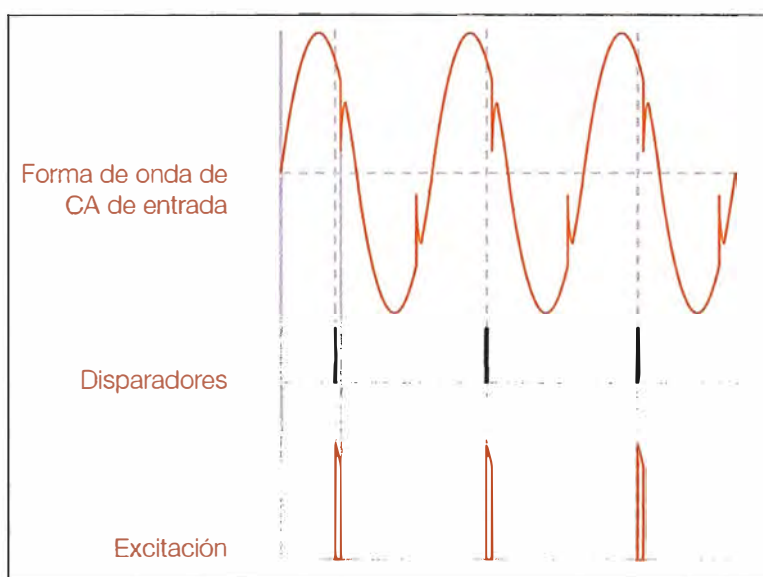


Figura 3.18: El disparador se enciende en el momento correcto, pero la muesca en la forma de onda de tensión hace que el AVR “desconecte” la energía hacia el excitador.

3.7.7 Limitaciones de los sistemas SAI alimentados por Grupo Electrógeno

Un grupo electrógeno no es una fuente de energía como el de la red de suministro y no puede llegar al mismo rendimiento que esta red cuando se le conecta un UPS. En particular, se debe tomar en consideración el hecho de que la frecuencia del generador no va a ser tan constante como la de la red de suministro, y esto producirá un impacto en el

rendimiento del sistema en general, los cambios de frecuencia y voltaje o velocidad de respuesta pueden ser inaceptablemente altos, y puede provocarse una alarma momentánea de “bypass no habilitado”. El grupo electrógeno generalmente no va a ser capaz de duplicar ese rendimiento de la forma de onda de tensión de la red de suministro, por lo que se debe tener cuidado de proporcionar suficiente capacidad del grupo electrógeno para que el nivel de distorsión de la forma de onda sea aceptable. Al especificar sistemas que utilizan equipos existentes, se debe asegurar que el grupo electrógeno o el UPS puedan rendir adecuadamente dada la calidad de la energía que puede suministrar el grupo electrógeno usado.

3.7.8 Recomendaciones de instalación

- El grupo electrógeno proporcionado para dar energía a las aplicaciones del UPS debe incluir un regulador automático de voltaje que sea inmune al funcionamiento incorrecto por distorsiones de la forma de onda.
- Para estas aplicaciones con UPS se debe utilizar grupo electrógenos con aislamiento de clase H, este tipo de aislamiento proporciona protección adicional contra el sobrecalentamiento del generador respecto del aislamiento de clase F. Generalmente, se tratará de un alternador con especificación de aumento de 105°C sobre 40°C.
- En la medida de lo posible se debe considerar un grupo electrógeno que tenga una reactancia transitoria menor igual al 15%. Se debe tener en claro que una reactancia más baja equivale a un mejor rendimiento.
- Se debe verificar que los parámetros operativos del UPS sean compatibles con la capacidad de rendimiento del grupo electrógeno. Hay que tener presente que estos parámetros cambiarán de acuerdo al tamaño y al tipo de grupo electrógeno que se proporcione. Actualmente existen UPS con tecnología IGBT cuya distorsión armónica que generan es mínima y no afecta a la red, además de tener ventanas amplias de operación en cuanto a los parámetros de voltaje y frecuencia.
- Los grupos electrógenos deben dimensionarse teniendo en cuenta la carga crítica total aplicada al UPS, se debe considerar lo siguiente:
 - ✓ El UPS funcionando con la carga especificada completa, aún si la carga total en el UPS esté planificada para trabajar a una potencia menor al 100% de su capacidad.
 - ✓ Velocidad de recarga de la batería después de la restauración de la energía en el UPS.
 - ✓ Factor de potencia de operación del UPS y eficiencia con carga completa.
 - ✓ El dimensionamiento debe considerar los objetivos de distorsión de la forma de onda.

CAPÍTULO IV

PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD DE UN SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

4.1 Generalidades

Los equipos eléctricos y electrónicos utilizados en las instalaciones o entornos críticos, han sido diseñados para funcionar óptimamente en condiciones normales, es decir, con una tensión de alimentación que esté dentro de las tolerancias de tensión y frecuencia nominales, con una baja distorsión de la tensión y con buen equilibrio de las fases. El funcionamiento fuera de estos límites puede provocar pérdidas mayores, una baja eficiencia y funcionamiento impredecible.

Las consecuencias de tener una mala calidad de suministro y un bajo nivel de confiabilidad, debería ser motivo suficiente para que los diseñadores y proyectistas pongan en práctica los estándares y normas mencionados anteriormente (Ver Capítulo I).

4.2 Riesgos en las Instalaciones Críticas

4.2.1 Riesgos en un Centro de Cómputo

Un centro de cómputo no está compuesto sólo de software, hardware y telecomunicaciones. Su infraestructura física la conforman una serie de sistemas como el mecánico, eléctrico, de incendios y seguridad, entre otros.

La puesta en servicio de aplicaciones de administración electrónica obliga a acercarse a un servicio con disponibilidad cercana al 24x7. Esta disponibilidad podría verse comprometida por caída o fallo en alguno de los nodos. En la actualidad se afecta por los fallos ya mencionados y por paradas programadas debido a la necesidad de realizar copias de seguridad. El sistema objetivo implicará necesariamente que, para los sistemas de información identificados como críticos, haya una garantía de no interrupción del servicio durante el proceso de contingencia (copias de seguridad).

Posterior a una falla del sistema eléctrico se necesita un tiempo de recuperación extenso para de recuperación de los servicios, esa ventana debe disminuirse considerablemente. En caso de que se produjera una situación que llevara a la recuperación desde copia de

seguridad de alguno de los servicios, es necesario que la ventana temporal de restauración del servicio se reduzca a un intervalo temporal y una posible pérdida de información aceptable por el responsable del sistema de información.

Una caída de estos servicios tiene un efecto incalculable debido a que el daño no es sólo para la empresa que ofrece el servicio, sino también impacta al cliente que necesita de éste para proporcionar a otro y así sucesivamente, generando entre otras situaciones molestia generalizada, pérdidas económicas y pérdida de clientes.

4.2.2 Riesgos en Salas de Uso Médico

Por otro lado el desarrollo tecnológico en estos últimos tiempos ha dado lugar a la aparición de una gran cantidad de equipos electro – médicos que se aplican a los pacientes para efectuar terapia, monitorización o diagnóstico.

Esto permite mejores tratamientos, pero también implica para el paciente un aumento del riesgo de accidente por descarga eléctrica, que pueden tener consecuencias fatales para el paciente.

Si a esto unimos la evidente necesidad de asegurar al máximo la continuidad del suministro eléctrico y teniendo en cuenta, de manera especial, que en estas situaciones al paciente no tiene conciencia, dependiendo de una máquina que le controlan o mantienen, resulta que las instalaciones y los equipos eléctricos de las Salas de Uso Médico deben cumplir estrictas exigencias técnicas.

Otra situación sería en el caso de los equipos utilizados para el tratamiento de pacientes a través de diagnósticos por imágenes, estos equipos son muy sensibles a las perturbaciones eléctricas, pudiendo ocasionar la captura de datos erróneos y como consecuencia un diagnóstico errado.

4.3 Identificación del problema

El presente informe de suficiencia considera como referencia para el desarrollo de este Capítulo, los datos recopilados durante los años de experiencia del graduando, donde se ha podido evaluar las consecuencias fatales debido a la mala calidad de la energía y a las deficiencias de las instalaciones eléctricas que suministran de energía a los equipos críticos de los Centros de Cómputo y Salas de Uso Médico.

Ante lo anteriormente mencionado se ha obtenido la siguiente información:

- Envejecimiento prematuro de los equipos informáticos y electro – médicos.
- Daños a la producción, a la economía y la competitividad empresarial.
- Incremento del costos de operación, deterioro de la confiabilidad, de la disponibilidad.

- Interferencia en redes de comunicación y datos.
- Errores en equipos informáticos: Reinicialización, bloqueos, errores de disco.
- Riesgo de muerte en pacientes que están siendo intervenidos o que dependen del funcionamiento de ciertos aparatos de asistencia vital.
- Riesgos de electrocución de los pacientes dentro de las salas de operaciones.
- Mal funcionamiento de equipos electro – médicos, toma de datos erróneos, diagnósticos equivocados.

4.4 Causa del problema

El mal funcionamiento provocado por un corte del suministro eléctrico o por una mala calidad de energía, es siempre un inconveniente y puede tener efectos serios en los equipos o procesos en una instalación crítica.

Los disturbios eléctricos son los causantes de dichos efectos serios, estos se muestran a continuación en la figura 4.1:

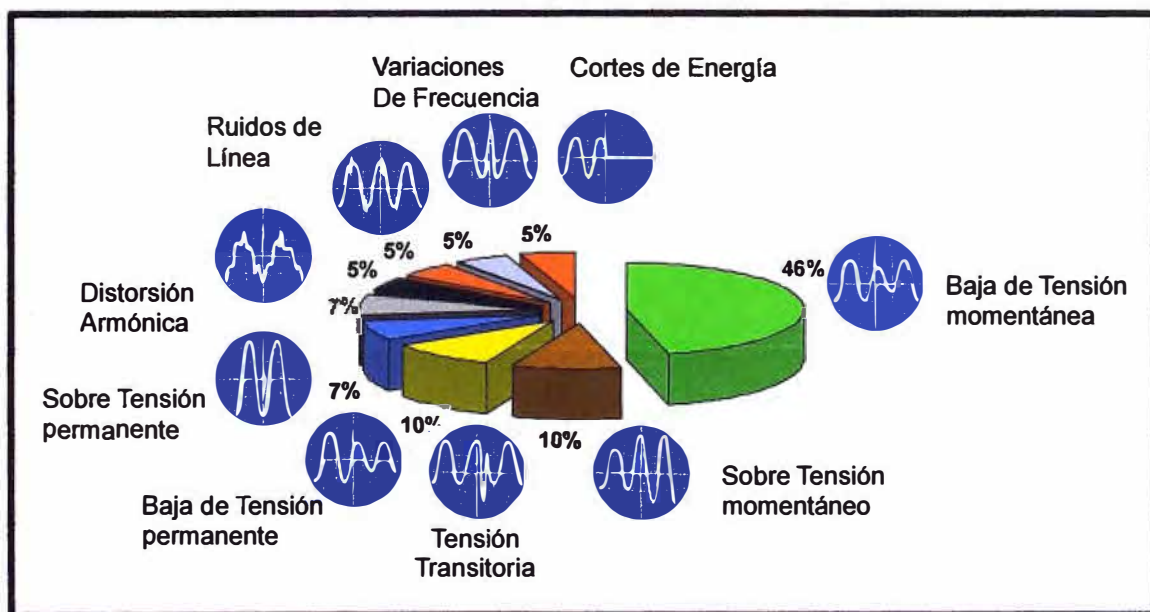


Figura 4.1: Parámetros de Calidad de Energía, el gráfico presenta el porcentaje de ocurrencia de los disturbios eléctricos que están presentes en la red eléctrica.

4.5 Análisis de los factores como causa del problema

Entre alguno de los factores, que tienen incidencia en los problemas de confiabilidad y calidad de energía de una instalación o entorno crítico son:

- **Ausencia de sistemas de respaldo de energía**, en algunos casos las instalaciones eléctricas de los entornos críticos, han sido diseñadas e implementadas sin tener en cuenta la necesidad de contar con equipos o sistemas que garanticen la continuidad de los procesos o servicios.

- **Desconocimiento del concepto de redundancia de los diseñadores y proyectistas,** durante la fase diseño de una instalación se ignoran ciertos requerimientos mínimos a tener en cuenta, o durante la ejecución se detectan las deficiencias pero la corrección de la misma no procede por la falta de adaptabilidad de la instalación y también por temas presupuestales.
- **Falta de información,** los usuarios finales no tienen idea de las graves consecuencias de prescindir de un sistema eléctrico confiable y libre de perturbaciones.

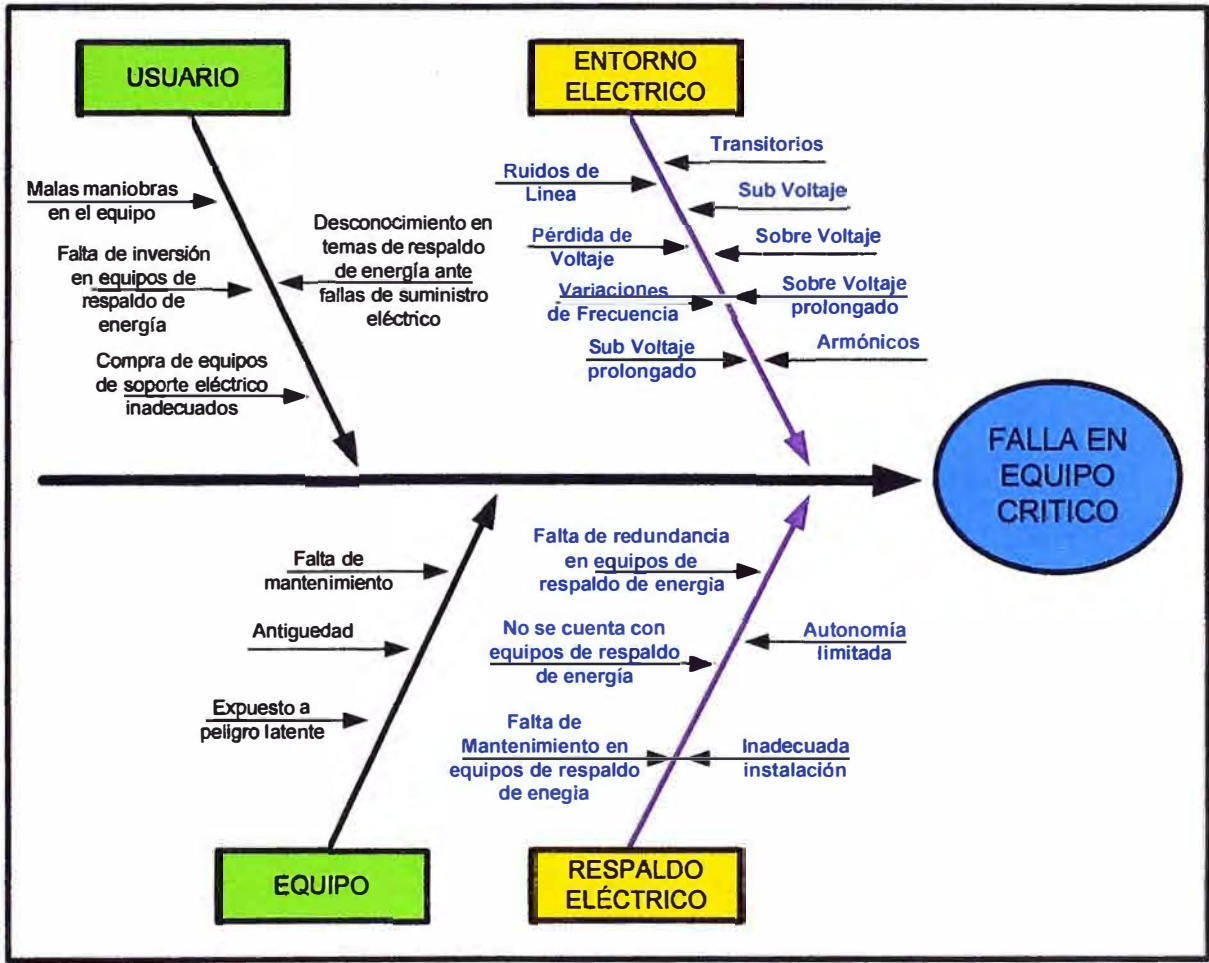


Figura 4.2: Diagrama de Ishikawa de las posibles causas de falla en un equipo crítico.

- **Infraestructura no adecuada,** debido a espacios reducidos, mala ubicación, accesos restringidos, construcciones antiguas, los cuales no permiten realizar adaptaciones en su instalación.
- **Falta de presupuesto,** esto debido a que implementar un sistema de respaldo de energía no es barato, pero si evaluamos los riesgos y pérdidas económicas a causa de fallos o interrupciones del suministro podemos justificar la inversión inicial.
- **La toma de decisiones,** muchas veces es realizada por personas ajenas a temas técnicos en calidad de energía.

- **Sistemas y/o equipos de respaldo operando en condiciones adversas**, ya sea por falta de mantenimiento, ausencia de sistemas de ventilación, instalaciones precarias e improvisadas, etc.
- **Falta de monitoreo remoto a través de la red**, para visualización de los parámetros de funcionamiento en tiempo real.

Para una mejor identificación de las causas de los problemas podemos utilizar el diagrama de Ishikawa, descrito con mayor detalle en el capítulo II de este informe, para nuestro caso se han identificado las siguientes causas comunes en los Centros de Cómputo y Salas de Uso Médico: Usuario, Equipo, Entorno Eléctrico y Respaldo Eléctrico.

4.6 Opciones de solución en sistemas de respaldo de energía

Una vez identificado el problema procederemos a seleccionar la solución más óptima, la cual deberá ser económicamente rentable, que permita una considerable disminución de los problemas de calidad de energía y una elevada confiabilidad del suministro eléctrico, además de contemplar la disminución de averías y/o fallas en los equipos de los entornos críticos garantizando su funcionamiento.

Un sistema con tolerancia a fallas es aquel que puede soportar fallas en los dispositivos y/o sub-sistemas sin interrupción de la operación normal. Esto puede ser logrado eliminando los puntos de falla e instalando equipos adicionales de respaldo (redundancia), aunado a un diseño cuidadoso y a un buen plan de mantenimiento.

Como puede deducirse del presente informe de suficiencia, la elección de un sistema de respaldo de energía no es un asunto trivial.

Existe una gran variedad de equipos, aparatos y sistemas de respaldo de energía disponibles en el mercado, que nos pueden ayudar a mejorar de la confiabilidad y calidad de suministro eléctrico.

En resumen para la eliminación de puntos de averías es introduciendo elementos esenciales dentro de instalación, estas son:

- Redundancia.
- Eliminación de los puntos de falla.
- Buen programa de mantenimiento.

En el Capítulo III se describieron los equipos y sistemas de forma individual que pueden ser utilizados para dar solución a los problemas eléctricos de confiabilidad y calidad de energía de los entornos críticos, estos son: Grupo Electrónico, Banco de Baterías, Sistemas de Alimentación Ininterrumpido, Rectificadores AC/DC, Inversores DC/AC.

La elección de uno u otro o el agrupamiento de ellos, dependerá de:

- Características y requerimientos de las cargas a alimentar y del tipo.
- Duración y severidad de las perturbaciones que éstas puedan tolerar. Es decir, el punto de partida para la selección de una de las opciones existentes es el análisis de las necesidades eléctricas propias y de las perturbaciones más comunes de la aplicación, luego de ello podremos escoger el equipo o el sistema adecuado a instalar.
- Cuan crítica es para una empresa/institución la información que procesan los equipos a respaldar.
- Cuan sensible son los equipos a proteger.
- El costo de los equipos a proteger.
- El presupuesto disponible para la adquisición del sistema de respaldo.

4.6.1 Beneficios de los sistemas de respaldo de energía en paralelo

Los sistemas de respaldo de energía en paralelo han sido siempre más ventajosos que las unidades únicas. Sin embargo, la aplicación de estos sistemas ha estado limitada a grandes proyectos o aplicaciones de misión crítica, debido a las limitaciones de costo más elevado, espacio y el alto nivel de complejidad para configurar y mantener.

a) Confiabilidad del sistema de respaldo de energía

La redundancia en paralelo de los sistemas de respaldo proporciona una mayor confiabilidad que la que ofrece un solo sistema. Si una unidad falla, las cargas críticas son abastecidas entre las otras unidades en el sistema sobre una base prioritaria. En muchos entornos, las cargas críticas que requieren el más alto grado de poder de respaldo fiable en general representan sólo una fracción de la energía total generada por el sistema. En un sistema paralelo, esto significa que los elementos más críticos tendrán la redundancia necesaria para mantener la energía, incluso si una de los sistemas falla.

b) Capacidad de expansión en el sistema de respaldo de energía

Cuando se dimensiona un sistema de respaldo de energía, frecuentemente es difícil determinar con precisión la proyección de aumentos de carga y planificar adecuadamente los requisitos adicionales de forma anticipada. Si las proyecciones de carga son sobredimensionadas, la inversión inicial en un sistema de respaldo podría ser superior a lo necesario. Por otra parte, si las proyecciones de carga son subdimensionadas, se corre el riesgo de quedar sin energía de reserva confiable, estar limitado en la adición de nuevos equipos o de tener que recurrir a costosas actualizaciones de sistemas de respaldo de energía.

Implementando sistemas de respaldo en paralelo, nos facilita a poder realizar variaciones en la carga sin rebasar nuestro presupuesto. Siempre y cuando se tenga suficiente espacio físico, los sistemas de respaldo se pueden agregar para el suministro de energía adicional cuando sea necesario.

c) Flexibilidad de los sistemas de respaldo de energía

Cuando utilizamos varias unidades en paralelo ofrecemos una mayor flexibilidad que utilizar una sola unidad de gran tamaño y alta capacidad. Los Sistemas de Respaldo pequeños que operan en paralelo no requieren ser agrupados y se pueden ubicar de manera distribuida reduciendo la necesidad de espacio muy grande para un solo sistema de respaldo de mayor tamaño, estos a menudo se pueden instalar en pequeñas instalaciones o cuando el espacio es un factor limitativo.

d) Facilidad de mantenimiento y de servicio de un sistema de respaldo de energía

Si un sistema de respaldo deja de funcionar o requiere de mantenimiento, las unidades individuales pueden ser desmanteladas y revisadas sin interrumpir el funcionamiento de otras unidades. La redundancia en un sistema paralelo proporciona varios niveles de protección y garantiza un suministro ininterrumpido de energía para los circuitos críticos de una instalación.

e) Costo – Eficacia y calidad de rendimiento de un sistema de respaldo de energía

Las unidades individuales que operan en paralelo suelen ser de menor capacidad con avanzada tecnología de fabricación que les da un alto grado de confiabilidad y bajo costo de generación por unidad de energía, a diferencia de instalar una sola unidad.

4.6.2 Configuraciones en paralelo de un sistema de respaldo de energía

A continuación analizaremos algunas opciones de configuración de los sistemas de respaldo de energía recomendables para la mejora de la confiabilidad y calidad de la energía eléctrica de una instalación o entorno crítico.

Se utilizan habitualmente las nomenclaturas:

- N, configuración por capacidad ó sin redundancia.
- N+1, redundancia en paralelo.
- 2N, redundancia sistema + sistema.
- 2(N+1), doble redundancia paralelo.

Estas nomenclaturas son muy utilizadas para designar las distintas configuraciones en paralelo redundante de los Sistemas de Respaldo de Energía, en especial para los Sistemas de Alimentación Ininterrumpido y Grupos Electrónicos.

Se debe tener en cuenta que no todas las configuraciones “N+1” ó “2N” son iguales, dependerán del tipo de solución que se requiera y del nivel de criticidad de la carga a proteger.

Esta nomenclatura indica un planteamiento de diseño para cualquier solución, cada implementación es un caso totalmente diferente y eliminar los posibles puntos de fallo es una cuestión de ingeniería eléctrica y de inversión de capital.

➤ **“N” – Configuración por capacidad (o sin redundancia)**

Designa las instalaciones en las que un sistema de respaldo (SAI, Rectificador, Inversor, Banco de Baterías o Grupo Electrónico) o varios de ellos en paralelo proporcionan capacidad equivalente a la carga total de los equipos a salvaguardar.

Es la configuración más simple, no proporciona redundancia y se requiere que ante cualquier mantenimiento sobre la instalación se pierda la seguridad proporcionada por estos sistemas de respaldo.

Son utilizados en los centros de cómputo cuyo grado TIER es “I” (Según TIA-942) y en salas de uso médico de grado “0” y en algunas de grado “1” (Según IEC 60364-7-710: 2002-11).

Este tipo de configuración es muy utilizado en instalaciones no críticas (Ver Figura 4.3).

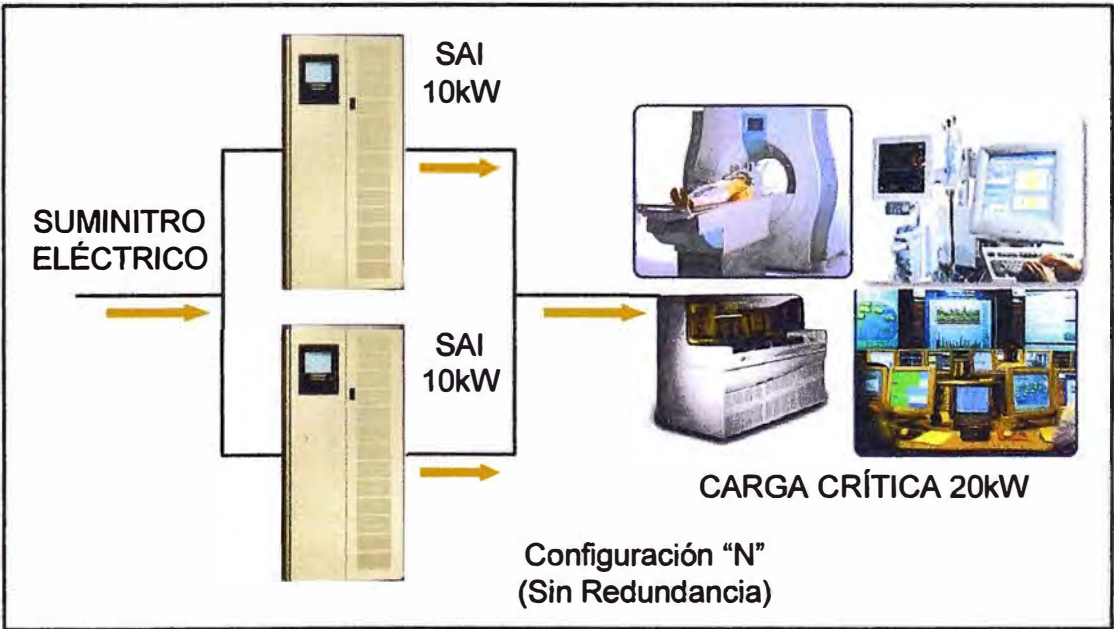


Figura 4.3: “N”, configuración paralelo en capacidad, sin redundancia.

➤ **“N+1” – Redundancia en paralelo**

Configuración en la que “N+1” sistemas de respaldo soportan la carga crítica a la vez; siendo cada capaz de soportar toda la carga al completo los “N” sistemas ante la falla de uno de ellos. Esta es una de las configuraciones más utilizadas por su simplicidad, facilidad

de instalación y confiabilidad; requiere que los sistemas de respaldo estén sincronizados (Ver Figura 4.4). Para el caso de los SAI's, Rectificadores e Inversores, es mucho más estricto ya que se requiere que sean del mismo fabricante y de la misma potencia; para el caso de Grupos Electr6genos pueden utilizarse equipos de diferentes capacidades y de diferentes marcas pero bajo ciertas condiciones de monitoreo, protecci6n, supervisi6n y de operaci6n (sincronismo, reparto de carga, etc.).

Este dise1o tiene puntos 6nicos de fallo en la alimentaci6n principal del sistema; y en la distribuci6n hacia la carga para todos los mencionados, este dise1o no es tolerante a fallos, aunque esto 6ltimo puede ser superado seg6n la implementaci6n (se pueden realizar diversas combinaciones de los sistemas de respaldo).

Son utilizados en los centros de c6mputo cuyo grado TIER es "II", "III" y "IV" (Seg6n TIA-942) y en salas de uso m6dico de grado "2" y el algunas de grado "1" (Seg6n IEC 60364-7-710: 2002-11).

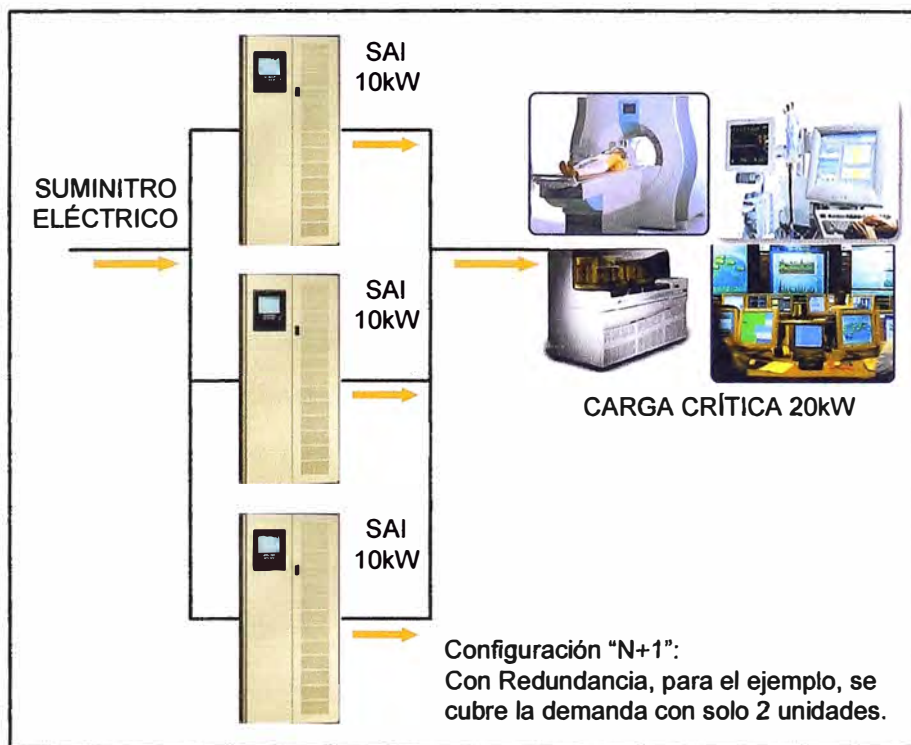


Figura 4.4: "N+1", configuraci6n en paralelo redundante.

➤ "2N" – Redundancia sistema + sistema

El dise1o t6pico de esta configuraci6n puede equivaler a 2 sistemas de capacidad "N" alimentando simult6neamente las cargas cr6ticas, por ejemplo: 2 sistemas de cualquier configuraci6n ya sea SAI+ Grupo, Grupo + Grupo, etc. Tiene muchas posibles implementaciones en las que es posible eliminar los posibles puntos de fallo, con el consiguiente incremento en costos al redundar tableros el6ctricos, tableros de transferencia

automática, etc. Es un diseño tolerante a fallos que, para mayor disponibilidad, suele implementarse como 2(N+1).

Son utilizados normalmente en los centros de cómputo cuyo grado TIER es de “IV” (Según TIA-942) siempre y cuando se utilicen 2 suministradores de energía eléctrica distintos (Ver Figura 4.5).

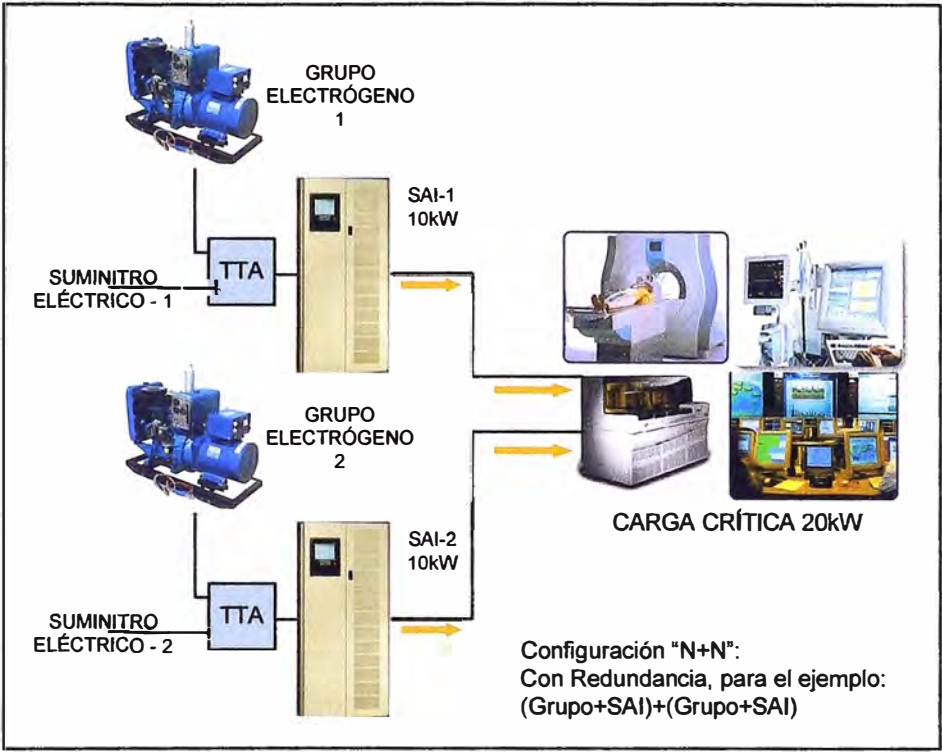


Figura 4.5: “2N”, configuración Sistema + Sistema (Grupo-SAI + Grupo SAI).

➤ **“2(N+1)” – Doble redundancia paralelo**

Aplicado a generalmente a SAI’s e Inversores y con poca frecuencia en otro tipo de sistemas de respaldo por su complejidad y costos elevados (Ver Figura 4.6). Esta configuración corresponde a 2 configuraciones de redundancia paralelo alimentando simultáneamente el equipamiento crítico. Requiere al menos cuadruplicar la potencia eléctrica necesaria para alimentar los sistemas informáticos ya que cada una de los cuatro sistemas de respaldo mínimas requeridas tiene que ser capaz de proteger toda la carga al completo. Todo el sistema es tolerante a fallos y puede mantenerse sin exponer los sistemas a interrupciones del servicio.

Requiere dos sistemas capaces de soportar independientemente toda la carga de la instalación.

Son utilizados normalmente en los centros de cómputo cuyo grado TIER es de “IV” (Según TIA-942) siempre y cuando se utilicen 2 suministradores de energía eléctrica distintos.

➤ “2(N+1)” – Redundante distribuida

Aplicado a los SAI's, este diseño intenta reducir el número de SAI's requeridos para soportar una configuración 2(N+1) doblemente redundante. Utiliza STS's (STS: Conmutador de Transferencia Estática) para proporcionar redundancia a partir de un número menor de elementos y desde una sola fuente de energía (Ver Figura 4.7).

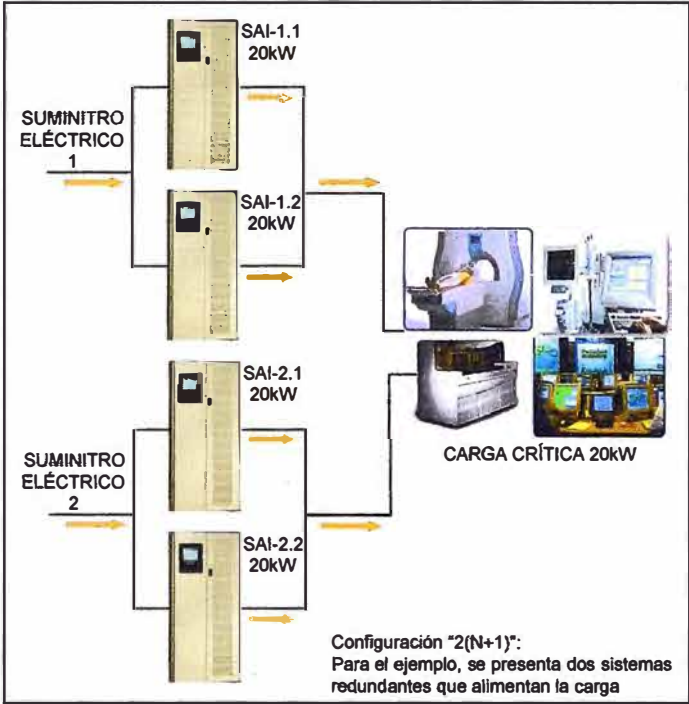


Figura 4.6: “2(N+1)”, configuración doble redundancia paralelo de SAI's.

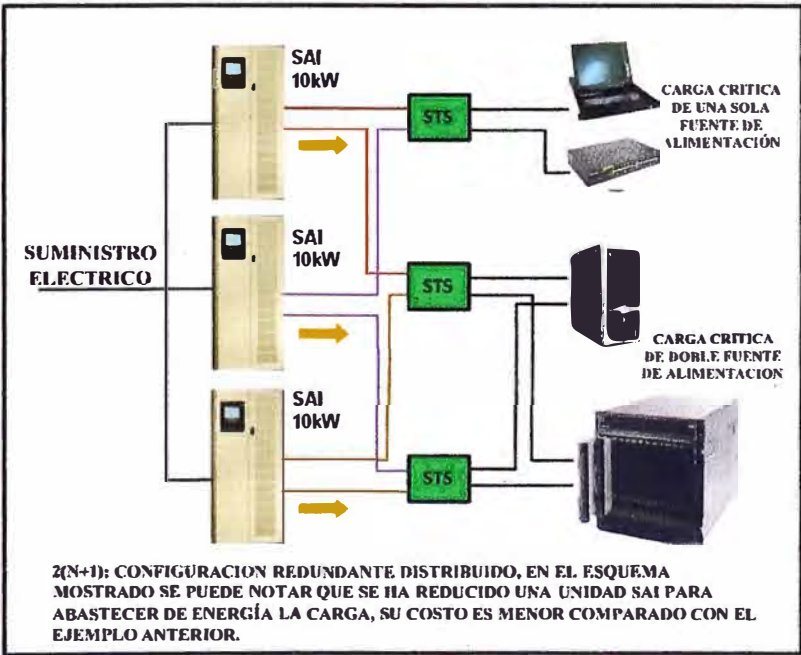


Figura 4.7: “2(N+1)”, configuración doble redundancia paralelo, para un sistema de SAI's

4.6.3 Conexión en paralelo de Grupos Electrógenos

La conexión en paralelo de grupos electrógenos, requiere de una gestión más precisa de la conexión.

- **Defectos de aislamiento**

Un defecto de aislamiento en el interior de la carcasa metálica de un conjunto de grupos puede deteriorar gravemente el grupo de este juego si éste se parece a un cortocircuito de monofásico a neutro. El defecto puede detectarse y eliminarse rápidamente, de lo contrario los otros grupos generarán energía en el defecto y se dispararán durante una sobrecarga: no se podrá garantizar la continuidad del suministro a la instalación.

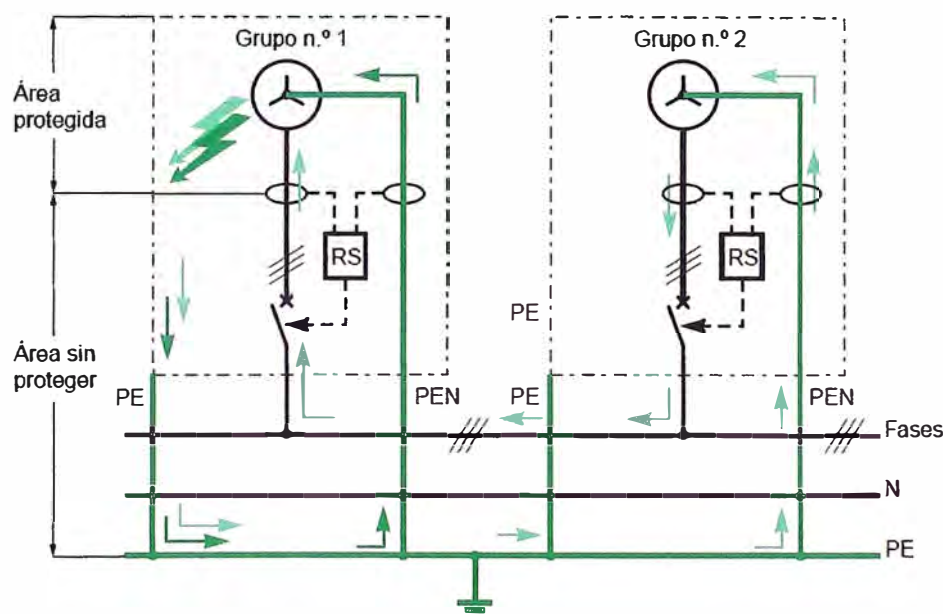


Figura 4.9: Posibles defectos de aislamiento de grupos en paralelo (Fuente: Capítulo N Schneider Electric – Generadores y cargas específicas).

- **Funcionamiento en paralelo**

Para colocar en paralelo dos o más grupos electrógenos en paralelo se debe verificar que las secuencias de fases sean iguales, la tensión y la frecuencia para asegurar que estén en sincronía y solo en ese momento se puede proceder a activar la instalación en paralelo. Existe un equipo llamado sincronoscopio que se usa en estos casos de conexiones en paralelo de grupos electrógenos.

Mientras los grupos producen la energía en paralelo para alimentar a la carga crítica, deben estar bien sincronizados (tensión, frecuencia) y la distribución de carga debe estar correctamente equilibrada. Esta función la lleva a cabo el regulador de cada grupo (regulación térmica y de excitación). Los parámetros (frecuencia, tensión) se controlan

antes de la conexión: si los valores de estos parámetros son correctos, puede establecerse la conexión.

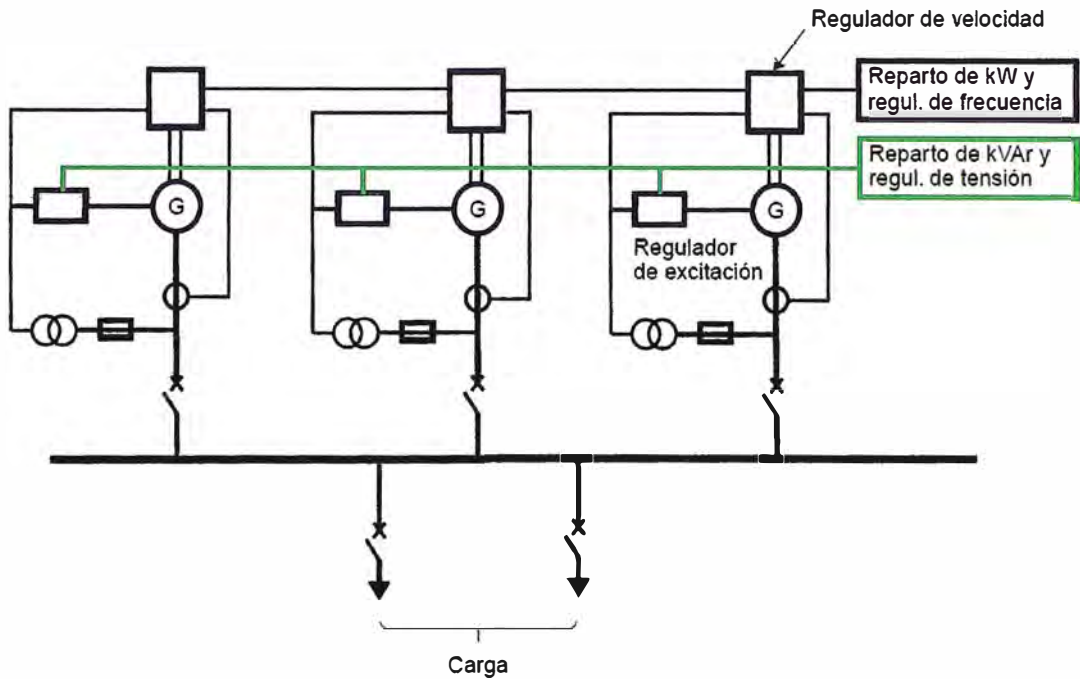


Figura 4.8: Conexión de Grupos Electrógenos en paralelo (Fuente: Capítulo N Schneider Electric – Generadores y cargas específicas).

4.6.4 Selección de Banco de Baterías

Los tipos de baterías que se utilizan en los SAI, Rectificador e Inversor son:

- Baterías de plomo herméticas, utilizadas en el 95% de los casos, ya que son fáciles de mantener y no necesitan mucho espacio.
- Baterías de plomo abiertas.
- Baterías de níquel-cadmio abiertas.

Según los factores económicos y los requisitos de funcionamiento de la instalación, pueden proponerse los tres tipos de baterías que acaban de mencionarse con todas las duraciones de vida útil disponibles.

Los niveles de capacidad y los tiempos de respaldo pueden adaptarse a las necesidades del usuario. Las baterías propuestas también se adaptan perfectamente a las aplicaciones SAI, Rectificador, Inversor.

• Métodos de instalación del Banco de Baterías

En función de la gama de SAI, de la capacidad de la batería y del tiempo de autonomía, las baterías se pueden montar de las siguientes maneras:

- En estanterías o racks (ver la Figura 4.10), este método de instalación es posible para baterías herméticas sin mantenimiento que no necesiten rellenar el electrolito.



Figura 4.10: Montaje en Estantería

➤ Montaje en grada (ver la Figura 4.11), este método de instalación es adecuado para todos los tipos de baterías y especialmente para las abiertas, dado que la verificación de niveles y el rellenado son sencillos.

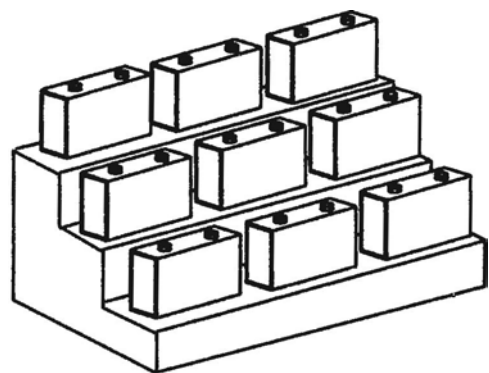


Figura 4.11: Montaje en Gradas

➤ En armarios (ver la Figura 4.12), este método de instalación es adecuado para baterías herméticas. Es fácil de montar y ofrece máxima seguridad.

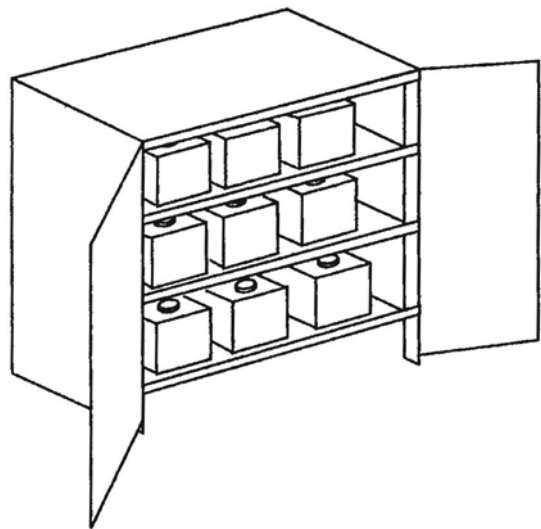


Figura 4.12: Montaje en Armarios

• **Selección del tiempo de Autonomía**

La selección del tiempo de autonomía de un banco de baterías depende de:

- La duración media de las fallas del sistema eléctrico.
- La potencia auxiliar de larga duración que sea necesaria.
- El tipo de aplicación.

El rango típico que se suele proponer es:

- Tiempos de apoyo (autonomía) 5, 10, 15 o 30 minutos.
- Tiempos de apoyo (autonomía) personalizados.

Para el cálculo de la autonomía es necesario tener la siguiente información:

- Eficiencia de Inversor en % (para el caso de SAI's).
- Potencia de la carga crítica, dado en kW.
- Tensión en Corriente Continua del Bus del UPS (Voltaje Nominal del Banco de Baterías).
- Número de Celdas de cada Batería.
- Capacidad en Ampere-Hora de la batería.
- Tensión VDC de la Batería.
- Watts / Celdas de cada batería (dependerá de la marca y modelo), este dato es proporcionado por el fabricante para determinados tiempos de autonomía, en caso de requerir un tiempo de autonomía específico se puede obtener de forma gráfica.

Un ejemplo de cálculo de autonomía se da a continuación, los datos que tenemos son los siguientes:

Figura 4.1: Datos para cálculo de autonomía de las baterías [9]

Ítem	Descripción	Dato
1	Potencia Aparente de UPS	30 kVA
2	Potencia Activa de UPS	24 kW
3	Eficiencia del Inversor	95 %
4	Bus DC del UPS	480 VDC
5	Número de Banco de Baterías	1 Unidad
6	Número de Baterías por Banco	20 Unidades
7	Capacidad de Batería	26 Ampere-hora
8	Voltaje Nominal de la Batería	12 VDC
9	Número de celdas por Batería	6
10	Carga Crítica a proteger	20kW

Se desea calcular la autonomía del banco de baterías, gráficamente lo podemos ver en la figura 4.13:

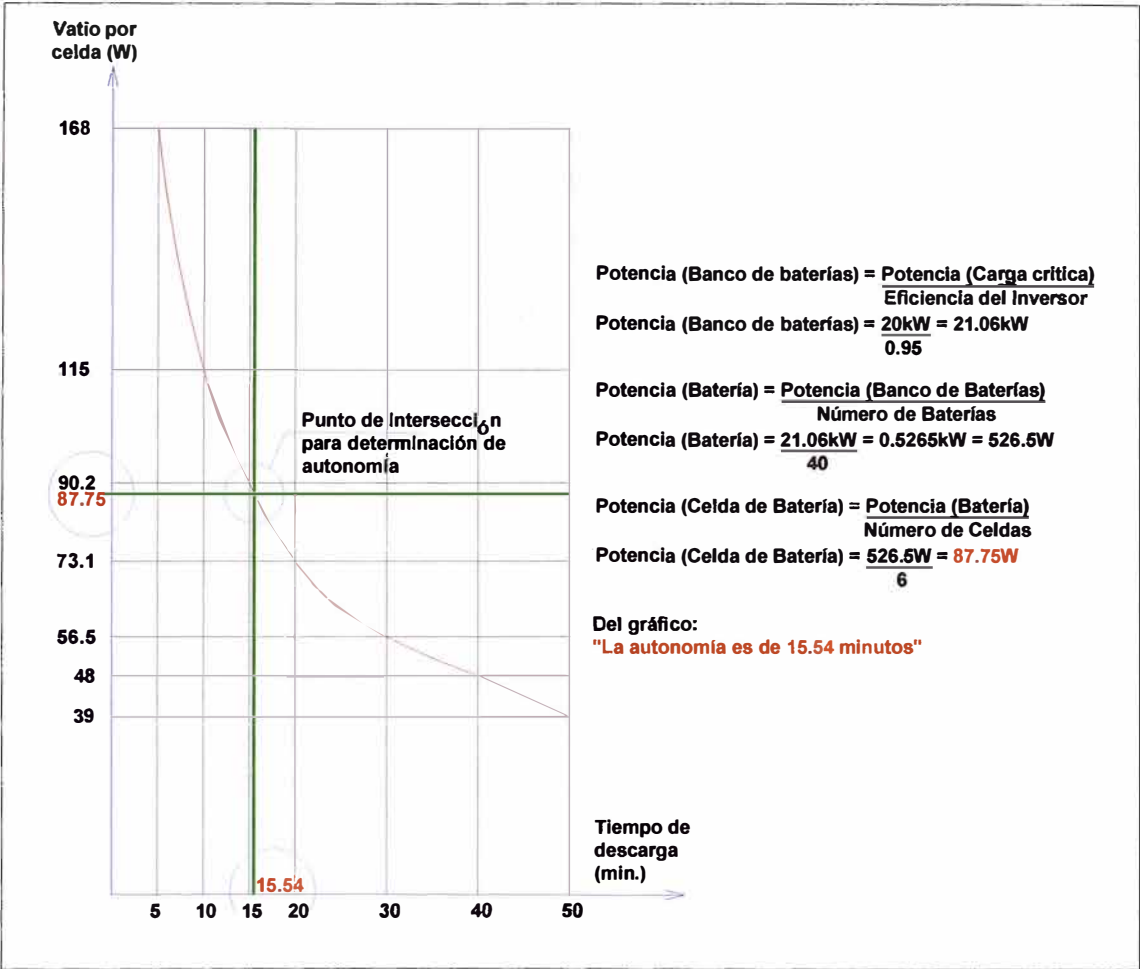


Figura 4.13: Cálculo de autonomía de un banco de baterías.

En las instalaciones críticas se aplican las siguientes reglas generales:

➤ **En Centros de Cómputo.**

La autonomía de la batería debe ser suficiente para que se alimente a la carga crítica mientras se realiza encendido del grupo electrógeno, o en otros casos debe ser lo suficiente para poder guardar la información y llevar a cabo los procedimientos de apagado de los sistemas necesarios para garantizar una desconexión controlada del sistema informático. El cálculo de la autonomía debería tener en cuenta el coste económico que supone una interrupción del proceso y el tiempo necesario para volver a iniciarlo.

➤ **En Salas de Uso Médico**

Similar al caso anterior, la autonomía de la batería debe ser suficiente para que se alimente a la carga crítica mientras se realiza encendido del grupo electrógeno, o en otros casos debe ser lo suficiente elevado para poder continuar por largos periodo de tiempo, las actividades críticas que se realizan en dichos entornos.

Para ambos casos, el cálculo de la autonomía debería tener en cuenta el coste económico y humano que supone una interrupción del proceso y el tiempo necesario para volver a iniciarlo.

4.6.5 Conexión en paralelo de Sistemas de Alimentación Ininterrumpido

La configuración en paralelo convierte a SAI en la fuente ideal para todas las aplicaciones críticas, porque garantizan disponibilidad y calidad de energía sea cual sea el estado de la instalación, es muy utilizado para disminuir los puntos de falla de una instalación. Se analizará de forma gráfica algunas de las configuraciones de SAI's en paralelo redundante de acuerdo a lo indicado en el punto 4.6.2, para fines prácticos consideraremos una carga crítica de 40kVA, para lo cual analizaremos los posibles puntos de falla de las configuraciones disponibles para sistemas paralelos.

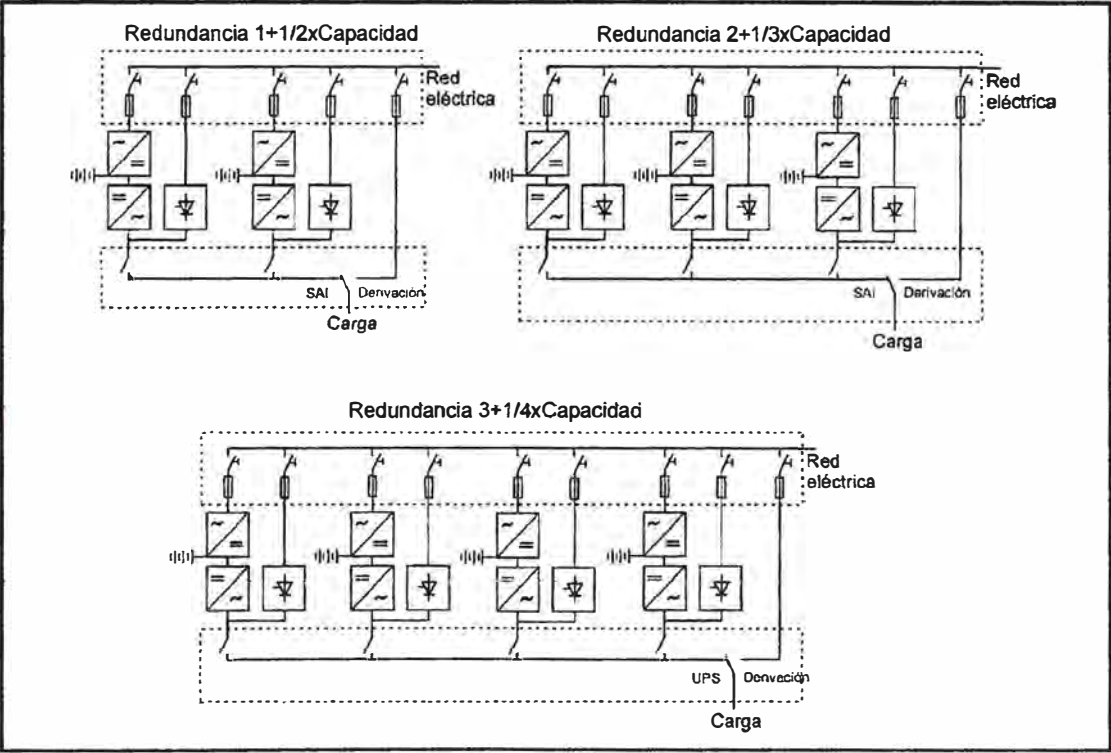


Figura 4.14: Sistemas de Alimentación Ininterrumpido en paralelo.

➤ **Configuración “N” por capacidad (Sin redundancia)**

Consideramos dos alternativas para alimentar a una carga de 40kVA de un Centro de Cómputo, la opción 1, considera dos SAI (o UPS) de 20kVA cada uno en paralelo, la opción 2 considera un SAI (o UPS) de 40kVA (Figura 4.15). Un posible fallo en uno de los SAI de 20kVA de la opción 1 dejara sin suministro a la carga crítica ya que con solo uno de ellos no se podrá satisfacer la demanda; por otro lado la falla del SAI de 40kVA de la opción 2 tendrá como consecuencia la pérdida total del suministro (Figura 4.16).

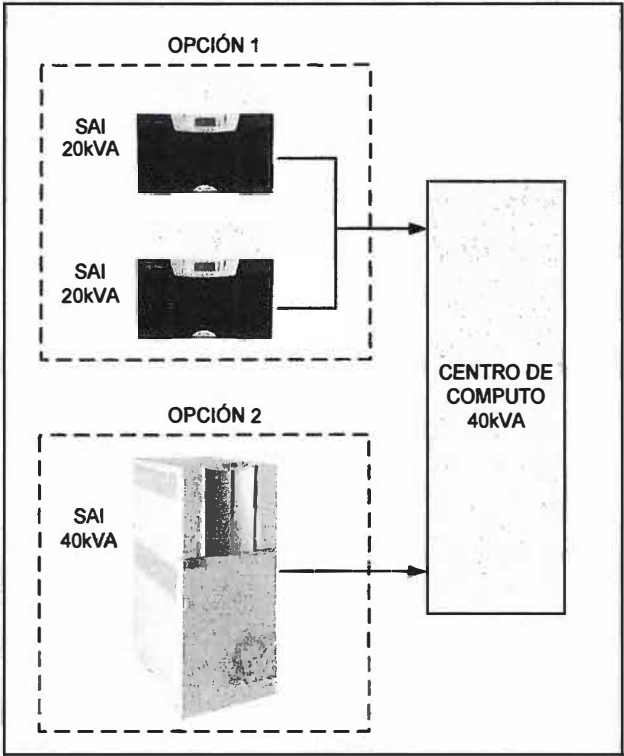


Figura 4.15: Instalación de SAI’s en configuración “N” por capacidad.

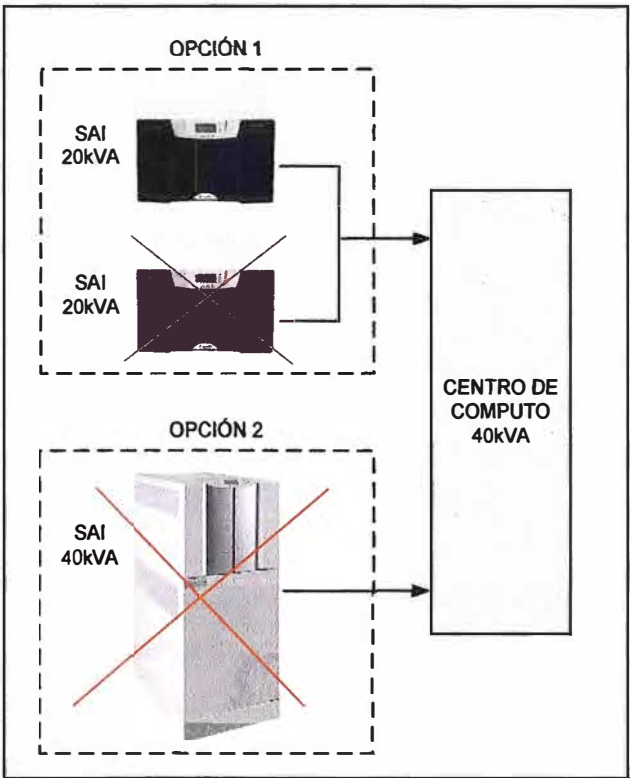


Figura 4.16: Análisis de posibles fallos en instalación de SAI’s en configuración “N” por capacidad.

➤ **Configuraciones en Redundancia Paralelo**

Consideramos 4 alternativas para alimentar a una carga de 40kVA de un Centro de Cómputo, estas se describen a continuación:

- La opción 1 considera dos SAI (o UPS) de 20kVA cada uno, en configuración paralelo por capacidad sin redundancia “N”.
- La opción 2 considera tres SAI’s (o UPS) de 20kVA cada uno, en configuración paralelo redundante “N+1”.
- La opción 3 considera cuatro SAI’s (o UPS) de 20kVA cada uno, en configuración paralelo redundante sistema + sistema “2N”.
- La opción 4 considera seis SAI’s (o UPS) de 20kVA cada uno, en configuración paralelo con doble redundancia “2(N+1)”.

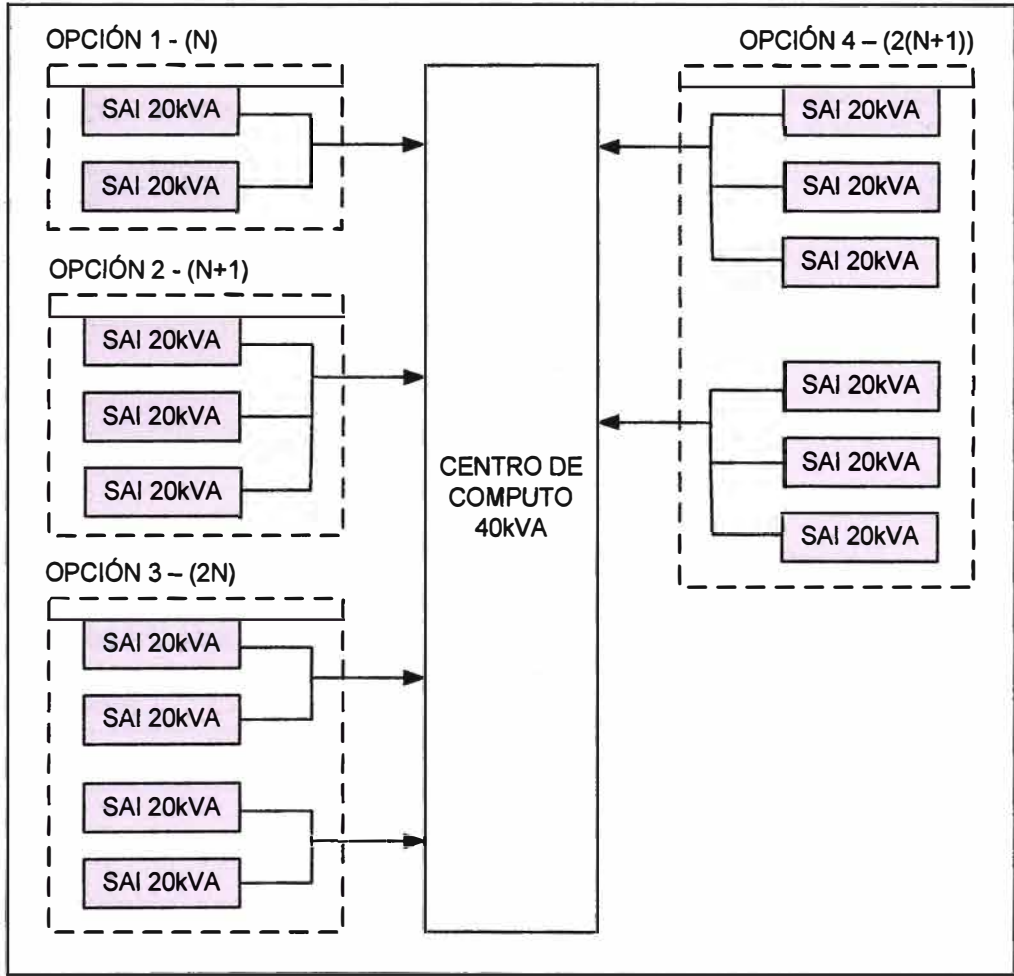


Figura 4.16: Cuatro alternativas de alimentación para un carga crítica de 40kVA.

De la figura 4.15, se simulará las siguientes fallas:

➤ Caso 1: falla en uno de los componentes de cada sistema (ver Figura 4.16 y Tabla 4.1); si simulamos la falla de uno de los UPS’s podemos observar que con la configuración “N” se perdería el suministro de energía a la carga crítica ya que el sistema fallaría por sobrecarga; para las configuraciones “N+1”, “2N” y “2(N+1)”, a pesar de dicha falla en cada sistema no se pierde el suministro de energía, con lo que se puede comprobar que con el uso de sistemas redundantes se obtiene un mayor grado de confiabilidad.

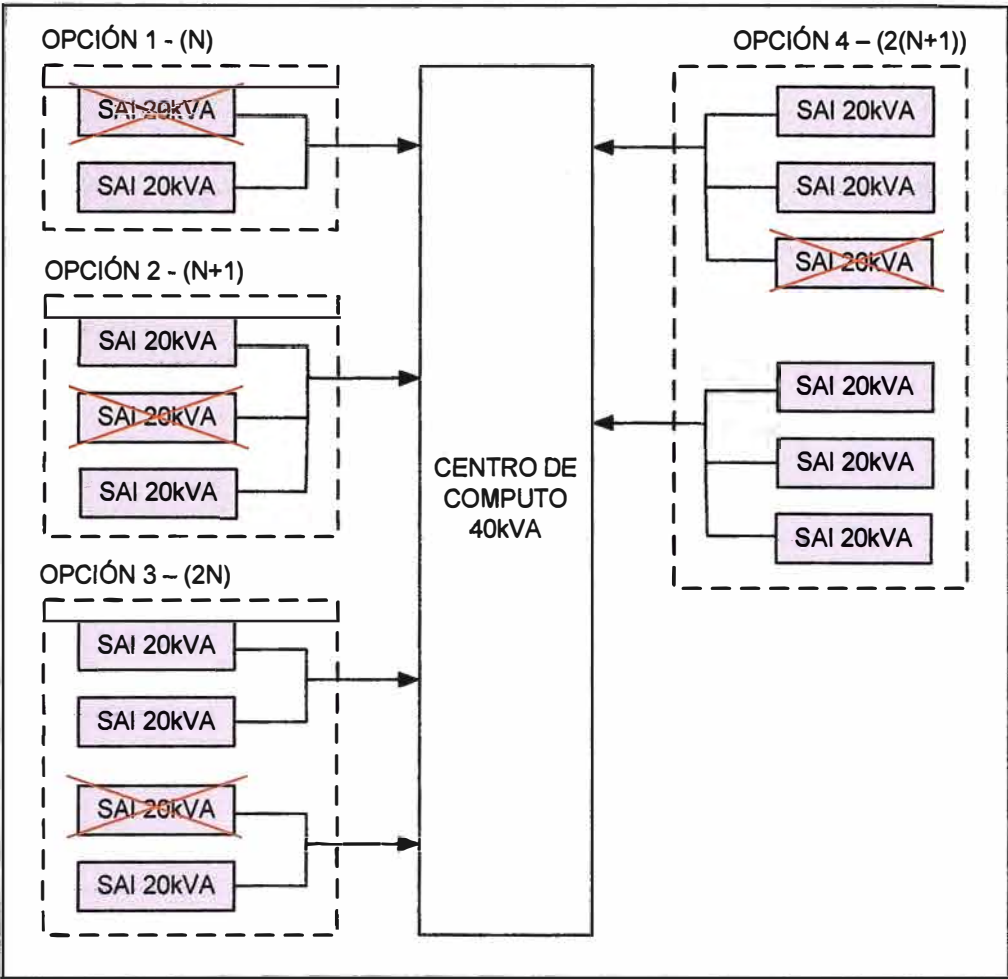


Figura 4.17: Falla en uno de los componentes.

Tabla 4.1: Resumen de los efectos en la falla de un componente [16].

Ítem	Configuración	Efecto
1	N	Pérdida de Suministro
2	N+1	Operación Normal
3	2N	Operación Normal
4	2(N+1)	Operación Normal

➤ Caso 2: falla en el sub-sistema para las configuraciones “N+1”, “2N” y “2(N+1)” o la falla del sistema para el caso “N” (ver Figura 4.17 y Tabla 4.2); para este tipo de fallas simultáneas podemos observar que para la configuración “N” se produciría la pérdida total del suministro de energía a la carga crítica; sin embargo para las configuraciones “2N” y “2(N+1)”, a pesar de la falla de uno de los sub-sistemas no se pierde el suministro de energía hacia la carga crítica, si comparamos el Caso 2 con el Caso 1, podemos ver claramente que para una falla de mayor grado (la falla de un sub-sistema) las configuraciones “2N” y “2(N+1)” son las más confiables y seguras.

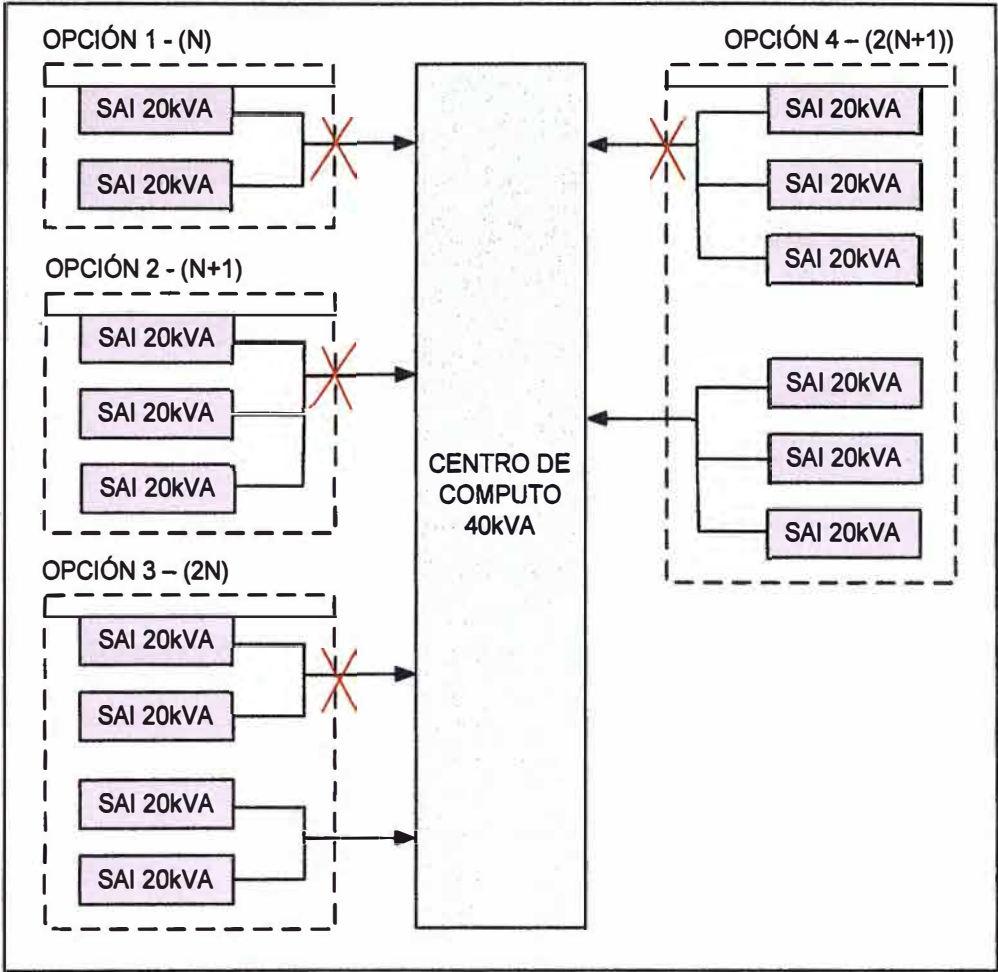


Figura 4.18: Falla en uno de los sistemas o sub-sistemas.

Tabla 4.2: Resumen de los efectos en la falla de un sistema o sub-sistema [16].

Ítem	Configuración	Efecto
1	N	Pérdida de Suministro
2	N+1	Pérdida de Suministro
3	2N	Operación Normal
4	2(N+1)	Operación Normal

➤ Caso 3: falla en un componente y un sub-sistema (ver Tabla 4.3 y Figura 4.18), solo para los casos de configuración: “2N” y “2(N+1)”; ante una falla de mayor gravedad cómo la falla de un sub-sistema y la de uno de los componentes de otro sub sistema podemos observar que con la configuración “2N” se produce la pérdida total del suministro de energía a la carga crítica; sin embargo para la configuración “2(N+1)”, a pesar de la presencia de ambas fallas no se pierde el suministro de energía hacia la carga crítica, este tipo de configuración es mucho más confiables que las presentadas anteriormente.

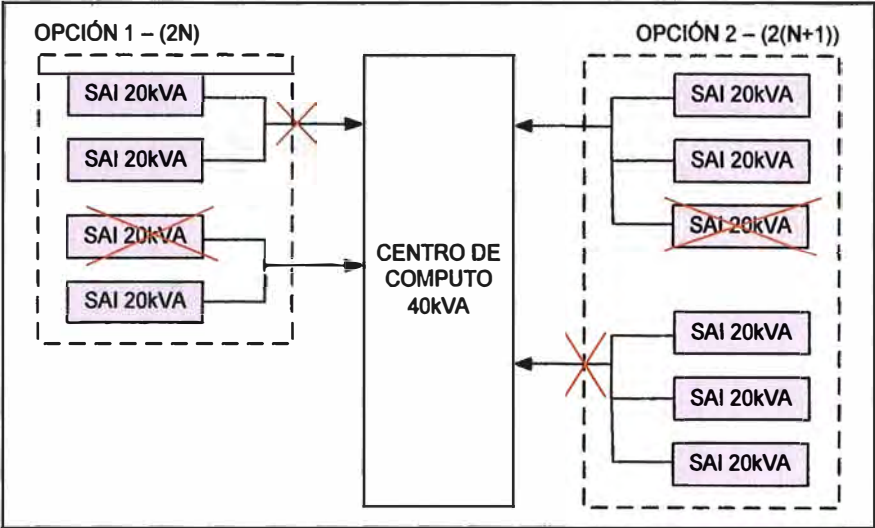


Figura 4.19: Falla en uno de los sub-sistemas y un componente.

Tabla 4.3: Resumen de los efectos en la falla de un sistema y un componente [16].

Ítem	Configuración	Efecto
1	2N	Pérdida de Suministro
2	2(N+1)	Operación Normal
3	2N	Pérdida de Suministro
4	2(N+1)	Operación Normal

➤ Caso 4: falla en tres de los componentes y un sub-sistema (ver Tabla 4.4 y Figura 4.19), solo para la configuración “2(N+1)”, ante la presencia de cuatro fallas cómo la falla de un sub-sistema y de tres de los componentes (o UPS’s) podemos observar que con la configuración “2(N+1)” no se pierde el suministro de energía hacia la carga crítica a pesar de presentarse 4 fallas en simultáneo, este tipo de configuración es mucho más seguro y fiable que las otras configuraciones presentadas anteriormente, además de ser la más costosa.

Tabla 4.3: Resumen de los efectos en la falla de un sub-sistema y tres componentes [16].

Ítem	Configuración	Efecto
1	N	No Aplica
2	N+1	No Aplica
3	2N	No Aplica
4	2(N+1)	Operación Normal

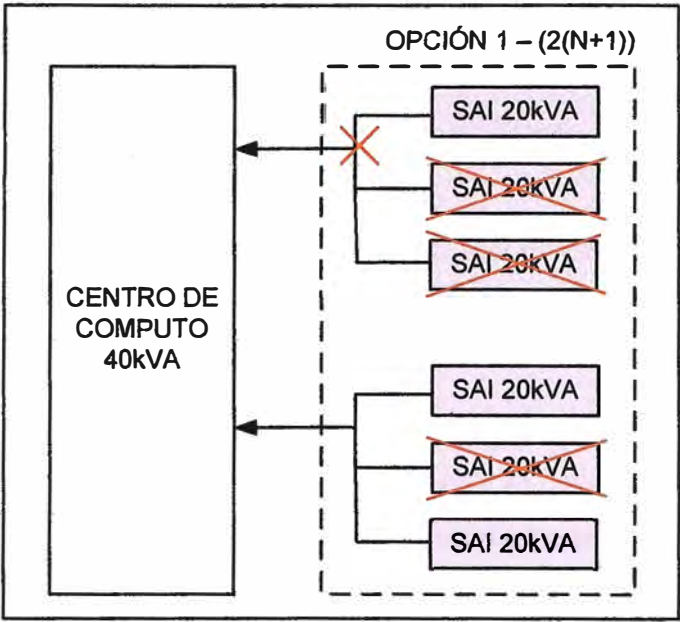


Figura 4.20: Falla en uno de los sistemas y tres componentes.

4.6.6 Conexión en Serie o Redundancia Aislada de un UPS

Este tipo de configuración es muy utilizada cuando se tienen dos UPS's con entrada dual de marcas diferentes y/o potencias diferentes, sin embargo se considera que la configuración de redundancia en paralelo es mucho más confiable, ya que esta configuración presenta los siguientes inconvenientes:

- Depende completamente de la transferencia exitosa de la carga crítica hacia el camino de By Pass, por parte del UPS que se encuentra en línea (UPS principal).
- Depende de la correcta aceptación de carga crítica por parte del UPS secundario.
- El paso del 100% de la carga crítica, en el UPS secundario, el cual significaría un problema serio para dicho UPS.

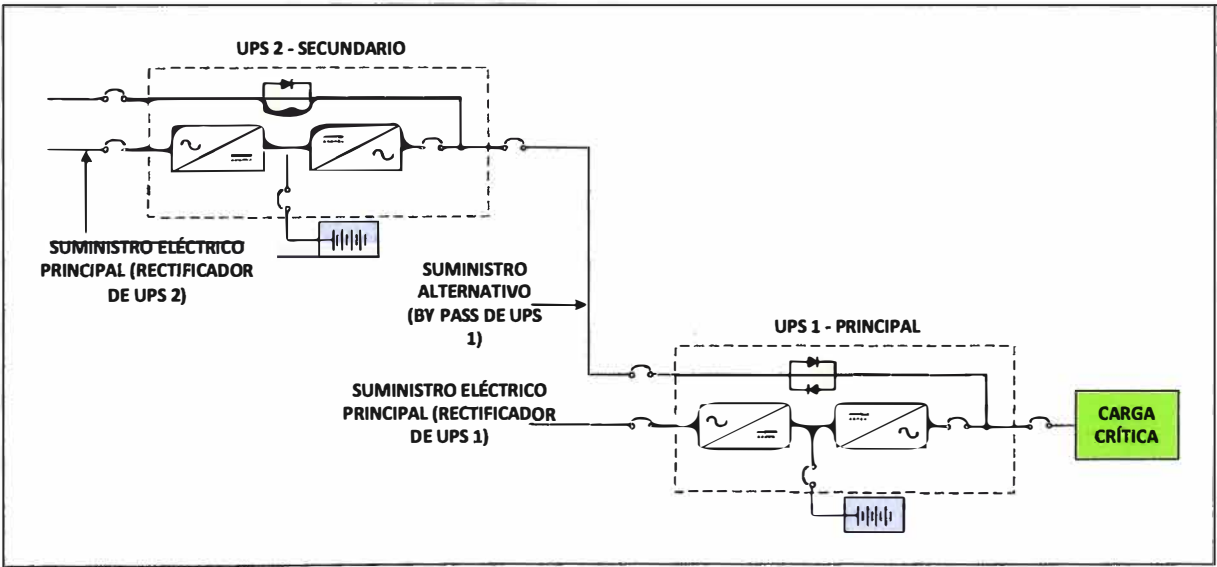


Figura 4.21: Configuración típica de un sistema en redundancia aislada.

La transferencia exitosa en esta configuración implica un proceso de cuatro pasos para el sistema:

- Reconocimiento, el UPS principal debe reconocer que se requiere realizar una transferencia
- Calificación, el UPS principal debe asegurarse que la transferencia es posible realizarla, o sea debe verificar si su by pass está disponible y en sincronía (voltaje y frecuencia aceptables).
- Ejecución, la transferencia en sí se debe llevar a cabo en el UPS principal, para ello el interruptor estático del by pass debe activarse, el inversor se debe desconectar o aislar.
- Aceptación, el UPS secundario debe aceptar el cambio brusco a su salida de 0 a 100% de carga, además de lograr mantener una variación de voltaje dentro de los límites aceptables para la carga crítica al momento de la transferencia. En este paso no es posible asegurar que el UPS se encuentre operativo, que sus baterías se encuentren en buen estado debido a que no son utilizadas frecuentemente, que acepte el paso de carga abrupto.

Estos cuatro pasos deben cumplirse en serie o sea si uno de los cuatro pasos falla no se realizará la transferencia y por lo tanto fallará el suministro de energía hacia la carga crítica.

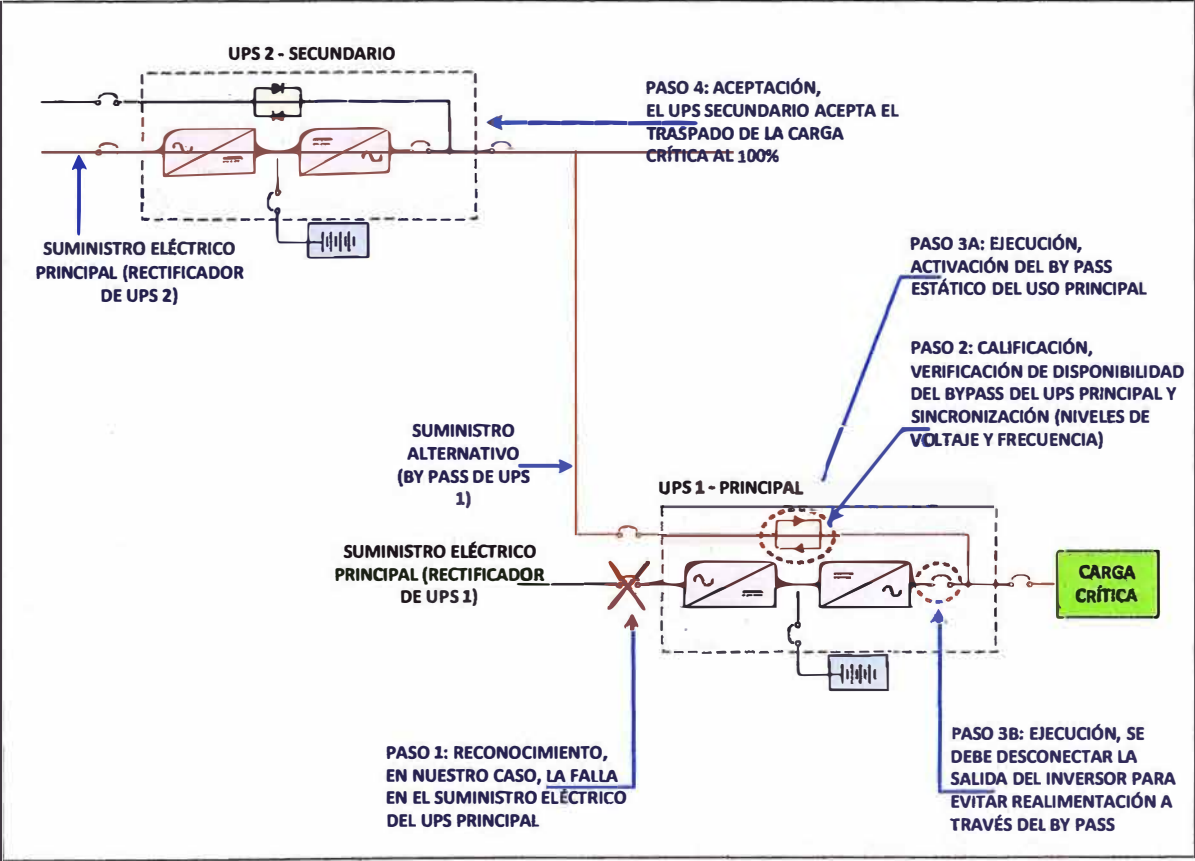


Figura 4.22: Cuatro pasos necesarios para la transferencia exitosa de la carga crítica.

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA

5.1 Generalidades

Cómo medida de seguridad ante cualquier anomalía o falla en el sistema eléctrico proveniente de la red eléctrica de suministro, se ha previsto contrarrestar dichos problemas a través de una instalación eléctrica segura, capaz de eliminar cualquier perturbación del entorno eléctrico que pueda afectar la operación de su carga crítica, en nuestro caso los equipos críticos de un Centro de Cómputo, para ello se ha considerado como parte de toda la instalación eléctrica, la implementación de un Sistema de Respaldo de Energía conformado por dos equipos SAI's (ó UPS's) y dos Grupos Electrógenos, ambos en configuración paralelo redundante N+1 (ó 1+1).

5.2 Propuesta del nuevo Sistema de Respaldo de Energía

El proyecto consiste en la implementación de un nuevo Sistema de Respaldo de Energía para el Centro de Cómputo de una entidad Bancaria, el proyecto ha sido ejecutado en la ciudad de Trujillo, el sistema de respaldo de energía ha sido diseñado teniendo en consideración las recomendaciones del estándar internacional: ANSI/TIA 942 – Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, además de las indicaciones de Código Nacional de Electricidad.

El nivel de confiabilidad que se obtendrá al término del proyecto para este sistema de respaldo es el “TIER II” ver figura 5.1 (para mayor información del concepto de TIER II, ver el Capítulo I), la redundancia es N+1 tanto para Grupos Electrógenos y UPS's. El proyecto está comprendido en dos etapas, estas se desarrollarán en los párrafos posteriores.

➤ Características generales de los equipos adquiridos

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, antes de elegir un equipo para garantizar la calidad y la continuidad de suministro que requiere una aplicación, es necesario conocer las perturbaciones que hay presentes en la instalación y los dispositivos que permiten atenuarlas o eliminarlas. Por lo tanto, es conveniente conocer las características de cada opción.

En la tabla 5.1 se ha realizado un resumen comparativo de los diferentes dispositivos y/o equipos principales considerados para este proyecto, a fin de tener una clara visión de sus bondades y características, además de su aportación para la mejora de la continuidad y calidad del suministro eléctrico.

Tabla 5.1: Características principales del equipamiento de respaldo [27]

Características	Equipos de Respaldo		
	Grupo Electrónico	UPS o SAI	Baterías
Perturbación de las que protege	Transitorios Variaciones de tensión Cortes de suministro	Transitorios Variaciones de frecuencia Distorsión armónica Variaciones de tensión Variaciones de frecuencia Cortes de suministro	Cortes de suministro
Capacidad de potencia y energía almacenada	Muy elevada	Elevada	Elevada
Tiempo de Transferencia	Elevado	Bajo	Bajo
Autonomía	Muy elevada	Moderado	Moderado
Rendimiento	Moderado	Elevada	Elevada
Coste de instalación y mantenimiento	Elevado	Moderado	Moderado
Espacio ocupado	Elevado	Moderado	Moderado
Aplicación	Procesos continuos Tecnología de la Información Equipos Bio-Médicos	Procesos continuos Tecnología de la Información Equipos Bio-Médicos	Procesos continuos Tecnología de la Información Equipos Bio-Médicos

Los objetivos principales de poder contar con el nuevo Sistema de Respaldo de Energía son los siguientes:

- Garantizar la continuidad del suministro eléctrico (7x24x365) de los equipos de Aire Acondicionado de Precisión, para mantener controladas las condiciones específicas de temperatura y humedad para el buen funcionamiento de los equipos de tecnología de la información.
- Obtener un suministro de energía flexible, adaptable, seguro, disponible, confiable.

- Garantizar la continuidad del suministro eléctrico (7x24x365) de los equipos de tecnología de la información tales como: servidores, routers, central telefónica, hubs, switches principales y secundarios, computadoras, que son pieza fundamental de los procesos a realizar en dicho centro de cómputo (de la entidad bancaria).
- Mitigar o eliminar los disturbios eléctricos producto de la mala calidad de energía (Ruido Eléctrico, Sub-Tensión instantánea y prolongada, Sobre Tensión momentánea y prolongada, Variación de Frecuencia, Transitorios de Tensión, Cortes de Energía momentáneos y prolongados).
- Permitir el realizar tareas de mantenimiento de forma práctica, con tiempos reducidos y sin riesgo de corte de energía.
- Minimizar los puntos de falla, producto de las malas maniobras insertando componentes automáticos e inteligentes en el nuevo sistema.
- Monitoreo en tiempo real de los componentes del nuevo sistema de respaldo, tener disponible un historial de eventos, registro de parámetros eléctricos de operación de los equipos instalados, y de la carga de forma total e independiente por cada circuito.

5.3 Equipamiento del Sistema de Respaldo de Energía

Como se mencionó en el punto 5.1, el proyecto está comprendido por 2 etapas de implementación, el equipamiento que comprende el proyecto es el siguiente:

• Etapa Nro-1:

- 01 Transformador de Aislamiento Trifásico con UL, factor K-13, potencia 75kVA para la alimentación de entrada del sistema UPS de 50kVA, marca MGM (USA), Tensión de entrada: 3x440VAC Delta, Tensión de salida: 3x480VAC Delta.
- 01 Supresor de Transitorios (SPD), marca High Protector de 40kA 3x480V, instalado dentro del tablero eléctrico.
- 01 Equipos UPS de 50kVA/40Kw, marca MITSUBISHI (USA), Tensión de entrada: 3x480VAC Delta, Tensión de salida: 3x480VAC Delta, 60Hz.
- 01 Bancos de Baterías, marca Enersys Battery Cabinet, modelo BC39-40P150-050B3, 10 minutos de autonomía calculado al 100% de carga (50kVA/40kW), incluye DC Breaker 125 Ampere.
- Equipo CLC por redundancia en 3x480VAC/3x480VAC para 02 UPS de 50kVA, incluye bypass de mantenimiento de la marca MITSUBISHI, modelo CLC 2x50kVA 2033D, no incluye monitoreo.
- 01 Tablero de Transferencia Automatizado.

Tabla 5.2: Componentes del Tablero de Transferencia Automatizado [31,32]

Ítem	Componente	Descripción
1	01 Gabinete Metálico	Del tipo auto soportado, con barras principales y de derivación de pletinas de cobre y pintadas de acuerdo al C.N.E.
2	02 Contactores de 3x200 Ampere	Para realizar la transferencia automática, uno de ellos normalmente cerrado y el otro normalmente abierto, con enclavamiento mecánico
3	02 Interruptores de 3x200 Ampere	Tipo caja moldeada, para la protección contra corto circuitos y sobrecargas

➤ 01 Tablero General.

Tabla 5.3: Componentes del Tablero General [31,32]

Ítem	Componente	Descripción
1	01 Gabinete Metálico	Del tipo auto soportado, con barras principales y de derivación de pletinas de cobre y pintadas de acuerdo al C.N.E.
2	01 Interruptor de 3x200 Ampere	Tipo caja moldeada para el Interruptor principal del tablero
3	01 Medidor Multifunción	Para el registro y visualización de Tensión, Amperaje y Frecuencia
4	01 Interruptor de 3x125 Ampere	Tipo caja moldeada para alimentación de Tablero de Aire Acondicionado de Precisión del Centro de Cómputo
5	01 Interruptor de 3x100 Ampere	Tipo caja moldeada para alimentación de Transformador de Aislamiento de 75kVA del Sistema UPS en paralelo redundante 1+1
6	02 Interruptores de 3x50 Ampere	Tipo caja moldeada como reserva para futuras cargas

➤ PDM de 50KVA de la marca CYBEREX, incluye un transformador de aislamiento de entrada 3x480VAC en Delta, salida 3x380VAC en Estrella, factor K-20, con tarjeta de monitoreo en Modbus TCP/IP, incluye display de monitoreo local y un panel de distribución de cargas con 42 polos con interruptor modelo EDB de 1 x 20 Ampere.

➤ 01 Grupo Electrógeno, Potencia Stand By (Emergencia) 117kW/146kVA, Potencia Continua 106kW/132kVA, marca Rivera Diesel, modelo RVM 117, Trifásico 3x440VAC, conformado por:

- 01 Tanque para Combustible 220 Galones.
- 01- Cargador de Batería 12 VDC – 5 Ampere.

- 01 Sincronoscopio Automatizado.
- Tablero de Alimentación y Mantenimiento de UPS.

Tabla 5.4: Componentes del Tablero de Alimentación de UPS [31,32]

Ítem	Componente	Descripción
1	01 Gabinete Metálico	Del tipo auto soportado, con barras principales y de derivación de pletinas de cobre y pintadas de acuerdo al C.N.E.
2	01 Interruptor de 3x100 Ampere	Tipo caja moldeada para alimentación de la entrada del Sistema UPS's de 50kVA/40kW en paralelo redundante 1+1
3	01 Interruptor de 3x100 Ampere	Tipo caja moldeada para el By Pass de derivación del Sistema UPS's de 50kVA/40kW 1+1
4	01 Interruptor de 3x100 Ampere	Tipo caja moldeada para alimentación de la salida del Sistema UPS's de 50kVA/40kW
5	01 Interruptor de 3x32 Ampere	Tipo caja moldeada para conexión de Supresor de Transitorios (SPD)

- Servicio de Instalación Eléctrica de los equipos suministrados y Tableros Eléctricos.
- **Etapa Nro-2:**
 - 01 Grupo Electrónico, Potencia Stand By 117kW/146kVA, Potencia Continua 106kW/132kVA, marca Rivera Diesel, modelo RVM 117, Trifásico 3x440VAC.
 - 01 Equipo UPS de 50kVA/40Kw, marca MITSUBISHI (USA), Tensión de entrada: 3x480VAC Delta, Tensión de salida: 3x480VAC Delta, 60Hz, factor de potencia a la salida de 0.8.
 - 01 Bancos de Baterías, marca Enersys Battery Cabinet, modelo BC39-40P150-050B3, 10 minutos de autonomía calculado al 100% de carga (50kVA/40kW), incluye DC Breaker 125 Ampere.
 - Servicio de Instalación Eléctrica de los equipos suministrados.

5.4 Especificaciones técnicas del Sistema de Respaldo de Energía

Se detalla a continuación las especificaciones técnicas de los equipos más importantes del sistema implementado, entre ellos están: Grupo Electrónico y UPS o Sistema de Alimentación Ininterrumpido.

5.4.1 Grupo Electrónico

Configuración del Grupo Electrónico

El grupo electrónico está compuesto de un motor diesel marca VOLVO PENTA (Suecia) modelo TAD720GE, un generador marca MARATHON (USA) modelo LSA4.2

S7 y un módulo de control marca COMAP (Chz) modelo MR3 ensamblados sobre chasis de acero tipo patín.

Los parámetros principales del equipo se muestran en la Tabla 5.5:

Tabla 5.5: Especificaciones técnicas del Grupo Electrónico [31,32]

1	Modelo de Grupo Electrónico	Unid.	RVM-117
1.1	Potencia Stand By	kW/kVA	117/177
1.2	Potencia Continua	kW/kVA	106/132
1.3	Voltaje	V	220/440
1.4	Amperaje	A	350/175
1.5	Dimensiones Largo	m	2.55
1.6	Dimensiones Ancho	m	0.84
1.7	Dimensiones Altura	m	1.45
1.8	Peso	kg	1,350
2	Alternador Leroy Somer	Unid.	LSA44.2 S7
2.1	Potencia Stand By	kW/kVA	120/150
2.2	Potencia Continua	kW/kVA	111/138
2.3	Sistema de Excitación		SHUNT
2.4	Eficiencia Generador, 60Hz, F.P. 0.8	%	92
2.5	Regulador de Voltaje		R250
2.6	Aislamiento Estator/Rotor	Tipo	H/H
3	Modelo de Motor	Unid.	TD720GE
3.1	Potencia Stand By	kW/bhp	127/206
3.2	Potencia Continua	kW/bhp	115/154
3.3	Nº de Cilindros (en línea)		6
3.4	Sistema Eléctrico	VDC	12
3.5	Alimentación de Aire		TC
3.6	Gobernación		Mecánica
3.7	Consumo combustible al 25% Pot. Continua	Lit/hora	9.24
3.8	Consumo combustible al 50% Pot. Continua	Lit/hora	15.05
3.9	Consumo combustible al 75% Pot. Continua	Lit/hora	21.76
3.10	Consumo combustible al 100% Pot. Continua	Lit/hora	29.02

5.4.2 Sistema de Alimentación Ininterrumpido

El UPS de 50kVA/40kW, marca Mitsubishi (USA), modelo 2033D, es del tipo On-Line o de Doble Conversión, está compuesto de un rectificador, inversor (con tecnología GBT), cargador, by pass estático, todos de la marca MITSUBISHI, ideal para este tipo de aplicaciones.

Los parámetros principales del equipo se muestran en la Tabla 5.6 y 5.7.

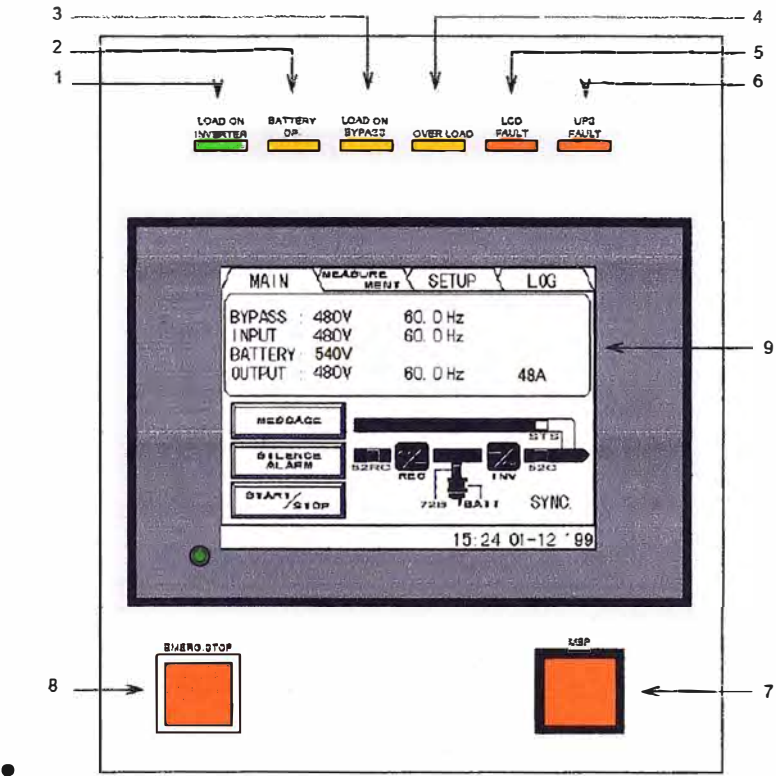
Tabla 5.6: Especificaciones técnicas del UPS – Parámetros Eléctricos [31,32]

1	Modelo de UPS	2033D
1.1	Potencia Salida	40kW
1.2	Potencia Salida	50kVA
2	Voltaje de Entrada	
2.1	Configuración	Trifásico, 3 hilos (Delta)
2.2	Voltaje	480VAC +/- 15% (opcional en -30%)
2.3	Frecuencia	60Hz (45.4Hz - 65Hz)
2.4	THD Corriente	4% típico al 100% de carga, 7% típico al 50% de carga
3	Voltaje de By Pass Estático	
3.1	Configuración	Trifásico, 3 hilos (Delta)
3.2	Voltaje	480VAC +/- 10%
3.3	Frecuencia	60Hz
54	Voltaje de Salida	
4.1	Configuración	Trifásico, 3 hilos (Delta)
4.2	Voltaje	120/208 VAC, 277/480 VAC
4.3	Regulación de Voltaje	+/-1%
4.4	Frecuencia	60Hz
4.5	Regulación de Frecuencia	+/-0.05% en modo libre
4.6	Factor de Potencia	0.8 nominal
4.7	Factor de potencia	0.8 - 1.0 en atraso (dentro del rango de salida en kW)
4.8	THD Voltaje	2% típico al 100% de carga lineal, 7% típico al 100% de carga no lineal
4.9	Respuesta Transitoria	+/-3% al 100% de paso de carga, +/-1% ante pérdida o retorno de suministro AC; +/-3% al transferir la carga a by pass
4.10	Recuperación transitoria	16.6 ms
4.11	Sobrecarga en el Inversor	125% por 10 minutos, 150% por un minuto
4.12	Sobrecarga en el Sistema	1000% por un ciclo (con by pass indisponible)
4.13	Sobrecarga en el By Pass	150% por un minuto

Tabla 5.7: Especificaciones técnicas del UPS – Batería [31,32]

5	Batería	
5.1	Tipo	Plomo ácido
5.2	Voltaje Nominal	480 VDC
5.3	Mínimo Voltaje	401 VDC
5.4	Numero de Celdas	240
5.5	Numero de Baterías	40
6	Condiciones Ambientales	
6.1	Enfriamiento	Ventilación Forzada
6.2	Temperatura de Operación	32°F - 104°F (0°C - 40°C); recomendado 68°F - 86°F (20°C - 30°C)
6.3	Humedad Relativa	5% - 95% sin condensación
6.4	Altura de Trabajo	0 - 9000 pies sin degradación de potencia

• Panel de control y configuración del UPS 2033D 50kVA/40kW



• **Figura 5.1: Panel de Control y Configuración del UPS 2033D (Fuente: Manual de Instalación de UPS 2033D Mitsubishi).**

El panel de control y configuración cuenta con los siguientes elementos:

- 1: Led indicador de “Carga sobre Inversor”.
- 2: Led indicador de “Modo Batería”.
- 3: Led indicador de “Carga sobre By Pass”.
- 4: Led indicador de “Sobrecarga”.
- 5: Led indicador de “Falla en Pantalla LCD”.

- 6: Led indicador de “Falla de UPS”.
- 7: Lámpara piloto de aviso de estado “By Pass de Mantenimiento”.
- 8: Botón para “apagado de emergencia” (EPO): Emergency Power Off).
- 9: Pantalla LCD, para visualización de modos de operación del UPS, interfaz usuario – UPS, configuración de parámetros, toma de data en general.

• **Diagrama unifilar interno de los modos de operación del UPS 2033D 50kVA/40kW Mitsubishi**

Se presentan a continuación, los diagramas unifilares en los tres modos de operación propios del UPS Mitsubishi modelo 2033D, ver figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

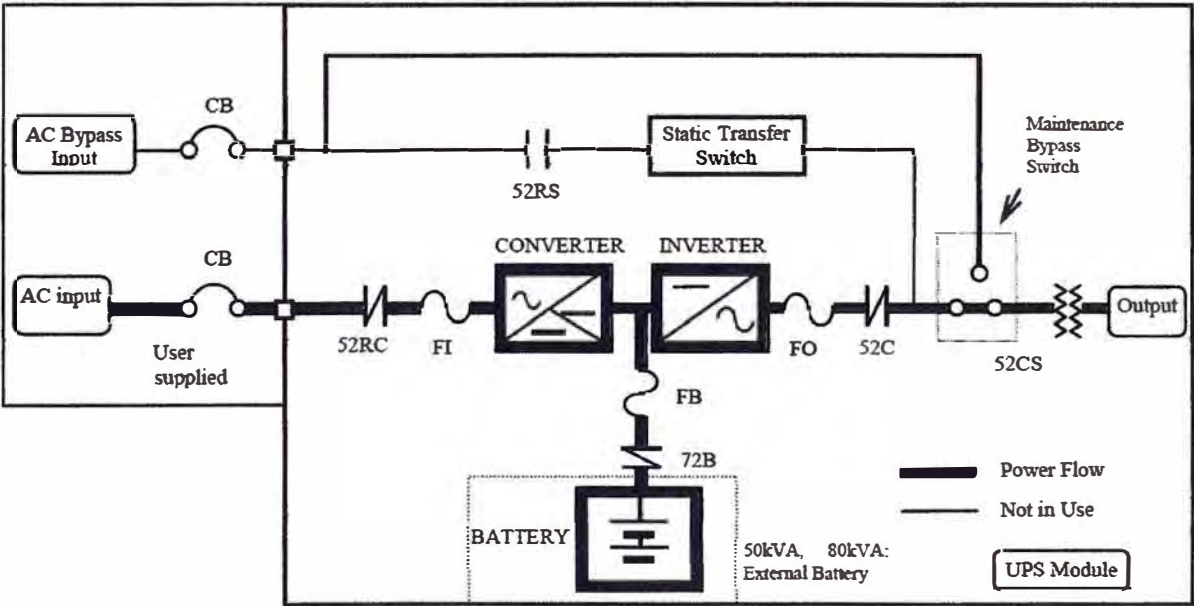


Figura 5.2: Diagrama Unifilar en modo de operación normal del UPS 2033D.

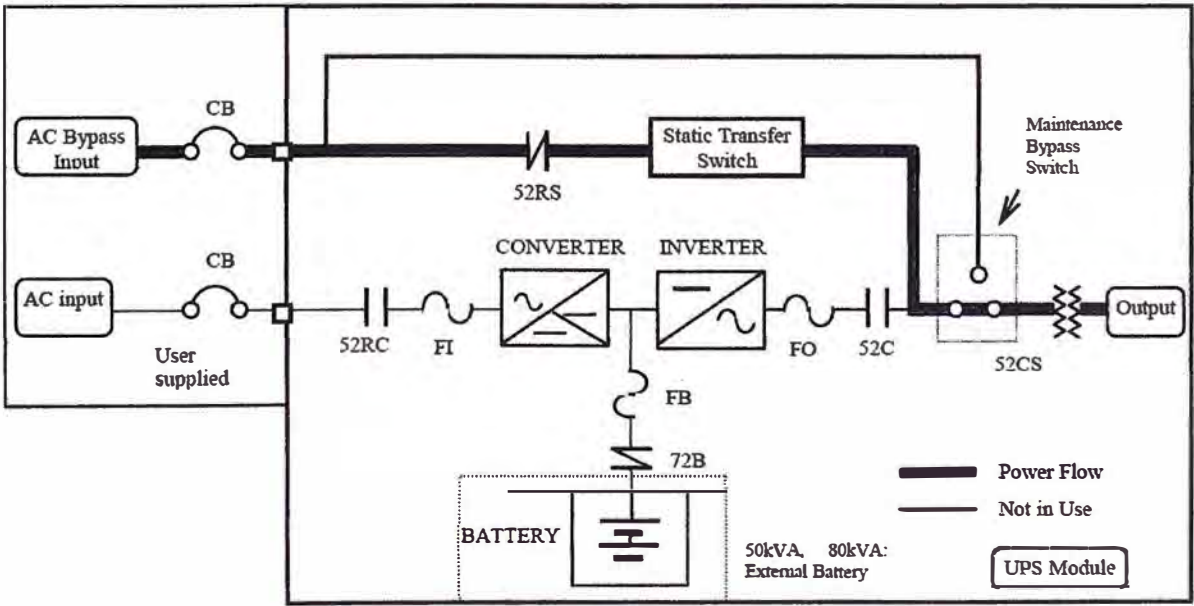


Figura 5.3: Diagrama Unifilar en modo by pass del UPS 2033D.

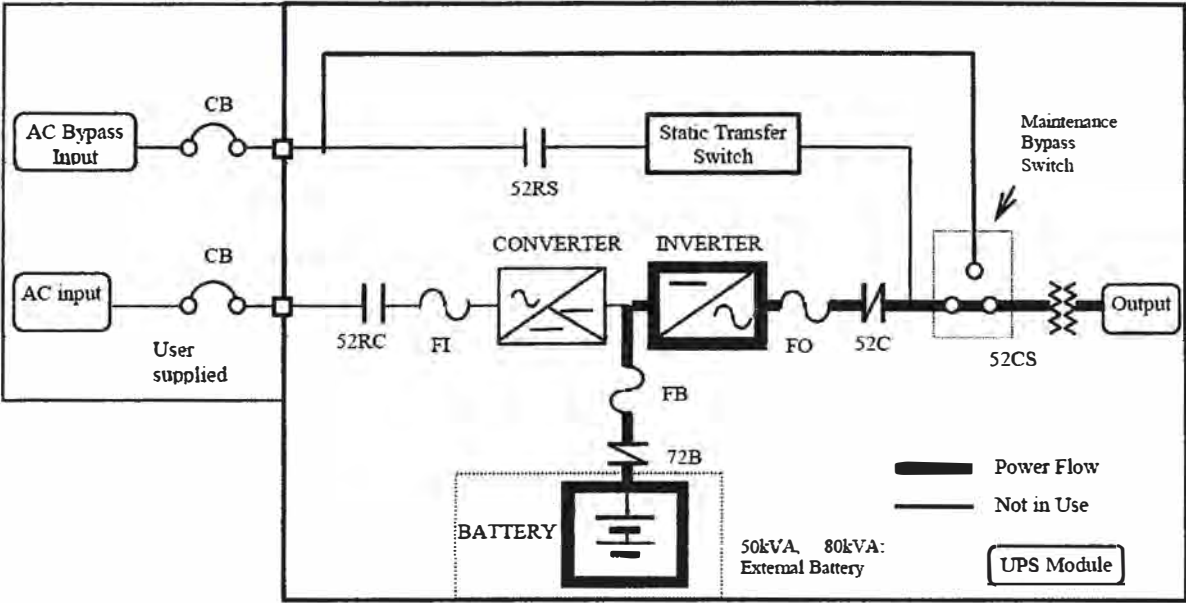


Figura 5.4: Diagrama Unifilar en modo batería del UPS 2033D.

- Esquemas de conexión eléctrica para la configuración en paralelo redundante de 02 UPS’s Mitsubishi, modelo 2033D.

Elementos necesarios para la puesta en paralelo de 2 unidades UPS:

- Interruptor de Protección de Entrada a Rectificador (01 para cada UPS).
- Interruptor de Protección de Entrada a By Pass (01 para cada UPS).
- Interruptor de Protección de Salida de Inversor, en el tablero CLC (01 para cada UPS).
- Interruptor de Protección de Salida General de Sistema UPS 1+1, en el tablero CLC.

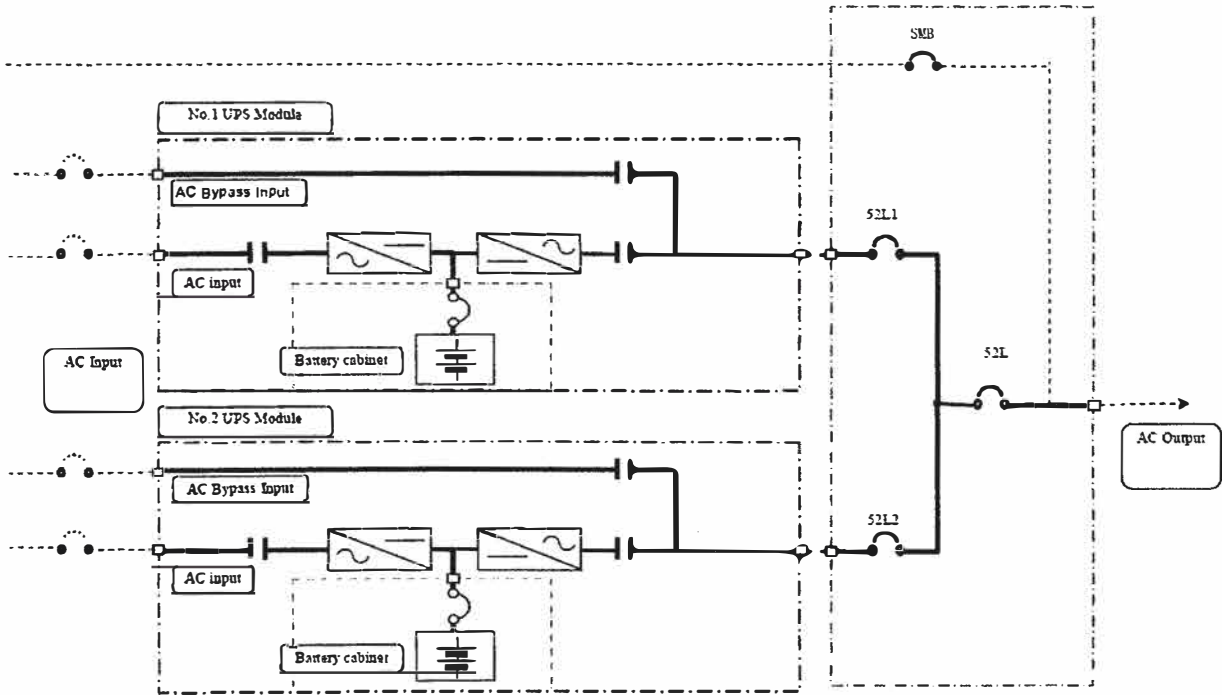


Figura 5.5: Diagrama de Conexión en paralelo de 02 UPS’s Mitsubishi (Fuente: Manual de Instalación de UPS 2033D Mitsubishi).

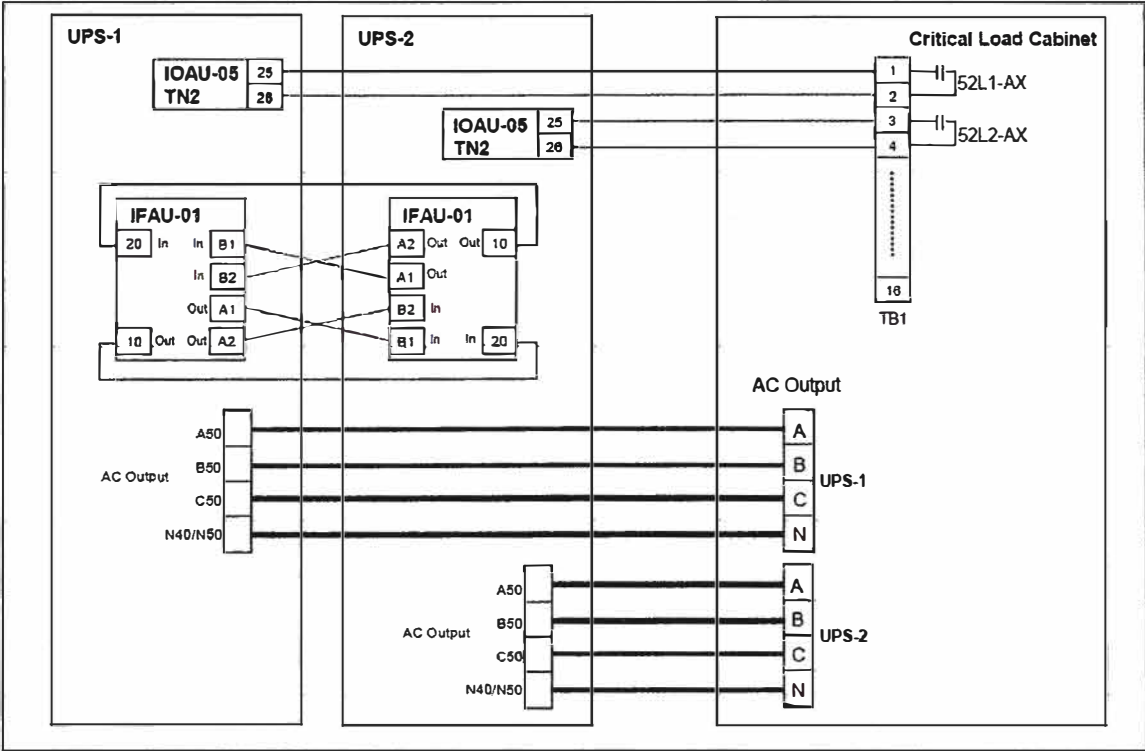


Figura 5.6: Diagrama de cableado de control y energía entre los UPS's y el CLC para la configuración paralelo redundante (Fuente: Manual de Instalación de UPS 2033D Mitsubishi).

5.4.3 PDM de 50kVA (Administrador y Distribuidor de Energía)

El PDM de 50kVA de la marca CYBEREX, incluye un transformador de aislamiento de entrada en su interior, cuya tensión de entrada es en 3x480VAC en Delta, salida en 3x380VAC en Estrella, factor K-20.

El PDM incluye tarjeta de monitoreo en Modbus TCP/IP, además de un display de monitoreo local y un panel board para distribución de cargas con 42 polos unipolares con INTERRUPTORES modelo EDB de 1 x 20 Ampere c/u.

El PDM ofrece una distribución de energía más confiable y flexible, posee características avanzadas de monitoreo, tales como el seguimiento del circuito de derivación y la supervisión de la alimentación principal, el diseño permite una fácil instalación y opciones de campo actualizable.

• Características:

Múltiples configuraciones de tablero e Interruptores ofrecen el más alto nivel de personalización para cargas diversas.

- Poder de supervisión del circuito (opcional) proporciona una mayor potencia de recopilación de datos para cada circuito.

- Pantalla gráfica LCD con 320 x 240 de resolución, capaz de monitorear y almacenar datos de hasta 16 dispositivos, cada uno con un máximo de 4 x 42 cuadros.
- El control remoto reduce al mínimo el requisito para la gestión local, administración de cableado, ideal para cambios frecuentes.

• **Especificaciones:**

Tabla 5.8: Especificaciones Técnicas del PDM [31,32]

1	Parámetros Eléctricos	
1.1	kVA	50-300kVA
1.2	Entrada	3 Fases, 3 Cables + Tierra
1.3	Tensión de Entrada	480VAC a 60Hz
1.4	Salida	3 Fases, 4 Cables + Tierra
1.5	Tensión de Salida	380/220VAC
1.6	Panel de distribución	Hasta 6 paneles de 42 polos cada uno
1.7	Rango de Transformador	K-13 (Estándar), K-4 y K-20 (Opcional)
1.8	Transformador	De cobre, delta – estrella, con aislamiento electrostático
1.9	Máxima de Temperatura de Transformador	150°C (Estándar) y 115°C (Opcional)
1.10	Dimensión de Neutro	200%
2	Condiciones de Funcionamiento	
2.1	Temperatura de Operación	0 a 40°C (37°C para 300kVA)
2.2	Temperatura de Almacenamiento	-40 a 60°C
2.3	Altitud máxima de funcionamiento	8,200 ft. (2,500 m)
3	Dimensiones	
3.1	Altura	77.4"
3.2	Profundidad	34"
3.3	Ancho	De 34" a 46" depende del Transformador
4	Estándares	
4.1	NEMA (Todas las normas aplicables)	
3.6	ETL Listado a UL 60950 y UL 891, compatible con FCC	

5.4.4 Tablero de Paralelismo – CLC (Critical Load Cabinet)

Tablero de paralelismo por redundancia (CLC), en 3x480VAC/3x480VAC para 02 UPS de 50kVA/40kW, modelo CLC 2x50kVA 2033D, marca MITSUBISHI, incluye los siguientes componentes:

- Mecanismo de sincronismo.
- Interruptor termomagnético en paralelo.
- By Pass de mantenimiento.

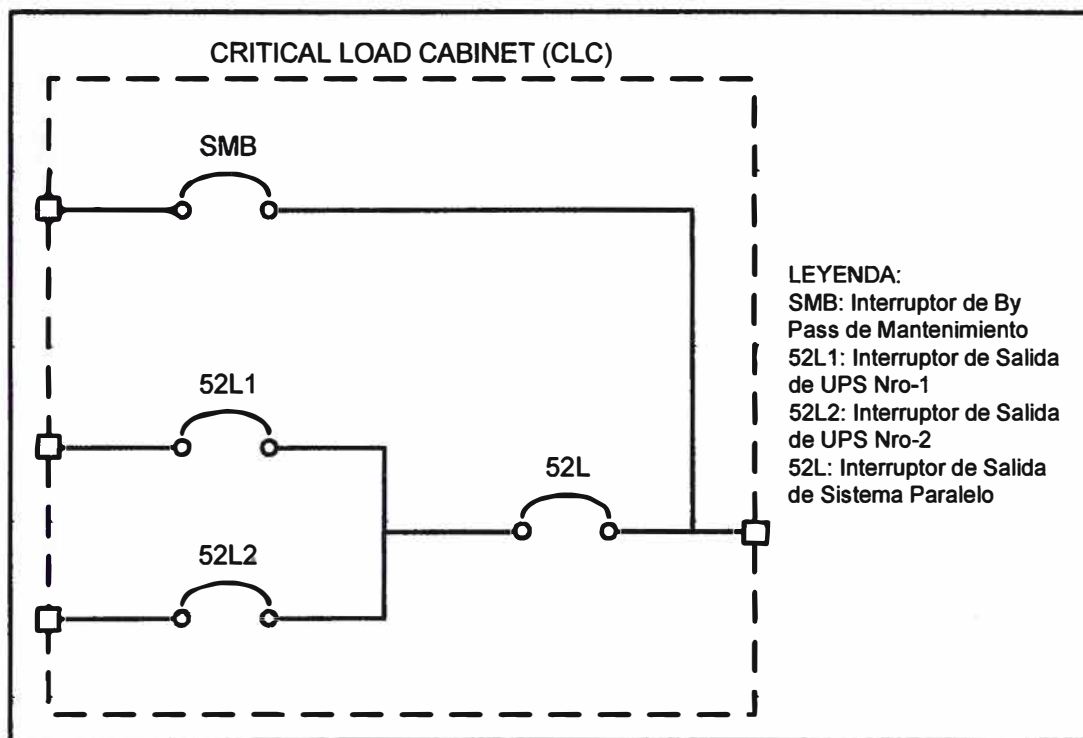


Figura 5.7: Diagrama unifilar del CLC (Tablero de Paralelismo).

5.4.5 Banco de Baterías

- **Características:**
 - Tecnología de recombinación regulada por válvula con electrolito absorbido (VRLA AGM), de libre mantenimiento, sin necesidad de agregado de agua.
 - Placas de aleación plomo-calcio (Sin Cadmio), reduce la corriente de flote y asegura su reciclado a bajo costo. Separadores de fibra de vidrio microporosa de alta calidad que asegura la absorción del electrolito en sus fibras durante toda su vida útil.
 - Vaso y tapa en ABS, brindan rigidez, confiabilidad y seguridad.
 - Terminales con inserto de cobre de muy baja resistencia, maximiza la corriente entregada en descargas rápidas.
 - Excelente comportamiento en descargas rápidas.
 - Excelente eficiencia en la recombinación gaseosa inicial (95%).

- No requiere cargas de ecualización programadas.
- Fácil de transportar e instalar.
- Tecnología 100% reciclable al fin de la vida útil de la batería a bajo costo, asegura la pureza del medio ambiente.

• **Especificaciones:**

Tabla 5.9: Especificaciones técnicas del Banco de Baterías

Ítem	Banco de Baterías	
1.1	Celdas	Individuales de 2 volts de tensión
1.2	Placas	Fabricadas con aleaciones de plomo-calcio, diseñadas para obtener una máxima eficiencia de recombinación gaseosa y larga vida útil
1.3	Jarra y tapa	ABS con retardante de llama (ignífugas)
1.4	Separadores	Fibra de vidrio microporosa de fibras entrelazadas de muy baja resistencia eléctrica
1.5	Electrolito	Ácido sulfúrico diluido en agua y absorbido en el separador con una densidad de 1.300 gr/dm a 25°C (77F)
1.6	Conectores	Flexibles, alternativamente rígidos
1.7	Válvulas de Seguridad	Con dispositivo antillama y anti explosión, con presión de operación de 0,75 a 2,5 psi
1.8	Tensión de Flote	2.25 – 2.27 VPC a 25°C, recomendada 2.25 VPC (Volt Por Celda)
1.9	Autodescarga	Máximo de 0.5 -1.0 %, por semana a 25°C (77F)

5.5 Costo de proyecto

Cabe señalar que para elaborar los cuadros de costos de este proyecto, se tuvo en consideración los siguientes aspectos:

- La necesidad de sub – contratar a la empresa que suministró el Grupo Electrógeno.
- Para la instalación del UPS se empleó personal técnico electricista especialista en temas de UPS’s (que residen en Lima) y personal técnico electricista de apoyo que está destacado en la Zona Norte del país.
- Herramientas y Equipos especiales propios de la empresa.

- Contratación de los servicios de transporte de carga pesada, de una empresa tercera, para el traslado del equipamiento.

5.5.1 Servicios no considerados en el proyecto

Ciertas partidas presupuestales en equipamiento y servicios, no han sido consideradas como parte del presupuesto del instalador del Sistema de Respaldo de Energía, sin embargo han sido necesarias para la puesta en marcha del nuevo sistema de respaldo de energía. La mayor parte comprende los servicios de otras especialidades como: Aire Acondicionado; Obras Civiles (Estructuras, Piso, Techo, Pintura), Arquitectura, Instalaciones Sanitarias; en cuanto a las instalaciones eléctricas: Subestación, Transformadores de Potencia MT/BT, Tableros de Servicios Generales, Alimentadores de Su tableros y circuitos eléctricos no estabilizados, grupos electrógenos de otras áreas externas al Centro de Cómputo. A continuación se enumeran en las tablas 5.10 y 5.11.

Tabla 5.10: Partidas no contempladas en el proyecto - 1era Etapa [31,32].

1	Actividades a realizar por terceros (1era Fase de Proyecto)
1.1	Cableado de Acometida Principal Trifásica desde Tablero General TG-2, este cableado corresponde a la alimentación a través de la red de suministro que llega al Sincronoscopio Automatizado.
1.2	Suministro del Tablero de Fuerza TD-7 para los equipos de Aire Acondicionado de Precisión instalados dentro del Centro de Cómputo.
1.3	Cableado de Alimentador Eléctrico Trifásico del Tablero de Fuerza TD-7 para los equipos de Aire Acondicionado de Precisión del Centro de Cómputo.
1.4	Cableado de los Circuitos de Distribución monofásicos que alimentan a las cargas críticas protegidas por el nuevo UPS de 50kVA/40kW.
1.5	Bandejas Principales y de ramificación por encima del falso techo y debajo del falso piso técnico para el cableado de circuitos eléctricos y alimentadores eléctricos.
1.6	Obras civiles para la construcción de la caseta de grupos electrógenos, sala de baterías, centro de cómputo, sala de tableros eléctricos.
1.7	Obras civiles para adecuaciones de infraestructura civil, debido a cruces con instalaciones de otras especialidades, trabajos de pintura, acabados, etc.
1.8	Sistema de Puesta a Tierra.
1.9	Cableado de Línea de Tierra p/interconexión de Pozos y Sistema UPS.

Tabla 5.11: Partidas no contempladas en el proyecto - 2da Etapa [31,32].

2	Actividades a realizar por terceros (2da Fase de Proyecto)
2.1	Bandejas adicionales que sean necesarias para el cableado del equipamiento adicional.
2.2	Cableado de Circuitos de Distribución adicionales, para nuevas cargas críticas protegidas por el nuevo UPS de 50kVA/40kW.
2.3	Reubicación de equipos ya instalados o instalaciones eléctricas ya realizadas en la primera etapa.
2.4	Obras civiles para adecuaciones de infraestructura civil, ampliaciones de áreas donde se instalará nuevo equipamiento, trabajos de pintura, acabados, etc.

5.5.2 Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 1era Etapa

Tabla 5.12: Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 1era Etapa [31,32]

Presupuesto -001A - 1era Etapa (Grupo Electrónico)				
Proyecto: Centro de Cómputo				
Especialidad: Instalaciones Eléctricas				
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Pparc/US\$
1	Grupo Electrónico			\$ 57,239.00
1.1	Grupo Electrónico, Pot. Stand By 117kW/146kVA, Pot. Continua 106kW/132kVA c/u, marca Volvo Penta/Marathon, modelo RVM 117, Trifásico 3x440VAC	Unid.	1	\$ 32,525.00
1.2	Tanque para Combustible 220 Galones	Unid.	1	\$ 600.00
1.3	Cargador de Batería 12 VDC – 5 Amperios	Unid.	1	\$ 350.00
1.4	Sincronoscopio Automatizado	Unid.	1	\$ 4,760.00
1.5	Tablero de Transferencia Automatizado con interruptores motorizados, tipo gabinete de 200 Amperios	Unid.	1	\$ 4,514.00
1.6	Materiales para instalación Eléctrica/Mecánica (incluye obras civiles de pequeña envergadura)	Glob.	1	\$ 7,700.00
1.7	Mano de obra técnica especializada	Glob.	1	\$ 2,500.00
1.8	Gastos de Traslados de Equipos Lima - Trujillo	Glob.	1	\$ 1,890.00
1.9	Gastos de estadía traslado y retorno	Glob.	1	\$ 2,400.00
2	Otros			\$ 2,289.56
2.1	Gastos administrativos (2.5 %)	Glob.	1	\$ 1,430.98
2.2	Gastos operativos varios (1.5 %)	Glob.	1	\$ 858.59
	Expresado en dólares americanos (sin IGV)			\$ 59,528.56

5.5.3 Presupuesto de Sistema de UPS – 1era Etapa

Tabla 5.13: Presupuesto de Sistema de UPS – 1era Etapa [31,32]

Presupuesto -001B - 1era Etapa (UPS)				
Proyecto: Centro de Cómputo				
Especialidad: Instalaciones Eléctricas				
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Pparc/US\$
1	Sistema UPS			\$ 122,887.26
1.1	Tablero General del Centro de Cómputo	Unid.	1	\$ 1,200.00
1.2	Transformador de Aislamiento Trifásico con UL, factor K-13, potencia 75kVA, marca MGM (USA), Voltaje de entrada: 3x440VAC Delta, Voltaje de salida: 3x480VAC Delta	Unid.	1	\$ 5,880.00
1.3	Tablero de Alimentación y Mantenimiento de UPS	Unid.	1	\$ 1,250.00
1.4	Supresor de Transitorios (SPD), marca High Protector de 40kA 3x480V	Unid.	1	\$ 780.00
1.5	Equipo UPS de 50kVA/40Kw , marca MITSUBISHI (USA), Voltaje de entrada: 3x480VAC Delta, Voltaje de salida: 3x480VAC Delta, 60Hz	Unid.	1	\$ 45,020.00
1.6	Bancos de Baterías, marca Enersys Battery Cabinet, modelo BC39-40P150-050B3, 10 minutos a 50kVA/40kW, 01 breaker DC 125A	Unid.	1	\$ 14,553.00
1.7	Equipo CLC por redundancia en 3x480VAC/3x480VAC para 02 UPS de 50kVA, incluye bypass de mantenimiento de la marca MITSUBISHI, modelo CLC 2x50kVA 2033D, no incluye monitoreo	Unid.	1	\$ 11,740.00
1.8	PDM de 50KVA de la marca CYBEREX, incluye un transformador de aislamiento de 3x480VAC en Delta, salida 3x380VAC en Estrella, factor K-20, incluye tarjeta de monitoreo en Modbus TCP/IP, display de monitoreo local y un panel board para distribucion de cargas con 42 polos unipolares con ITM modelo EDB de 1 x 20 Ampere	Unid.	1	\$ 26,374.26
1.9	Materiales para instalación Eléctrica (incluye obras civiles de pequeña envergadura)	Glob.	1	\$ 6,950.00
1.10	Mano de obra técnica especializada	Glob.	1	\$ 3,800.00
1.11	Gastos de Traslados de Equipos Lima - Trujillo	Glob.	1	\$ 1,890.00
1.12	Gastos de estadía traslado y retorno	Glob.	1	\$ 3,450.00
2	Otros			\$ 4,915.49
2.1	Gastos administrativos (2.5)	Glob.	1	\$ 3,072.18
2.2	Gastos operativos varios (1.5 %)	Glob.	1	\$ 1,843.31
	Expresado en dólares americanos (sin IGV)			\$ 127,802.75

5.5.4 Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 2da Etapa

El presupuesto presentado a continuación a través de la Tabla 5.14, toma en consideración la existencia de los equipos y servicios ya realizados de la Tabla 5.12. Este presupuesto (Tabla 5.14) ha sido planificado por el usuario (entidad bancaria) para que sea desembolsado en el próximo año (2012), para culminar con la implementación total del sistema de respaldo de energía y obtener un nivel TIER 2 de confiabilidad en el sistema eléctrico del centro de cómputo.

Tabla 5.14: Presupuesto de Sistema de Grupo Electrónico – 2da Etapa [31,32]

Presupuesto -002A - 2da Etapa (Grupo Electrónico)				
Proyecto: Centro de Cómputo				
Especialidad: Instalaciones Eléctricas				
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Pparc/US\$
1	Grupo Electrónico			\$ 39,965.00
1.1	Grupo Electrónico, Pot. Stand By 117kW/146kVA, Pot. Continua 106kW/132kVA c/u, marca Volvo Penta/Marathon, modelo RVM 117, Trifásico 3x440VAC	Unid.	1	\$ 32,525.00
1.2	Tanque para Combustible 220 Galones	Unid.	1	\$ 600.00
1.3	Cargador de Batería 12 VDC – 5 Amperios	Unid.	1	\$ 350.00
1.4	Materiales para instalación Eléctrica/Mecánica (incluye obras civiles de pequeña envergadura)	Glob.	1	\$ 2,800.00
1.5	Mano de obra técnica especializada	Glob.	1	\$ 1,340.00
1.6	Gastos de Traslados de Equipos Lima - Trujillo	Glob.	1	\$ 1,050.00
1.7	Gastos de estadía traslado y retorno	Glob.	1	\$ 1,300.00
2	Otros			\$ 1,598.60
2.1	Gastos administrativos (2.5)	Glob.	1	\$ 999.13
2.2	Gastos operativos varios (1.5 %)	Glob.	1	\$ 599.48
	Expresado en dólares americanos (sin IGV)			\$ 41,563.60

5.5.5 Presupuesto de Sistema de UPS – 2da Etapa

El presupuesto de la siguiente Tabla 5.15, toma en consideración la existencia de los equipos y servicios ya realizados de la Tabla 5.13. Este presupuesto (Tabla 5.15) ha sido planificado por el usuario (entidad bancaria) para que sea desembolsado en el próximo año (2012), para culminar con la implementación total del sistema de respaldo de energía y obtener un nivel TIER 2 de confiabilidad en el sistema eléctrico del centro de cómputo. Los presupuestos indicados en las tablas 5.14 y 5.15 no consideran los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos instalados.

Lo indicado anteriormente también se cumple para los presupuestos de la primera etapa.

Tabla 5.15: Presupuesto de Sistema de UPS – 2da Etapa [31,32]

Presupuesto -002B - 2da Etapa (UPS)				
Proyecto: Centro de Cómputo				
Especialidad: Instalaciones Eléctricas				
Ítem	Descripción	Unid.	Cant.	Pparc/US\$
1	Sistema UPS			\$ 64,643.00
1.1	Equipo UPS de 50kVA/40Kw c/u, marca MITSUBISHI (USA), Voltaje de entrada: 3x480VAC Delta, Voltaje de salida: 3x480VAC Delta, 60Hz	Unid.	1	\$ 45,020.00
1.2	Bancos de Baterías, marca Enersys Battery Cabinet, modelo BC39-40P150-050B3, 10 minutos a 50kVA/40kW, 01 breaker DC 125A	Unid.	1	\$ 14,553.00
1.3	Materiales para instalación Eléctrica (incluye obras civiles de pequeña envergadura)	Glob.	1	\$ 1,760.00
1.4	Mano de obra técnica especializada	Glob.	1	\$ 1,350.00
1.5	Gastos de Traslados de Equipos Lima - Trujillo	Glob.	1	\$ 760.00
1.6	Gastos de estadía traslado y retorno	Glob.	1	\$ 1,200.00
2	Otros			\$ 4,184.32
2.1	Gastos administrativos (2.5 %)	Glob.	1	\$ 2,615.20
2.2	Gastos operativos varios (1.5 %)	Glob.	1	\$ 1,569.12
	Expresado en dólares americanos (sin IGV)			\$ 68,827.32

5.6 Análisis Costo – Beneficio

Luego de haber definido la problemática en las instalaciones críticas y establecer las causas que ameritan la implementación de un Sistema de Respaldo de Energía, es necesario realizar un breve estudio de análisis costo – beneficio de la inversión realizada, este breve análisis no permitirá justificar la inversión realizada en el proyecto garantizando la rentabilidad de la línea de negocio del inversionista.

Se realizará a continuación el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) para poder precisar si el proyecto es rentable para la entidad bancaria, se consideran los siguientes parámetros:

- Pérdida Anual (promedio) por falla en el suministro eléctrico, debido a la ausencia de un Sistema de Respaldo de Energía: US\$ 300,000.
- Ingreso adicional anual (promedio) por mejora en los procesos y disponibilidad de energía, con un Sistema de Respaldo de Energía sin redundancia: US\$ 140,000.
- Ingreso adicional anual (promedio) por mejora en los procesos y disponibilidad de energía, con un Sistema de Respaldo de Energía sin redundancia: US\$ 200,000.

- Costo de mantenimiento anual sin equipos de respaldo de energía: US\$ 3,800, con un sistema de respaldo de energía sin redundancia: US\$ 2,500, con un sistema de respaldo de energía con redundancia 1+1: US\$ 3,200.
- Pérdida anual por consumo de Energía, sin Sistema de Respaldo de Energía: US\$ 890.00 y ahorro anual en facturación eléctrica por mejora de factor de potencia, con un Sistema de Respaldo de Energía con o sin redundancia: US\$ 1,250.
- Tiempo de vida útil estimado del proyecto: 10 años.
- Tasa de Interés Anual: 10%.
- Pérdidas, Ahorros, Ingresos constantes en el transcurso del tiempo (por simplicidad).

Se presentan tres casos de análisis, estos se mencionan a continuación:

➤ Caso 1 (Tabla 5.16): Considera una instalación eléctrica para el Centro de Cómputo, sin contar con la implementación de un Sistema de Respaldo de Energía; donde existe el riesgo de la ocurrencia de una falla grave en el suministro eléctrico, que tenga como consecuencia una pérdida considerable de dinero debido para la entidad bancaria. Para este caso el Valor Actual Neto (VAN) es negativo, lo que indica que el proyecto sin un Sistema de Respaldo producirá un riesgo elevado en caso de fallas.

Tabla 5.16: Cálculo de VAN (Valor Actual Neto), sin sistema de respaldo de energía [31, 32].

Cálculo del VAN sin Sistema de Respaldo					
i= 10%		Tasa de interés anual			
Tiempo= 10		Años			
Inversión (sin UPS y Grupo Electrógeno)	Riesgo por pérdida de suministro eléctrico	Costo de Mantto. Anual	Exceso de pago por un bajo f.d.p.	Tiempo (Años)	Valor Actual (US\$)
\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0	-\$ 0.00
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	1	-\$ 276,990.91
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	2	-\$ 251,809.92
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	3	-\$ 228,918.11
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	4	-\$ 208,107.37
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	5	-\$ 189,188.52
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	6	-\$ 171,989.56
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	7	-\$ 156,354.15
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	8	-\$ 142,140.13
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	9	-\$ 129,218.30
\$ 0.00	\$ 300,000.00	\$ 3,000.00	\$ 890.00	10	-\$ 117,471.18
VAN 1 (Valor Actual Neto)					-\$ 1,872,188.15

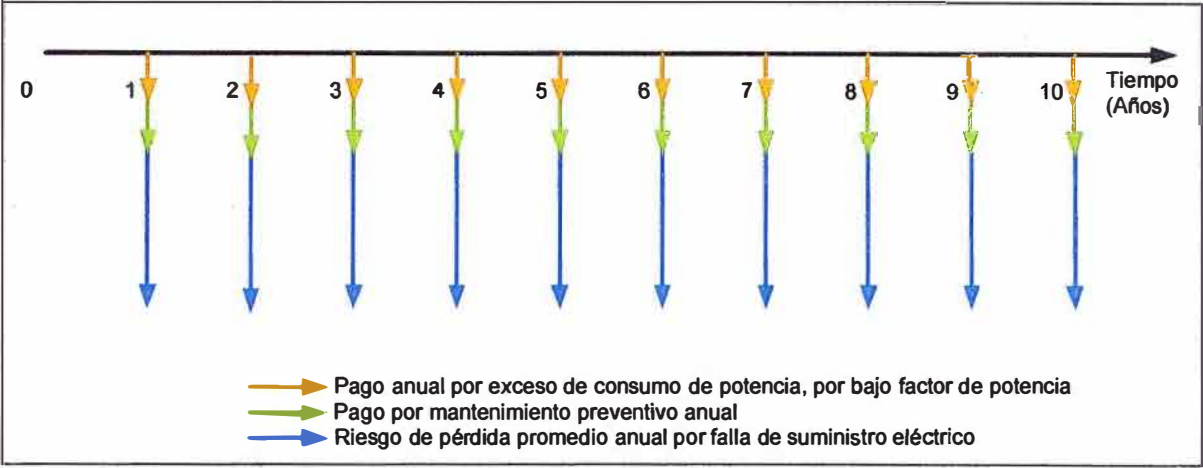


Figura 5.8: Flujo de Caja de la Tabla 5.16.

➤ Caso 2 (Tabla 5.17): Considera una instalación eléctrica para el Centro de Cómputo, con un Sistema de Respaldo de Energía sin redundancia conformado por un SAI y un Grupo Electrónico; donde el riesgo de fallas en este sistema es menor que en el caso anterior. El Valor Actual Neto (VAN) es positivo, lo que indica que el proyecto es rentable si se implementa un Sistema de Respaldo con la figuración indicada.

Tabla 5.17: Cálculo de VAN (Valor Actual Neto), con un sistema de respaldo sin redundancia [31, 32].

Cálculo del VAN con Sistema UPS - Grupo Electrónico (1era Etapa de Proyecto)					
i= 10%		Tasa de interés anual			
Tiempo= 10		Años			
Inversión (En equipamiento de respaldo de energía)	Ingreso Adicional (Mejora en los procesos)	Costo de Mantto. Anual	Ahorro generado por mejora en el f.d.p.	Tiempo (Años)	Valor Actual (US\$)
\$ 187,331.31	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0	-\$ 187,331.31
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	1	\$ 126,136.36
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	2	\$ 114,669.42
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	3	\$ 104,244.93
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	4	\$ 94,768.12
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	5	\$ 86,152.83
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	6	\$ 78,320.76
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	7	\$ 71,200.69
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	8	\$ 64,727.90
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	9	\$ 58,843.54
\$ 0.00	\$ 140,000.00	\$ 2,500.00	\$ 1,250.00	10	\$ 53,494.13
VAN 2(Valor Actual Neto)					\$ 665,227.38

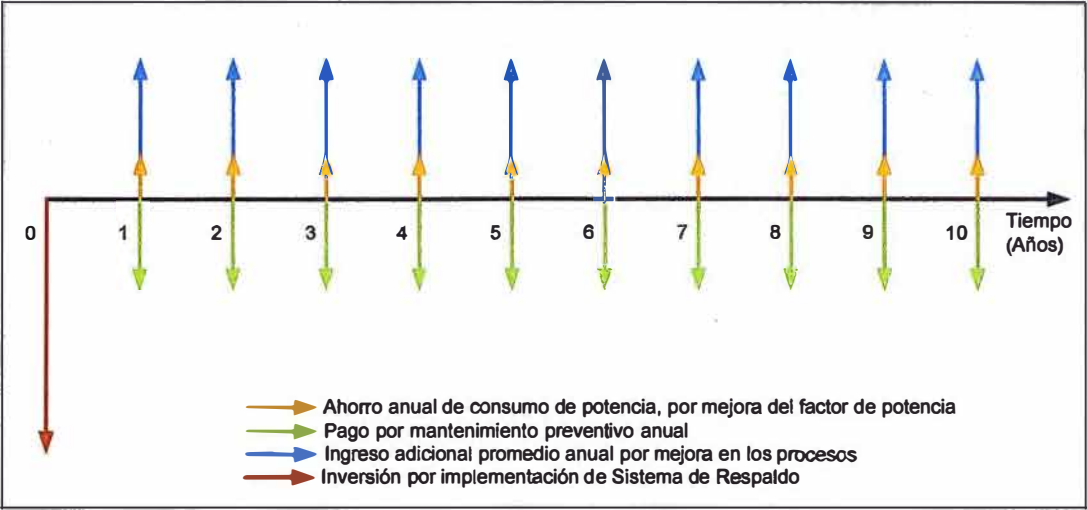


Figura 5.9: Flujo de Caja de la Tabla 5.17.

➤ Caso 3 (Tabla 5.18): Considera una instalación eléctrica para el Centro de Cómputo, con un Sistema de Respaldo de Energía en redundancia 1+1 conformado por dos SAI’s y dos Grupos Electrónicos, la inversión inicial se realiza en dos etapas, la primera en el año “0” donde sólo se implementa un sistema sin redundancia pero que quedará preparado para la inclusión de nuevos equipos en una segunda etapa. La segunda etapa de inversión complementa la primera etapa de inversión y considera la instalación de un SAI y Grupo Electrónico adicionales. El riesgo de fallas para este sistema al término del primer año del tiempo de vida del proyecto es mucho menor si lo comparamos con el caso anterior (sistema de respaldo sin redundancia). El Valor Actual Neto (VAN) para este caso es positivo y casi el 40% adicional (comparado con el caso anterior), lo que indica que el proyecto es muy rentable si se implementa un Sistema de Respaldo con la configuración indicada, además de mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico, garantizando la continuidad de los servicios realizados por la entidad bancaria.

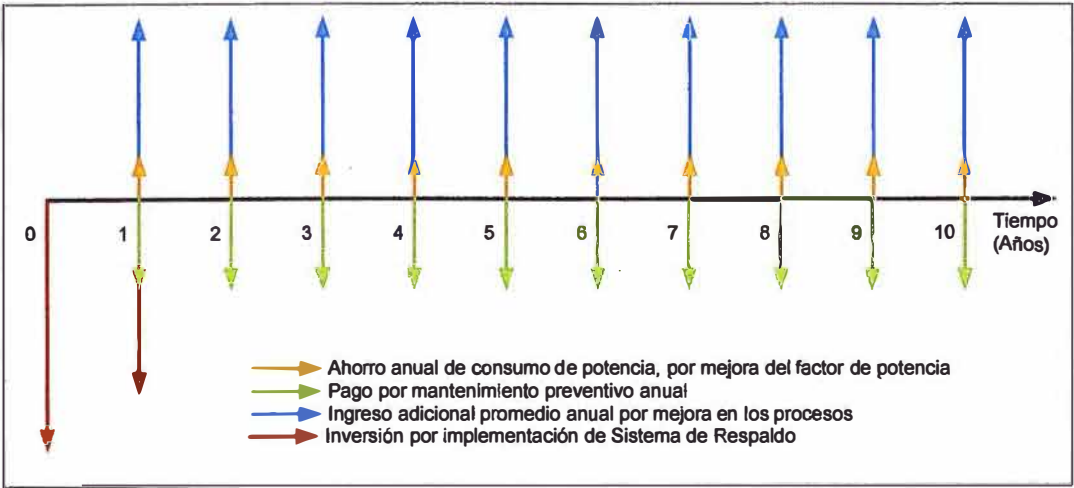


Figura 5.10: Flujo de Caja de la Tabla 5.18.

Tabla 5.18: Cálculo de VAN (Valor Actual Neto), considerando una instalación con redundancia 1+1 – 1era Etapa [31, 32].

Cálculo del VAN con Sistema UPS - Grupo Electrónico (2da Etapa de Proyecto)					
i= 10%		Tasa de interés anual			
Tiempo= 10		Años			
Inversión (En equipamiento de respaldo de energía)	Ingreso Adicional (Mejora en los procesos)	Costo de Mantto. Anual	Ahorro generado por mejora en el f.d.p.	Tiempo (Años)	Valor Actual (US\$)
\$ 187,331.31	\$ 0.00	\$ 0.00	\$ 0.00	0	-\$ 187,331.31
\$ 108,192.32	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	1	\$ 81,688.80
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	2	\$ 163,677.69
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	3	\$ 148,797.90
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	4	\$ 135,270.81
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	5	\$ 122,973.47
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	6	\$ 111,794.06
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	7	\$ 101,630.97
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	8	\$ 92,391.79
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	9	\$ 83,992.53
\$ 0.00	\$ 200,000.00	\$ 3,200.00	\$ 1,250.00	10	\$ 76,356.85
VAN 3 (Valor Actual Neto)					\$ 931,243.55

Tabla 5.19: Comparación de VAN de los casos 1, 2 y 3 [31, 32].

Ítem	Caso	VAN (Valor Actual Neto)
1	Caso: 1, Instalaciones Eléctricas sin implementación de un Sistema de Respaldo de Energía (Sin Grupo Electrónico y UPS)	-\$ 1,872,188.15 (VAN 1)
2	Caso: 1, Instalaciones Eléctricas con implementación de un Sistema de Respaldo de Energía sin redundancia (01 UPS + 01 Grupo Electrónico)	+\$ 665,227.38 (VAN 2)
3	Caso: 1, Instalaciones Eléctricas con implementación de un Sistema de Respaldo de Energía con redundancia 1+1 (02 UPS's + 01 Grupos Electrónicos)	+\$ 931,243.55 (VAN 3)

En resumen, se elige implementar un Sistema de Respaldo de Energía con redundancia 1+1, ya que los resultados son favorables, en el transcurso del tiempo se recupera la inversión realizada (VAN 3 > VAN 2 > VAN 1).

5.7 Fase de implementación

En esta sección se desarrollará de forma resumida el detalle de la implementación de la primera y segunda etapa del proyecto. Estas se indican en las tablas 5.20, 5.21, 5.22 y 5.23. Asimismo los planos del proyecto e información adicional se adjunta en la sección de anexos de este informe.

Tabla 5.20: Servicios contemplados en el proyecto, para instalación del Sistema UPS - 1era Etapa [31, 32].

Ítem	Servicios que forman parte del proyecto (1era Fase) - Sistema UPS
1.1	Instalación de Tablero General del Centro de Cómputo TD-9 en Cuarto de Tableros.
1.2	Instalación de Tablero General del Centro de Cómputo TD-9.3. en Centro de Cómputo.
1.3	Instalación de CLC (tablero para redundancia 1+1) en Centro de Cómputo.
1.4	Instalación de PDM (tablero para distribución de circuitos de carga crítica) en Centro de Cómputo.
1.5	Montaje de Transformador de Aislamiento de 75kVA en Cuarto de Tableros.
1.6	Montaje de UPS 2033D Mitsubishi de 50kVA/40kW en Centro de Cómputo.
1.7	Cableado de alimentador eléctrico a Tablero TD-9
1.8	Cableado de alimentador eléctrico a la entrada de Transformador de 75KVA, desde tablero TD-9.
1.9	Cableado de alimentador eléctrico a la salida de Transformador de 75KVA, hacia el tablero TD-9.3.
1.10	Cableado eléctrico entre TD-9.3 y CLC, para by pass de mantenimiento externo.
1.11	Cableado eléctrico entre TD-9.3 y UPS, para conexión a rectificador y by pass interno de UPS.
1.12	Cableado eléctrico entre salida de UPS y CLC, para conexión de inversor.
1.13	Instalación de Supresor de Transitorio dentro del tablero TD-9.3.
1.14	Conexión de cable de línea de tierra existente.
1.15	Cableado eléctrico entre CLC y PDM.
1.16	Cableado de alimentador eléctrico a Tablero TD-9
1.17	Pruebas generales en Sistema UPS y demás componentes.
1.18	Traslado de equipos, herramientas, materiales, personal técnico.

Tabla 5.21: Servicios contemplados en el proyecto para instalación del Grupo Electrónico - 1era Etapa [31, 32].

1	Servicios que forman parte del proyecto (1era Fase) - Grupo Electrónico
1.1	Construcción de losa de concreto del tipo enmallado, antivibratoria, para montaje de grupo electrónico.
1.2	Instalación de Secuencímetro Automatizado en Cuarto de Tableros.
1.3	Instalación de Tablero de Transferencia Automático (TTA-2)
1.4	Cableado eléctrico entre grupo electrónico y Secuencímetro Automatizado.
1.5	Cableado eléctrico entre Secuencímetro y TTA-2
1.6	Montaje de Grupo Electrónico en base de concreto, fijación del mismo.
1.7	Instalación de Tanque para Combustible de 220 Galones.
1.8	Instalación de Cargador de Baterías 12 VDC.
1.9	Conexiones eléctricas necesarias para interconexión entre Grupo/TTA-2/Secuencímetro/Cargador, etc.
1.10	Instalación de Tubería de desfogue p/emisión de gases.
1.11	Pruebas generales en Grupo Electrónico y demás componentes.

Tabla 5.22: Servicios contemplados en el proyecto para instalación del segundo Grupo Electrónico – 2da Etapa [31, 32].

3	Servicios que forman parte del proyecto (2da Fase) - Grupo Electrónico
3.1	Construcción de losa de concreto del tipo enmallado, antivibratoria, para montaje de grupo electrónico.
3.2	Cableado eléctrico entre grupo electrónico y Secuencímetro Automatizado.
3.3	Montaje de Grupo Electrónico en base de concreto, fijación del mismo.
3.4	Instalación de Tanque para Combustible de 220 Galones.
3.5	Instalación de Cargador de Baterías 12 VDC.
3.6	Conexiones eléctricas necesarias para interconexión entre Grupo/TTA-2/Secuencímetro/Cargador, etc.
3.7	Instalación de Tubería de desfogue p/emisión de gases.
3.8	Pruebas generales en Grupo Electrónico y demás componentes.

Tabla 5.23: Servicios contemplados en el proyecto para instalación del segundo UPS - 2da Etapa [31, 32].

4	Servicios que forman parte del proyecto (2da Fase) - UPS
4.1	Montaje de UPS 2033D Mitsubishi de 50kVA/40kW en Centro de Cómputo.
4.2	Cableado eléctrico entre TD-9.3 y UPS, para conexión a rectificador y by pass intero de UPS.
4.3	Cableado eléctrico entre salida de UPS y CLC, para conexión de inversor a CLC.
4.4	Pruebas generales en Sistema UPS y demás componentes.

5.7.1 Fotografías de montaje de equipamiento



Figura 5.11: Grupo Electrógeno, modelo RVM-117 (aún sin instalar).

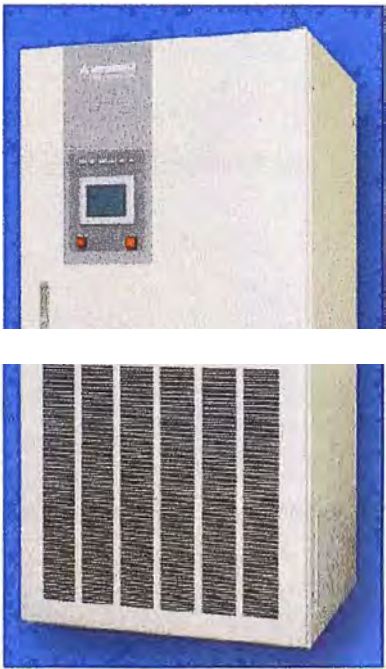


Figura 5.12: UPS Mitsubishi de 50kVA/kW, modelo 2033D (aún sin instalar).



Figura 5.13: Montaje de Banco de Baterías de UPS Mitsubishi.



Figura 5.14: Montaje de Tableros General del Centro de Cómputo (TD-9).



Figura 5.15: Montaje de Tableros Eléctricos en “Cuarto de Tableros”.



Figura 5.16: Montaje de CLC (Tablero para redundancia) en Centro de Cómputo.



Figura 5.17: Montaje de Transformador de Aislamiento de 75kVA (UL).

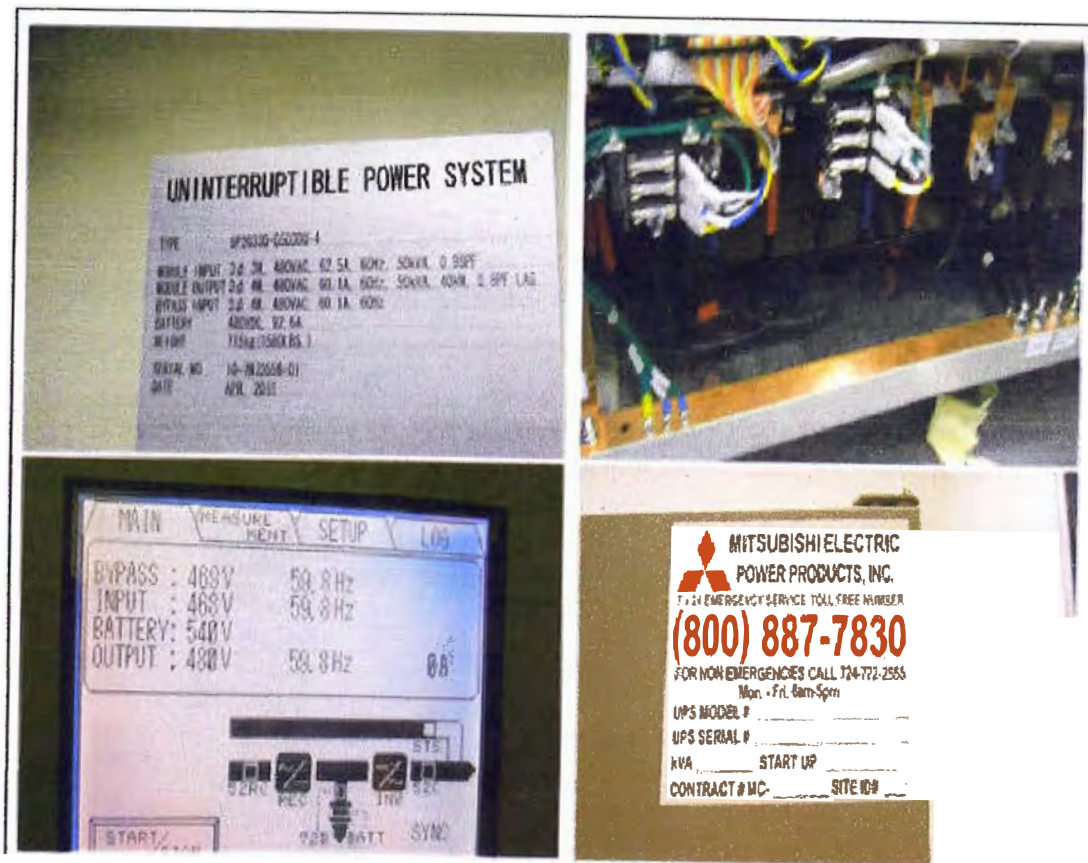


Figura 5.18: Cableado, Pantalla y Datos del UPS Mitsubishi 2033D.

CONCLUSIONES

1. Se debe tener en cuenta que para la implementación de un sistema de respaldo no existe solución única, la solución más apropiada será determinada de acuerdo a los niveles de calidad de energía y confiabilidad que estos requieran mediante un cuidadoso diseño de las instalaciones.
2. Por lo indicado en el punto anterior, la solución a elegir dependerá del tipo de aplicación y el costo del mismo, por lo que se necesita realizar un análisis detallado para seleccionar la solución correcta y la más económica.
3. Los Sistemas de Respaldo de Energía redundantes son más confiables por ello es importante elegir adecuadamente la configuración y/o topología que mejor se adapte a la instalación que se desee proteger.
4. Se debe tener en cuenta la mantención de estos sistemas en el transcurso del tiempo, para ello es importante realizar periódicamente rutinas de mantenimiento preventivo, estos costos también deben ser considerados en el análisis preliminar a la hora de elegir la solución apropiada.
5. Las Salas de Uso Médico que forman parte del grupo 2 (de acuerdo a IEC 60364-7-710: 2002-11), son entornos en los que un adecuado y confiable suministro de energía eléctrica es de vital importancia, ya que es necesario asegurar la disponibilidad de energía eléctrica ante cualquier situación.
6. Actualmente existen diferentes sistemas de respaldo de energía, pero muchas de las empresas o instituciones no los aplican ya que los costos son elevados, y porque no analizan a largo plazo los beneficios que se generan debido a su implementación.

ANEXOS

TD0 | 440 | VOLTIOS | 60 | 47 |

BY PASS MANTENIMIENTO UPS

TD9.3.1



2	C-17	2220A	RESERVA
3		2220A	
4	C-18	2220A	RESERVA
5		2220A	
6	C-19	2220A	RESERVA
7		2220A	
8	C-20	2220A	RESERVA

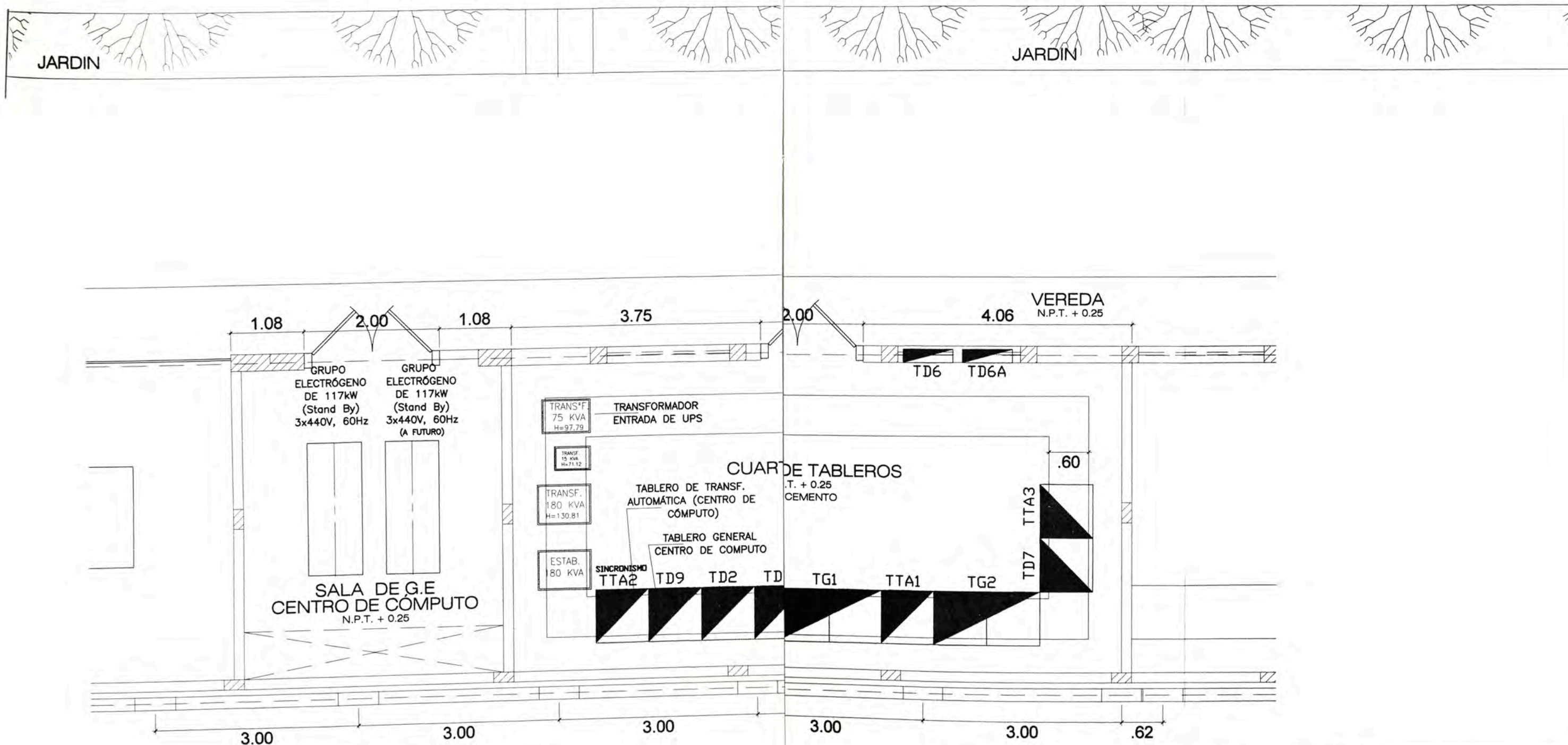


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

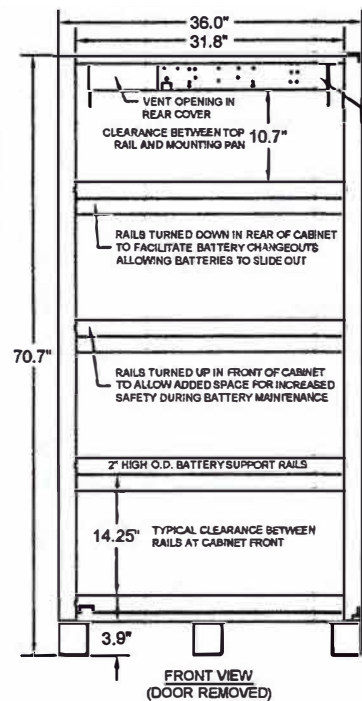
FACULTAD DE INGENIERIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICO

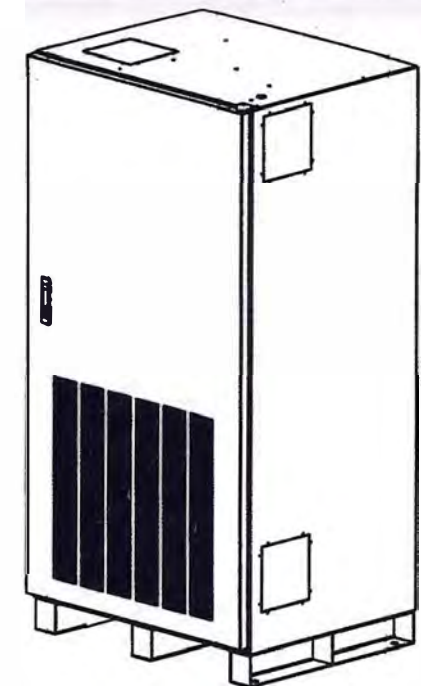
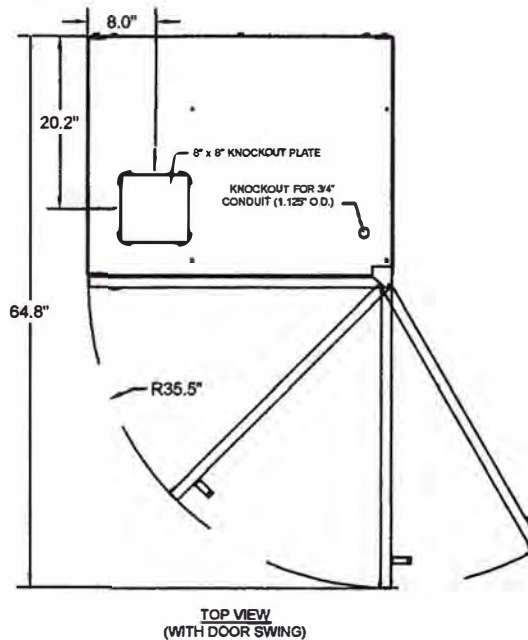
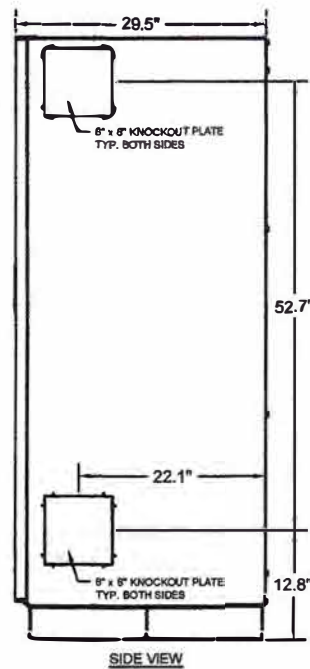
ESPECIALIDAD: INSTALACIONES ELÉCTRICAS	REFERENCIA: CENTRO DE CÓMPUTO - ENTIDAD BANCARIA
PLANO: DIAGRAMA UNIFILAR DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA PARA EL CENTRO DE CÓMPUTO	
ELABORADO POR: PROYECTISTA	DISEÑADO POR: PROYECTISTA
PLANO: IE	



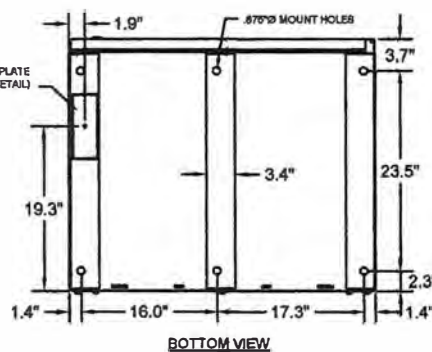
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA	
	FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA	
SISTEMA DE RESPALDO DE ENERGÍA ELÉCTRICO		
ESPECIALIDAD: INSTALACIONES ELÉCTRICAS	REFERENCIA: CENTRO DE CÓMPUTO - ENTIDAD BANCARIA	
PLANO: EMPLAZAMIENTO DE GRUPOS ELECTRÓGENO Y TABLEROS ELÉCTRICOS		
ELABORADO POR: PROYECTISTA	DISEÑADO POR: PROYECTISTA	PLANO: IE-03



MOUNTING PAN FOR BREAKER, FUSES, TERMINAL BLOCKS, AND GROUND LUG.



BOTTOM ACCESS FOR RAISED FLOOR APPLICATIONS



CABINET NOTES:

1. NEMA 1 ENCLOSED BATTERY CABINET.
2. FACTORY ASSEMBLED CABINETS ARE UL LISTED 1778 & CSA LISTED 22.2 NO. 107.1-M95.
3. CABINET IS ZONE 4 RATED AND CERTIFIED (SEE ZONE 4 ANCHORAGE DRAWING FOR DETAILS)
4. CABINET BODY IS 10 GA. COLD ROLLED STEEL.
5. BATTERY SUPPORT RAILS ARE 10 GA. COLD ROLLED STEEL.
6. DOORS & REAR COVER ARE 16 GA. COLD ROLLED STEEL.
7. PAINT IS MITSUBISHI BEIGE (MUNSELL 5Y7/1) POWDER COAT, OVEN BAKED FOR CHIP & CORROSION RESISTANT FINISH.
8. FOR EASE OF CONDUIT INSTALLATION, 18 GAUGE CONDUIT KNOCKOUT PLATES ARE PROVIDED TO REPLACE THE 10 GAUGE KNOCKOUTS IN THE CABINET. (2) 8"x8" COVER PLATES AND (1) 3"x7.5" COVER PLATE ARE PROVIDED.
9. BATTERIES CAN BE ACCESSED FROM THE FRONT AND REAR.
10. CABINET CAN BE MOVED WITH PALLET JACK OR FORK LIFT AT PALLET JACK ACCESS POINTS LOCATED AT FRONT OR REAR OF CABINET. FROM THE SIDES, THE CABINET CAN BE MOVED WITH ROL-A-LIFT TYPE EQUIPMENT MOVER. THE CABINET IS ONLY TO BE LIFTED FROM THE BOTTOM.

MITSUBISHI ELECTRIC POWER PRODUCTS, INC.
WARRENDALE, PENNSYLVANIA

REVISIONS

PART#: BC39

DESCRIPTION: BC39 BATTERY CABINET

MEPPI APPROVED: RL

CAD FILE:
BC39-SD01-1 REV 3

REV: 3

DATE: 09/03/08

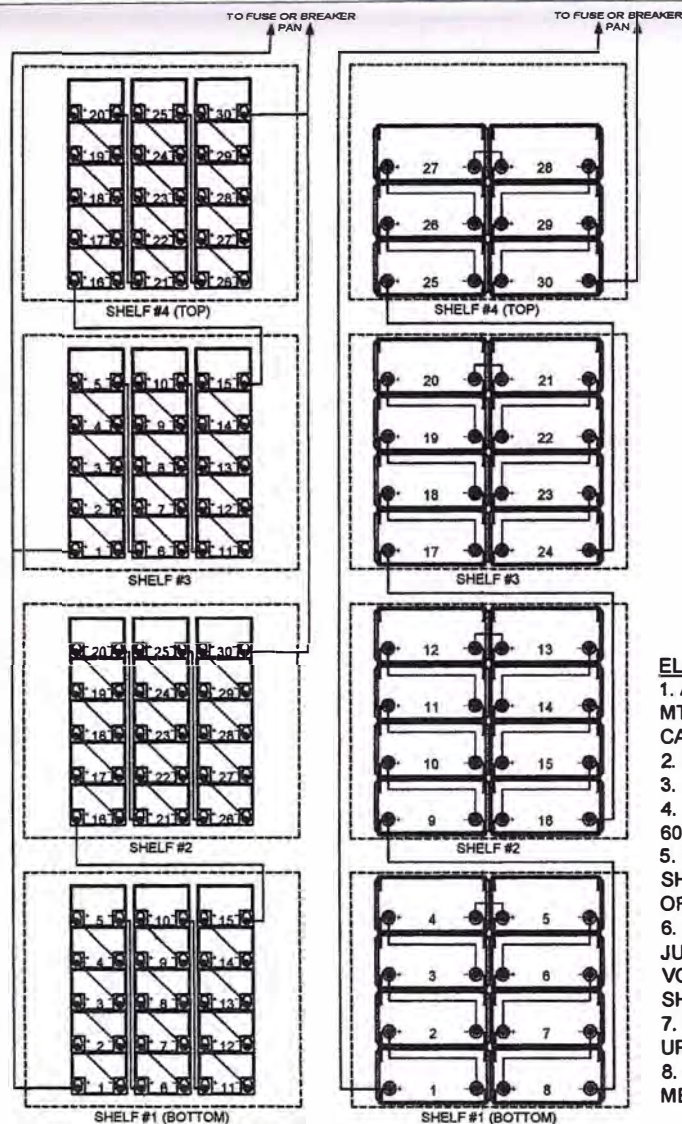
DRAWING NUMBER:

SHEET:

DRAWN BY: JRL

BC39-SD01-1 REV 3

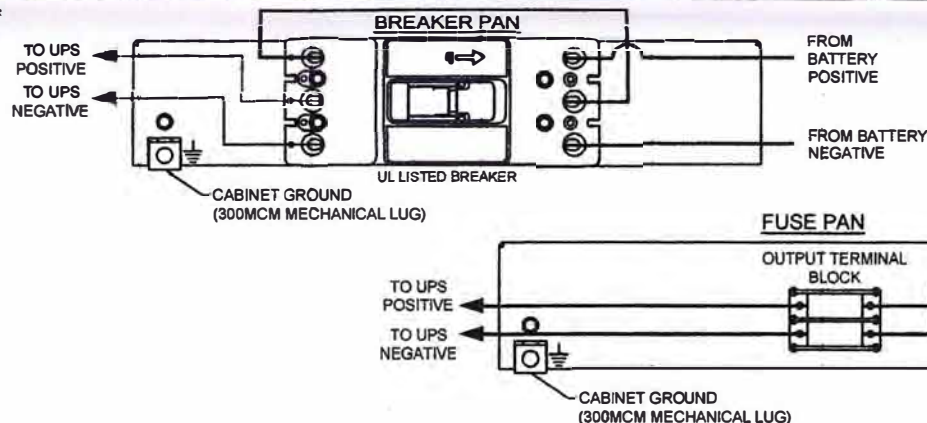
1 OF 3



BC39 360VDC TYPICAL WIRING

ELECTRICAL NOTES:

1. ALL INTERNAL WIRING IS UL LISTED, MTW, STYLE, 105C, EXTRA FLEXIBLE CABLE.
2. FUSE IS UL RECOGNIZED, TYPE A50P
3. BREAKER IS UL LISTED
4. TERMINAL BLOCK IS UL RECOGNIZED, 600V RATED.
5. CABINETS WITH BREAKERS ARE SHIPPED WITH BREAKER IN THE OFF/OPEN POSITION.
6. CABINETS ARE SHIPPED WITH BATTERY JUMPER REMOVED TO BREAK STRING VOLTAGE FOR ADDED SAFETY IN SHIPPING.
7. CABLES FROM BATTERY CABINET TO UPS SYSTEM ARE NOT SUPPLIED.
8. GROUND CONNECTION IS #6-300MCM MECHANICAL LUG.



TYPICAL CABINET WEIGHTS

PART NUMBER	WEIGHT (LBS)	PART NUMBER	WEIGHT (LBS)
BC39-30P100-KVA	1116	BC39-30V100-KVA	1116
BC39-30P150-KVA	1284	BC39-30V150-KVA	1284
BC39-30P200-KVA	1686	BC39-30V200-KVA	1686
BC39-30P300-KVA	2196	BC39-30V300-KVA	2196
BC39-30P350-KVA	2496	BC39-30V350-KVA	2496
BC39-30P400-KVA	2706	BC39-30V400-KVA	2706
BC39-30P500-KVA	3486	BC39-30V500-KVA	3486
BC39-30P550-KVA	3486	BC39-30V550-KVA	3486

TYPICAL BREAKER SIZING (FOR 1 OR 2 CABINET SYSTEMS)

2033A SERIES UPS SIZE	30 KVA	50 KVA	75 KVA
BREAKER SIZE AMPS	100A	150A	225A
A.I.C. RATING, 600VDC	35,000 A.I.C.	35,000 A.I.C.	35,000 A.I.C.
INPUT LUG SIZE	(1) #14-1/0	(1) #4-4/0	(1) #4-350
OUTPUT LUG SIZE	(1) #14-1/0	(1) #4-4/0	(1) #4-350
BREAKER TIE CABLE	(1)-#6	(1)-#2	(1)-1/0
UV, ALARM & AUX.	NO	NO	NO

TYP. TERMINAL BLOCK CONNECTIONS FOR FUSED CABINETS

2033A SERIES UPS SIZE	30 KVA	50 KVA	75 KVA
TB OUTPUT CONNECTIONS (MECHANICAL LUG TYPE CONNECTION)	(1) 2/0 PER POLE	(1) 250 MCM PER POLE	(1) 250 MCM PER POLE

MITSUBISHI ELECTRIC POWER PRODUCTS, INC.
WARRENDALE, PENNSYLVANIA

REVISIONS

PART#: BC39

DESCRIPTION: BC39 BATTERY CABINET 2033A SERIES

MEPPI APPROVED: RL

CAD FILE:
BC39-SD01-2 REV 3

REV: 3

DATE: 09/04/08

DRAWING NUMBER:
BC39-SD01-2 REV 3

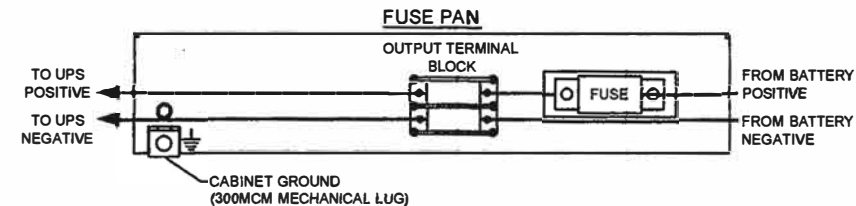
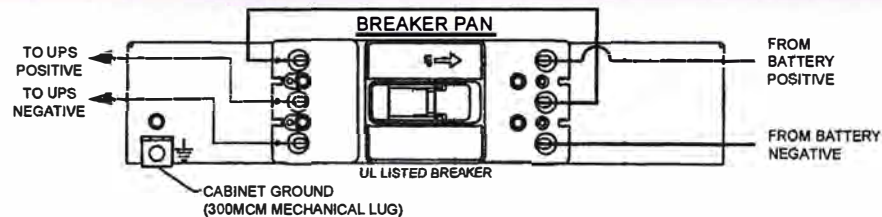
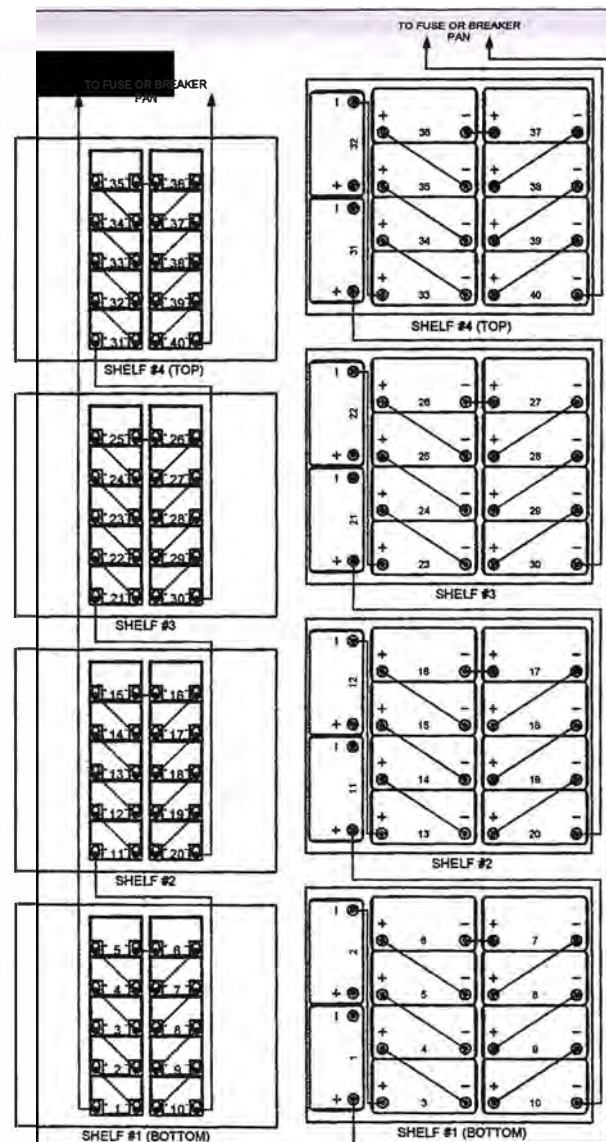
SHEET:

DRAWN BY: JRL

2 OF 3

Cables NOT supplied

Removed 40 KVA



TYPICAL CABINET WEIGHTS

PART NUMBER	WEIGHT (LBS)	PART NUMBER	WEIGHT (LBS)
BC39-40P100-KVA	1366	BC39-40V100-KVA	1366
BC39-40P150-KVA	1590	BC39-40V150-KVA	1590
BC39-40P200-KVA	2126	BC39-40V200-KVA	2126
BC39-40P300-KVA	2806	BC39-40V300-KVA	2806
BC39-40P350-KVA	3206	BC39-40V350-KVA	3206
BC39-40P400-KVA	3363	BC39-40V400-KVA	3363

TYPICAL BREAKER SIZING (FOR 1 OR 2 CABINET SYSTEMS)

2033D SERIES UPS SIZE	30 KVA	50 KVA	80 KVA
BREAKER SIZE AMPS	70A	125A	200A
A.I.C. RATING, 600VDC	35,000 A.I.C.	35,000 A.I.C.	35,000 A.I.C.
INPUT LUG SIZE	(1) #14-1/0	(1) #4-4/0	(1) #4-350
OUTPUT LUG SIZE	(1) #14-1/0	(1) #4-4/0	(1) #4-350
BREAKER TIE CABLE	(1)-#8	(1)-#4	(1)-#1
UV, ALARM & AUX.	NO	NO	NO

TYP. TERMINAL BLOCK CONNECTIONS FOR FUSED CABINETS

2033D SERIES UPS SIZE	30 KVA	50 KVA	80 KVA
TB OUTPUT CONNECTIONS (MECHANICAL LUG TYPE CONNECTION)	(1) 2/0 PER POLE	(1) 2/0 PER POLE	(1) 250 MCM PER POLE

ELECTRICAL NOTES:

1. ALL INTERNAL WIRING IS UL LISTED, MTW, STYLE, 105C, EXTRA FLEXIBLE CABLE.
2. FUSE IS UL RECOGNIZED, TYPE A50P
3. BREAKER IS UL LISTED
4. TERMINAL BLOCK IS UL RECOGNIZED, 600V RATED.
5. CABINETS WITH BREAKERS ARE SHIPPED WITH BREAKER IN THE OFF/OPEN POSITION.
6. CABINETS ARE SHIPPED WITH BATTERY JUMPER REMOVED TO BREAK STRING VOLTAGE FOR ADDED SAFETY IN SHIPPING.
7. CABLES FROM BATTERY CABINET TO UPS SYSTEM ARE NOT SUPPLIED.
8. GROUND CONNECTION IS #6-300MCM MECHANICAL LUG.

MITSUBISHI ELECTRIC POWER PRODUCTS, INC.
WARRENDALE, PENNSYLVANIA

REVISIONS

PART#: BC39

DESCRIPTION: BC39 BATTERY CABINET 2033D SERIES

MEPPI APPROVED: RL

CAD FILE:
BC39-SD01-4 REV 3

REV: 3

DATE: 07/03/08

DRAWING NUMBER:
BC39-SD01-4 REV 3

SHEET:

DRAWN BY: JRL

3 OF 3

Cables NOT supplied

MGM



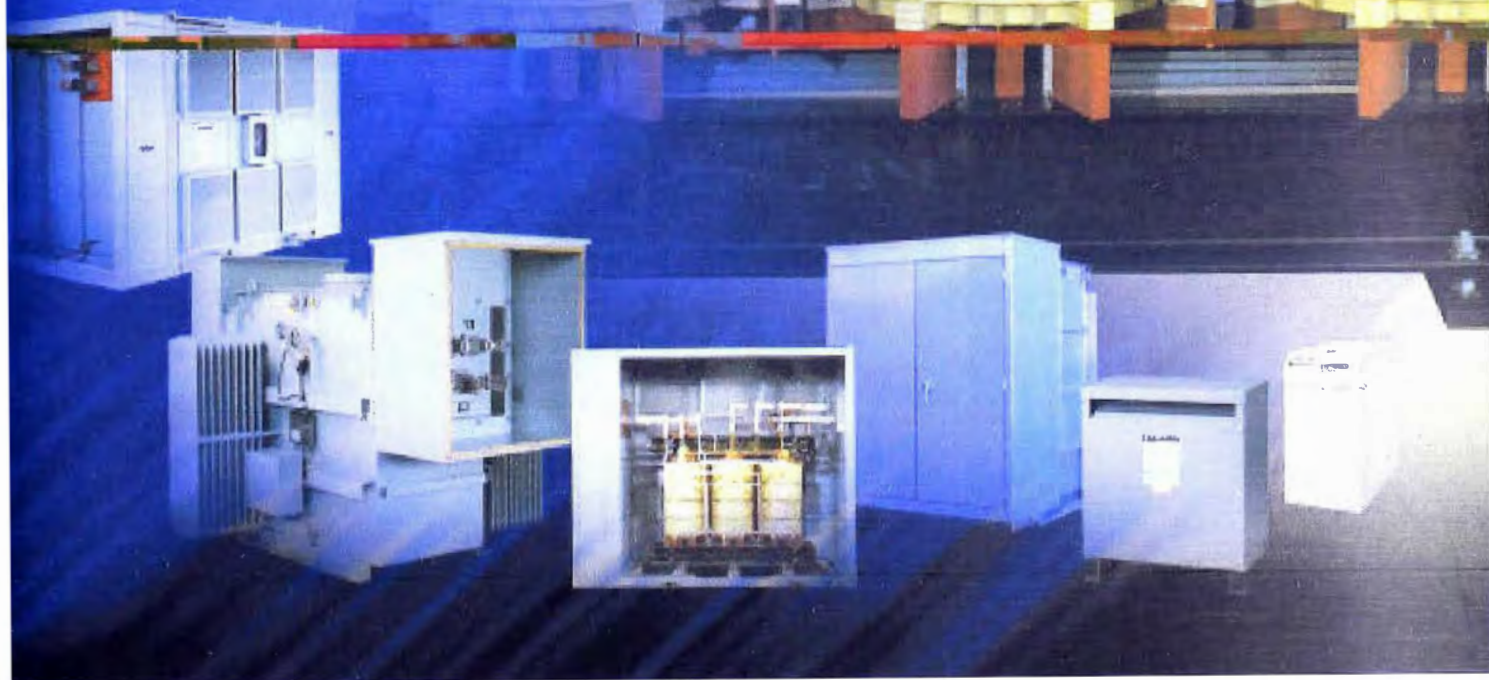
TRANSFORMER COMPANY

Special Design Dry
Type Transformers

Liquid Filled and Dry
Type Substation
Transformers

Liquid Filled and Dry
Type Drives Isolation
Transformers

600V Class General
Purpose Transformers



MGM Transformer Company

Company Profile

MGM Transformer Company was established in 1975 as a dry transformer manufacturer. After the acquisition of *Sierra Transformer Company* in 1982, MGM introduced liquid units to its product line. By 1990, MGM Transformer had grown to become the largest independent transformer manufacturer west of the Mississippi.

To continue the growth of products within the transformer world, MGM Transformer Company opened a 125,000 square foot satellite manufacturing plant in 1991 for the production of 600V class general purpose lighting transformers. Presently, there are warehouse operations in 20 major cities throughout the continental United States.

The decade of the 1990's has seen a significant growth in the SCR/VFD drives industry, as users have looked for ways to improve efficiencies to reduce power costs. MGM Transformer Company has responded to this new demand with an engineering staff that specializes in the application and design of these sophisticated systems. Consequently, the company has become an established leader of drives isolation transformers.

Located on a five-acre site just southeast of metropolitan Los Angeles, the manufacturing plant encompasses 120,000 square feet. Adjacent to the manufacturing plant is a separate 20,000 square foot facility, housing offices for administration, engineering and sales.



MGM Transformer Company manufactures transformers in eight major categories:

Special Design Dry Type Transformers:

- 9kVA to 7,500kVA
- 1- and 3-Phase
- 600V to 34.5kV
- K-Factor Ratings
- Retrofit Applications

Dry Type Substation Transformers:

- 500kVA to 10,000kVA
- 5kV to 34.5kV
- Indoor and Outdoor
- Primary Load Interrupter Switch (optional)

Liquid Filled Substation Transformers:

- 500kVA to 7,500kVA
- 5kV to 34.5kV
- Indoor and Outdoor
- Primary Load Interrupter Switch (optional)

Dry Type Drives Isolation Transformers:

- 6 and 12-Pulse
- 15kVA to 7,500kVA
- 600V to 34.5kV
- Indoor and Outdoor

Liquid Filled Drives Isolation Transformers:

- 6 and 12-Pulse
- 200kVA to 7,500kVA
- 5kV to 34.5kV
- Indoor and Outdoor

600V Class General Purpose Transformers:

- 9kVA to 1,500kVA, 3-Phase
- 10kVA to 500kVA, 1-Phase

Special Design Dry Type Transformers

Barrel wound

The barrel wound style is the most common method in the industry for 600V and 5kV applications. MGM only uses the barrel wound method for 600V class and 5kV class, 45kV BIL maximum.



Section wound

The section wound style is rarely used in industry due to higher cost vs. barrel or random wound. MGM as a standard uses this style on all 5kV class above 45kV BIL and 15kV class to 1,000kVA and 60kV BIL.



Disk wound

Continuous disk or pancake wound style is very costly and not widely used. Due to its superior design criteria, MGM uses this method on 15kV class above 1,000kVA and 60kV BIL.



RANGE

9kVA-5,000kVA, 2.4kV/5kV, 3 phase
30kVA-7,500kVA, 15kV, 3 phase
500kVA-7,500kVA, 34.5kV, 3 phase
9kVA-2,000kVA, 600V, 3 phase
10kVA-1,667kVA, 2.4kV/5kV, 1 phase
15kVA-3,333kVA, 15kV/34.5kV, 1 phase
10kVA-333kVA, 600V, 1 phase

DESIGN SPECIFICATIONS

Aluminum/Copper
150°C / 115°C / 80°C or Special Request
220°C insulation
NEMA standard/special sound levels
ANSI standard/special BIL levels
Dip/bake or VPI (upon request)
UL K-factor ratings
UL/CUL/CE/CSA listings (check with factory)
Multi-voltage input/output
50/60/400 Hz
OEM core and coil
Multiple electrostatic shields
Design to meet customer impedance and loss criteria

MGM Transformer Company has established itself as a custom manufacturer of dry type transformers. With the exceptionally large and experienced engineering staff, the ability to design to the varying criteria of differing industries, while maintaining short lead times, has positioned the company as a leader in the transformer industry. Core and coil application for regulators and UPS systems, low loss/high efficiency drives isolation transformers, and K-factor rated substation transformers for retrofit are but a few of the special transformers MGM has designed and manufactured.

Within the Special Design Dry Type transformers, MGM employs three winding styles based on kVA, voltage and BIL requirements. The ability to select a specific winding style assures the highest degree of mechanical strength under short circuit stress conditions and suitability for different voltage classes.

Most transformer companies offer standard engineered products only, and ask the users to make it fit their applications. MGM however, can engineer the product both electrically and mechanically to fit any given and unique application.



Substation Transformers



Dry Type Substation 1800kVA
*Primary 6.3kVΔ Secondary 400Y/231V 50Hz;
 150°C Rise; Copper Wound; Digital Temperature
 Monitor; NEMA 3R Louvers; Low Voltage
 Transition Section with Flex Leads*

Dry Type

For over two decades, MGM Transformer Company has been a reliable source for quality secondary unit substation transformers. Our standard designs cover the full range of requirements from 5kV to 34.5kV, 500kVA to 10,000kVA, in both liquid and dry type.

As an engineering oriented transformer company, we maintain a large engineering staff. Our experience in working with various switchgear manufacturers enables us to design the high voltage/low voltage switchgear interface, assuring the proper match in the field. Flex connectors can be supplied.

Non-standard substation designs are also available for special situations such as failed unit retrofitting or PCB replacement.

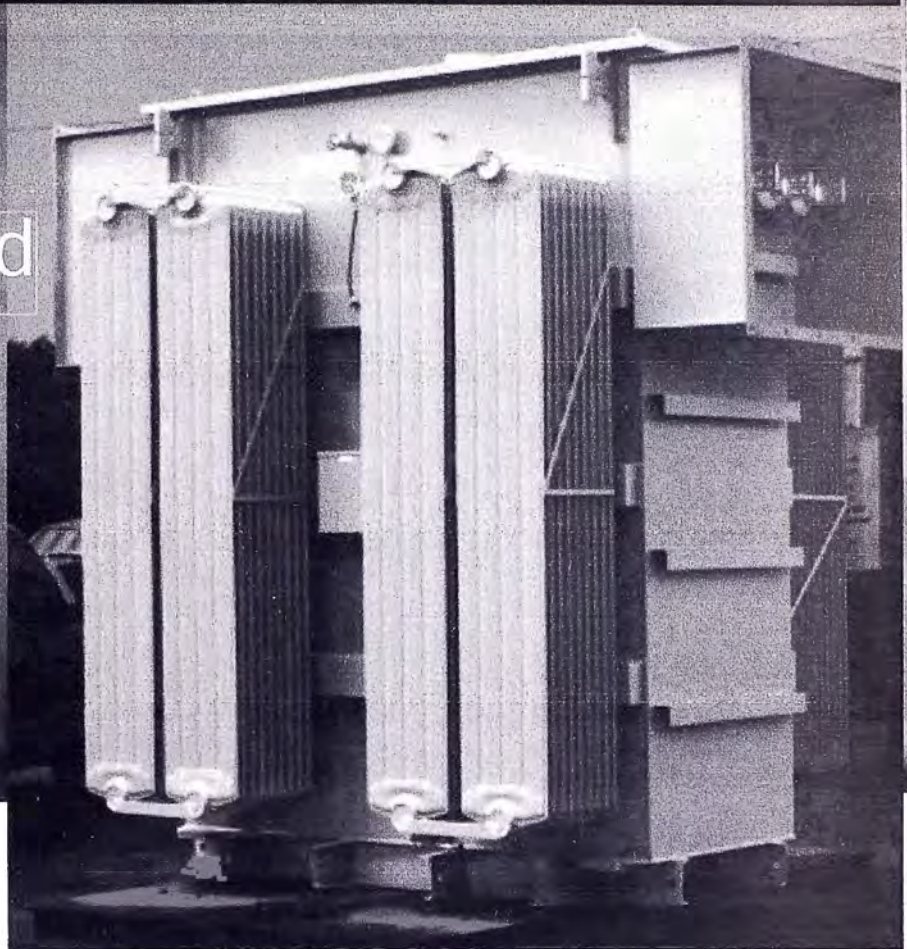
All manufacturing processes are done on the premises. This advantage, along with a large inventory of electrical steel and wire, assures our customers of the industry's shortest lead times, regardless of the interface requirements.

* R A N G E	3 - P H A S E
	500kVA-10,000kVA, 2.4/5kV
	500kVA-10,000kVA, 15kV
	500kVA-10,000kVA, 34.5kV
D E S I G N S P E C I F I C A T I O N S	
	Aluminum/Copper
	150°C / 115°C / 80°C
	220°C insulation
	Indoor/outdoor
	ANSI standard/special BIL levels
	Dip/bake or VPI (upon request)
	UL K-factor ratings
	UL/CUL/CSA listings (check with factory)
	*3,750kVA and above have a minimum low voltage of 2400 Volts



Substation Transformers

Liquid Filled



Liquid Filled Substation 7.5MVA

Primary 22.9kVΔ Secondary 7,200Y/4,160V 60Hz;
65°C Rise; Aluminum Wound; Mineral Oil; HV/LV Throats

* R A N G E

3 - P H A S E

500kVA-7,500kVA, 2.4/5kV, 3 phase only

500kVA-7,500kVA, 15kV, 3 phase only

500kVA-7,500kVA, 34.5kV, 3 phase only

D E S I G N S P E C I F I C A T I O N S

Aluminum/Copper

55°C, 65°C and 55°C / 65°C

OA, OA/FFA, OA/FA

ANSI standard/special BIL levels

Indoor (R-Temp/silicone)

Outdoor

Designed per ANSI/IEEE and NEMA

*3,750kVA and above have a minimum
low voltage of 2400 Volts

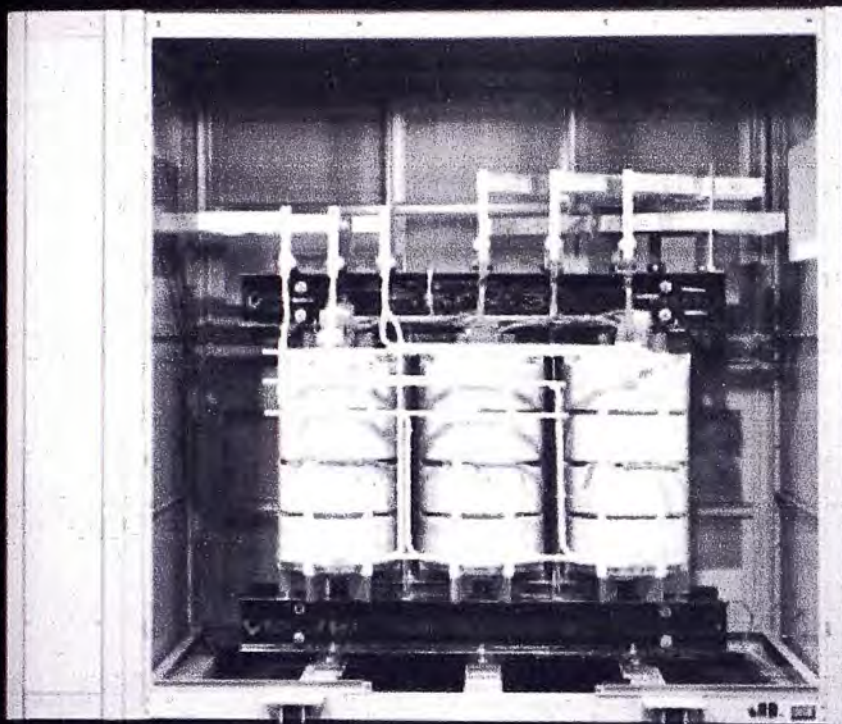
MGM Transformer Company has built a reputation for providing rugged, conservatively designed substation transformers.

Our experienced manufacturing team, backed by a rigorous QA/QC system requirement, results in a superior transformer in quality and performance. With an extensive inventory of raw materials on site, industry's shortest lead times are maintained.

As a benefit to our customers, fused and non-fused 600A 15kV load interrupter switches are maintained in inventory. These can be mated to our transformers and shipped in the same short cycle lead time as transformers without switches.



Drives Isolation Transformers



Dry Type Drives Isolation 750kVA 12-Pulse

Primary 3.3kVΔ Secondary 1,700Δ/1,700Y 50Hz;
125°C Rise; Copper Wound; Electro-Static Shield;
Thermoswitches in Coils

Dry Type

MGM Transformer Company has earned the respect of the major drives manufacturers as a supplier of reliable, high quality drives isolation transformers. All transformers are custom-designed to meet the customer's exact specifications, using the latest ANSI/IEEE criteria for harmonic loads. Derated standard distribution transformer designs are never used.

As a design-and-build transformer company, we pride ourselves on our large and experienced engineering staff whose extensive experience in the drives industry has resulted in our success as a supplier of these special transformers. Applications ranging from pumps and fans, to heavy duty-cycle steel rolling mills, have been designed and manufactured.

We manufacture both liquid filled and dry type, from 15kVA to 7.5MVA. Our customers benefit because we are able to provide the best solution for any specific application.

RANGE

15kVA-1,500kVA, 600V

15kVA-7,500kVA, 5kV to 34.5kV

DESIGN SPECIFICATIONS

ANSI C57 (applicable section(s))

IEEE (applicable section(s))

Indoor/outdoor

6 and 12-pulse applications

220°C insulation

150°C / 115°C / 80°C / special design rise

Aluminum/copper

Electro-static shield(s)

Thermal switches

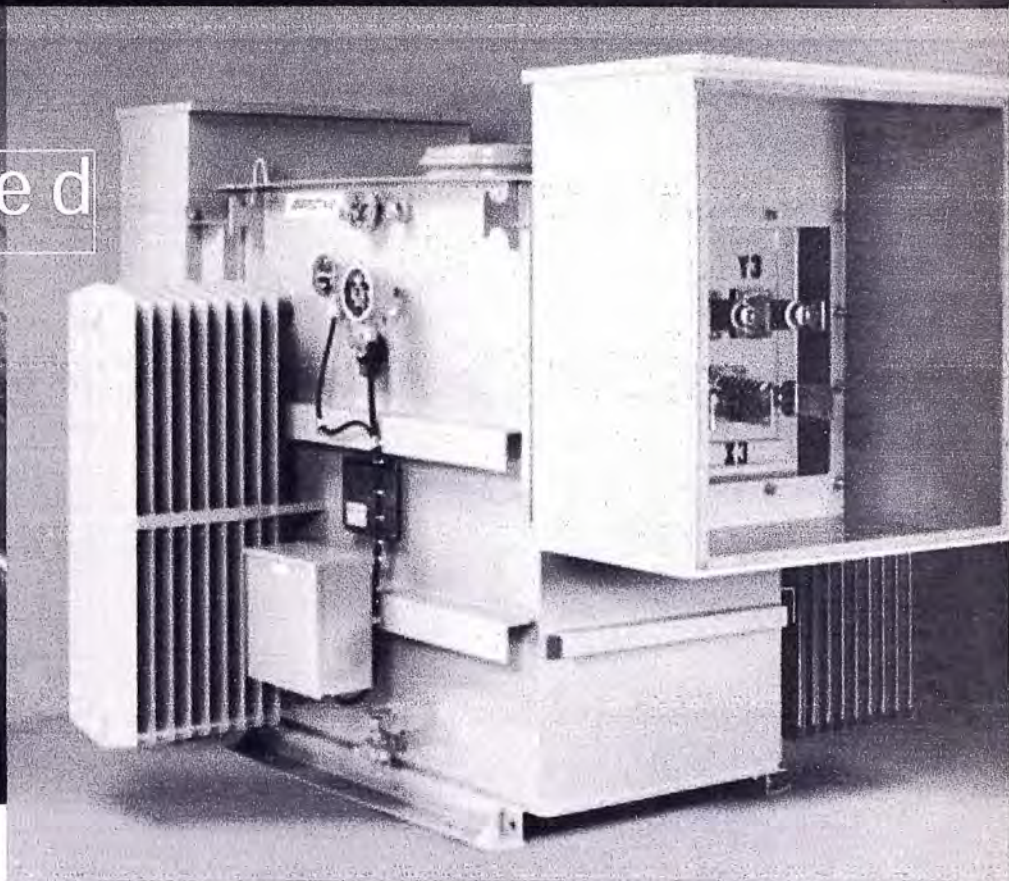


Drives Isolation Transformers

Liquid Filled

Liquid Filled Drives Isolation
1,000kVA 12-Pulse

Primary 4.3kVΔ Secondary 2,100Δ/2,100Y;
65°C Rise; Copper Wound; Electro-Static Shield;
Mineral Oil



RANGE

3-PHASE

200kVA-7,500kVA, 5kV to 34.5kV

DESIGN SPECIFICATIONS

ANSI C57 (applicable section(s))
IEEE (applicable section(s))
Indoor (R-temp/silicone)
Outdoor
6 and 12-pulse applications
55°C, 65°C and 55°C / 65°C
OA, OA/FFA, OA/FA
Aluminum/copper
Electro-static shield(s)
Winding temperature indicator

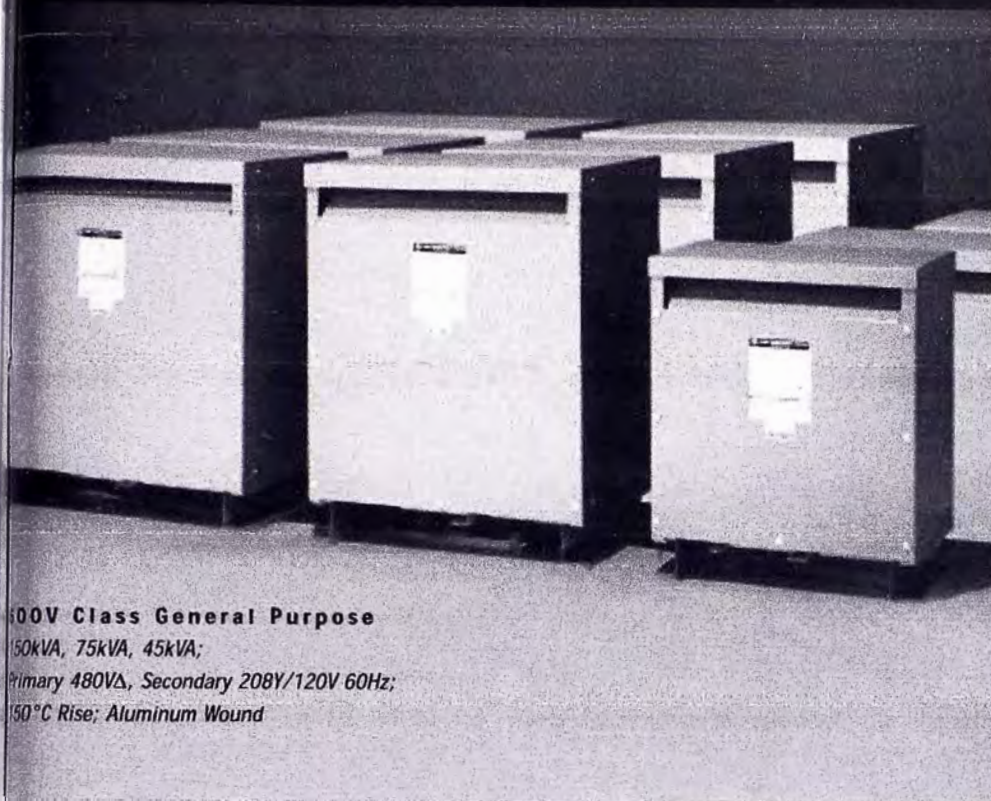
To meet the demands of drives applications, special design and manufacturing processes are utilized. Engineering's approach is to account for worst case scenarios, assuring conservative designs leading to long transformer life, even under severe applications. Manufacturing utilizes special winding techniques and equipment along with precision assembly and blocking methods, to maintain electrical and mechanical integrity while under stress.

MGM Transformer Company specializes in working with drives manufacturers to design and supply transformers to meet their exact equipment requirements. Once specifications are determined, a matrix of designs and pricing can be established for the manufacturer, streamlining the ordering process.

With a product range to 7,500kVA in both liquid-filled and dry type, and an engineering staff capable of designing to most any application, MGM Transformer Company is positioned as a leader in drives isolation transformer manufacturing.



General Purpose Transformers



600V Class General Purpose
150kVA, 75kVA, 45kVA;
Primary 480VΔ, Secondary 208Y/120V 60Hz;
150°C Rise; Aluminum Wound

MGM Transformer Company has established a national distribution network with locations in 20 major cities in the continental U.S. Because of immediate availability from warehouse inventories and competitive pricing, MGM has become one of the leaders in this industry.

In addition to the standard warehouse products shown on this page, each warehouse location can supply, by special order, virtually any 600V class transformer to meet customer specifications. For a sampling of the requirements that can be supplied, please refer to the "Special Design Dry Type Transformers" page.

RANGE 3 - PHASE

9kVA-500kVA, 480Δ-208Y/120V, 3 phase

9kVA-500kVA, 480Δ-240Δ/120V, 3 phase

10kVA-100kVA, 240x480-120/240V, 1 phase

DESIGN SPECIFICATIONS

Aluminum

150°C temperature rise

6 primary taps: 2-2 1/2% FCAN;

4-2 1/2% FCBN

220°C UL insulation

NEMA 1/NEMA 3R (with kit)

UL listed



NEMA TP-1 Transformers



NEMA Standard TP-1 was originally developed to promote the use of higher efficiency transformers in support of the Department of Energy's (DOE) guidelines for more efficient electrical devices that reduce energy consumption. Studies sponsored by the Environmental Protection Agency (EPA) show that the typical loading of low voltage (600V and below) drytype distribution transformers averages around 35% of the transformers full load rating over a 24 hour period. NEMA TP-1 established minimum efficiencies for 600V-class distribution transformers at 35% of the transformer's full load rating. At 35% load, when compared to standard transformers, NEMA TP-1 transformers are the most efficient transformer. The EPA adopted the minimum efficiencies set forth in NEMA Standard TP-1 and incorporated them into their highly successful Energy Star® Program.

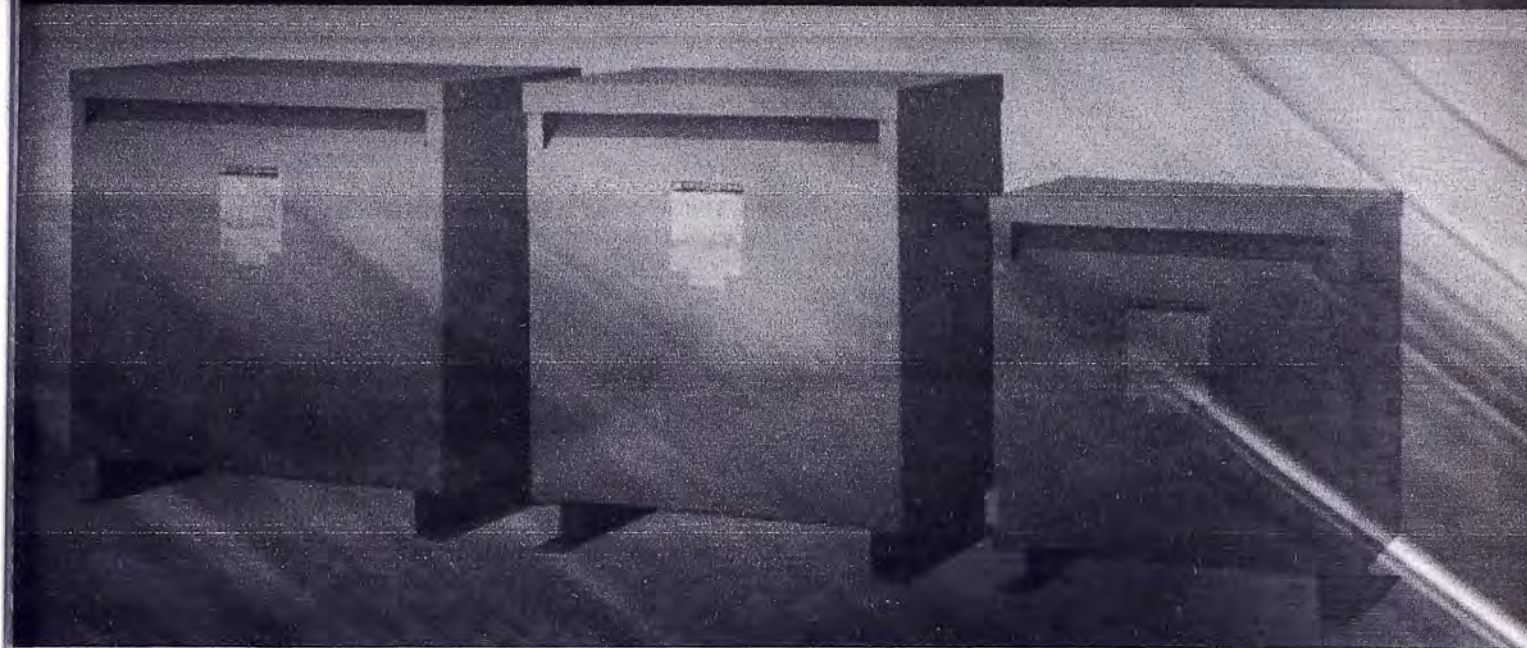
In applications where the average load over a 24 hour period is 35% of the transformer's full load rating, the energy savings that can be attained by installing a NEMA TP-1 (or Energy Star® labeled) transformer are significant. The EPA estimates that the payback period for the difference in price between a standard 150°C rise model and the NEMA TP-1 model is only 3 to 5 years. The expected life of a transformer is 20 years, or more, so the total financial savings available over the life of the transformer are significant. The following table lists the NEMA TP-1 minimum efficiency levels for low voltage dry type distribution transformers:

Single-Phase Efficiency	
Rated Capacity (kVA)	Minimum Efficiency (%)
15	97.7
25	98.0
37.5	98.2
50	98.3
75	98.5
100	98.6
167	98.7

Three-Phase Efficiency	
Rated Capacity (kVA)	Minimum Efficiency (%)
15	97.0
30	97.5
45	97.7
75	98.0
112.5	98.2
150	98.3
225	98.5
300	98.6
500	98.7
750	98.8



NEMA TP-1 Transformers



Several agencies and local governments have mandated the use of NEMA TP-1 compliant or Energy Star® labeled transformers. Section 161 of the Energy Policy Act of 1992 encourages federal agencies to procure energy efficient products. Additionally, Executive Order 12902 and FAR Section 23.704 direct agencies to purchase products that are in the upper 25% of energy efficiency. Many states have passed laws mandating the installation of NEMA TP-1 transformers as well. Massachusetts and Minnesota were the first to pass such laws. Recently, New York State adopted changes to its Energy Code that mandate installation of these transformers. California has likewise adopted legislation, Title 20, which requires all low voltage dry type distribution transformers manufactured on or after March 1, 2003 to meet the minimum efficiency levels set forth in NEMA TP-1. More states will surely pass similar legislation in the near future in anticipation of the passage of the 1992 Energy Act (House Resolution 776) which will require distribution transformers across the country to meet the NEMA TP- 1 efficiency standards.

NEMA Standard TP-1, as well as most state and federal legislation, specifically excludes a broad range of transformers classified as "specialty transformers". Among the products excluded from the NEMA standard are: transformers rated less than 15kVA, drives transformers (Type MD transformers), autotransformers, non-distribution transformers (such as UPS transformers), transformers designed for high harmonics (such as K-factor rated transformers), machine tool transformers, sealed and non-ventilated transformers (encapsulated transformers), transformers rated other than 60 Hz, and retrofit transformers. Check the specific legislation in your area for exclusions that are incorporated in your area.

As an Energy Star® partner, MGM Transformer Co. is a leader in the marketplace with solutions that save on electricity costs while at the same time help to protect the environment. MGM Transformer Co. offers a complete line of both single-phase and three-phase dry type distribution transformers that meet or exceed NEMA TP-1 efficiency levels. Models that comply with this standard bear the TP-1 and Energy Star® symbol.

The same options and modifications are available for NEMA TP- 1 transformers as are for the standard transformer offering; copper windings, special primary and or secondary voltages, 150°C, 115°C, or 80°C temperature rise, stainless steel enclosures, low sound, etc.

MGM Transformer Company

MGM Transformer Company is pleased to list a sample of our satisfied customers. For more information, please contact the factory.

Drives Industry

Allen-Bradley	Gegelec
Reliance Electric	Lloyd Controls
ABB	Ansaldo-Ross Hill
Toshiba	Control Techniques

Industrial & Commercial

General Electric	Motorola
Siemens	ITV Steel
Westinghouse	Toyota
Proctor & Gamble	Hewlett-Packard
Cutler-Hammer	

Petrochemical

Amoco Oil	Shell Oil
Arco	Exxon
Chevron	Unocal
Mobil Oil	

Pulp & Paper

Weyerhaeuser	Georgia Pacific
Eddy Paper	

Municipalities & Utilities

AT&T	Pacific Bell
Commonwealth Edison	Iowa Power & Light
L.A. Department of Water & Power	Wisconsin Power & Light
Metropolitan Water District	Pacific Gas & Electric
Florida Power & Light	Edison International

Architects & Contractors

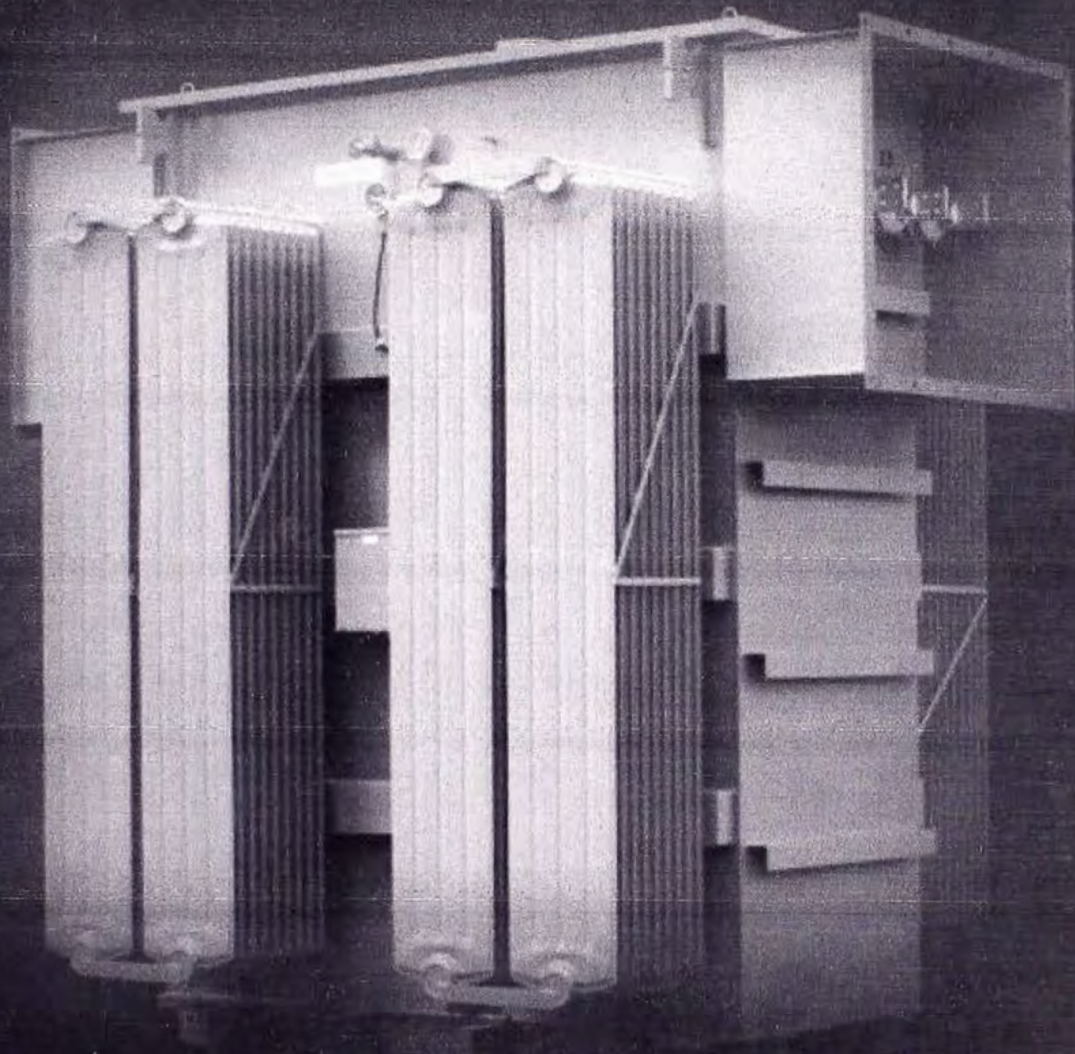
ARAMCO	Fluor Daniel
Bechtel	Ralph M. Parsons Co.
Brown & Root	Black & Veatch

Schools/Universities

UCLA	University of Michigan
UC Berkeley	University of Minnesota
UC San Diego	Lawrence Livermore Labs

Win-Turbine Power Generation

Palm Spring, California	Tehachapi Pass, California
-------------------------	----------------------------



Q u a l i t y u *y o u c a n s e e*



MGM Transformer Company

5701 Smithway Street, City of Commerce, CA 90040

Tel: (323) 726-0888

Fax: (323) 726-8224

Email: sales@mgmtransformer.com

URL: www.mgmtransformer.com

図番 VZ02118

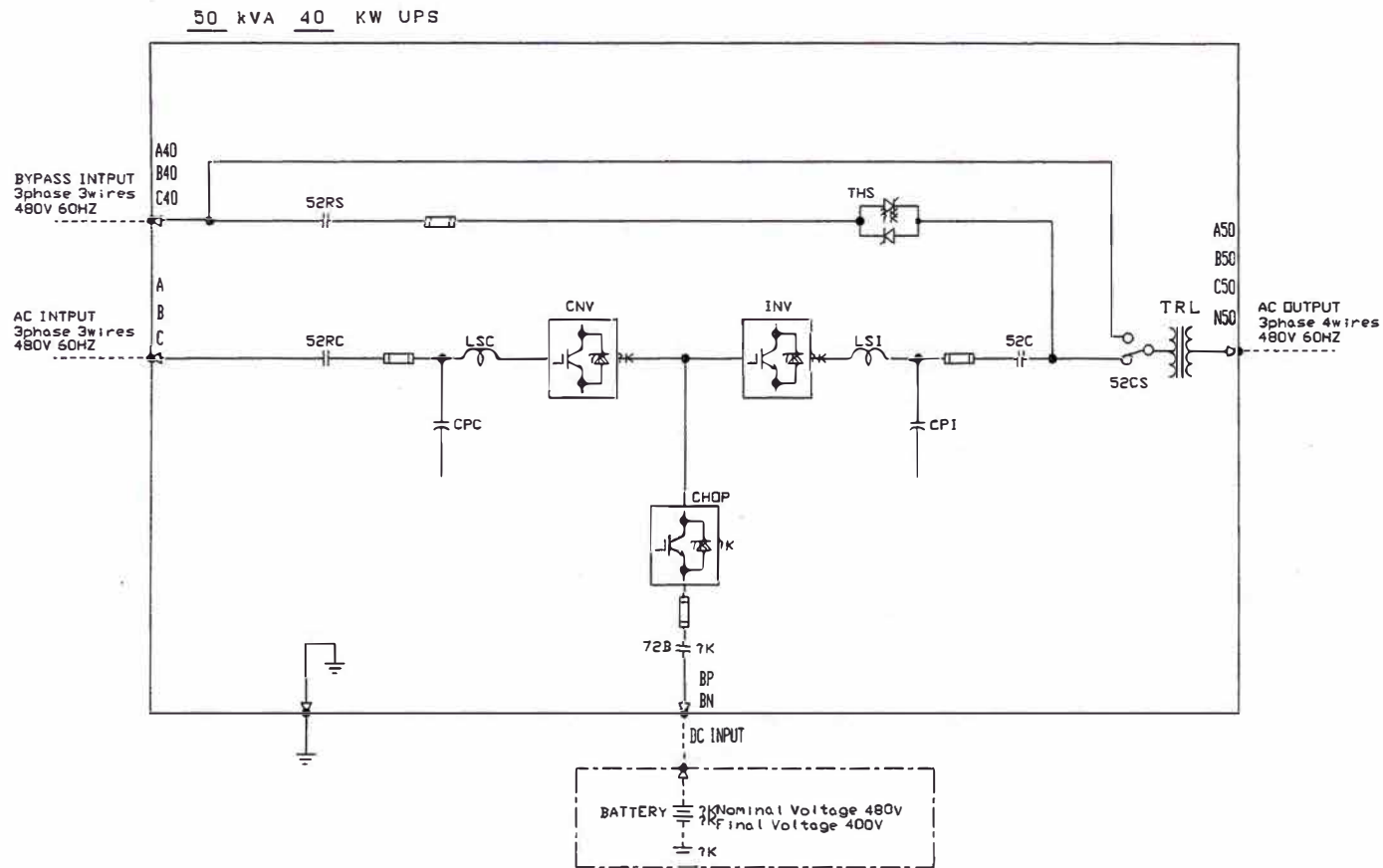
記録

UP33C8

E01

1X 02-03

1 2 3 4 5 6 7 8 9



Win版

CAD

出図先

UPS機

控

計

1 2 3 4 5 6 7 8 9



MITSUBISHI
ELECTRIC

日付
DATE

作成・描画
DRAWN

設計・確認
APPROVED

JAN. 08. 2004

T. KOUYA

T. KOUYA

SYSTEM CONFIGURATION(1)

VZ02118

SHEET NO.
E01

PAGE NO.
002

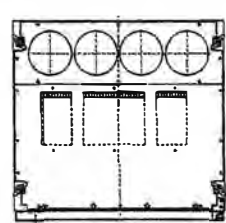


図番 VZ02118

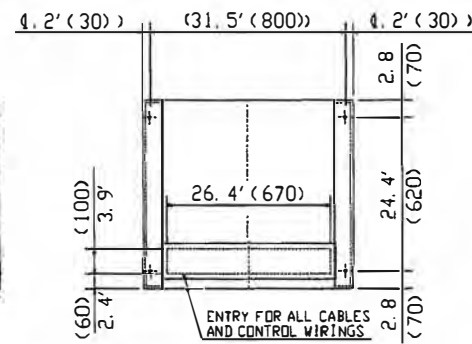
記 録

UP33D

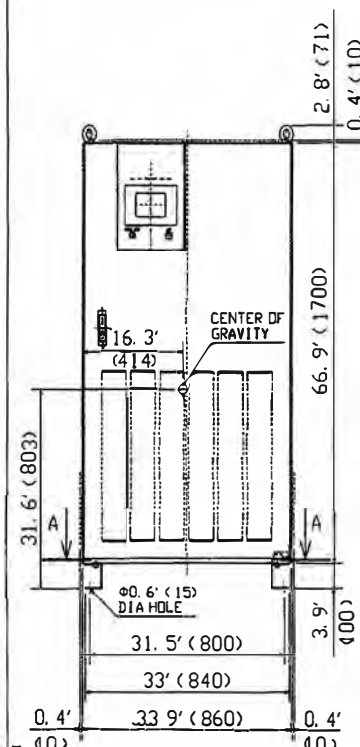
50KVA



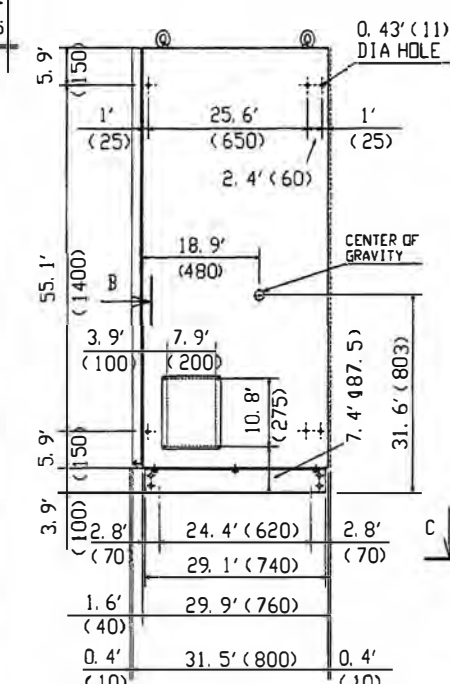
TOP VIEW



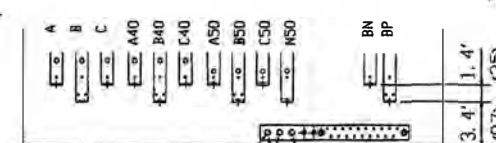
SECTION A-A



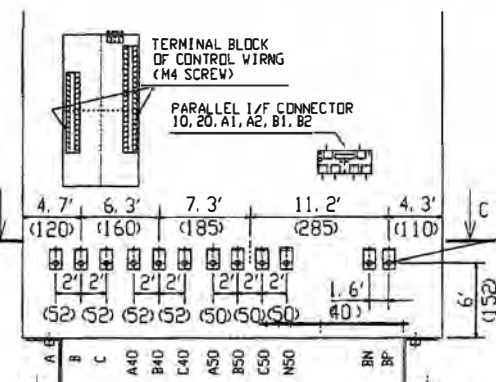
FRONT VIEW



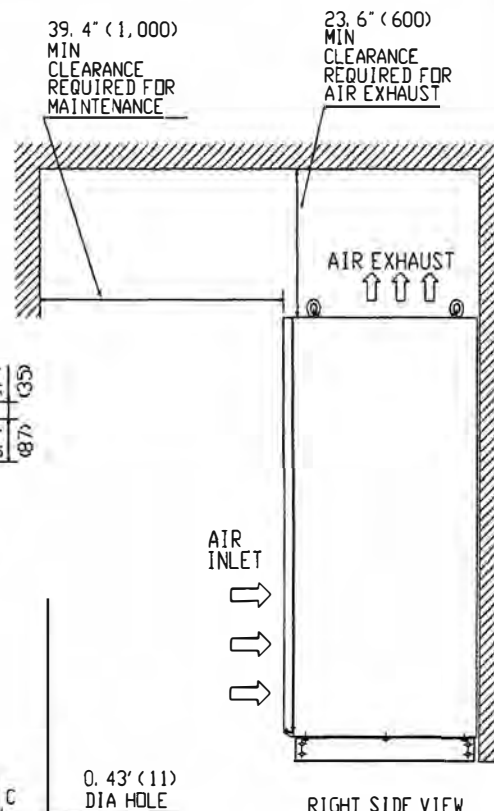
RIGHT SIDE VIEW



SECTION C-C (S=1:10)



SECTION B-B (S=1:10)



RIGHT SIDE VIEW

NOTES

1. DIMENSIONS ARE SHOWN IN INCHES (MILLIMETERS).
2. OVERALL DIMENSIONS INCLUDE SIDE AND REAR PANELS AND BOLT HEADS.
3. CABINET SHOULD BE MAINTAINED UPRIGHT WITHIN $\pm 15^\circ$ DURING HANDLING.
4. EXTERNAL WIRING MATERIALS FOR AC INPUT, DC INPUT, BYPASS INPUT AND AC OUTPUT SHOULD BE SUPPLIED BY CUSTOMER (OUT OF SCOPE OF SUPPLY FROM MITSUBISHI).
5. APPROXIMATE WEIGHTS
50KVA 480V J 1580 lbs (715Kg)

RJA

FG433D

SIV202118A

G=1

三角画法

尺度 SCALE

1: 20

出図先

U設一

MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION

作成日付 JAN. 08. 2004

作成・図面 I. KOUYA K. H.

設計・検核 APPROVED: I. KOUYA K. H.

TITLE
50KVA (480V) UPS
OUT LINE

DWG. No. VZ02118

SHEET No. J01

PAGE No. 004

VZ02118

記録

98AD

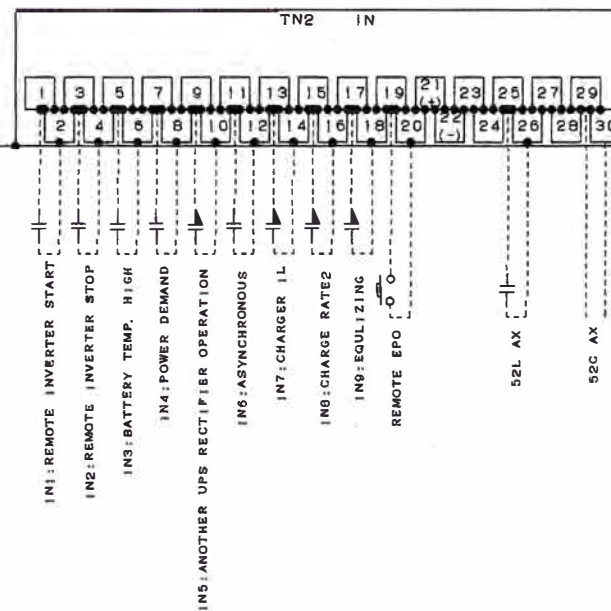
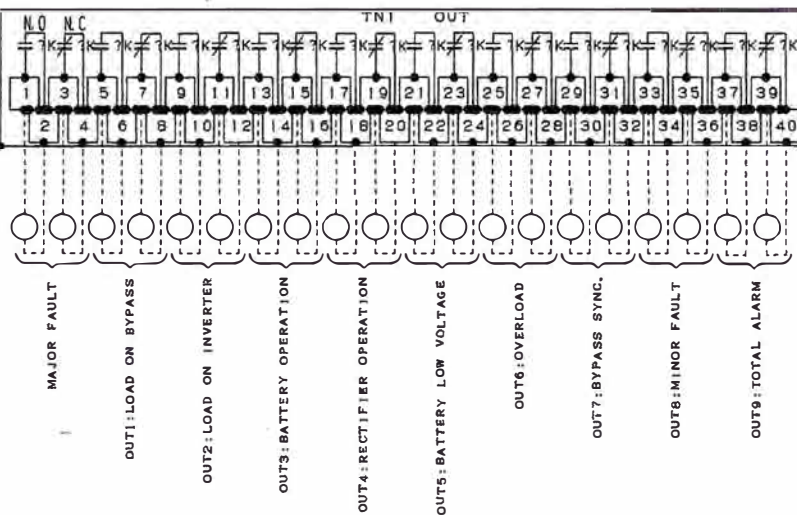
22

7X 01-12

PCB 10AU-05

EXTERNAL COMMUNICATION
CONNECTOR

CN1 (DSUB-9F)



Win版

CAD

出図先

DF

UPSR



MITSUBISHI
ELECTRIC

EXTERNAL SIGNAL
TERMINAL BLOCK

DATE JAN. 08. 2004

作成・図面 T.KUYA

設計・校核 T.KUYA

承認 T.KUYA

VZ02118

SHEET NO.
K01

PAGE NO.
005/005

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. Díaz Neyra, Carlos. - CIP - “Seguridad y protección de sistemas electrónicos críticos en entornos hospitalarios”, 2011.
- [2]. Díaz Neyra, Carlos - CTIC - “Diseño de Centros de Cómputo e Infraestructura de Data Center”, 2010.
- [3]. Díaz Neyra, Carlos. - CIP - “Protección de equipos electrónicos sensibles y biomédicos”, 2010.
- [4]. Sánchez Cortés, Miguel Angel – CEDIC - “Calidad de la Energía Eléctrica”, 2009.
- [5]. Olson, Gary - CUMMINS Power Generation - “Grupo electrógeno y compatibilidad del UPS”, 2008.
- [6]. Iverson, Jim - CUMMINS Power Generation - “La tecnología de control digital mejora la confiabilidad y el rendimiento de los sistemas de energía”, 2007.
- [7]. Iverson, Jim - CUMMINS Power Generation - “Cómo dimensionar un grupo electrógeno: La correcta selección del tamaño del grupo electrógeno requiere del análisis de parámetros y cargas”, 2007.
- [8]. Melo Crespo, Lázaro - COPIMERA 2007 - “Cálculo de la potencia de los grupos electrógenos”, 2007.
- [9]. Neil Rasmussen - American Power Conversion - “Diferentes tipos de sistemas UPS”, 2007.
- [10]. Avelar, Víctor - American Power Conversion - “Comparación de la disponibilidad de diversas configuraciones de alimentación de energía al rack”, 2007.
- [11]. Fratti Luttmann, Sergio - ISERTEC - “Seguridad y confiabilidad en centros de datos”, 2007.
- [12]. Bouley, Dennis - American Power Conversion - “Comparison of Static and Rotary UPS”, 2007.
- [13]. CATERPILLAR - “Dimensionamiento de los motores y generadores en aplicaciones de energía eléctrica”, 2005.

- [14]. Holmen, Chris “Healthcare interpretation of IEEE Guidance Note 7 (Chapter 10) and IEC 60364-7-710 for Electrical Installations in Medical Locations”, 2005.
- [15]. Neal Dowling, Stephen Fairfax - American Power Conversion - “Análisis de confiabilidad del sistema de energía Symmetra MW de APC”, 2005.
- [16]. Mc Carthy, Kevin - American Power Conversion - “Comparación de configuraciones de diseño de sistemas UPS”, 2005.
- [17]. Avelar, Víctor - American Power Conversion - “Alimentación de equipos de fuente única en un entorno de doble alimentación”, 2004.
- [18]. Wolfrang, Robert - American Power Conversion - “Principios fundamentales de los generadores para el área de IT”, 2004.
- [19]. Ferracci, Philippe - SCHNEIDER ELECTRIC - “La calidad de la energía eléctrica”, 2004.
- [20]. CHLORIDE Power Protection - “Sistemas de alimentación ininterrumpida - Instalaciones hospitalarias”, 2004.
- [21]. Fiorina, Jean Noel - SCHNEIDER ELECTRIC - “Armónicos: rectificadores y compensadores activos”, 2003.
- [22]. American Power Conversion - “Requisitos esenciales del sistema eléctrico de los centros de datos de la próxima generación”, 2003.
- [23]. American Power Conversion - “Tecnologías alternativas para generación de energía en centros de datos y salas de gestión de redes”, 2003.
- [24]. Collombet, Christian - SCHNEIDER ELECTRIC - “Las armónicas en redes perturbadas y su tratamiento”, 2003.
- [25]. Bender, W. - BENDER - “La seguridad eléctrica cuesta poco, pero la vida humana no tiene precio”, 2003.
- [26]. Bender, W. - BENDER - “Power in electrical safety”, 2002.
- [27]. Chapman, David - CEDIC - “Guía de la Calidad de la Energía Eléctrica”, 2001.
- [28]. MINEM - DGE - “Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos”, 2001.
- [30]. Cabau, Emmanuel – SCHNEIDER ELECTRIC - “Introducción a la concepción de la garantía de funcionamiento”, 2000.
- [31]. Memoria Descriptiva y Especificaciones Técnicas de Proyecto: Centro de Cómputo Entidad Bancaria, 2011.
- [32]. Manual de Operación de UPS’s Serie 2033D y Grupo Electrógeno Serie RVM, 2011.