UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

ÁREA DE ENERGIA INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

"DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA PARA LA CONTINUIDAD DE SERVICIO ELÉCTRICO DELHOSPITALDEL IESS"

Tesis de Grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

AUTORES:

Juan Carlos Torres Ojeda

Juan Carlos Rendón Noreña

DIRECTOR

Ing. Norman Jiménez L.

TUTOR

Dr. Orlys Ernesto Torres Breffe

LOJA – ECUADOR

2008

CERTIFICACIÓN

Ing. Norman Jiménez León.
CATEDRÁTICO DEL ÁREA DE ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.

CERTIFICA:

Que el presente trabajo de tesis de grado titulado Diseño del sistema de transferencia automática para la continuidad de servicio eléctrico del hospital del IESS**,** previo a la obtención del titulo de Ingenieros en Electromecánica, realizado por los egresados: Juan Carlos Torres Ojeda y Juan Carlos Rendón Noreña ha sido dirigido, asesorado, revisado y corregido; el mismo que cumple con la reglamentación y políticas de investigación, por lo que autorizo su presentación.

Lo certifico,

Loja, Diciembre de 2007

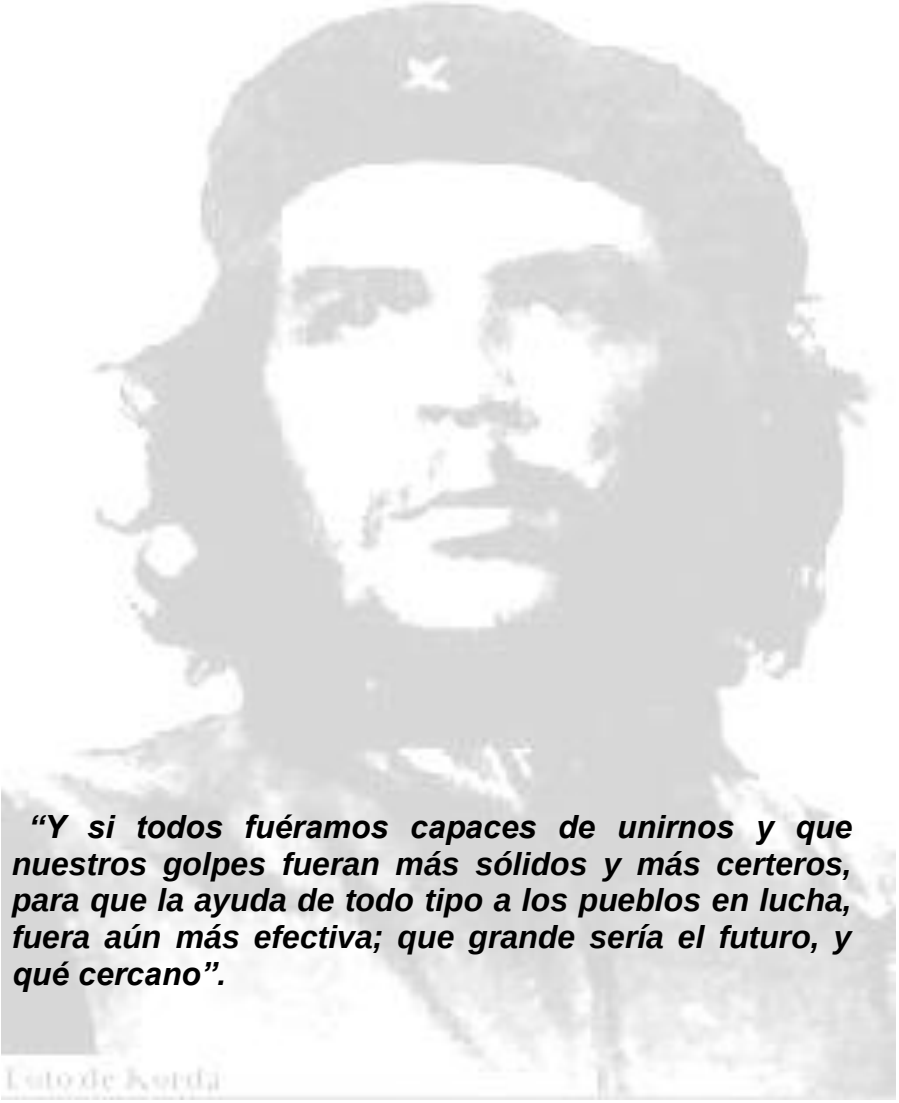
……..
Ing. Norman Jiménez L.
DIRECTOR DE TESIS

AUTORÍA

Este trabajo de investigación y aplicación tecnológica así como todos los criterios emitidos en la presente tesis denominada: Diseño del sistema de transferencia automática para la continuidad de servicio eléctrico del hospital del IESS**,** son responsabilidad exclusiva de las autores.

Juan Carlos Torres Ojeda **Juan Carlos Rendón Noreña**

PENSAMIENTO



"Y si todos fuéramos capaces de unirnos y que nuestros golpes fueran más sólidos y más certeros, para que la ayuda de todo tipo a los pueblos en lucha, fuera aún más efectiva; que grande sería el futuro, y qué cercano".

ERNESTO CHE GUEVARA

AGRADECIMIENTO

Nuestra pública e imperecedera gratitud a la **UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, al equipo de profesionales y catedráticos que pertenecen al **ÁREA DE ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES** especialmente de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**, donde nos hemos formado intelectualmente y por haber aportado decisivamente con sus invalorables y sabias enseñanzas en nuestra formación académica.

El agradecimiento especial a nuestro Director de Tesis Ing. Norman Jiménez León y al Tutor Dr. Orlys Ernesto Torres Breffe y quienes con su asesoramiento y sabios consejos supieron guiar nuestro trabajo de tesis.

Agradecemos también a los catedráticos del Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jiménez de la Republica de Cuba por haber prestado desinteresadamente sus conocimientos para el desarrollo de nuestro trabajo de tesis. Así mismo al personal de mantenimiento del Hospital del IESS quienes nos permitieron el acceso a las instalaciones y facilitaron información para realizar la investigación.

A nuestros amigos y compañeros de la Carrera quienes compartimos juntos muchos momentos de enseñanza, amistad y compañerismo. GRACIAS

DEDICATORIA

Dedico:

A mis Padres el Sr. Carlos Torres y la Sra. Alicia Ojeda, ejemplo de superación y apoyo incondicional en mi vida tanto en mi formación moral y ahora profesional.

A mis hermanas Maria del Cisne y Kelly, ellas dos son motivos y razones suficientes para mi esfuerzo y dedicación.

A toda mi familia y amigos que de alguna u otra forma ayudaron a cumplir con éxito uno de mis objetivos propuestos.

JUAN CARLOS TORRES

Dedico:

El presente trabajo de tesis la dedico a Dios quien ha sido mi guía incondicional que me ayudo a alcanzar mi gran meta.

A mis Padres Delio y Martha quienes con sus consejos, solidaridad, apoyo y abnegada fe me inculcaron el interés por superarme cada día.

A mis hermanas Patricia, Sandra, Mónica; y en especial a mis tíos Lubin y Fabiola quienes me apoyaron incondicionalmente durante el transcurso de mis estudios superiores.

Dedico con mucho amor y cariño a mi Señora esposa Analuisa Araujo, y a mi pequeña Luisa Fernanda, quien con su amor y ternura me brinda día a día el impulso necesario que un padre requiere para alcanzar sus metas.

JUAN CARLOS RENDON

RESUMEN

El presente trabajo titulado: “Diseño del Sistema de transferencia Automática para la Continuidad de Servicio Eléctrico del Hospital del IESS” el cual tiene como objetivo proponer un nuevo diseño del sistema de control, transferencia y medición de energía empleando equipamiento moderno utilizado en la actualidad.

El proyecto se realizó estudiando diversas variantes y tomando en cuenta varios puntos muy importantes en una transferencia de energía. Se seleccionaron los interruptores, estos han sido concebidos para asegurar la disponibilidad de energía al hospital. Además se incorporó un autómata al sistema de transferencia y este garantiza el control de la instalación.

Se analizaron diversos sistemas de medición determinándose que el analizador de redes es la selección apropiada para la medición del sistema de transferencia de energía. Se realizaron diferentes planos para especificar la ubicación y conexión de los equipos que conforman el diseño del sistema de transferencia automática de energía. Los planos y el listado de materiales con sus especificaciones constituyen la ingeniería de detalle del proyecto.

SUMMARY

The present titled work: "I design of the System of Automatic transfer from the Continuity of Electric Service of the Hospital of the IESS" which has as objective to propose a new design of the control system, transfer and energy mensuration using modern equipment used at the present time.

The project was carried out studying diverse variants and taking into account several very important points in an energy transfer. The switches were selected, these they have been conceived to assure the energy readiness to the hospital. A robot also incorporated to the transfer system and this guarantees the control of the installation.

Diverse mensuration systems were analyzed being determined that the analyzer of nets is the appropriate selection for the mensuration of the system of energy transfer. They were carried out different planes to specify the location and connection of the teams that conform the design of the system of automatic transfer of energy. The planes and the listing of materials with their specifications constitute the engineering of detail of the project.

RESUMEN

El presente trabajo titulado: “Diseño del Sistema de transferencia Automática de la Continuidad de Servicio Eléctrico del Hospital del IESS” el cual tiene como objetivo proponer un nuevo diseño del sistema de control, transferencia y medición de energía empleando equipamiento moderno utilizado en la actualidad.

El proyecto se realizó estudiando diversas variantes y tomando en cuenta varios puntos muy importantes en una transferencia de energía. Se seleccionaron los interruptores, estos han sido concebidos para asegurar la disponibilidad de energía al hospital. Además se incorporó un autómata al sistema de transferencia y este garantiza el control de la instalación.

Se analizaron diversos sistemas de medición determinándose que el analizador de redes es la selección apropiada para la medición del sistema de transferencia de energía. Se realizaron diferentes planos para especificar la ubicación y conexionado de los equipos que conforman el diseño del sistema de transferencia automática de energía. Los planos y el listado de materiales con sus especificaciones constituyen la ingeniería de detalle del proyecto.

ÍNDICE

CONTENIDO Pág.

PORTADA……...……I
CERTIFICACIÓN……...……...II
AUTORIA……..III
PENSAMIENTO……...……IV
AGRADECIMIENTO……..…….....V
DEDICATORIA……....VI
RESUMEN……...VII
SUMMARY……....VIII

INTRODUCCION GENERAL.....……...1
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ACTUAL
1.1 Introducción……...4
1.2 Generalidades del Hospital……5
1.2.1 Descripción de las Instalaciones actuales del Hospital……..6
1.2.1.1 Generador Auxiliar…….……8
1.2.1.2 Tanques de Combustibles……10
1.3 Descripción del Panel de Transferencia Automática de Energía……12
1.3.1 Medición……...12
1.3.2 Protección y Control……14
1.4 Descripción del Funcionamiento actual del Sistema de Transferencia de energía…..16
1.5 Conclusiones……19

CAPITULO II: INGENIERIA CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE TRANSFERNCIA AUTOMATICA
2.1 Introducción……21

2.2 Métodos de Transferencia de Energía……..22
2.2.1 Transferencia con Tensión Residual…….……22
2.2.2 Transferencia Lenta……..……22
2.2.3 Transferencia en Fase……...23
2.2.4 transferencia Rápida……23
2.2.4.1 Transferencia secuencial Rápida……..23
2.2.4.2 Transferencia Simultanea……23
2.3 Fuente de Alimentación……..24
2.3.1 Conexión de tres Fuentes de Alimentación……25
2.3.2 Conexión de dos Fuentes de Alimentación……..27
2.4 Instalación de Fuerza……...30
2.4.1 Aparatos de Maniobra……...30
2.4.1.1 Contactor Magnético……31
2.4.1.2 Interruptor Automático de Caja Moldeada……...……33
2.4.1.3 Interruptor Cuchilla…….....35
2.5 Sistema de Medición……....37
2.5.1 Micrologic……37
2.5.2 Analizador de Red……39
2.6 Sistema de Control……...42
2.6.1 Relé de Alta Funcionalidad……...42
2.6.2 Controlador Lógico Programable (PLC)…….……..……...44
2.7 Conclusiones……46

CAPITULO III: INGENIERIA DE DETALLES DEL PANEL DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA DE ENERGIA

3.1 Introducción…….…48
3.2 Selección de los Interruptores……..49
3.2.1 Características de la Red…….…….....49
3.2.2 Intensidad de Corto Circuito……..……..51
3.2.2.1 Determinación de la ICC……..51
3.2.3 Funciones que debe Cumplir el Interruptor……53

3.2.4 Tabla de Elección…….54
3.3 Selección del Autómata Programable (PLC)……...58
3.3.1 Número de Entradas y Salidas del Sistema de Control……59
3.3.2 Número de Instrucciones Utilizadas en la Programación del Autómata..…60
3.4 Selección del Analizador de Red…….63
3.4.1. Power Meter Serie PM9……..64
3.4.2. Power Meter PM500……..64
3.4.3. Power Meter PM700……..66
3.4.4. Power Meter PM800……..67
3.5 Alimentación y Protección del Sistema de Control…….68
3.6 Selección del Cableado……70
3.6.1 Selección de Cable de Fuerza……...70
3.6.1.1 Tensión Nominal o asignada……70
3.6.1.3 Verificación al Cortocircuito……71
3.6.2 Selección del Cable de Control……72
3.7 Listado de Materiales……...73
3.8 Planos del Sistema de Transferencia de Energía……75
3.9 Conclusiones……76

CONCLUSIONES GENERALES…..……78
RECOMENDACIONES……..…79
BIBLIOGRAFIA…....……...80

INDICE DE ANEXOS

Anexo1: Diagrama Unificar del sistema Actual……..….82

Anexo2: Curva de Disparo de Un Interruptor Compact NS de Schneider……..….83

Anexo 3: Tabla de Controladores Twido de la Línea Schneider…….….84

Anexo 4: Programación Grafica del PLC del Sistema de Transferencia Automática de Energía……...85

Anexo5: Tabla de Medidas que Ofrece el PM500 de la Línea Schneider……..88

Anexo6: Tabla de Sección de Conductor en Base a La Intensidad Máxima Admisible……89

Anexo 7: Plano del Diagrama de Fuerza del Diseño del Sistema de Transferencia Automática……90

Anexo 8: Plano del Diagrama de Control del Diseño del Sistema de Transferencia Automática de Energía.....91

Anexo 9: Plano de Terminales de Regleta del Diseño del Sistema de Transferencia Automática de Energía……92

Anexo 10: Plano de Vista Frontal, Lateral y Disposición e Equipos del Panel del Sistema de Transferencia Automática de Energía……93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Hospital Manuel Ignacio Monteros (IESS).....5

Figura 1.2: Transformadores de Potencia del Hospital……..6

Figura1.3: a) Panel de Transferencia de energía, b) Generador y c) Tanques de distribución de diesel del hospital……..…7

Figura 1.4: Tablero de distribución de energía "normal y emergencia" del Hospital…...7

Figura 1.5: Generador auxiliar marca Deutz que se considera la fuente de emergencia…8

Figura 1.6: Tanques de almacenamiento del Combustible. a) tanques de reserva. b) tanques de distribución……....10

Figura 1. 7: Motobomba para el llenado de los tanques de distribución……...…...11

Figura 1.8: Amperímetros analógicos del panel de Transferencia de energía……12

Figura 1. 9: Voltímetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía……..13

Figura 1.10: Frecuencimetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía……..13

Figura 1.11: Vatímetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía……..13

Figura 1.12: Interruptores automáticos averiados del panel de transferencia de energía del Hospital……...……14

Figura 1.13: Contactores del Panel de Transferencia de Energía del hospital……15

Figura 1.14: Temporizadores del Panel de Transferencia de energía del Hospital……..15

Figura 1.15: Cables sueltos en el circuito de control del panel……18

Figura 2.1: Esquema de un sistema de transferencia con tres fuentes independientes y cuatro desconectivos……...……..……25

Figura 2.2: Esquema de un sistema de transferencia con dos fuentes independientes y dos desconectivos……..…….…….…….28

Figura 2.3: Componentes de Contactor Magnético de la marca mitsubishi…….32

Figura 2.4: Sistema de corte "corte roto activo" de un interruptor de caja moldeada…..34

Figura 2.5: Un Interruptor de Cuchilla utilizado para controlar un Motor……..…35

Figura 2.6: Micrologic…….….37
Figura 2.7: Analizadores de red de la gama Merlín Gerín de Schneider…….….39
Figura 2.8: Esquema de medición con tres analizadores de red…….…..40
Figura 2.9: Esquema de medición con un analizador de red…….…...41
Figura 2.10: Controlador de HSTS, SUE 3000……...43
Figura 2.11: autómata programable de la marca Schneider…….....45
Figura 3.1: Interruptores Compact NS de caja moldeada de la línea Schneider……..57
Figura 3.2: Gama de autómatas Twido de Schneider……...59
Figura 3.3: Partes del autómata compacto de 24 E/S……...……61
Figura 3.4: Gama de analizadores de red de Schneider……63
Figura 3.5: Analizador de Red PM500……68
Figura 3.6: Supresores de tensión PU4 [21]……69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de los interruptores en función de su localización y aplicación [15]…….……55

Tabla 2: Gamas Schneider Electric en función de las características……..56

Tabla 3: Característica del interruptor automático Compact NS1000L de Schneider….58

Tabla 4: Descripción de cada una de las partes del autómata compacto de 24 E/S…….61

Tabla 5: Características Generales del autómata Twido de 24 E/S…….62

Tabla 6: Lista de Materiales y precios del Sistema de Transferencia Automática de Energía…….……..73

INTRODUCCIÓN GENERAL

En la Ciudad de Loja, Ecuador, en las calles Ibarra entre la Av. Nueva Loja y Sto. Domingo de los Colorados se encuentra ubicado **El Hospital Manuel Ygnacio Monteros Valdivieso** de la región 7 del IESS – Loja, unidad médica que ofrece atención integral, oportuna acorde con su nivel de complejidad a fin de contribuir a preservar la vida de la población de la Región Sur del Ecuador. Se creó por los años 60, pero fue en la década del 70 donde empezó su mayor desarrollo y servicio de atención, actualmente es una unidad médica que cuenta con personal con formación científica, ética y humanística. Ofrece atención integral, oportuna acorde con los requerimientos del usuario y su familia.

Esta unidad médica presenta algunos problemas principalmente en el área de mantenimiento, en la cual no se ha logrado un reequipamiento total tendiendo en funcionamiento elementos y equipos que no cumplen las exigencias modernas y avances tecnológicos actuales, factores que contribuirían a brindar una atención óptima y eficiente a los usuarios.

Para el desarrollo de nuestra investigación nos hemos centrado en el sistema de transferencia de energía generada por la ERRSSA y por una planta generadora de emergencia para abastecer todos los requerimientos del hospital, incluso en regímenes de avería o falta de energía de la fuente fundamental que es la ERRSSA.

El sistema de transferencia de energía se encuentra en funcionamiento desde el año 1989, con el fin de aportar al desarrollo y funcionamiento del hospital, el cual ha estado equipado por un generador de energía marca DEUTZ. El panel de transferencia consta de 2 disyuntores automáticos; los cuales en un inicio funcionaron sin problema alguno pero a

los tres meses de operación sufrieron averías en su mando eléctrico, lo cual generó que la transferencia se la haga manualmente con las graves consecuencias que esto conlleva en la discontinuidad del servicio eléctrico por varios segundos y hasta minutos. Se observo que las características que tienen estos disyuntores no son los adecuados para el funcionamiento correcto de la instalación de fuerza del sistema de transferencia de energía. Además se encuentran instalados relés, contactores, temporizadores, y equipos de medición analógicos de una tecnología ya obsoleta.

En la actualidad con los avances de la tecnología se debe contar con sistemas que brinden seguridad, eficiencia y productividad y que ocupen poco espacio físico, así como que el mantenimiento sea muy reducido, parámetros que no se cumplen en el sistema actual de transferencia, generando así una serie de problemas para el funcionamiento normal del hospital en regímenes de déficit de energía.

Problema

Inadecuado sistema de operación de los equipos del panel de transferencia de energía, así como también la necesidad de actualizar los instrumentos de medición del panel que no permiten realizar las mediciones, ni registros de los consumos de energía del hospital.

Hipótesis

Si se emplea un Controlador Lógico Programable que accione a Interruptores Automáticos de mando eléctrico, correctamente dimensionados y se utiliza una tecnología de medición digital basada en Analizadores de Redes, se podrá lograr un sistema de transferencia factible económicamente que garantice la continuidad del servicio al Hospital del IESS.

Objetivo General

Diseñar un adecuado y factible sistema de transferencia automática basado en tecnología digital, que garantice la continuidad de servicio eléctrico del hospital del IESS, las mediciones y registros de los consumos de energía eléctrica, así como favorezca la conexión a un sistema SCADA para su supervisión y monitoreo remoto.

El informe está divido en tres capítulos, los cuales hacen referencia a los detalles de los problemas que presenta la transferencia actualmente, la concepción general del sistema comparándola con otras muchas variantes y los detalles de los equipos que se emplearán en su instalación.

El capitulo I contiene un análisis de diversos problemas que presenta hoy en día el hospital. Se hace referencia a problemas del panel del sistema de transferencia, que por causas de mantenimiento y mal dimensionamiento en los equipos instalados no mostraron el funcionamiento esperado.

El capitulo 2 describe toda la información que se necesitó para llegar al diseño del proyecto. Aquí se hace un estudio de diversas variantes para conformar la ingeniería conceptual. Las variantes fueron analizadas desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social.

El capítulo 3 constituye la ingeniería de detalles. Se seleccionan equipamientos, se confeccionan los planos necesarios, se realiza el listado de materiales siguiendo las especificaciones exactas que se encuentran en los manuales del fabricante que es la compañía Schneider.

Capítulo I

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN ACTUAL

- INTRODUCCIÓN
- GENERALIDADES DEL HOSPITAL
- DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGIA
- DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LA INSTALACION
- CONCLUSIONES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo hace referencia a problemas en las instalaciones eléctricas que están hoy en día funcionando en el hospital. Se hace referencia fundamentalmente al sistema de transferencia de energía que debe garantizar la continuidad del servicio del hospital.

Se comienza por las características generales del hospital del IESS, se caracterizan las condiciones generales de la transferencia y luego se describen los problemas que presenta el panel de transferencia y sus consecuencias para el hospital.

Un sistema de transferencia manual, un sistema de control obsoleto al cual no se ha podido dar mantenimiento por años por falta de documentación adecuada para ello, unos instrumentos de medición analógicos que no permiten registrar los consumos energéticos del hospital son algunas de las principales problemáticas y sus consecuencias las que se describirán en detalles en este capítulo.

1.2 GENERALIDADES DEL HOSPITAL

El Hospital Manuel Ignacio Monteros Valdivieso (Figura 1.1) de la región 7 del IESS – Loja, ésta ubicada en las calles Ibarra entre la Av. Nueva Loja y Sto. Domingo de los Colorados, es una unidad médica que cuenta con personal con formación científica, ética y humanística. Tiene como misión la atención integral y oportuna a los pacientes y enfermos, acorde con los requerimientos del usuario y su familia.

Figura 1.1*: Hospital Manuel Ignacio Monteros (IESS)*

Además de las funciones propiamente médicas, el hospital debe proporcionar también a sus pacientes y personal alojamiento, alimento y otros servicios. Una zona importante del edificio del hospital debe reservar las áreas de calderas, lavandería, esterilización, estación eléctrica, dietética, cocina. Los servicios médicos también requieren espacio para laboratorios, rayos X y otros equipos de diagnóstico.

1.2.1 DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES ACTUALES DEL HOSPITAL

El área de mantenimiento, lugar en donde se encuentran los diferentes equipos que brindan su funcionamiento integral de la instalación, influyen directamente en las actividades diarias del hospital.

La energía que proporciona la red de distribución (EERSSA), es distribuida por tres transformadores. Un transformador (150 kVA) es destinado específicamente para la sala de rayos X. Un segundo transformador (315 kVA) proporciona toda la energía al hospital y un tercer transformador de (315KVA) que se encuentra actualmente sin funcionamiento porque está averiado (Figura 1.2). (Ver diagrama unifilar en anexo 1)

Figura 1.2: ***Transformadores de Potencia del Hospital***

Muy cerca de los transformadores se encuentra localizado el panel de transferencia de energía. El sistema de mando eléctrico de los interruptores se encuentra dañado y por tanto esto fuerza a que la transferencia se la haga de manera manual.

En la misma sala en donde se encuentra el panel de transferencia de energía están los tanques de diesel y el generador, esto hace que la instalación sea muy insegura tanto para los equipos como para el personal de mantenimiento.

a) b) c)

Figura 1.3: ***a) Panel de Transferencia de energía, b) Generador y c) Tanques de distribución de diesel del hospital***

La energía que es proporcionada por medio de la red de distribución (EERSSA) se distribuye al hospital mediante un tablero de distribución normal, alimentando directamente al 40% del hospital, y un tablero de emergencia que es el que recibe la energía de la conmutación entre la red de distribución (EERSSA) y el generador, abasteciendo al 60% de la carga del hospital (figura 1.4).

Figura 1.4*: Tablero de distribución de energía "normal y emergencia" del Hospital*

1.2.1.1 GENERADOR AUXILIAR

El hospital cuenta con un generador auxiliar (Figura 1.5) que tiene una potencia de 350 kVA. El generador auxiliar, en el momento de falla de la fuente principal, se enciende de forma automática alimentando, mediante un tablero de emergencia, al 60% de la carga del hospital que está dedicada para la iluminación, el sector administrativo y otros equipos del hospital

Figura 1.5*: Generador auxiliar marca Deutz que se considera la fuente de emergencia*

- **Funcionamiento**

El suministro continuo de energía del hospital del IESS está garantizado por el generador auxiliar. Su utilización garantiza el suministro de energía a los consumidores del hospital, ya sea por cortes de energía de la red de distribución que proporciona la EERSSA o por fallos del suministro que se den en el hospital.

- **Equipamiento**

***Montaje*:** Acoplamiento directo entre motor y alternador, formando un solo grupo monoblock, este a su vez montado sobre bancada de acero con tacos antivibrantes.

***Motor Deutz*:** Motor diesel 4 tiempo, refrigerado por agua, 1500 RPM serie Nº 215159 modelo 1987

Particularidades

Económico: Alternador sin escobillas para asegurar una larga vida en servicio. Los mantenimientos son reducidos así como también su consumo de combustible.

Protección: Paro de emergencia situada en lugar visible (un switch situado en el panel de transferencia). Todas las partes metálicas están conectadas a un punto de toma a tierra. Las corrientes de defecto se dirigen a tierra para su seguridad. El interruptor automático garantiza un disparo rápido en caso de cortocircuitos.

***Seguridad**:* Las emisiones de gases contaminantes cumplen con la legislación vigente de medio ambiente.

La protección del motor garantiza la desconexión automática del generador auxiliar ante cualquier problema o avería del motor, para garantizar la seguridad del personal.

***Facilidad de Uso**:* Estas máquinas no precisan operaciones particulares por lo que pueden ser utilizados en cualquier lugar, ya que se puede adaptar a cualquier tipo de uso.

El generador cuenta con un acceso fácil al tapón de llenado de combustible que está montado en la bancada y el filtro de aire es de gran eficacia. Posee cartuchos intercambiables.

***Fiabilidad**:* El generador Deutz tiene gran capacidad de aceptación de carga por lo que asegura el suministro instantáneo de potencia del hospital.

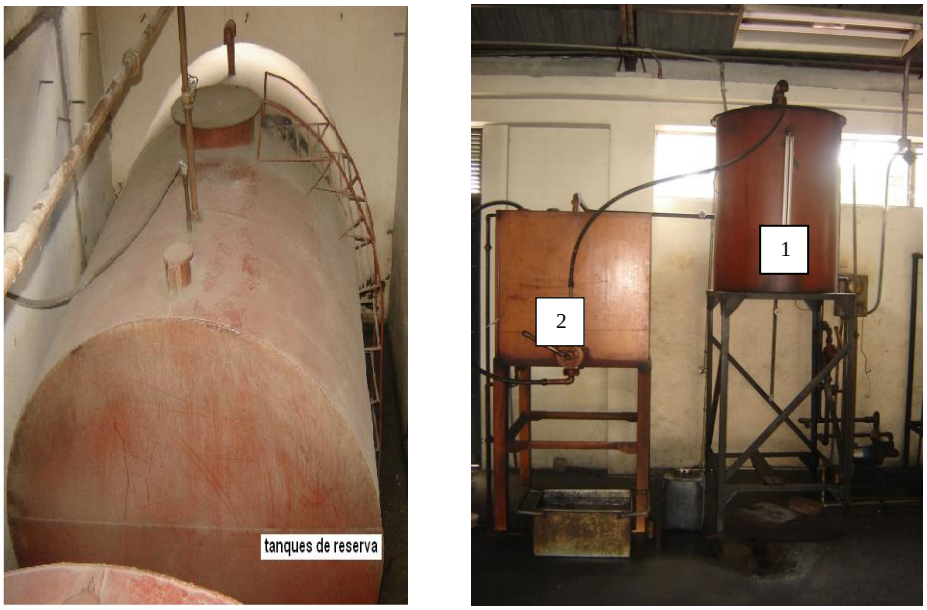
Responden rápidamente a fluctuaciones de la carga. Además la instalación no sufre variaciones de frecuencia con facilidad.

Mantenimiento

El mantenimiento requerido por el generador no es muy complejo, se puede cumplir realizando una revisión de líquidos de enfriamiento, cambio de filtros, bujías, aceites y encendidos periódicos del mismo por un tiempo determinado para mantener cargadas las baterías. El generador no ha tenido un mantenimiento frecuente en los últimos años, así que las probabilidades de averías pueden estar aumentando.

1.2.1.2 TANQUES DE COMBUSTIBLE

El generador auxiliar utiliza combustible diesel para su funcionamiento y este es almacenado en las cercanías del mismo en sendos tanques, pero de almacenamiento y luego de distribución (figura 1. 6)



a) **b)**

Figura 1.6*: Tanques de almacenamiento del Combustible. a) tanques de reserva. b) tanques de distribución*.

El tanque de distribución 1 de forma cilíndrica (figura 1.6b) es utilizado para suministrar continuamente diesel a los calderos. El tanque rectangular 2 es empleado para suministrar diesel al motor del generador de reserva que posee el hospital.

Los tanques de distribución son llenados desde el tanque de reserva (figura 1.6a) por medio de una bomba eléctrica que se encuentra situada en la parte inferior izquierda del tanque cilíndrico (figura 1.7). Esta bomba es accionada desde una caja eléctrica ubicada en la pared.

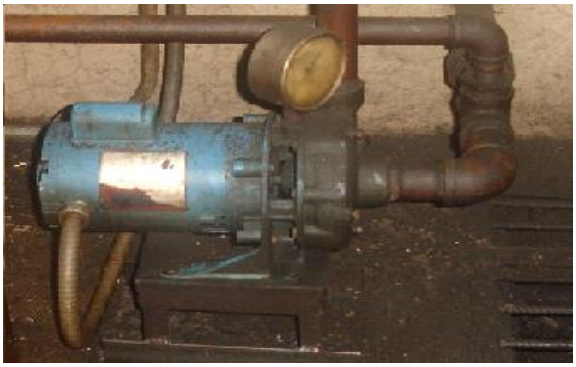


Figura 1. 7: Motobomba para el llenado de los tanques de distribución.

La instalación de bombeo además de la bomba de ½ HP 220 V, también cuenta con 2 válvulas mecánicas y una bomba de cebado de acción manual. Una válvula se emplea para controlar la tubería principal del llenado de los tanques de distribución. Otra válvula controla el cebado. La bomba manual es la que realiza el cebado para la eliminación del aire en el sistema.

Cada tanque de distribución de forma individual posee una válvula mecánica para el control del flujo que entra a su interior. Estas están situadas en la parte superior y trasera de cada tanque.

En general el sistema de bombeo está constituido por 2 bombas, una de acción eléctrica y una de acción manual, 4 válvulas y un sistema de tuberías que permite el paso del fluido desde los tanques de reserva a los tanques de distribución. El tanque

cilíndrico empleado en el suministro del combustible a los calderos es llenado continuamente, mientras que el tanque rectangular que suministra combustible al motor del generador es llenado ocasionalmente.

1.3 DESCRIPCIÓN DEL PANEL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGIA

1.3.1 MEDICIÓN

La medición en el panel de transferencia automática de energía posee instrumentos analógicos. Estos equipos no brindan exactitud en sus mediciones, y no prestan un servicio para realizar registros continuos de la energía que pasa por el sistema de transferencia. La medición esta compuesta por:

***Amperímetros*:** Se encuentran tres amperímetros (figura 1.8) los cuales miden la intensidad a las dos fuentes de alimentación (EERSSA y generador auxiliar), y a la salida de la transferencia de energía respectivamente. Estos amperímetros son analógicos y la escala es desde 0 a 1000A

Figura 1.8: ***Amperímetros analógicos del panel de Transferencia de energía***

Voltímetro: el panel consta de un voltímetro (figura 1.9). El voltímetro al igual que los amperímetros, son analógicos. El voltímetro mide la tensión a la salida del sistema de transferencia de energía. La escala es de 0 a 300V.

Figura 1. 9*: Voltímetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía*

Frecuencímetro: el panel también posee de un frecuencimetro (figura 1.10), el cual tiene el mismo mecanismo del voltímetro, mide la frecuencia a la salida del sistema de transferencia de energía. La frecuencia debe permanecer estable sea cual sea la variación de la carga del hospital. Algunos equipos que posean motores, ejemplo: lavadoras, elevador, entre otros, pueden trabajar incorrectamente si la frecuencia está muy alejada de los parámetros normales (60 Hz).

Figura 1.10*: Frecuencimetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía*

Vatímetro*:* (figura 1.11) utiliza un método parecido al de los instrumentos anteriores. Es trifásico y su escala es de 0 - 400 KW. Mide la potencia total a la salida del sistema de transferencia de energía. Esta es la potencia total consumida por el 60% de la carga del hospital.

Figura 1.11*: Vatímetro analógico del Panel del Sistema de Transferencia de Energía*

1.3.2 PROTECCIÓN Y CONTROL

El panel posee dos interruptores automáticos (Figura 1.12) que su función es proteger en cualquier circunstancia o régimen anormal y con toda seguridad, las instalaciones eléctricas contra las sobre intensidades.

Los interruptores no accionan eléctricamente forzando a que la conmutación entre fuentes, se la haga de manera manual, además se encuentran mal dimensionados lo cual no brinda seguridad tanto para las instalaciones como para el operador que los manipule.

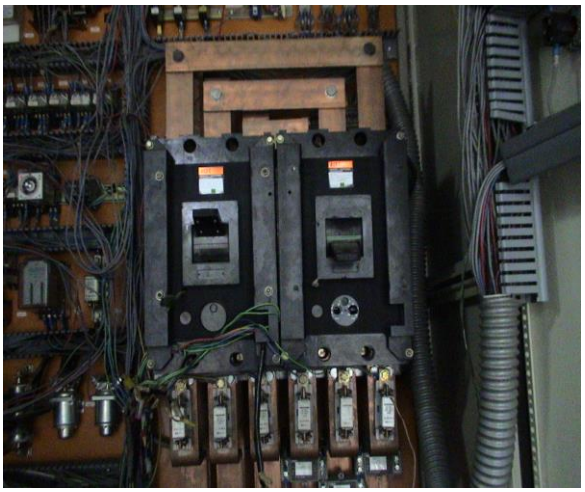


Figura 1.12*: Interruptores automáticos averiados del panel de transferencia de energía del Hospital*

Para la protección y control de la transferencia el panel esta compuesto de una serie de contactores (Figura 1.12) de tipo electromecánico, utilizados tanto para el arranque del generador como para protecciones de instrumentos que se encuentran en el panel.

Su diseño es simple, provocando al contactor una cadencia de funcionamiento reducida. Al utilizar estos equipos hace a la composición de la protección muy amplia aumentando su espacio físico y mantenimiento.

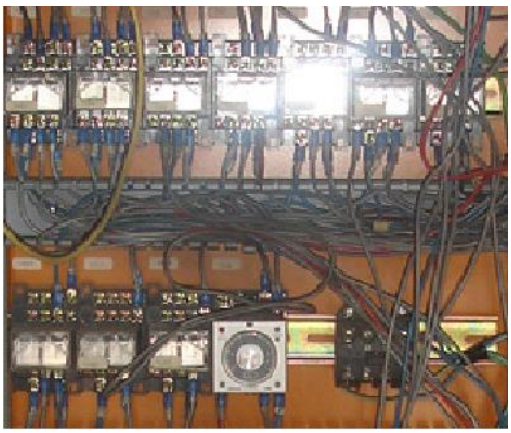


Figura 1.13: Contactores del Panel de Transferencia de Energía del hospital

El panel también posee temporizadores electromecánicos (Figura 1.14) los cuales están ajustados para prender y apagar el generador en un tiempo antepuesto o en uno o más momentos determinados. Así mismo estos temporizadores están ajustados para encender el generador auxiliar una vez por semana para de esta manera mantener cargadas las baterías.

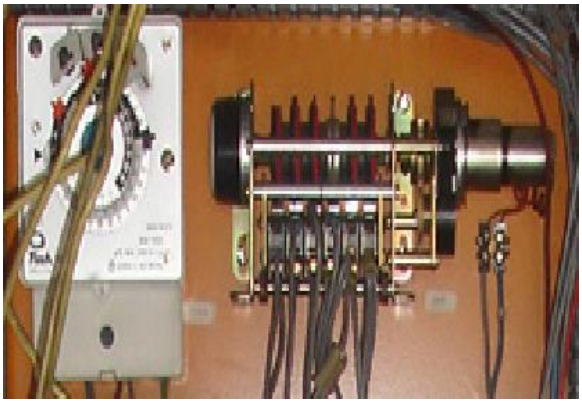


Figura 1.14: Temporizadores del Panel de Transferencia de energía del Hospital

1.4 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGIA

El sistema de transferencia debe funcionar de la manera siguiente. Si la EERSSA está suministrando a una tensión normal, lo que significa en el rango del 8% máximo de caída de tensión, la energía al hospital debe ser suministrada pasando por el transformador de la EERSSA, por lo que se conecta uno de los interruptores. En caso de que la tensión disminuya o más bien desaparezca, por déficit o avería en la EERRSA, entonces el generador se debe arrancar y la energía entonces debe ser suministrada por este, conectándose el otro interruptor. En este caso existe una avería y el suministro está en emergencia.

Si la tensión en la EERSSA se recupera, entonces se debe abrir el interruptor del generador, se conecta el interruptor de la EERSSA y se desconecta el generador para ahorrar el petróleo (diesel) que este consume. El suministro del hospital está en su régimen normal.

Este cambio de un interruptor a otro cuando la tensión esté deficiente o cuando falta el suministro de la EERSSA o cuando se quiere recuperar la transferencia al régimen normal, se debe hacer de forma automática, sin la presencia de ninguna persona. De la rapidez y seguridad de este cambio pueden depender vidas humanas.

El sistema de transferencia de energía actual del Hospital se encuentra funcionando con ciertos desperfectos, pudiéndose observar que este sistema que ya tiene cerca de 20 años de funcionamiento, se activa manualmente; por ende no es muy confiable y además presenta deterioros en sus instrumentos de medición, control y cableados de los mismos. Una persona tiene que manipular los interruptores manualmente poniendo en riesgo hasta su propia vida.

En la actualidad, en el momento de corte de red de la fuente principal (EERSSA) el generador auxiliar se enciende automáticamente. El operario tiene que estar vigilante

para que en el preciso instante de corte de energía, haga la transferencia de forma manual, de la fuente de principal (EERSSA), a la fuente de emergencia (Generador auxiliar).

Así mismo cuando regresa la energía, el operario, debe realizar la transferencia de la fuente de emergencia (generador auxiliar) a la fuente principal (EERSSA) y desconectar el generador auxiliar.

Esta operación manual es inaceptable para el hospital. Solo con imaginar que pueda existir alguien en el quirófano que pueda morir por la falta del fluido eléctrico si este no es recuperado rápidamente, se podrá medir la importancia de la recuperación del automatismo de esta instalación. Otros equipos del hospital son muy exigentes y no pueden ser desconectados bruscamente del fluido eléctrico porque pueden deteriorarse.

Los interruptores en el diseño original poseían acción eléctrica pero sufrieron un desperfecto prematuro de estos accionamientos y la operación hoy se realiza de forma manual. Al sistema de control se le hicieron modificaciones que permitieron esta operación manual.

Para el operario hacer la manipulación de los interruptores tiene que abrir la puerta del panel y acercase peligrosamente a la instalación de fuerza 220 V AC y por tanto poner en riesgo su vida. La puerta debe estar entonces completamente cerrada durante la operación normal y por tanto, el operador pierde tiempo al buscar las llaves, abrir la puerta del panel y para hacer la manipulación de los interruptores con mucha precaución.

En la actualidad existen varios cables sueltos en el circuito de control del panel (figura 1.15), lo cual evidencia cambios posteriores por averías o desperfectos que se le han realizado al panel y se observa falta de mantenimiento. La cantidad de cables muy extensa y estos se encuentran desordenados en todo el panel.

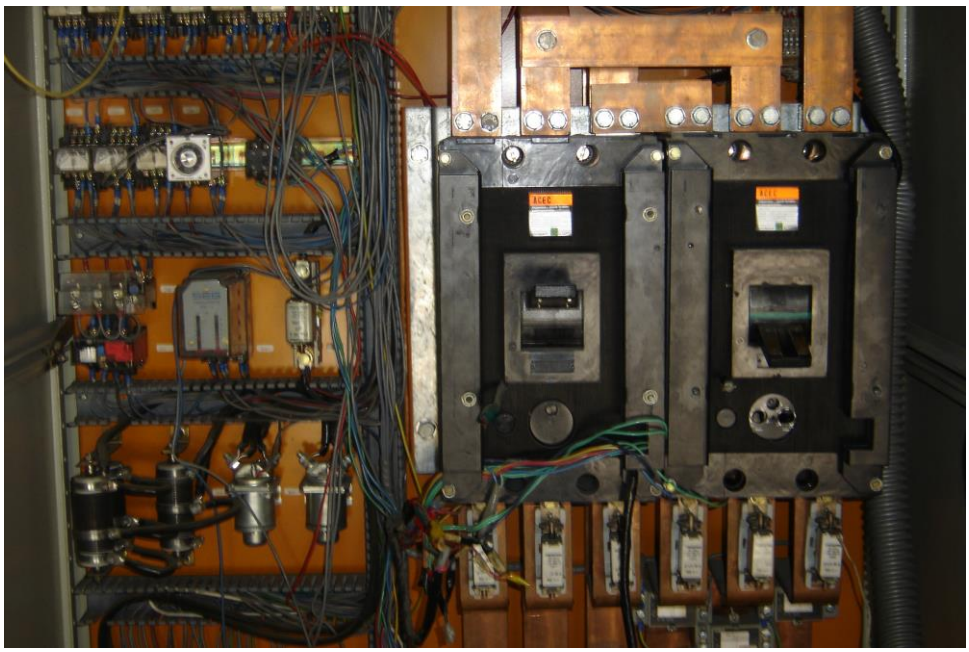


Figura 1.15: Cables sueltos en el circuito de control del panel

La falta de planos e indicaciones de mantenimiento hacen imposible brindar un mantenimiento a la instalación, así que la posibilidad de una avería en este circuito está muy latente.

Además el panel posee un interruptor o *switch* para el encendido manual del generador, para de esta manera realizar pruebas de calentamiento en vacío. Al generador auxiliar se le realiza semanalmente un encendido para de calentamiento y recargue de baterías.

Si al operador se le olvida encender el generador, las baterías pueden quedar descargadas y por tanto, cuando se precise del servicio del generador pues entonces no se podrá obtener. El automatismo de este proceso se debe recuperar con rapidez.

La energía generada es suministrada al hospital mediante un tablero de distribución. Este tablero está dividido en dos: normal y emergencia. El 40% de la carga

del hospital está conectado al tablero de distribución normal y el 60% al tablero de distribución de emergencia.

Cabe recalcar que el panel no cuenta con un mantenimiento continuo de sus equipos, además no tiene un manual de operaciones, ni de mantenimiento, que sirva de guía para un correcto uso del sistema de transferencia.

Los instrumentos de mediciones del panel (amperímetros, voltímetros, vatímetros, entre otros) son analógicos, y por tanto si se quiere llevar un registro de los consumos del hospital solo se puede hacer de forma manual. Esto provoca que hoy día no se conozcan los índices consumos de energía eléctrica, los horarios de mayores y mínimas demandas eléctricas. Tampoco se puedan llevar registros automáticos de las veces en que ha ocurrido la transferencia, que tiempo han durado, etc.

1.5 CONCLUSIONES

- El hospital en sus instalaciones, no está actualizado teniendo una serie problemas como:
  - El sistema de transferencia de energía se la realiza de forma manual, con tecnología obsoleta e instrumentos de mediciones analógicos.
  - No hay conexión entre el tablero de distribución de energía normal y emergencia. Por tanto hoy, aunque existe capacidad, no se le suministra energía al 100% de los consumidores del hospital en caso de estar operando el generador auxiliar.
  - Los tanques de reserva de diesel se encuentran en la misma sala de máquinas en donde está ubicado el generador, panel de transferencia y calderas, por lo que se precisan extremar las medidas de seguridad para evitar accidentes.

- El panel de transferencia de energía no es confiable, ya que su sistema de control, protección y medición es de tecnología electromecánica ya obsoleta y

esto provoca un panel muy amplio, que precise de mantenimientos continuos y no brinda seguridad tanto a instalaciones como al personal de mantenimiento.

- Los interruptores son de accionamiento mecánico y manual, por lo que no permite una conexión inmediata del sistema auxiliar de generación que posee el hospital y las consecuencias pueden llegar a ser graves en algunos casos.

- No existe un manual de operación y mantenimiento (planos) del sistema de transferencia de energía, esto ha provocado que no se brinden los mantenimientos adecuados a la instalación y la frecuencia de averías aumente progresivamente.

Capítulo II

INGENIERÍA CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA

- INTRODUCCIÓN
- MÉTODOS DE TRANSERENCIA DE ENERGIA
- FUENTE DE ALIMENTACION
- INSTALACIÓN DE FUERZA
- SISTEMA DE MEDICIÓN
- SISTEMA DE CONTROL
- CONCLUSIONES

2.1 INTRODUCCIÓN

Los dispositivos de conmutación de fuentes se utilizan para asegurar la continuidad de la alimentación de ciertos receptores prioritarios, por motivos de seguridad de personas o para mantener un ciclo de producción. **El mecanismo de conmutación actúa o por un fallo en la alimentación principal, normalmente en servicio, o por una orden voluntaria**. Estos dispositivos se usan especialmente para la alimentación de hospitales, edificios de gran altura, de alumbrado y sistemas de emergencia y seguridad.

En los circuitos de potencia, los aparatos de maniobra pueden ser contactores Electromagnéticos o interruptores automáticos, siendo utilizados tanto en baja como en alta tensión. El mando de estos aparatos puede ser manual, siendo la disposición más elemental y económica, este requiere de la intervención del operario de mantenimiento. La duración de paso de la fuente que falla a la fuente de sustitución o de emergencia puede ser muy larga (el

operario tiene que desplazarse) y el **automático que es el dispositivo más rápido y el más utilizado.**

Sin embargo, el esquema de principio, en la mayor parte de los casos, se reduce a la alimentación normal, una alimentación de sustitución o de seguridad y un juego de barras que es el punto común de las dos alimentaciones a partir del cual se alimentan la carga. [3]

2.2 MÉTODOS DE TRANSFERENCIA DE ENERGIA

Existen cuatro métodos de transferencia: Transferencia con tensión residual, transferencia lenta, transferencia en fases, y transferencia rápida [6].

2.2.1 TRANSFERENCIA CON TENSIÓN RESIDUAL

La mayoría de los sistemas de transferencia usan el método de transferencia con tensión residual. Entra en juego cuando no se cumplen los criterios para una transferencia rápida y tampoco es posible la transferencia en fase. En primer lugar se abre el interruptor automático de la alimentación y a continuación se supervisa la caída de tensión en las barras colectoras. Cuando se llega a un valor prefijado de tensión residual se cierra el alimentador auxiliar. Esto garantiza que la máxima diferencia de tensión posible entre las barras colectoras y la red auxiliar (en el caso de oposición de fases) no sobrepasa un valor determinado, limitándose así el aumento brusco transitorio del par que actúa en los motores de la instalación cuando las barras colectoras se conectan a la red auxiliar.

2.2.2 TRANSFERENCIA LENTA

Este tipo de transferencia se efectúa si no es posible supervisar la tensión de las barras colectoras. El alimentador de espera se cierra transcurrido un determinado tiempo fijo, ajustable previamente. Este tiempo tiene que ser siempre mayor que el tiempo de transferencia

máximo en el caso de transferencia por tensión residual, para garantizar que la tensión cae por debajo del valor de la tensión residual. Este método se realiza pocas veces.

2.2.3 TRANSFERENCIA EN FASE

Si las dos redes de suministro no están sincronizadas en el instante del inicio tendrá lugar una transferencia en fase. Esto significa que se da en el acto la orden de "ABRIR" y la red que estaba en espera se conecta en el punto en que es mínima la diferencia entre la tensión de espera y la tensión de las barras colectoras. El tiempo medio de transferencia está entre 250 y 500 ms aproximadamente, dependiendo el valor real únicamente del comportamiento de la tensión residual de la carga.

2.2.4 TRANSFERENCIA RÁPIDA:

La filosofía de este método de transferencia está en transferir la carga a la fuente auxiliar lo más rápido posible, haciendo que la desconexión de carga se reduzca al mínimo. Una vez comprobado que los alimentadores principales y auxiliar están sincronizados y en fase, se dan simultáneamente las órdenes de "ABRIR" y "CERRAR" a los interruptores automáticos implicados, con lo cual la transferencia tiene lugar sin interrupción, en 1.5 ciclos

Existen dos tipos de trasferencia rápida: Transferencia secuencial rápida y transferencia simultánea.

2.2.4.1 TRANSFERENCIA SECUENCIAL RÁPIDA.- En este tipo de transferencia, un contacto del interruptor de la fuente principal es utilizado inicialmente, cerrando el interruptor de la fuente a entrar. Esto proporciona seguridad desde que se desconecta la fuente normal hasta el cierre del interruptor de la fuente auxiliar. Esta transferencia tiene un tiempo de 5 a 10 ciclos.

2.2.4.2 TRANSFERENCIA SIMULTANEA.- En transferencia simultanea tanto los interruptores de la fuente principal como la auxiliar se inician al mismo tiempo. Los límites de tiempo de falla va de uno a dos ciclos normalmente. Las dos fuentes en paralelo, se usan generalmente para asegurar que ambas fuentes estén aproximadamente en fase para así no dañar los equipos.

Este método de transferencia es el ideal para el sistema de transferencia de energía automática del hospital.

2.3 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para realizar la instalación de un sistema de conmutación de fuentes que responda adecuadamente a las exigencias de continuidad de servicio exigidas por el usuario, ya desde la fase de diseño, hay que estudiar detenidamente ciertos aspectos y tomar precauciones especiales, las que se enumerarán a continuación:

- presencia de un defecto de red aguas abajo.
- características de la fuente de sustitución.
- elaboración de las órdenes de conmutación.
- ausencia de tensión durante el tiempo de conmutación (caso de una conmutación no síncrona).
- enclavamiento mecánico de los aparatos de maniobra entre sí.[3]

Características de la fuente de sustitución

La potencia nominal, la potencia de cortocircuito, las impedancias de las conexiones y el régimen de neutro de la fuente de sustitución pueden ser muy diferentes de los de la fuente principal. Así por ejemplo, la fuente principal puede ser un transformador de 800 kVA, 380 V, 50 Hz, Icc = 20 kA y en cambio, la fuente de sustitución puede ser un generador de 200 kVA, Icc = 1 kA en régimen transitorio.

Por tanto, las protecciones contra los defectos entre fases y fase-tierra de la red de emergencia pueden, en ciertas condiciones, no funcionar adecuadamente cuando la red de distribución se alimenta desde la fuente de sustitución (o de emergencia). [3]

2.3.1 CONEXIÓN DE TRES FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Este esquema posee dos secciones de barras independientes que vienen de la red de distribución pública EERSSA que se conecta a cada transformador de 315 kVA respectivamente y su tercera fuente que es el generador auxiliar.

Este esquema posee cuatro desconectivos: un desconectivo de la fuente de alimentación A, de la red de distribución publica EERSSA que es el que hace de alimentación principal, un desconectivo de la segunda fuente de alimentación B, de la red de alimentación publica EERSSA, un tercer desconectivo teniendo como fuente de alimentación al generador auxiliar (Figura 2.1).

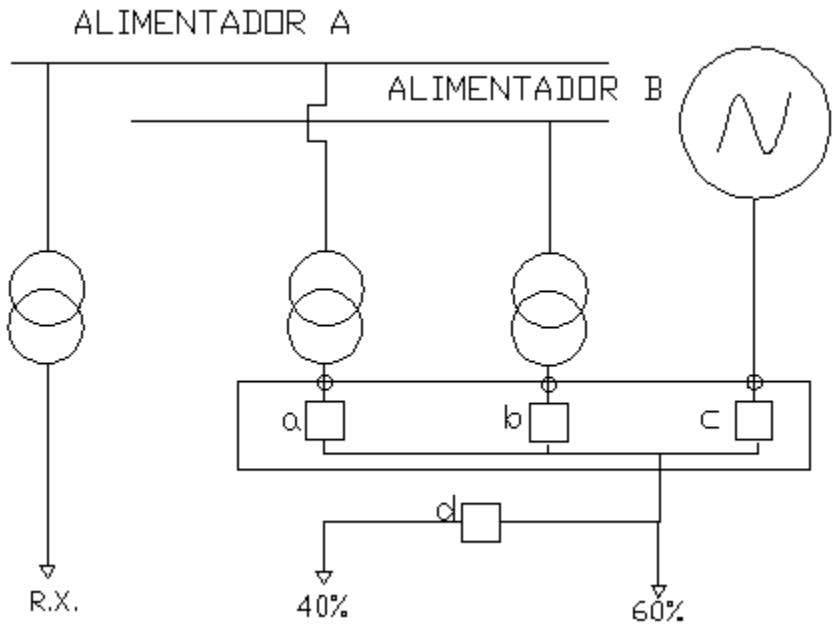


Figura 2.1*: Esquema de un sistema de transferencia con tres fuentes independientes y cuatro desconectivos.*

Se encuentra conectado un cuarto desconectivo “d” en el tablero de distribución de la carga del Hospital. Su función es de conectar ambos tableros de distribución (normal y emergencia) tendiendo en un 100% la transferencia de la carga, todo esto cuando el hospital se encuentre alimentado bien sea por la fuente de alimentación principal o por la segunda fuente de alimentación que vienen de la red de distribución publica EERSSA.

Principio de Funcionamiento

En el momento de un fallo en el alimentador A, y si el alimentador B está disponible, una orden, ejecuta la transferencia a la segunda fuente auxiliar:

- Apertura del desconectivo de la fuente de alimentación A.
- Cierre del desconectivo de la fuente de alimentación B.

Si se recupera la tensión en el alimentador A es decir, el fallo ha sido superado en dicho alimentador, una orden restablece la alimentación a la fuente principal:

- Apertura del desconectivo de la fuente de alimentación B.
- Cierre del desconectivo de la fuente de alimentación A.

Si falla la segunda fuente del alimentador B y el alimentador A no ha superado la falla, una orden, ejecuta la transferencia a la tercera fuente auxiliar:

- Apertura del desconectivo de la fuente de alimentación B.
- Arranque del generador y espera de presencia de tensión estabilizada en la salida de la fuente emergente (generador auxiliar).
- Cierre del desconectivo de la fuente de alimentación C (generador auxiliar).
- Apertura del desconectivo “d” del tablero de distribución.

En el momento de presencia de tensión bien sea en el alimentador principal A o en la segunda fuente de alimentación B una orden ejecuta la transferencia:

- Apertura del descnectivo de la fuente de alimentación C "generador auxiliar".
- Cierre del desconectivo "d" (tablero de distribución).
- Cierre del desconectivo de la fuente de alimentación A o cierre del desconectivo de la segunda fuente de alimentación B.
- Orden de parada al generador auxiliar.

Por tanto, la actuación del detector de falta de tensión de la fuente principal deberá ser generalmente retardada para evitar ordenar la conmutación de fuentes cuando hay un corte o una bajada de tensión transitoria.

Además, si la fuente de sustitución está constituida por un generador auxiliar, cuya orden de arranque se da precisamente cuando no está la tensión principal, hay que esperar a que se estabilice la tensión de grupo antes de dar la orden de conmutación.

Ventajas:

- El sistema es muy confiable y seguro ya que hay tres fuentes de alimentación.
- El tiempo de transferencia es mínimo (0.2 a 2 s.).
- El esquema tiene la capacidad de transferir el 100% de la carga.

Desventajas:

Esta variante seria relativamente costosa en vista de que su composición o instrumentación está compuesta de tres desconectivos todos estos automáticos, se tendría que arreglar el transformador (315 kVA) que se encuentra sin funcionamiento e introducir una nueva fuente de alimentación independiente. Esta variante al necesitar de una acometida independiente de otra subestación, no se puede realizar en ningún sistema de nuestro medio.

2.3.2 CONEXIÓN DE DOS FUENTES DE ALIMENTACIÓN

La conexión de dos interruptores automáticos para la conmutación de fuentes es el más utilizado en baja tensión. La fuente principal de alimentación es la red de distribución pública EERSSA aislada por un transformador de 315 kVA, la fuente de sustitución es un generador auxiliar (Figura 2.2) con arranque manual o automático cuando hay corte de tensión en la fuente principal.

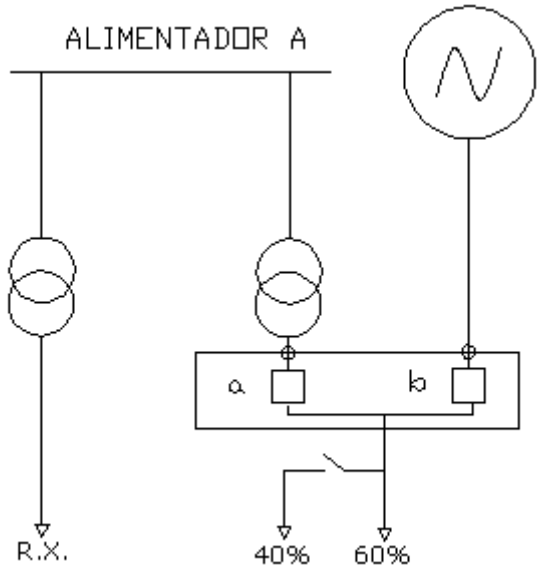


Figura 2.2: ***Esquema de un sistema de transferencia con dos fuentes independientes y dos desconectivos***

Principio de funcionamiento

La tensión de red normal está presente; el desconectivo de la fuente de alimentación principal correspondiente está cerrado, para un corte de tensión superior a 0.4 s (hasta 10 s) una orden ejecuta la transferencia:

- arranque del generador auxiliar.
- apertura del desconectivo de la fuente de alimentación principal.
- cierre del desconectivo del generador.

Al retorno de la tensión normal una orden ejecuta la transferencia:

- Apertura del desconectivo del generador auxiliar.
- Cierre del desconectivo de la fuente de alimentación principal.
- Orden de parada al generador auxiliar.

Además este esquema posee una cuchilla sin poder de corte que sirve de conexión entre ambos tablero de distribución (normal y emergencia) del hospital, para obtener como resultado la transferencia automática del 100% de la carga.

Ventajas:

- El conexionado es simple y tiene el equipo de fuerza necesario para realizar una transferencia.
- A diferencia del esquema anterior este es mucho más económico para el hospital en vista que su sistema de fuerza esta compuesto por dos desconectivos automáticos.

Desventajas:

- La transferencia automática con dos fuentes de alimentación no brinda seguridad por el simple hecho de tener la conmutación de dos alimentadores ya que si bien no hay tensión en la fuente principal, la fuente de sustitución (generador auxiliar) por causas de mantenimiento o avería no podría entrar en funcionamiento.

- Además para industrias en las que los niveles de interrupción no deben aparecer este sistema no es recomendable por su tiempo de conexión (6 a 10seg) de la transferencia.

En la mayoría de equipos del hospital poseen UPS, esto ayuda a contrarrestar el tiempo de conmutación entre fuentes. Analizado cada esquema, la conexión de dos fuentes de alimentación es provechosa para el hospital.

2.4 INSTALACIÓN DE FUERZA

El primer factor indispensable en una transferencia es poder cortar la corriente en un punto del sistema de fuerza por razones de mantenimiento o para proteger la red cuando hay un fallo. Igualmente hace falta poder restablecer la energía cuando se detecten las situaciones normales.

Para esto se emplean aparatos de desconexión, cuya elección depende de la naturaleza del poder de corte y del campo de aplicación.

Estos dispositivos se usan especialmente para la alimentación de:

- Ordenadores.
- edificios de gran altura.
- alumbrado y sistemas de emergencia y seguridad o sistemas auxiliares esenciales de centrales térmicas, cadenas completas de fabricación cuyo proceso no soporta ninguna parada temporal de ningún elemento de la cadena.

En la distribución pública de MT para la:

- conmutación de líneas y de transformadores AT en centros de transformación,
- alimentación, en doble derivación, de centros de transformación

Los equipos que se instalan para realizar la aparamenta de conmutación son muy variados, por ejemplo, en los circuitos de potencia, los aparatos de maniobra pueden ser contactores electromagnéticos o estáticos, interruptores automáticos o interruptores, tanto en baja como en alta tensión. [3]

2.4.1 APARATOS DE MANIOBRA

Un aparato de corte ideal sería un aparato capaz de interrumpir la intensidad instantáneamente. No hay ningún aparato mecánico que sea capaz de cortar la corriente sin el arco eléctrico, que

disipa la energía electromagnética del circuito eléctrico, limita las sobre tensiones, pero retarda el corte total de la corriente. [9]

Existen dos grandes grupos de aparatos de maniobra:

- Aparatos de maniobra manuales.
- Aparatos de maniobra automático.

Dentro de estos grandes grupos existen desconectivos como son: interruptores en aceite, interruptores en vació, interruptores con reconexión automática, interruptores neumáticos, interruptores en hexafloruro de azufre todos estos utilizados tanto en alta como en media tensión y desconectivos de baja tensión.

La selección del desconectivo de potencia para el sistema de transferencia de energía del hospital esta definida por aparatos de maniobra que funcionen específicamente en baja tensión. Entre estos tenemos:

- Contactor magnético.
- Interruptor de caja moldeada.
- Interruptor de cuchilla.

2.4.1.1 CONTACTOR MAGNÉTICO

Un contactor magnético es operado electromecánicamente sin intervención manual. Esto significa que el contactor puede ser operado a distancia, sin necesidad de tener una persona en un lugar potencialmente peligroso. Los contactores magnéticos utilizan una pequeña corriente de control para abrir y cerrar el circuito. (Figura 2.3).

Los contactores son utilizados cuando no se requiere de una protección contra sobrecargas, y en niveles más bajos de corriente eléctrica. Las aplicaciones incluyen circuitos de alumbrado, calentadores y transformadores.

En resumen, **los contactores operan electromecánicamente y utilizan una pequeña corriente de control para abrir y cerrar el circuito**. Los dispositivos electromecánicos hacen el trabajo, no la mano humana como en el caso de un interruptor de cuchilla o un controlador manual. [14]

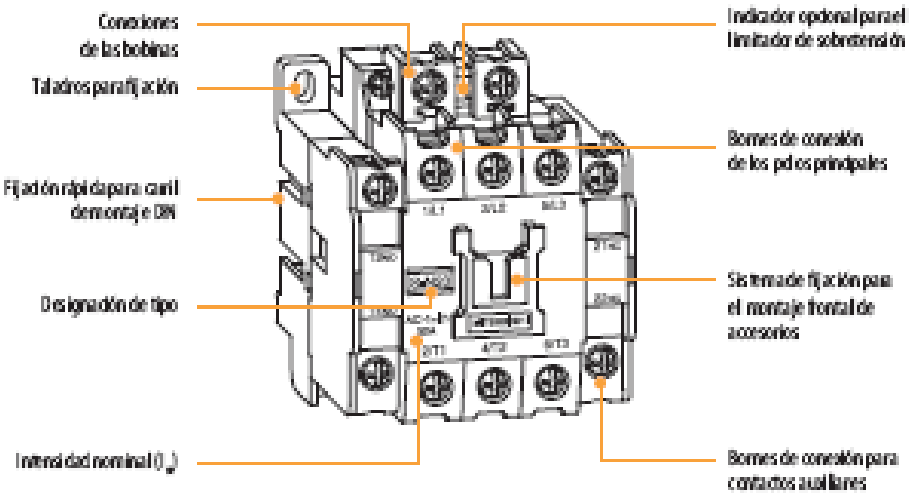


Figura 2.3*: Componentes de Contactor Magnético de la maraca mitsubishi*

***Ventajas*:**

- Interrumpe corrientes en condiciones normales del circuito.
- Abre y cierra el circuito electromecánicamente.
- Facilidad de montaje y cableado.

Desventajas:

- Destinado principalmente para el mando de motores.
- No poseen contactos auxiliares para el mando a distancia.
- Entre más frecuentemente se abren y cierran los contactos, más corta será la vida del contactor.

- Este dispositivo tiene que estar siempre energizado para su operación tanto para su conexión y desconexión.

2.4.1.2 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO DE CAJA MOLDEADA

Los interruptores en baja tensión son (Figura 2.4) utilizados en la protección de circuitos con voltajes nominales inferiores a 1000 Volts en corriente alterna o 3000 Volts en corriente continua, tienen características constructivas y de operación diferentes a los interruptores en media y alta tensión.

Los Interruptores Automáticos de Caja Moldeada han sido concebidos para asegurar la disponibilidad de la máxima energía para los usuarios.

Estos interruptores poseen una novedosa técnica llamada **corte roto-activa (Figura 2.4).** Esta técnica de limitación de fuertes intensidades utiliza una nueva energía de disparo, la **presión**, consecuencia de la **energía del arco**.

Cada uno de los polos del interruptor dispone de un recinto en el que un contacto rotativo genera, por repulsión electromagnética, dos arcos en serie coincidiendo con la aparición de la intensidad de cortocircuito.

Un dispositivo de pistón y resorte utiliza la presión generada por la energía del arco para provocar, a partir de un determinado valor - aprox. 35 In - , un disparo reflejo, aproximadamente 3 ms después de la repulsión de los contactos.

Hasta ese valor, la presión es insuficiente para provocar el disparo y la impedancia de los arcos limita la intensidad de cortocircuito. A partir de entonces, el corte es muy rápido (1ms) y limita aún más la intensidad de cortocircuito.

Bloques de relés

Estos interruptores están equipados con un bloque de relés de tipo magneto térmico o electrónico. La regulación de los umbrales Largo Retardo (LR) permite asegurar la selectividad amperimétrica.

La protección Corto Retardo (CR) dispone en estándar de una mini-temporización de 5 a 7 ms, que permite una selectividad cronométrica para el corto-circuito de valor medio a partir del umbral de disparo Corto Retardo (CR) del interruptor automático D1 situado aguas arriba. Para el control disponen de contactos auxiliares (mando eléctrico) que permiten abrir o cerrar el interruptor remotamente. [19]

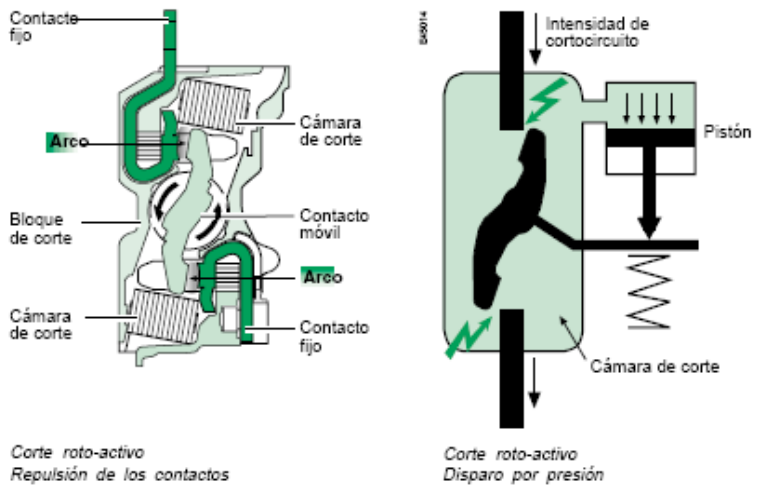


Figura 2.4*: Sistema de corte "corte roto activo" de un interruptor de caja moldeada*

<u>Ventajas</u>

- Dan respuesta de manera óptima a los problemas de selectividad.
- Son muy limitadores, incluso en corto-circuitos fuertes, para reducir de manera drástica las tensiones en la distribución intermedia.

- Protegen las líneas de alimentación de grandes receptores.
- Tiempo de operación muy rápida.
- Rigidez dieléctrica entre los contactos se restablece rápidamente impidiendo la reignición del arco.

Desventajas:

- Los interruptores de caja moldeada su utilización esta reducida principalmente para la protección de la distribución intermedia.

Los interruptores de caja moldeada están concebidos a trabajar en baja tensión. Analizado su funcionamiento, este desconectivo es ideal para el sistema de transferencia de energía del hospital.

2.4.1.3 INTERRUPTOR DE CUCHILLA

El primer dispositivo utilizado para parar y arrancar motores eléctricos fue un simple interruptor de cuchilla. Se trata de una palanca que hace bajar una tira de metal sobre un contacto para establecer el circuito eléctrico (figura 2.5). A finales de los años 1800, alguien tenía que estar al lado del interruptor de cuchilla y manipular la palanca para llevarlo a la posición cerrada.

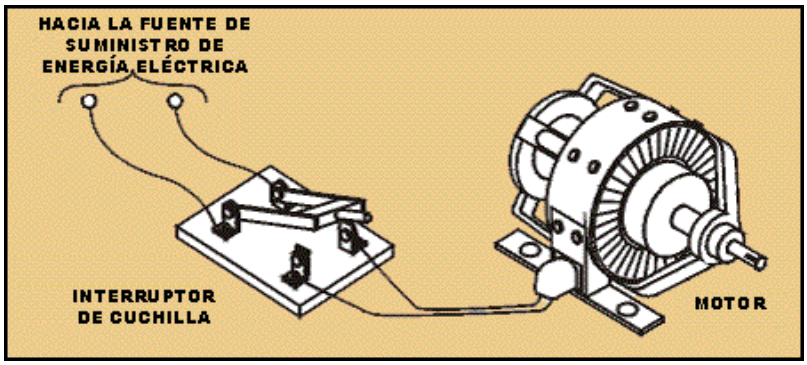


Figura 2.5*: Un Interruptor de Cuchilla utilizado para controlar un Motor*

Los ingenieros descubrieron que los contactos se desgastan rápidamente porque los operadores no podían abrir y cerrar el interruptor suficientemente rápido para evitar el arqueo. **El arqueo, una condición en la cual una alta tensión salta a través del espacio abierto conforme los contactos se cerraban o se abría,** provocaba la corrosión de los interruptores de cobre blando con formación de hoyos. Polvo y humedad agravaban el problema.

Más importante, conforme los motores se volvieron más grandes, las corrientes para operarlos también se hicieron más importantes, creando una importante preocupación de seguridad. **Era físicamente peligroso manejar el interruptor.** Se volvió cada vez más difícil encontrar operadores que deseaban manipular los interruptores de cuchilla.

Se hicieron mejoras mecánicas importantes, pero con su operación peligrosa y su corta vida de contactor, los interruptores de cuchilla perdieron su popularidad. El interruptor de cuchilla ciertamente no era la mejor solución, pero a partir de él, los ingenieros aprendieron los problemas que se tenían que resolver.

Ventajas:

- Tiene la capacidad de aislar el circuito.

Desventajas:

- Por ser un aparato de maniobra manual, su velocidad de operación es muy larga.
- La vida del interruptor de cuchilla es muy corta.
- No cuenta con protección.
- No tiene capacidad de operación remota o automática.
- Para de conexión o desconexión el operador tiene que desplazarse. [14]

Este aparato de maniobra si bien no tiene la capacidad de una operación remota o automática, el puede ser utilizado para aislar un circuito. El hospital cuenta con dos tableros de distribución (normal y emergencia) que no tienen una conexión entre ellos, esto no permite realizar la

transferencia del 100% de la carga, es por eso que el interruptor de cuchilla es ideal para esta operación.

2.5 SISTEMA DE MEDICION

Los sistemas de medición son utilizados como herramientas fundamentales para el análisis de los sistemas eléctricos. Entre otros parámetros, estos productos permiten: obtener la información del sistema eléctrico, saber la capacidad disponible en su sistema eléctrico, detectar fallas en equipos antes de que se dañen otros, saber la calidad de la energía en el sistema, etc.

2.5.1 MICROLOGIC

Una unidad de medición y control ubicado en un mismo interruptor es el micrologic (figura 2.6). Este Asocia diferentes tipos de medición a diferentes tipos de protección.

Mide con precisión los parámetros de la red, calcula instantáneamente los valores, memoriza, señala, comunica, actúa. Los interruptores equipados con unidades de control Micrologic ofrecen a la vez una protección extremadamente fiable y un instrumento de medición preciso.

Figura 2.6: Micrologic

Las unidades de control Micrologic protegen los circuitos de potencia.
Sus prestaciones son:

- Medidas.
- Posibilidad de comunicación.
- Indicación de los máximos de intensidad.

Esta unidad permite regular las protecciones en umbral y en temporización por selectores. Los valores se pueden ver sobre una pantalla. Posee una opción de comunicación, transmitiendo parámetros como:

- Lecturas de regulaciones de protección.
- Conjunto de medidas (amperímetro)
- Señalización de las causas de disparo.
- Puesta a cero de los valores máximos.
- Alarma de sobrecarga.
- Teclas de navegación.

El Micrologic elimina la necesidad de disponer de un medidor adicional o de desconectar los conductores.

Ventajas:

- Asocia diferentes tipos de medición a diferentes tipos de protección.
- Tiene la capacidad de realizar el control de una instalación.
- Al estar ubicado en un mismo interruptor elimina espacio físico en una instalación
- Posee comunicación hacia una PC.

Desventaja:

- Al estar ubicado en un interruptor este no permite obtener una medición total de toda la instalación.

- Su costo es alto

2.5.2 ANALIZADOR DE RED

Existen dos tipos de analizadores de red (figura 2.7): el modelo básico y el avanzado. Estos medidores específicos para aplicaciones se distinguen entre sí por la cantidad de información que ofrecen.

Figura 2.7: ***Analizadores de red de la gama Merlín Gerín de Schneider***

El modelo básico informa sobre la potencia y la energía, mientras que el modelo avanzado proporciona numerosos parámetros, incluyendo potencia, demanda, energía, intensidad, tensión, factores de potencia y potencia reactiva.

El medidor de energía de un modelo avanzado utilizan protocolos de comunicación que pueden conectarse a una PC y permite obtener información del medidor, así como alarmas, registros de historial, tendencias e informes.

Principales características [15]**:**

- Memoria y procesamiento de datos potente.

- Velocidad de muestreo y alta precisión.
- Comunicación abierta.
- Diseño modular.
- Detección de armónicos y transitorios.
- Captura de forma de onda.
- Alarmas

Los medidores de energía (analizadores de red) se conectan al autómata para dar el estado de las fases (figura 2.8).

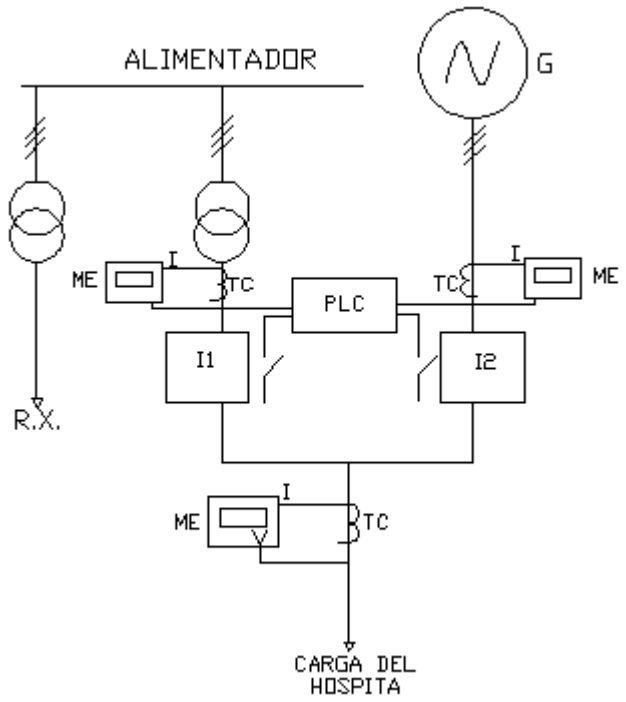


Figura 2.8*: Esquema de medición con tres analizadores de red*

En la figura 2.8 se muestra un esquema de transferencia de energía con 3 analizadores de red. Para proveer de un buen funcionamiento, el analizador además de medir debe de proporcionar las medidas necesarias para el control de las instalaciones eléctricas, tiene que tener salidas digitales (contactos), equipadas con módulos opcionales de alarma y comunicación. Esto es muy costoso en una instalación.

Para el sistema de transferencia de energía lo ideal seria utilizar dos supervisores de tensión que detectan la ausencia de tensión en las fuentes normal y de sustitución, y utilizar un analizador de red a la salida de la transferencia de energía para así obtener datos de medición (figura 2.9). Este permite obtener las medidas necesarias en la instalación.

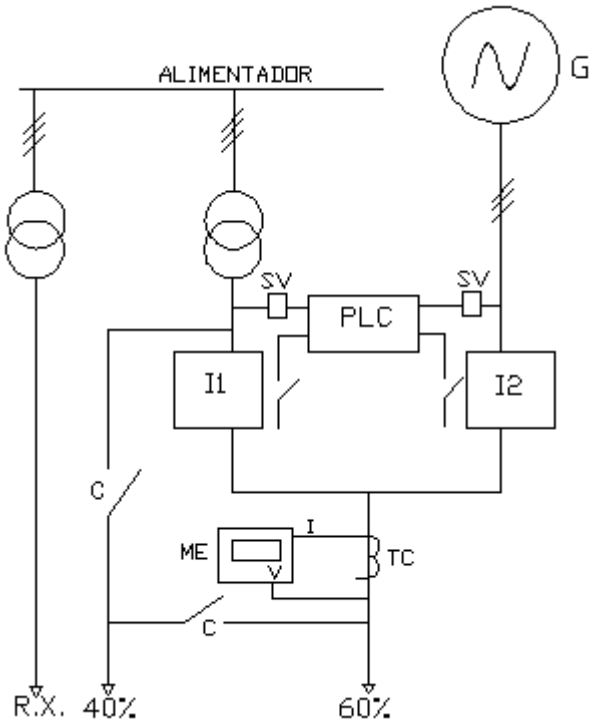


Figura 2.9*: Esquema de medición con un analizador de red*

Ventajas:

- Reduce costos de equipo.
- El analizador de red a través de un modulo de comunicación permite la supervisión del sistema de transferencia (SCADA).
- Es flexible, pequeño y no precisa mantenimientos continuos.

Desventajas:

- No hay medición en cada una de las fuentes de alimentación.
- Necesita alimentación auxiliar para poder operar.

2.6 SISTEMA DE CONTROL

El sistema de transferencia ha sido concebido para una instalación sencilla. Un sistema de control puede estar incorporado de un autómata, o un relé de alto rendimiento provisto de una interfaz gráfica, el cual se pueda garantizar con facilidad la programación y control de la instalación.

2.6.1 RELÉ DE ALTA FUNCIONALIDAD

Hoy en día un relé dispone de nuevos actuadores de electrónica de potencia que mejora la funcionalidad del control y de la protección para la integración en cuadros de distribución de media como de baja tensión.

El control y la supervisión, en tiempo real, de la calidad de ambas fuentes de alimentación lo suministra un nuevo software (figura 2.10), que también activa los interruptores automáticos responsables de la conmutación a la fuente de energía alternativa en caso de aparición de regímenes transitorios o de una interrupción temporal. Generalmente esto se realiza en menos de 1,5 ciclos, un tiempo inalcanzable para la mayoría de los sistemas convencionales de transferencia. [10]

Esta alta velocidad es importante, ya que los procesos de fabricación dependen de la continuidad del suministro de energía y las interrupciones, aunque sean breves, pueden causar muchos perjuicios y ser muy costosas. Debido a la profusión de controladores electrónicos y de otros equipos delicados en una moderna cadena de montaje, incluso una perturbación temporal de la tensión puede dar lugar a una pérdida total de la producción. Por ejemplo, una avería de los sistemas de fabricación controlados por ordenador puede detener las cadenas de montaje y dar al traste con la planificación de la empresa.

Figura 2.10*: Controlador de HSTS, SUE 3000*

El tiempo de inactividad cuesta mucho dinero y el coste de restaurar los procesos de producción sensibles cuando la tensión cae momentáneamente puede ser muy grave para una empresa.

Este sistema de control de transferencia utilizando un relé de alta velocidad contribuye a mantener la calidad de la energía y los márgenes de beneficios de una compañía pues en primer lugar se anticipan a las caídas momentáneas de la tensión y después, casi instantáneamente, conmuta el sistema a una fuente de energía de reserva.

Ventajas:

- El sistema de transferencia utilizando un relé de alta velocidad ofrece una protección rápida contra la interrupción de la corriente eléctrica, preservando la calidad de la energía.
- La transferencia automática de la carga a una fuente de alimentación sin perturbaciones en menos de 1.5 ciclos elimina un costoso tiempo de inactividad y mejora la calidad de la energía en las barras colectoras protegidas; al mismo tiempo proporciona una protección completa contra los cortocircuitos.

- Un relé de alta funcionalidad además de tener un alto sistema de control y protección posee un sinnúmero de funciones que hace que la esquematización sea pequeña, reduciendo las probabilidades de falla y mantenimiento.
- Permite obtener datos de su funcionamiento a una PC a través de un SCADA

Desventajas:

- Estos sistemas de control "relé" por tener un alto nivel de seguridad y confiabilidad, así mismo el costo es muy elevado (10.000 y 14.000$) aproximadamente, siendo utilizado por industria en la que el nivel de seguridad es muy alto.
- No es confiable ya que al producirse una avería en el, se desactivaría todo el control, protección y medición del sistema de transferencia.
- En vista de su gran operación el necesita de una fuente de alimentación externa muy poderosa.

2.6.2 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Un autómata es, básicamente, un equipo electrónico compuesto de:

- Microprocesador.
- Interfase de Entradas/Salidas.
- Memoria. En esta, reside el programa de aplicación desarrollado por el usuario, quien tiene las estrategias de control.

El programa de aplicación se realiza a partir de un terminal de mando o de un software apropiado en PC. El lenguaje empleado es sencillo y al alcance de todas las personas. El mismo se basa en uno o más de los siguientes: Ladder (Escalera), lista de instrucciones (Assembler), Estructurado (Similar al Pascal), Bloques de Función y Diagrama Secuencial de Flujo (SFG, Grafcet), según el tipo de autómata que se escoja, podrá tener uno o más de estos lenguajes.

Cuando la aplicación crece en complejidad dado el tipo de señales a manejar, es posible incrementar la capacidad de Entradas/ Salidas. Además permite el control de señales, tanto digitales como analógicas.

Un concepto que cada día es más necesario aplicar, es la comunicación entre autómatas o con un sistema de supervisión (SCADA). Cuando es el momento de realizarlo, el autómata dispone de la capacidad de resolverlo agregando los módulos de comunicación necesarios. [14]

El autómata controla las operaciones de los sistemas de control. En los controladores actuales tienen incorporado varios adelantos tecnológicos, como son:

- Tiempos de procesamientos muy rápidos.
- Tamaños muy pequeños y bajo costo.
- Altas densidades para los sistemas de entradas/salidas.
- Interfases E/S inteligentes a base de microprocesadores, como PID, comunicación, posicionamiento, etc.
- Comunicación directa con computadores.
- Desarrollo de sistemas supervisorios y análisis de datos.
- Modos de programación gráficos, mas sencillo.

Figura 2.11*: autómata programable de la marca Schneider*

Un autómata programable (figura 2.11) es una máquina electrónica especializada en el pilotaje y el control en tiempo real de un sistema de transferencia. Ejecuta una serie de instrucciones introducidas en su memoria en forma de programa. [15]

Ventajas:

- Menor tiempo empleado en la elaboración del circuito de control en el sistema de transferencia
- Las listas de materiales se reducen considerablemente.
- Se puede modificar el proceso sin cambiar el cableado.
- Se reduce el tiempo de instalación y puesta en marcha.
- Al quedar el proceso fuera de servicio el PLC, puede ser reutilizado.
- Su costo es muy reducido en comparación a un relé analizado anteriormente.

Desventajas:

- Hace falta un programador o software para la programación.
- Se requiere adiestrar al personal para tal sentido.

El PLC está concebido para realizar procesos en diferentes ambientes industriales su flexibilidad hace de el, un equipo muy utilizado. El PLC se adapta a las necesidades que posee el control del sistema de transferencia

2.7 CONCLUSIONES

- El esquema propuesto se obtuvo del análisis de dos variantes de fuentes de alimentación tomando en cuenta la relación costo – beneficio entre una y otra, además de aspectos ambientales y sociales.

- Dos interruptores automáticos de baja tensión “caja moldeada” es la mejor solución para el sistema de transferencia automática de energía que se seleccionó. Estos

interruptores poseen contactos auxiliares que se emplean para verificar la posición cerrado o abierto.

- Un Controlador Lógico Programable se ajusta a las necesidades del sistema de transferencia automática de energía y constituye la automática de la misma, es pequeño, versátil y flexible a futuros cambios.

- Un analizador de redes conectado en la salida de la transferencia puede medir los parámetros necesarios para los operarios y enviar información a un SCADA que en futuro se instalará en el Hospital.

- Dos supervisores de tensión se seleccionaron para ser conectados en las entradas de los interruptores evitando la adquisición de otro analizador de redes o un PLC con entradas analógicas, reduciendo los costos de la instalación diseñada.

Capítulo III

INGENIERÍA DE DETALLES DEL PANEL DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA DE ENERGÍA

- INTRODUCCION
- SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES
- SELECCIÓN DEL AUTOMATA PROGRAMABLE (PLC)
- SELECCIÓN DEL ANALIZADOR DE RED
- ALIMEMTACION Y PROTECCION DEL SISTEMA DE CONTROL
- SELECCIÓN DEL CABLEADO
- PLANOS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGIA
- CONCLUSIONES

3.1 INTRODUCCION

En este capítulo se especificarán los diferentes dispositivos que se van a emplear en la instalación del sistema de transferencia automática de energía del hospital tomando en cuenta la selección del capítulo anterior. Estos serán escogidos dentro de una gama de equipos que propone la compañía Schneider.

Un listado de materiales es facilitado con las especificaciones necesarias para cada equipamiento, se ofrece el costo según las últimas ofertas obtenidas de tal forma que cualquier otra persona pueda hacer la solicitud y construir una instalación similar.

Varios planos se confeccionaron y estos permitirán la instalación de los circuitos y los equipos en el panel, siguiendo los conceptos seleccionados en el capítulo anterior. Estos planos se confeccionaron con suficiente nivel de detalles para que cualquier técnico electricista con un mínimo de capacitación pueda instalarlo y mantenerlo en su operación permanentemente.

3.2 SELECCIÓN DE LOS INTERRUPTORES

Como se conoce de los capítulos anteriores, los interruptores no solo conectan o desconectan los circuitos de la EERSSA o del generador auxiliar, sino que también sirven de protección contra cortocircuito, por tanto, la selección de los mismos es muy importante.

3.2.1 CARACTERISTICAS DE LA RED

Para la selección de los interruptores del sistema de transferencia se ha tenido que analizar las diferentes características de la red: tensión e intensidad nominal, la frecuencia y otros aspectos que se enumeran a continuación:

- **Tensión**: La tensión de los interruptores debe ser igual o superior a la tensión entre líneas de la red (220V).

- **Frecuencia**: La frecuencia nominal de los interruptores debe corresponder a la frecuencia de red. Los aparatos Merlín Gerín funcionan indiferentemente con frecuencias de 50 o 60 Hz.

- **Cantidad de Polos**: El número de polos de un aparato de corte se define por las características de la red (receptor mono o trifásico), el tipo de puesta a tierra (corte del neutro con o sin protección) y la función a cumplir.

En este caso el interruptor debe poseer 3 polos, dado que el sistema es trifásico y no se pretende instalar protecciones en el neutro del sistema. Las condiciones y las características del circuito no lo necesitan.

- **Intensidad Nominal:** En vista de que la carga del hospital se ha incrementado y que pueda seguir incrementándose a futuro, no es seguro tomar este valor, por lo que hemos optado por tomar la potencia del transformador (315 kVA).

Se tiene que:

$$In = \frac{s}{\sqrt{3}xV}$$

$$In = \frac{315KVA}{\sqrt{3}x220V} \text{ .....[1]}$$

$$In = 827.6A$$

Donde:

In: Intensidad Nominal del transformador (A)

S: Potencia Aparente del transformador (KVA)

V: Tensión de Línea del transformador (V)

Es indispensable para la elección de la Intensidad nominal del interruptor que deba de ser mayor que la calculada. Por tanto este interruptor debe poseer una capacidad nominal por encima de los 828 A.

- **Potencia de Corto Circuito de la red**: Es el aporte de todas las fuentes de generación de la red en el punto de suministro si allí se produjera un cortocircuito

El poder de corte del interruptor debe ser al menos igual a la corriente de cortocircuito susceptible de ser producida en el lugar donde se instalará.

3.2.2 INTENSIDAD DE CORTO CIRCUITO

Conocer el aporte al cortocircuito en un punto de la instalación es una condición indispensable para la elección de los interruptores. La magnitud de la Intensidad de Corto Circuito (Icc) es independiente de la carga, y sólo responde a las características del sistema de alimentación y distribución.

Las hipótesis sobre las cuales se basan los cálculos que siguen a continuación son excesivos, es decir que la Icc real estará siempre por debajo de la Icc calculada

3.2.2.1 Determinación de la ICC:

Para la elección de los interruptores se ha tomado que una buena aproximación de los cálculos, sería considerar la potencia de corto circuito aguas arriba del transformador a un valor infinito, PCC =∞. Por lo tanto la Icc queda limitada a la impedancia del transformador, para así tener una mayor seguridad en la elección del interruptor.

La impedancia del transformador es igual a:

$$Z_{TRANSF} = \frac{Ucc}{100} x \frac{U^2}{S}$$

$$Z_{TRANSF} = \frac{4}{100} x \frac{(220V)^2}{315KVA} \text{ .....[2]}$$

$$Z_{TRANSF} = 6.14 m\Omega$$

Donde:

Z_{TRANSF}: Impedancia del transformador (mΩ)

Ucc: Tensión de cortocircuito en por unidad (%) a la impedancia básica del transformador.

U: Tensión nominal del transformador de potencia. (V)

S: Potencia nominal aparente del transformador de potencia. (KVA)

La Ucc del transformador es un dato que esta fijado por la norma IRAM 2250. Esta norma establece que para transformadores de distribución en baño de aceite entre 25 y 630 kVA la Ucc es igual al 4%.

La Icc es igual a:

$$Icc = \frac{U}{\sqrt{3} x Z_{TRANSF}}$$

$$Icc = \frac{220V}{\sqrt{3} x 6.14 m\Omega} \quad \textbf{.....[3]}$$

$$Icc = 20.68 KA$$

Donde:

Icc: Corriente de cortocircuito ideal máxima posible. (KA)

U: Tensión de línea del transformador. (V)

Z_{TRANSF}: Impedancia del transformador. (mΩ)

En vista de que el hospital cuenta con un transformador (315KVA) que no está en funcionamiento y que a futuro puede entrar en servicio, la impedancia de la instalación viene dada por:

$$Z1 = Z2$$

$$ZT = \frac{Z1 x Z2}{Z1 + Z2}; ZT = \frac{Z1^2}{2Z1}; ZT = \frac{Z1}{2}$$

$$ZT = \frac{6.14 m\Omega}{2} \quad \textbf{.....[4]}$$

$$ZT = 3.07 m\Omega$$

Donde:

ZT: Impedancia equivalente de ambos transformadores trabajando en paralelo.

Z1 y *Z2*: Impedancia de cada unos de los transformadores.

Calculada la impedancia total se tiene que la intensidad de corto circuito (ITcc) será igual a:

$$ITcc = \frac{V}{\sqrt{3}xZT}$$

$$ITcc = \frac{220V}{\sqrt{3}x3.07m\Omega} \ldots\ldots \textbf{[5]}$$

$$ITcc = 41.3KA$$

Donde:

ITcc: Corriente total del cortocircuito ideal máximo posible. (KA)

V: Tensión nominal de línea del transformador. (V)

Z_{TRANSF}: Impedancia equivalente de ambos transformadores trabajando en paralelo. (mΩ)

3.2.3 FUNCIONES QUE DEBE CUMPLIR EL INTERRUPTOR

Las funciones básicas son comunes para todo tipo de interruptor:

- Seccionamiento.
- mando
- enclavamiento
- seguridad.

Además de estas funciones el interruptor debe cumplir conciertas funciones específicas ligadas a las condiciones de instalación:

- protección diferencial.
- mandos eléctricos
- apertura a distancia (función “paro de emergencia”).
- posibilidad de extracción.[15]

3.2.4 TABLA DE ELECCIÓN

La siguiente tabla permite la elección del interruptor en función de las necesidades

		Cuadros de Distribución De potencia	Cuadros de Distribución Y armarios de automatismos	Cuadros de Subdistribución (productos modulares)	Pequeños Cofrets Distr.terciaria	Cofrets de automatismo	Cofrets de Proximida
Calibre		400 a 6300 A	40 a 630 A	20 a 160 A	£ 125 A	£ 40/125 A	10 a 630 A
Funciones de base de interruptores BT							
Mando en carga de circuitos		Si	Si	Si	SI	SI	SI
Seccionamiento		■	■	■	■	■	■
Enclavamiento		■	■	■	■	■	■
Funciones / Características Adicionales							
Nivel máximo de cortocircuito		20 a 80 KA	I≤160A: 15 a 25 KA	I≤63A: 15 KA	10KA	3 a 5 KA	I≤63A: 10 KA
			I≤400A 20 a 80 KA	I≤160A: 25 KA			I≤630A: 25 KA
Características del mando electrico	AC21A			■	■		
	AC22A	■	■	□	□		
	AC23		□			■	■
	AC3						■ I≤63A
Mando	Rotativo	■	■	■		■	■

	Directo frontal	■	□	■	■	■	□
	Directo prolongado	□	□	□			■
	Lateral prolongado		□				■
Montaje	Placa soporte	■	□	□		■	□
Funciones Especificas							
Proteccion Diferencial		□	□	□	□		
Otras	Extraible Contactos auxiliares, Bobinas de disparo, Telemando	■	■	□			□
	Paro de emergencia		□	□	□		□

■ Obligatorio.

□ Posible.

Tabla 1*: Características de los interruptores en función de su localización y aplicación* **[15]**

Schneider Electric ofrece varias gamas de interruptores (Tabla 2) en carga a sus clientes.

La elección depende de:

- la aplicación.
- Las funciones adicionales a implementar (nivel de seguridad, confort, etc.).

La siguiente tabla resume la oferta de todas las gamas Schneider Electric en función de las características descritas anteriormente.

Productos	Cuadros de Distribución General 400– 6300A	Cuadro industrial de potencia 40-630A	Armarios de automatismo 40-630A	Cuadro de subdistribución 40-630ª	Cuadro de Subdistribución 20-160A	Pequeños cofrets de distribución terciaria ≤125A	Cofrets de proximidad 10-630 A
Vario telemecanique						■	■
Multi 9 I/ID (Perfil modular)					■		□
Multi 9 I-NA (Perfil modular)					□		■
Interpact INS (Perfil modular)		■	□	■	■		■
NG125 NA (perfil modular)				■	■		■
Interpact INS (industrial)	■	■	□				■
Compact NA (industrial)	□	■	□	□			■
Masterpact HI/HF (industrial)	■						

■ Muy común

□ Posible

Tabla 2*: Gamas Schneider Electric en función de las características descritas anteriormente.* **[15]**

La gama compact NS de Schneider según la tabla 2, demuestra sus excelentes prestaciones para cubrir cualquier necesidad de protección en las instalaciones eléctricas de baja tensión. Los Interruptores **Compact NS** poseen un dispositivo de corte denominado **roto activo**. Durante un cortocircuito, su arquitectura interna, en particular el movimiento rotativo de los contactos que provoca una rapidísima repulsión, consigue una limitación excepcional de los cortocircuitos.

En todos los modelos de Compact NS, sea cual fuere su poder de corte, la intensidad Ics (poder de corto circuito en servicio) es igual a 100% Icu (poder de corto circuito último). Este poder de corte en servicio está certificado mediante los ensayos normativos, que consisten en:

- Hacer disparar tres veces consecutivas el interruptor automático a 100% de la intensidad de cortocircuito
- Verificar seguidamente que: El disparo funciona normalmente (1,45 In) (ver Anexo 2).

Los interruptores automáticos Compact NS en todos sus calibres de 80 a 1600A (figura 3.1) son la referencia que se ha tomado para la elección de los interruptores del sistema de transferencia automática de energía.

Figura 3.1: ***Interruptores Compact NS de caga moldeada de la línea Schneider***

La elección del interruptor en carga (tabla 1), en el punto de instalación se tiene que, para una tensión de 220V con una Icc de 42.3KA (formula 3 y 5) con una intensidad nominal de 827.6 A, el interruptor NS1000N es la selección apropiado, dado por las siguientes características (Tabla 3):

INTERRUPTOR AUTOMATICO COMPACT NS1000L DE SCHNEIDER				
Numeros de polos				3
CARACTERISTICAS ELECTRICAS				
Corriente nominal	(A)	In	60^0	1000
Tension nominal de aislamiento	(V)	UI		750
Tensión asignada de operación	(V)	Ue	CA 50/60Hz	690
Poder de corte ultimo	(KA rms)	Icu	CA 50/60Hz	50
Int. de corta duración admisible	(KA rms)	Icw	0.5	10
			1s	7
Poder de corte en servicio	(KA rms)	% Ics		100%

Tabla 3: ***Característica del interruptor automático Compact NS1000L de Schneider*** **[18]**

La tabla 3 muestra la corriente nominal que funciona el interruptor, además posee la máxima tensión de aislamiento y hace referencia a su máxima corriente que el puede operar.

3.3 SELECCIÓN DEL AUTOMATA PROGRAMABLE (PLC)

La línea de Schneider ofrece una amplia gama de productos de autómatas para diferentes tipos de control. Para el control del sistema de transferencia hemos adoptado por escoger autómatas de la gama Twido (figura 3.2). El autómata Twido está diseñado según su aplicación en la industria comprendiendo de 10 a 100 E/S (con un máximo de 252 E/S) (ver Anexo 3). Disponible en versiones modular y compacto, con variedad de opcionales, extensiones de E/S y software de programación.

Figura 3.2*: Gama de autómatas Twido de Schneider*

El autómata Twido en toda su gama tiene la capacidad de poder añadir varias opciones como:

- cartuchos de memoria, cartucho de reloj de tiempo real (RTC)
- Adaptadores de comunicaciones
- Módulos de ampliación de comunicaciones (sólo para controladores modulares)
- Módulo de monitor de operación (sólo para controladores compactos)
- Módulo de ampliación de monitor de operación (sólo para controladores modulares)
- Simuladores de entrada
- Cables de programación
- Cables de E/S digitales
- Sistema de cable TeleFast con interfases de E/S. [17]

3.3.1 Numero de Entradas y Salidas del Sistema de Control

En el sistema de control de la transferencia de energía el número de entradas es de 7, las entradas están dadas por diferentes señales tanto de los supervisores de tensión como de los interruptores. El numero de salidas es de 10, estas hacen actuar a cinco reles y a cinco lámparas de señalización**.**

3.3.2 Numero de Instrucciones utilizados en la Programación del Autómata

Se realizó un diseño del sistema de control, el cual haga reducir el número de entradas, salidas y la programación del autómata, pero a la vez ganando espacio y eficiencia en el sistema. La programación del autómata (ver programación grafica del sistema de transferencia en Anexo 4) es simple, y posee un reducido número de instrucciones, (34 instrucciones lógicas)

Teniendo especificado el número de entradas y salidas del sistemas de control, el numero de instrucciones utilizadas en la programación del autómata determinamos que el autómata Twido compacto de 24 E/S es la selección apropiada (ver modelos de controladores en Anexo 3) para el control además que nos da la suficiente capacidad para realizar todo el proceso de programación de el sistema de transferencia de energía

El Twido de 24 E/S es un mini-autómata de tipo compacto. La CPU, fuente de alimentación, sección de salidas, y sección de entradas, están incluidas en el mismo módulo.

El Twido presenta las siguientes ilustraciones:

- Controlador compacto de 24 E/S.
- 14 entradas digitales.
- 10 salidas de relé
- 2 potenciómetros puerto serie integrado
- Slot para un puerto serie adicional
- Acepta hasta 4 módulos de ampliación de E/S.
- Acepta un cartucho opcional (RTC o de memoria - sólo 32 KB)
- Acepta un módulo de visualización del operador opcional

Como se indicó en el punto anterior, el autómata es de estructura compacta. Su aspecto exterior corresponde esta dada por la figura 3.3 observándose su descripción de cada una de las partes en la tabla 4:

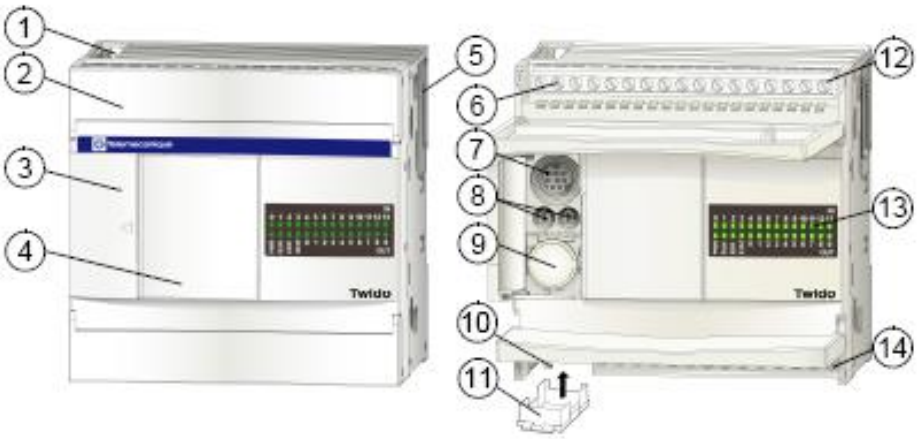


Figura 3.3: ***Partes del autómata compacto de 24 E/S***

Número	Descripción
1	Orificio de montaje
2	Cubierta de terminales
3	Tapa de bisagra
4	Cubierta extraíble de conector de visualización del operador
5	Conector de ampliación
6	Terminales de alimentación de censores
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos
9	Conector de puerto serie 2
10	Terminales de fuentes de alimentación de 100 a 240VCA
11	Conector de cartuchos
12	Terminales de entrada
13	LED
14	Terminales de salida

Tabla 4: ***Descripción de cada una de las partes del autómata compacto de 24 E/S*****. [17]**

El Twido 24 E/S, tiene las siguientes características (Tabla 5):

CONTROLADOR COMPACTO	**TWDLCAA24DRF**
Temperatura de Funcionamiento	De 0 a 55 °C, temperatura ambiente de funcionamiento.
Temperatura de almacenamiento	De -25 °C a +70 °C.
Altitud	Funcionamiento: de 0 a 2.000 m. Transporte: de 0 a 3.000 m.
Resistencia a las vibraciones	**Montado sobre un riel DIN**: De 10 a 57 Hz, amplitud de 0,075 mm; de 57 a 150 Hz, aceleración de 9,8 ms2 (1G); 2 horas por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí. **Montado sobre la superficie de un panel:** De 2 a 25 Hz, amplitud de 1,6 mm; de 25 a 100 Hz, aceleración de 39,2 ms2 (4G); Lloyd's, 90 min. por eje en cada uno de los tres ejes perpendiculares entre sí
Resistencia a golpes	147 ms2 (15G), 11 ms de duración, 3 golpes por eje en los tres ejes perpendiculares entre sí.
Peso	305 g
Tensión de red nominal	De 100 a 240 V CA.
Rango de tensión Permitido	De 85 a 264 V CA.
Frecuencia de alimentación nominal	50/60 Hz (47 a 63 Hz).
Corriente de entrada Máxima	0.45 A a 85 V CA.
Conductor de la fuente de alimentación	UL1015 – 033 mm^2; UL1007 – 0.82 mm^2.
Conductor de puesta a Tierra	UL1007 – 1.30 mm^2.

Memoria de aplicación	3.000 instrucciones
Bloques de función estándar	128 temporizadores

Tabla 5: ***Características Generales del autómata Twido de 24 E/S.*** **[17]**

3.4 SELECCIÓN DEL ANALIZADOR DE RED

La gama de analizadores de Schneider (Figura 3.4) ha sido diseñada para entornos industriales y grandes infraestructuras con el fin de analizar la instalación eléctrica en puntos críticos (acometidas, cargas sensibles, consumos elevados entre otros)

Proporcionan información necesaria para tomar decisiones proactivas y correctivas: perfiles de consumo, detección de problemas en la instalación, análisis de calidad de energía.

Figura 3.4*: Gama de analizadores de red de Schneider*

Para la selección del medidor de energía del sistema de transferencia hemos adoptado por escoger medidores de energía de la gama “PM” de Schneider; este ofrece todas las capacidades de medición requeridas para monitorear una instalación eléctrica. La gama “PM” cuenta con los siguientes equipos:

- Power Meter Serie PM9
- Power Meter PM500
- Power Meter PM700
- Power Meter PM800

3.4.1 Power Meter Serie PM9

Pueden usarse para monitorear sistemas de baja tensión de 2, 3 y 4 hilos y conectarse a transformadores de corriente externos. Con una amplia pantalla retroiluminada, se puede visualizar las tres fases al mismo tiempo.

Disponible en dos versiones para dos tipos de de alimentación (230VCA o 24 a 48 VCC):

- PM9P para mediciones básicas, con salida de pulsos.
- PM9C para mediciones básicas, con salida Modbus RS485.

Aplicaciones

- Este equipo fue diseñado para ser instalado en cualquier gabinete modular.
- Monitoreo remoto de una instalación eléctrica. [11]

3.4.2 Power Meter PM500

PM500 es el nuevo modelo de medidor de parámetros eléctricos de la familia Power Logic, con comunicación Modbus por medio de su módulo de comunicación adicional.

Su facilidad de montaje en la puerta del gabinete y la posibilidad de lectura en su panel frontal hacen de éste equipo un complemento necesario en instalaciones en las cuales se desean visualizar los parámetros básicos de cualquier instalación a través de un compacto display retroiluminado azul de LCD.

El PM 500 esta diseñado para sistemas de distribución en baja tensión y alta tensión.
Tiene las siguientes características:

- Precisión en corriente y tensión
- Precisión en potencia y energía.
- Medición Verdadero RMS hasta
- Display
- Conexión directa en tensión
- Lecturas Instantáneas RMS de: Corrientes, tensiones, frecuencias, potencia activa, reactiva y aparente y factor de potencia
- Lecturas de Energía de: Activa, reactiva, aparente.
- Lecturas de Demanda de: Corrientes, potencia activa, reactiva y aparente, modo de cálculo, sincronización externa de ventana de medición
- Lecturas de Calidad Energía: Distorsión armónica

Posee 4 Módulos adicionales

- ***Módulo Modbus RS485****:*

Modbus RTU, Configuración a 2 hilos hasta 38400 Baudios. Configuración de paridad (par, impar, sin paridad). Resistencia de 120 Ohm incluida para fin de línea.

- **Módulo IO11**

Tiene 1 entrada de pulso digital (10 a 30 VDC) para sincronización de demanda o para monitoreo de un interruptor. 1 salida de pulsos digital para reporte de energía tipo relé (0,5 A máx. a 100 VDC).

- **Módulo de alarma IO22**

Consta de 2 entradas digitales (10 a 30 VDC) para monitoreo de un interruptor, contador de impulsos. 2 salidas digitales para comando de módulo COM. Para reporte de alarmas tales como: Alto y bajo umbral de Intensidad, tensión, Potencia total, carga total, Frecuencia, Bajo umbral de Fptotal, Histéresis y retraso ajustable.

- **Módulo AO20 4-20 mA**

Consta de 2 salidas análogas. 4-20 mA ó 0-20 mA, 0 a 600 Ohms de carga. Todos los parámetros medidos pueden ser seteados a las salidas análogas. [11]

3.4.3 Power Meter PM700

Funciones

- Supervisión remota de una instalación eléctrica.
- Supervisión de la distorsión armónica (THD).
- Optimización del contrato y curvas de carga.

La serie PM700 de Power Logic concentra en una unidad compacta de 96 X96 mm todas las variables básicas de medida necesarias para controlar una instalación eléctrica.
Gracias a su amplia pantalla de fácil lectura la central puede visualizar los valores de las tres fases y el neutro simultáneamente. Dicha pantalla es antirreflejos y muy resistente, e incorpora un interfaz intuitivo con menús autoguiados. Es de fácil lectura, incluso en condiciones de iluminación extremas o ángulos difíciles, gracias a su retroiluminación con luz verde y a sus amplios dígitos.

La gama de la serie PM700 está formada por 2 modelos, cada uno de ellos con pantalla integrada y proporcionando medidas de parámetros básicos, incluyendo THD y valores

mín./máx. Asimismo, incorpora un puerto de comunicaciones RS485 Modbus, o 2 salidas de impulsos. [11]

3.4.4 Power Meter PM800

Características

- **Visualizador retroiluminado amplio y de fácil lectura**

La serie PM800 incorpora una pantalla antirreflejos, resistente a las ralladuras y de fácil lectura incluso en condiciones de iluminación extrema.

- **Visualización de múltiples parámetros simultáneamente**

Supervisa simultáneamente intensidad, tensión, potencia y energía en una sola vista.

- **Navegación intuitiva en pantalla**

Con sus menús autoguiados, la serie PM800 es de uso sencillo y requiere una formación mínima.

- **Curvas de tendencia y predicciones a corto plazo.**

Cálculo rápido de tendencias y predicciones de valores futuros para una mejor toma de decisiones.

- **Extensa memoria interna**

Mantiene múltiples registros internos preconfigurados con información crítica, incluyendo registros de consumo, personalización de alarmas y mantenimiento.

- **Modular y expansible**

Las prestaciones de la serie PM800 pueden ser ampliadas mediante los módulos de E/S y la pantalla remota. Una sola central puede incorporar varios módulos para aumentar sus

capacidades cuando sea necesario. Se le pueden añadir hasta 4 salidas de relé, 12 entradas digitales y 4 E/S analógicas

- **Comunicación**

La central PM800 incorpora de serie un puerto de comunicación RS 485, 1 entrada digital, 1 salida de impulsos, cálculo del THD y configuración y registro de alarmas en la unidad base. Además de estas utilidades, las centrales PM820 y PM850 permiten el registro personalizable de parámetros en su memoria y el espectro de armónicos en tensión e intensidad. [11]

Para la selección del analizador de red Schneider se determinó que el medidor de energía PM500 (Figura 3.5) es la selección apropiada para la medición del sistema de transferencia. El PM500 proporciona las medidas necesarias para el sistema de transferencia (ver muestra de medidas del PM500 en anexo 5). El PM500 realiza las medidas en verdadero valor eficaz y sobre 4 cuadrantes proporcionando, de base, la energía y la tasa de distorsión armónica (THD) en intensidades y en tensión.

Figura 3.5: ***Analizador de Red PM500***

3.5 ALIMENTACIÓN Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control debe ser alimentado a través de una fuente alimentación (UPS). Si no hubiera energía el UPS, permitiría tener alimentado a todo el sistema de control de la transferencia de energía. La fuente de alimentación tiene las siguientes características:

- tensión de servicio: 110 VAC.
- Potencia: 1 kW
- Intensidad nominal:10 A
- Tiempo de servicio desenergizado: 60 min
- Frecuencia: 60 Hz. [19]

Para la protección de altas tensiones en una instalación, existen equipos diseñados específicamente para estos problemas. Los supresores de tensión protegen a la instalación de sobretensiones que puedan producirse por descargas atmosféricas que se hayan introducido en la red. El supresor de tensión estará ubicado a la entrada de la fuente de alimentación de la red principal. Al estar ubicado en este punto "clase II" el supresor seleccionado es el PU 4C+ CR 230 V (figura 3.6)

Figura 3.6: ***Supresores de tensión PU4*** **[21]**

Características:

- Alta absorción de energía
- Protección a sobrecorrientes térmicas y dinámicas.
- Coordinación entre supresores de tensión de clase I
- Tiempo de respuesta < 25ms
- Temperatura de operación entre -40^{0}C a 60^{0}C
- Corriente máxima de operación: 100KA
- Tensión: 230VAC

3.6 SELECCIÓN DEL CABLEADO

3.6.1 Selección del cable de fuerza

Los conductores que unen el tablero del sistema de transferencia con las fuentes de alimentación son uno de los elementos que deben ser correctamente seleccionados porque en caso de regímenes normales estos deben soportar grandes corrientes provenientes del consumo del hospital.

Los criterios a tener en cuenta para su dimensionado son:

- Tensión nominal
- Cálculo térmico
- Verificación al cortocircuito [20]

3.6.1.1 Tensión nominal o asignada

Se deberá cumplir en todo momento que la tensión nominal de su aislamiento sea superior, o igual, a la tensión de servicio existente en la instalación

$$(Un \geq Us) \ldots [7]$$

Los conductores para las instalaciones eléctricas de baja tensión son diseñados para tensiones de servicio de 1,1 kV.

En caso de tener que constatar el estado de elementos existentes, el nivel de aislamiento a alcanzar no deberá ser inferior a los 1000Ω por cada Volt de tensión aplicada por el instrumento de medición.

3.6.1.2 Cálculo térmico

En este caso el cálculo se determina tomando en cuenta que el tipo de cable es aislado y con envoltura de protección (llamados comúnmente "subterráneos"). La sección del cable

se determinó por medio de la intensidad de corriente nominal que pasa por el circuito. Teniendo que la intensidad nominal es de 827 A, se consideró que para una correcta operación en la instalación, cada fase estará compuesta de 3 cables de cobre con aislamiento tipo XLP y EPR con una sección (SC) de 95mm^2 por cable (ver tabla de selección de sección del cable en anexo 6). Este cable permite desarrollar temperaturas de 90^{0}C en servicio y de 250^{0}C en caso de cortocircuito.

3.6.1.3 Verificación al Cortocircuito

Se realiza para determinar la máxima solicitación térmica a que se ve expuesto un conductor durante la evolución de corrientes de breve duración o cortocircuitos. Existirá, entonces, una sección mínima S (formula 6) que será función del valor de la potencia de cortocircuito en el punto de alimentación, el tipo de conductor evaluado y su protección automática asociada. En esta verificación se deberá cumplir con: S ≤ SC siendo SC la sección calculada térmicamente (formula 7).

El cálculo de esta sección mínima está dado por:

$$S = \frac{Icc\sqrt{t}}{K}$$

$$S = \frac{41300A\sqrt{0.5seg}}{143}$$

$$S = 204.22mm^2 \qquad .....[6]$$

$$S_{CABLE} = \frac{288.81mm^2}{3}$$

$$S_{CABLE} = 68.07mm^2$$

Siendo:

S = Sección mínima del conductor que soporta el cortocircuito. (mm^2)

Icc = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito. (A)

t = Tiempo de actuación de la protección (s)

K = Constante propia del conductor, que contempla las temperaturas máximas de servicio y la alcanzada al finalizar el cortocircuito.

Se tiene que la sección mínima del conductor "S" que verifica el cortocircuito es menor que la sección del conductor "SC"

Por lo tanto el sistema de fuerza estará compuesto de 3 conductores por fase. Cada conductor tiene una sección de $95mm^2$ que responden a tensiones de servicio de 1,1 kV, con una intensidad máxima admisible en servicio permanente de 308 A, desarrollando temperaturas de 90^0c en servicio y de 250^0c en caso de cortocircuito.

En estos casos, los interruptores automáticos del tipo **Compact NS** contribuyen en gran manera a evitar el aumento de la sección del conductor, reduciendo el tiempo de exposición de éste a la corriente de falla.

3.6.2 Selección del cable de Control

El cable de control es el empleado para la conexión de los circuitos de control. Los elementos que se presentan en los circuitos de control son los contactos auxiliares de los distintos equipos, las bobinas de cierre o apertura de los interruptores, las lámparas de señalización o indicación, terminales de comunicación, conmutadores o switches, bobinas de tensión, entre otros.

Estos cables son conocidos por su pequeña sección transversal es decir, no necesitan conducir grandes densidades de corriente. Se seleccionan de una misma sesión transversal para todo el circuito, siguiendo el elemento de mayor consumo, que casi siempre coincide con las bobinas de los interruptores.

Las bobinas del Interruptor NS1000N son de muy baja corriente y siguiendo la capacidad de sus contactos auxiliares no debe superar los 6A y el cable sería por tanto un cable muy fino. De la experiencia observada en las industrias cubanas, se emplea el cable de calibre 18 o 16 para el control, incluso el control de los PLC. En nuestro caso utilizaremos el cable de calibre 18 dado que nuestra instalación es bastante más pequeña que las empleadas en estas industrias. Este cable debe soportar 110V AC que es la tensión que se empleará en el circuito de control de este trabajo.

3.7 LISTADO DE MATERIALES

Luego de haber seleccionado cada uno de los equipos que conforman el diseño del sistema de transferencia automática de energía, se realiza la lista de materiales (tabla 6) de los diferentes dispositivos que se van a emplear en la instalación

Todos los equipos seleccionados son tomados en base a sus propias especificaciones y diseño realizado. La línea Schneider Eléctric (escogida para realizar todo el diseño del sistema de transferencia automática de energía) ha demostrado sus excelentes prestaciones para cubrir cualquier necesidad en las instalaciones eléctricas de una industria. Esta mantiene su posición de liderazgo gracias a la incorporación constante de innovaciones tecnológicas.

La marca Schneider Eléctric presenta a la industria una amplia gama de ofertas de equipos y accesorios que responden a diferentes aplicaciones.

DESCRIPCIÓN	Cantidad	V.Unitario	Total
Controlador Lógico Programable Telemecanique Twido con comunicación Modbus RS485, 14 entradas de 24 Vdc, 10 salidas a relé	1	$285	$285

Panel 1800x800x600: Gabinete fabricado en lámina de acero norma ASTM A569 de 2.5 mm para los elementos estructurales y laminado en frío para puertas y tapas con tratamiento de desengrasado, y por el medio electrostático se aplica pintura en polvo epoxipoliuretano color beige curada al horno a 200 grados centígrados grado de protección	1	$850	$850
TRANSFERENCIA DE ENERGÍA 1000A a 220V	1	$2.670	$2.670
COMPACT NS1000N	2		
CONTACTOS AUXILIARES OF, SD, SDE	2		
KITS THE TERMINALS FOR CABLE	2		
MOTOREDUCTOR Y BOBINAS DE CIERRE Y APERTURA	2		
SUPRESORES DE TENSION 230 Vac PU4C	1	$167.37	$167.37
LUZ PILOTO AMARILLA 110..120 VAC	2	$11.37	$22.74
BASE PARA RELES	5	$4.76	$23.80
Relé RLI 110Vac	5	$10.45	$52.25
LUZ PILOTO VERDE 110..120 VAC	2	$11.37	$22.74
LUZ PILOTO ROJA 110..120 VAC	1	$11.37	$11.37
SWICHT	3	$12.51	$37.53
INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO C45	4	$8.74	$34.96
PORTA FUSIBLES MODULARES 20 AMP. (INCLUYE FUSIBLES 2 AMP)	9	$5.71	$51.39
SUPERVISORES DE TENSION RM4 – TR31	2	$185.30	$370.60
TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	3	$65.00	$195.00
MEDIDOR DE ENERGIA PM500	1	$397.50	$397.50

MÓDULO DE COMUNICACIÓN MODBUS RS485 PARA PM500	1	$154.70	$154.70
CD SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN TWIDOSOFT + CABLE DE PROGRAMACIÓN MODBUS	1	$182.73	$182.73
PROTECCIÓN PARA EL CONTROL AUTOMÁTICO "UPS"	1	$636.50	$636.50
INTERRUPTOR SECCIONADOR TRIPOLAR NH 40- 1000/3 MANDO MANUAL FRONTAL	1	$1130.83	$1130.83
		SUBTOTAL	**$7297.01**
		VARIOS (10%)	**$729.70**
		I.V.A. (12%)	**$963.20**
		TOTAL	**$8989.91**

Tabla 6: ***Lista de Materiales y precios del Sistema de Transferencia Automática de Energía***

3.8 PLANOS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA DE ENERGIA

El diseño de los diferentes planos se realizó generalmente para especificar la ubicación y conexionado de los equipos que conforman el diseño del sistema de transferencia automática de energía.

Se confeccionaron 4 planos:

1. Plano de fuerza
2. Plano de control
3. Plano de cableado de regleta
4. Plano de instalación o montaje

El plano 1 (ver plano 1 en anexo 7) hace una descripción detallada de todo el sistema de fuerza. Se puede observar como se conectan y se ubican los diferentes equipos que conforman el sistema de transferencia automática de energía. Los equipos se representan

en forma de símbolos y su conexionado está especificado con los terminales de cada equipo. Los cables son enumerados, así como las regletas donde conectan para ir de un lugar a otro.

El plano 2 (ver plano 2 en anexo 8) se refiere a la parte de control. Aquí se observa todo el control que hace el autómata en el sistema. Así mismo se observa el conexionado del control haciendo referencia a terminales, reles bobinas, lámparas de señalización, switches, y el mismo autómata que realiza todo el control del sistema de transferencia automática de energía.

El plano 3 (ver plano 3 en anexo 9) muestra los terminales o regletas de toda la parte de fuerza y de control. Hace una descripción detallada de cada cable que entra y sale de cada terminal o regleta.

El plano 4 de instalación o montaje (Ver plano 4 en anexo 10) describe el montaje de los equipos en el panel, su ubicación y dimensiones con respecto al panel. También se especifica por donde se acomoda el cableado.

3.9 CONCLUSIONES

- El interruptor NS1000N es el ideal para el sistema de transferencia automática de energía. Estos interruptores poseen contactos auxiliares para verificar la posición del interruptor, así como también poseen bobinas de cierre y apertura para el control de la transferencia. Están dimensionados adecuadamente según las capacidades del transformador de entrada.

- El controlador lógico programable Twido de 14 entradas y 10 salidas digitales es el seleccionado para realizar el control, ya que su simplicidad y composición hace de que se ajuste al funcionamiento del sistema de transferencia de energía y permita modernizaciones futuras si se precisan.

- El analizador de red PM500 es la selección apropiada para la medición de los parámetros eléctricos del sistema de transferencia. El PM500 proporciona todas las medidas necesarias para el cálculo de los índices de consumos de energía eléctrica y el registro de los eventos de transferencias de energía.

- La selección de 3 cables de 95 mm^2 por fase es la selección ideal para el cableado del sistema de fuerza. Así como también el conductor de calibre Nº 18, para todo el sistema de control.

- El circuito de control del panel de transferencia automática de energía estará compuesto de un supresor de tensión a la entrada de la fuente de alimentación principal, una fuente de alimentación "UPS" para todo el sistema de control, interruptores de protección, relees auxiliares, lámparas de señalización, etc.

.

- Se confeccionaron 4 planos y un listado de materiales detallado con las especificaciones de cada equipo que debe adquirirse en la firma Schneider para realizar la instalación sin problemas.

CONCLUSIONES

- El actual sistema de transferencia de energía tiene varios problemas como: transferencia de energía manual, sistema de control obsoleto y medición analógica que no permiten el registro del consumo energético del hospital.

- El uso de dos fuentes de alimentación es una variante económica para el sistema de transferencia automática de energía del hospital, pero una cierta demora de unos pocos segundos será inevitable en algunas ocasiones y la confiabilidad del servicio estará limitada durante el mantenimiento del generador auxiliar.

- Con alrededor de $ 9000 se adquirirá los diferentes equipos para todo sistema de transferencia de energía diseñado. Los interruptores automáticos de mando eléctrico y el interruptor de mando frontal manual son los equipos más costosos, seguidos por el PLC y el analizador de redes.

- Cuatro planos permitirán la instalación del sistema de transferencia automática de energía. El listado de materiales con todas sus especificaciones permitirá adquirir a la compañía Schneider lo necesario para el montaje de la nueva instalación diseñada. Se precisará de una capacitación al personal de operación y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

En este proyecto luego de conocidas las conclusiones recomendamos:

- Tomar como eslabón primario para futuras investigaciones a nivel de ingeniería

- Escoger como referencia a la línea Schneider Eléctric para ampliaciones o mantenimientos que se den a futuro al diseño de transferencia automática de energía.

- Capacitar primeramente al personal, para manipular o realizar algún tipo de mantenimiento al panel del sistema de transferencia automático de energía.

- Acoplar ambos tableros de distribución (normal y emergencia) para de esta manera lograr la transferencia del 100% de la carga total del hospital.

- Revisar los interruptores automáticos del diseño de transferencia automática de energía para no tener problemas de dimensionamiento en el sistema, a medida que vaya creciendo la carga del hospital,

BIBLIOGRAFÍA

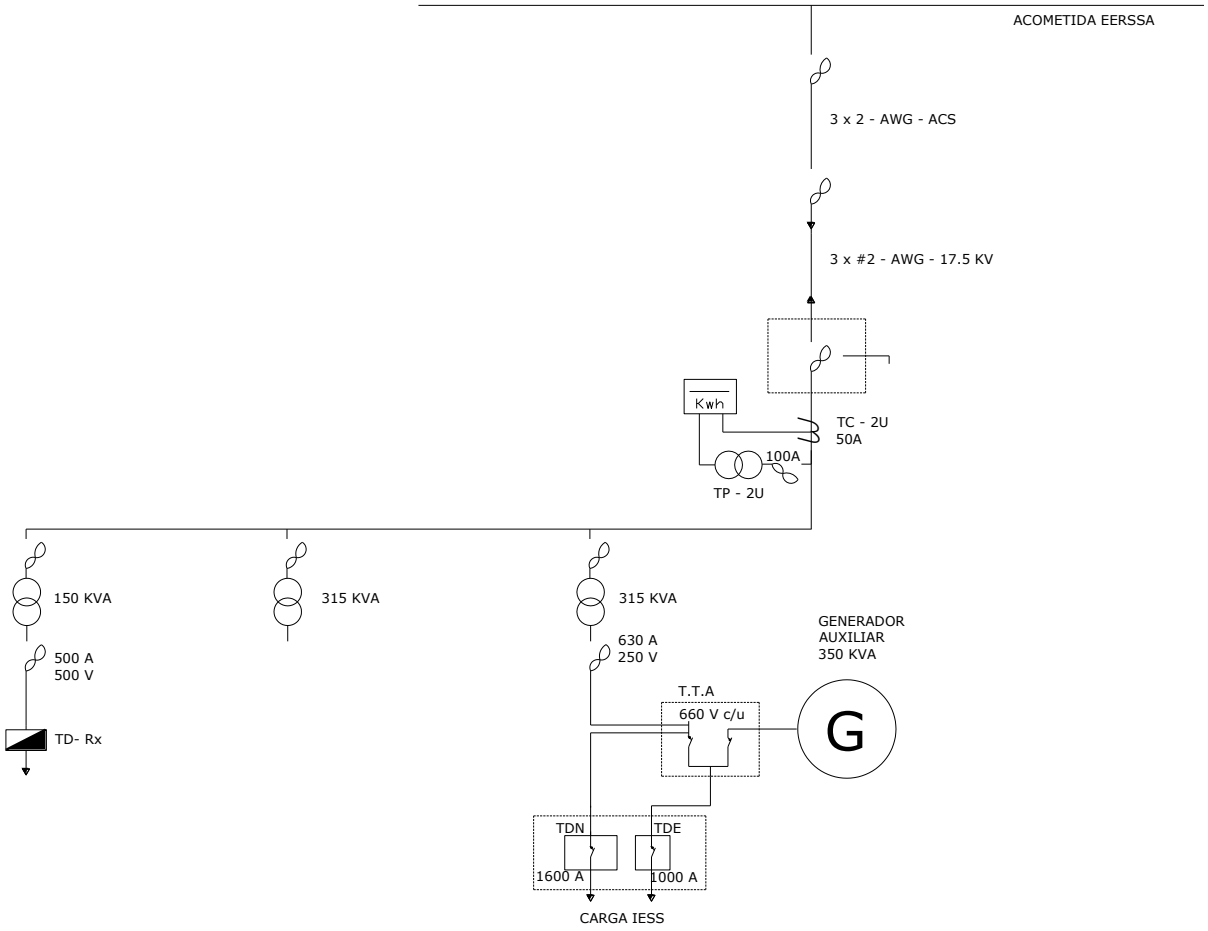
1. BLANC, Etienne. **Evolución de los Interruptores Automáticos de BT**. Cuaderno Técnico n.-150 de Schneider Electric. Marzo 1998, España SA , 22pp
2. HAZEL, Terence. **Producción de Energía Eléctrica integrada en emplazamientos Industriales y Edificios Comerciales.** Cuaderno Técnico n.-196 de Schneider Electric. Febrero-2001, España. 28pp
3. HODDER, Steven. **C60 MTM Transfer Scheme**. Abril 21-2006, 15pp.
4. MOREL, Robert. **Las Técnicas de Corte de los Interruptores Automáticos en BT**. Cuaderno Técnico n.-154 de Schneider Electric. Marzo 2000. España SA ,25pp
5. NEREAU, Jean. **Selectividad de los interruptores Automáticos de Potencia BT.** Cuaderno Técnico n.-201 de Schneider Electric. Febrero-2001, España SA, 29pp
6. PETTIGREW, Robert**. Automated Motor Bus Transfer**. Abril-1984. Public Company of New Mexico, 14pp.
7. SIDAU, Tarlochan. **A modern Automatic Buss Transfer Scheme**. Vol 3. Junio-2005, 376-385 pp.
8. THEOLEYRE, Serge. **Las Técnicas de Corte en MT**. Cuaderno Técnico n.-193 de Schneider Electric. Febrero-2001, España SA, 36pp.
9. THOMASSET, George. **Conmutación automática de Fuentes en las redes AT y BT**. Cuaderno Técnico n.-161 de Schneider Electric. Marzo 2001. España SA , 24pp

❖ **REVISTAS**

10. ABB. **Guiado de la Energía Eléctrica**. Italia-2003, 5pp.
11. MERLIN GERIN. **Referencias de Power Meter**. Edición 2006, 6pp
12. MERLIN GERIN.**Aparamenta carril DIN y cofrets modulares.**2003, 342pp
13. MTC**. Módulos de Transferencia de Carga**. 10pp.
14. SCHNEIDER ELECTRIC. **Automatismos**. 22pp.
15. SCHNEIDER ELECTRIC. **Interruptores en carga en Baja Tensión**. 34pp

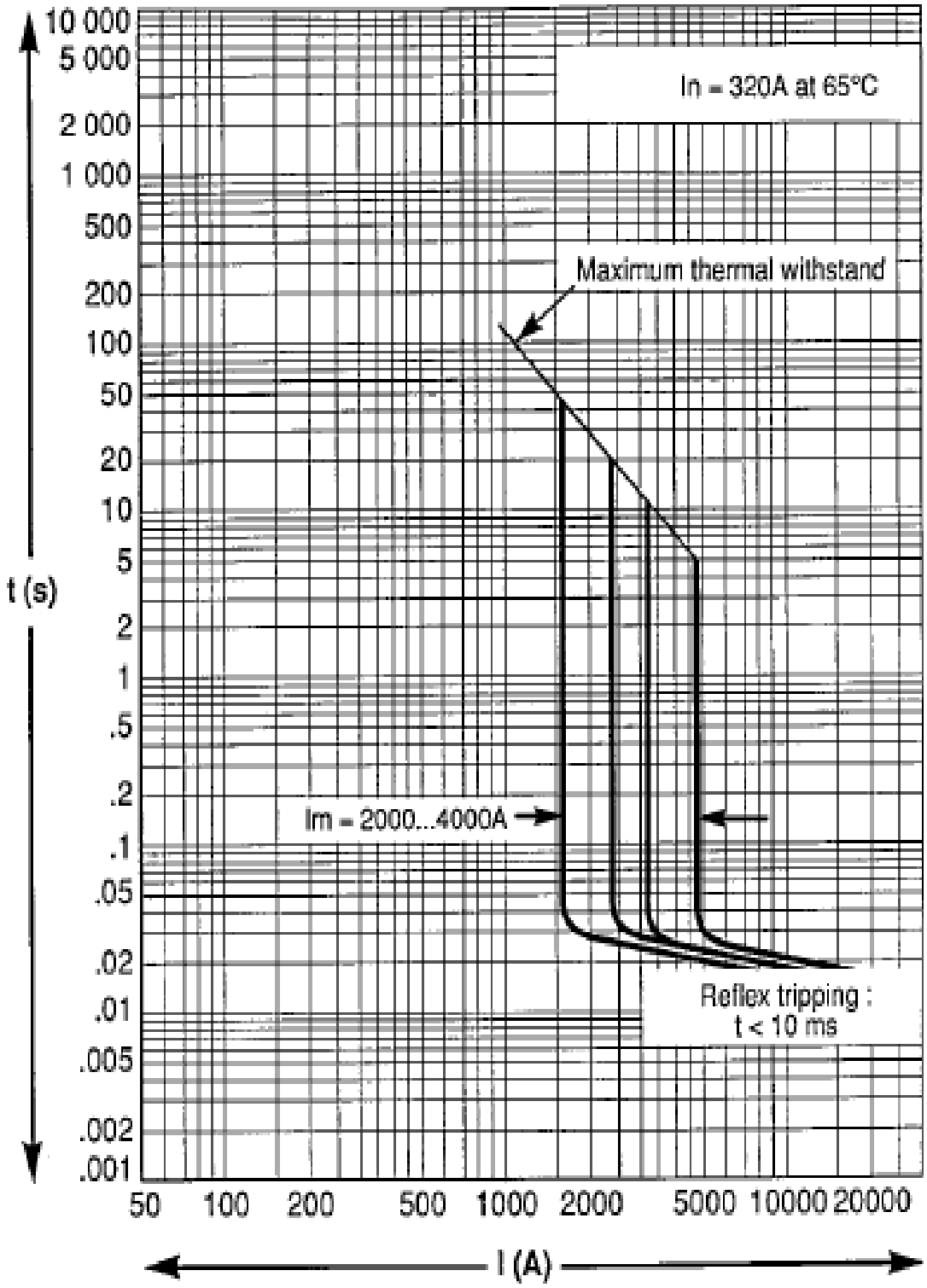
16. SCHNEIDER ELECTRIC. **Distribución en Baja Tensión**. 44pp
17. SCHNEIDER ELECTRIC. **Controladores Logicos Programables Twido**. 210pp
18. SCHNEIDER ELECTRIC. **Distribución Eléctrica en baja Tensión**. Edición Chile-2002, 230pp
19. SCHNEIDER ELECTRIC. **Guía Técnica de la Distribución en baja Tensión.**2002, 433pp
20. SCHNEIDER ELECTRIC. **Distribución en baja Tensión**. 44pp
21. WEIDMULLER. **Overvoltage Protection forlow-voltage supplies.** 46pp

DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA



ANEXO 1: *DIAGRAMA UNIFILAR DEL SISTEMA ACTUAL DE LA INSTALACION*

ANEXOS

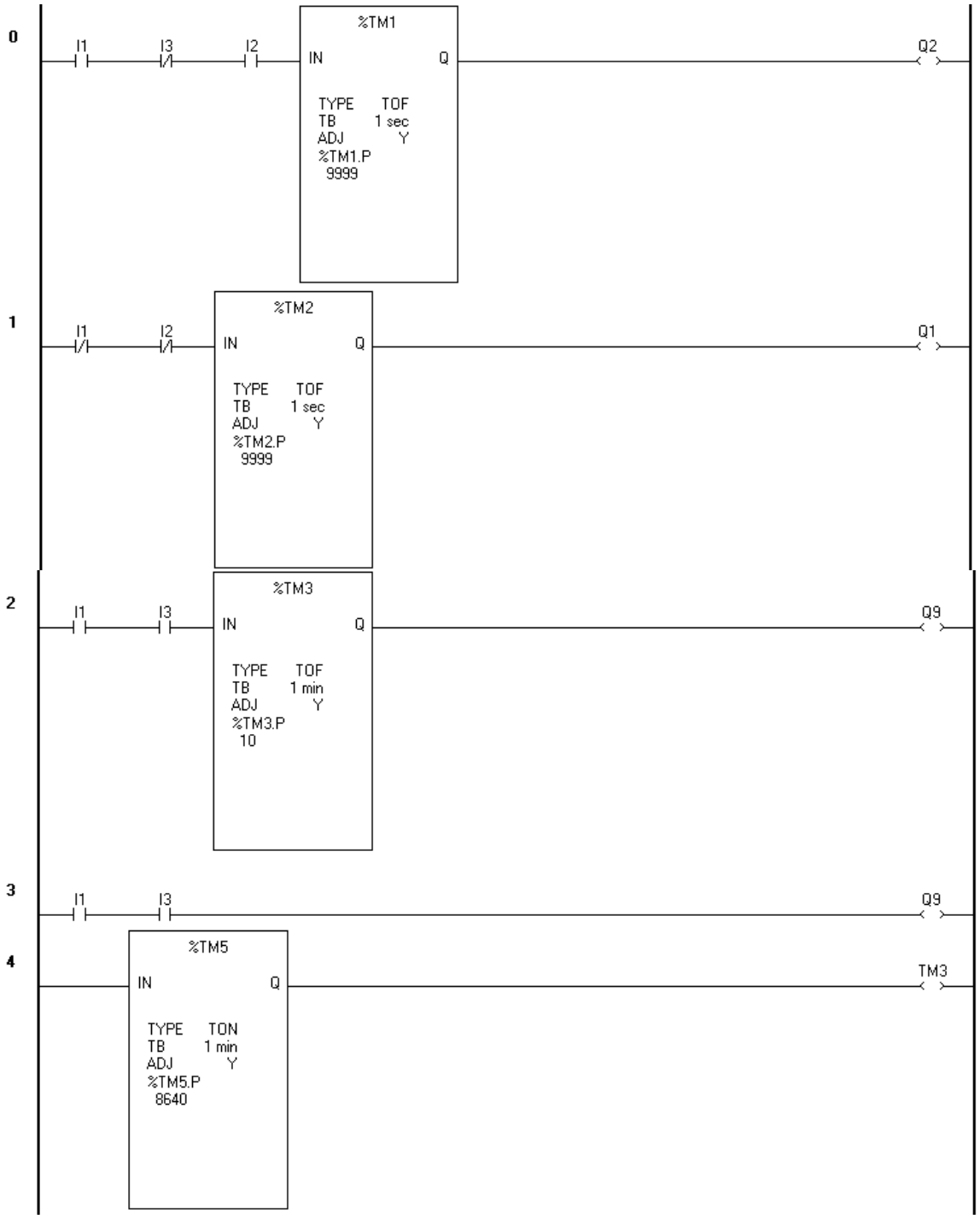


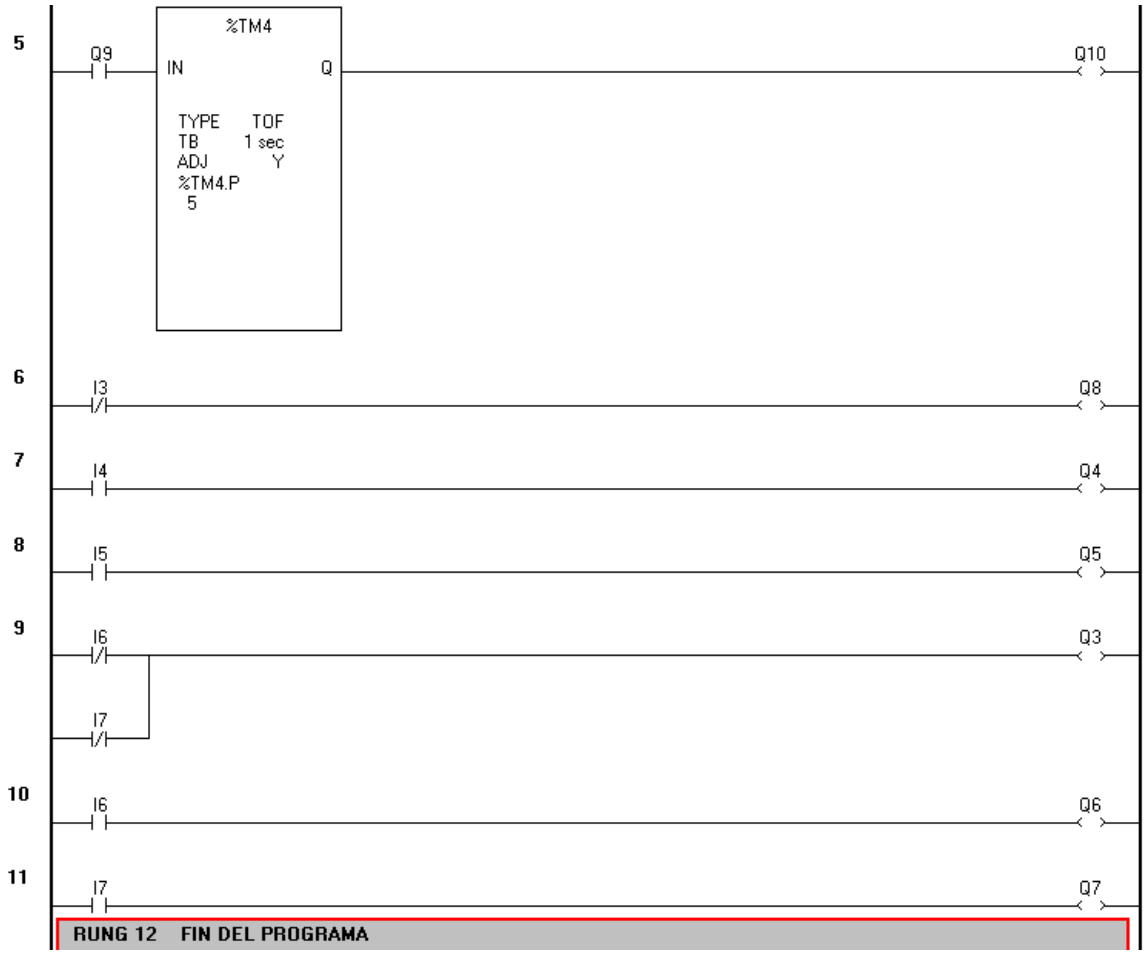
ANEXO2: ***CURVA DE DISPARO DE UN INTERRUPTOR COMPACT NS DE SCHNEIDER***

En la siguiente tabla se enumeran los controladores

NOMBRE DEL CONTROLADOR	NUMERO DE SERIE	PUNTOS	TIPO DE PUNTOS	TIPO DE ENTRADA/ SALIDA	FUENTE DE ALIMEN-TACION
COMPACTO DE 10E/S	TWDLCAA10DRF	6	Entradas	24 V CC	100/240 V CA
		4	Salidas	Relé	
COMPACTO DE 16E/S	TWDLCAA16DRF	9	Entradas	24 V CC	100/240 V CA
		7	Salidas	Relé	
COMPACTO DE 24E/S	TWDLCAA24DRF	14	Entradas	24 V CC	100/240 V CA
		10	Salidas	Relé	
MODULAR DE 20 E/S	TWDLMDA20DUK	12	Entradas	24 V CC	24 V CC
		8	Salidas	Común positivo de transistor	
MODULAR DE 20 E/S	TWDLMDA20DTK	12	Entradas	24 V CC	24 V CC
		8	Salidas	Común negativo de transistor	
MODULAR DE 20 E/S	TWDLMDA20DRT	12	Entradas	24 V CC	24 V CC
		6 2	Salidas Salidas	Relé Común negative de transistor	
MODULAR DE 40 E/S	TWDLMDA40DUK	24	Entradas	24 V CC	24 V CC
		16	Salidas	Común positive de transistor	
MODULAR DE 40 E/S	TWDLMDA40DTK	24	Entradas	24 V CC	24 V CC
		16	Salidas	Común negativo de transistor	

ANEXO 3: ***TABLA DE CONTROLADORES TWIDO DE LA LÍNEA SCHNEIDER***


0
I1
I3
I2
%TM1
IN
Q
TYPE TOF
TB 1 sec
ADJ Y
%TM1.P
9999
Q2
1
I1
I2
%TM2
IN
Q
TYPE TOF
TB 1 sec
ADJ Y
%TM2.P
9999
Q1
2
I1
I3
%TM3
IN
Q
TYPE TOF
TB 1 min
ADJ Y
%TM3.P
10
Q9
3
I1
I3
Q9
4
%TM5
IN
Q
TYPE TON
TB 1 min
ADJ Y
%TM5.P
8640
TM3



- La entrada I1 es la que da la posición de automático al sistema de transferencia
- Las entradas I2, I3 dan la señal del estado de tensión de la fuente de alimentación principal y el generador
- Las entradas I4, I5 dan la señal del estado de los interruptores “abierto o cerrado”

- Las entradas I6, I7 dan la señal de fallo o avería en el sistema de transferencia
- Las salidas Q1, Q2 mediante un temporizador de impulso hace abrir o bien cerrar cada uno de los interruptores según sea el caso.

- La salida Q3 acciona un rele. Su función es que en el momento de falla abra el circuito que van a las bobinas de cierre de ambos interruptores.

- Las salidas Q4, Q5, Q6, Q7, y Q8 accionan lámparas de señalización de: estado de los interruptores, fallo y estado del generador.

- Las salidas Q9 y Q10 a través de un temporizador accionan al generador

ANEXO 4: ***PROGRAMACION GRAFICA DEL PLC DEL SISTEMA DE TRANSFERNCIA AUTOMATICA DE ENERGIA***

PM500		Explotación	
		Local	Distancia[1]
Medidas eficaces instantáneas			
Intensidad	fases y neutro	■	■
Tensión	simples y compuestas	■	■
Frecuencia		■	■
Potencia activa (4 cuadrantes)	total y por fase	■	■
Potencia reactiva (4 cuadrantes)	total y por fase	■	■
Potencia aparente	total y por fase	■	■
Factor de potencia	total y por fase	■	■
Energía			
Energía activa (4 cuadrantes)	0 a 99 999 999 kWh	■	■
Energía reactiva (4 cuadrantes)	0 a 99 999 999 kvarh	■	■
Energía aparente	0 a 99 999 999 kVAh	■	■
Contador horario	en 1/100 horas	■	■
Medida de los valores medios			
Intensidades medias	fases y neutro	■	■
Potencias medias activa, reactiva y aparente	total	■	■
Maximos de los valores medios			
Máx. de la intensidad media	fases y neutro	■	■
Máx. de las potencias medias activas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de las potencias medias reactivas (4 cuadrantes)	total	■	■
Máx. de la potencia media aparente	total	■	■
Medidas de calidad de la energía			
Tasa de distorsión armónica (THD)	intensidades y tensiones	■	■
Puesta a cero			
Máx. intensidades medias y máx. potencias medias		■	■
Contadores de energía y contador horario		■	■
Contadores de las entradas[2]		■	■
Parametrización local o a distancia mediante opción de comunicación RS485 Modbus			
Tipo de red	trifásica con 3 o 4 hilos con 1, 2 o 3 TI, bifásica o monofáscia	■	■
Calibre de los transformadores de intensidad	primario de 5 a 9999 A secundario 5 o 1 A	■	■
Transformadores de tensión	primario 399 kV max. secundario 100, 110, 115, 120, $100/\sqrt{3}$, $110/\sqrt{3}$, $115/\sqrt{3}$, $120/\sqrt{3}$	■	■
Modo de cálculo del Factor de Potencia	IEC o IEEE	■	■
Periodo de cálculo de las intensidades medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext.[3]		■	■
Periodo de cálculo de las potencias medias de 5 a 60 minutos o sincron. ext.[3]		■	■

ANEXO 5: ***TABLA DE MEDIDAS QUE OFRECE EL PM500 DE LA LINEA SCHNEIDER***

Sección nominal de los conductores	Colocación al aire libre Para 3 cables unipolares separados un diámetro o un cable multipolar, colocados sobre bandejas perforadas. Temperatura amb. 40ºC			Colocación directamente enterrada Terreno normal seco con temperatura de 25ºC Profundidad de instalación de 70 cm.		
	Unipolar	Bipolar	Tetra y tripolar	Unipolar	Bipolar	Tetra y tripolar
mm²	A	A	A	A	A	A
1,5	25	22	17	32	32	27
2,5	35	32	24	45	45	38
4	47	40	32	58	58	48
6	61	52	43	73	73	62
10	79	65	56	93	93	79
16	112	85	74	124	124	103
25	139	109	97	158	158	132
35	171	134	117	189		158
50	208	166	147	230		193
70	252	204	185	276		235
95	308	248	223	329		279

ANEXO 6: ***TABLA DE SECCION DE CONDUCTOR EN BASE A LA INTENSIDAD MAXIMA ADMISIBLE***