



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, EN UNA
PLANTA INDUSTRIAL, AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN.**

Juan José Castillo Morales

Asesorado por el Ing. Carlos Enrique Mazariegos del Águila

Guatemala, mayo de 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, EN UNA
PLANTA INDUSTRIAL, AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

JUAN JOSE CASTILLO MORALES

ASESORADO POR EL ING. CARLOS ENRIQUE MAZARIEGOS
DEL ÁGUILA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, MAYO DE 2010

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	Br. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO


DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
EXAMINADOR	Ing. Ángel de Jesús García Martínez
EXAMINADOR	Ing. Edgar Florencio Montufar Urizar
EXAMINADOR	Ing. Francisco Javier González López
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos Baiza de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 08 de noviembre de 2005.


Juan José Castillo Morales.

Guatemala 15 de febrero de 2010

Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador de Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Ingeniero Andrino:

Atentamente me dirijo a usted informándole que he concluido la asesoría del trabajo de graduación Titulado **“PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL AFECTADA POR UNA INUNDACION”** elaborado por el estudiante Juan José Castillo Morales. Por lo tanto doy mi aprobación al mismo por considerar que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular me es grato suscribirme,



Ing. Carlos Mazariegos Del Águila
Col. 2816
Asesor



Ref. EIME 13.2010
Guatemala, 22 de FEBRERO 2010.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

**Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
“PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN
FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN UNA
PLANTA INDUSTRIAL AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN”
del estudiante, Juan José Castillo Morales, que cumple con los
requisitos establecidos para tal fin.**

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Otto Fernando Andrino González
Coordinador del Área de Potencia

OFAG/sro





REF. EIME 16. 2010.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; Juan José Castillo Morales titulado: “PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS EN UNA PLANTA INDUSTRIAL AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN”, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero

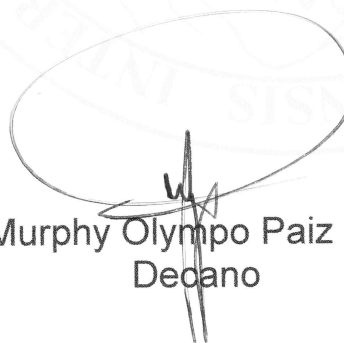



GUATEMALA, 6 DE ABRIL 2010.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **PROCEDIMIENTOS A SEGUIR PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS ELÉCTRICOS, EN UNA PLANTA INDUSTRIAL, AFECTADA POR UNA INUNDACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Juan José Castillo Morales**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2010

/cc
cc. archivo

DEDICATORIA A

DIOS Y LA VIRGEN MARÍA

MI MADRE: Evangelina de Jesús Morales Monterroso

MIS ABUELOS: José Miguel Paiz Pineda (q.e.p.d)
Eva Julia Monterroso de Paiz

MI ESPOSA: Verali Villafuerte de Castillo

MIS HIJOS: Sebastián José y Juan Miguel Castillo Villafuerte

Y un especial agradecimiento a mi asesor Ing. Carlos Enrique Mazariegos del
Águila

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA EN ESTUDIO	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Actividad comercial de la empresa	1
1.3. Unidades de producción	2
1.4. Instalaciones eléctricas existentes	2
1.4.1. Inventario de equipo eléctrico por unidad de producción	2
1.4.2. Sistema eléctrico	3
1.4.3. Diagrama unifilar general	4
1.4.4. Ubicación de tableros	5
1.4.5. Diagramas unificables de todas las instalaciones	5
2. INUNDACIÓN, INTERRUPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO	17
2.1. Descripción y desarrollo	17
2.2. Procedimientos adoptados para el corte del suministro eléctrico	18

2.3.	Cortes por sectorización	19
2.4.	Acometidas principales y paneles de distribución	19
2.5.	Evaluación de daños	19
2.5.1.	Inspecciones, área damnificada	19
2.5.2.	Inventario de equipo e instalaciones eléctricas	
	Evaluado dañado por unidad de producción	20
2.5.3.	Prioridades en la producción	20
2.5.4.	Restablecimiento de servicios eléctricos	20
3.	CONSIDERACIONES PARA LA PUESTA EN	
	FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES	21
3.1.	Motores eléctricos (máquinas rotativas)	21
3.1.1.	Generalidades sobre pruebas de aislamiento	21
3.1.2.	Método de comprobación	22
3.1.2.1.	Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando el método de comprobación	23
3.1.2.2.	Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento usando el método de comprobación	24
3.1.2.3.	Interpretación de resultados	25
3.1.3.	Prueba de resistencia de aislamiento	26
3.1.3.1.	Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando el método de resistencia	27
3.1.3.2.	Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento usando el método de resistencia	29

3.1.3.3. Variaciones de temperatura	29
3.1.3.4. Interpretación de resultados	29
3.1.4. La prueba de índice de polarización	30
3.1.4.1. Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando el método índice de polarización	33
3.1.4.2. Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento usando el método de método índice de polarización	33
3.1.4.3. Interpretación de resultados	34
3.1.5. Prueba de paso-voltaje o etapa de voltaje	36
3.1.5.1. Procedimiento de cómo realizar la prueba de Aislamiento utilizando el método de paso voltaje	38
3.1.5.2. Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento usando el método de método paso voltaje	41
3.1.5.3. Interpretación de resultados	41
3.1.6. Anotaciones importantes	43
3.1.7. Normas que rigen las pruebas en motores	44
3.1.7.1. Clases de aislamiento: NORMA: ANSI C 50.32-1976	44
3.1.7.2. Máquinas rotativas: NORMA: ANSI/IEEE Std. 43-2000	45
3.1.7.2.1. Interpretación de resultados	49
3.1.7.3. Motores de Inducción y generadores norma ANSI/IEEE Std, 112-1978 IEEE	49

3.1.8. Inspección y mantenimiento	50
3.1.8.1. Condiciones generales de fallas en los motores	50
3.1.8.2. Consideraciones de equipos sometidos a inundaciones	50
3.1.8.3. Otras consideraciones con equipo inundado	52
3.1.8.4. Los Sistemas de aislamiento	54
3.1.8.5. Humedad	55
3.1.8.6. Procedimientos generales de mantenimiento	56
3.2. Cables y tableros	58
3.2.1. Generalidades sobre pruebas de aislamiento	58
3.2.2. Normas que rigen las pruebas en cables y tableros	58
3.2.2.1. Cables: NORMA: ANSI/IEEE Std. 400-1980 IEEE	58
3.2.2.2. IEEE Std. 241-1974	59
3.2.3. Inspección y mantenimiento	60
3.2.3.1. Cables	60
3.2.3.2. Buenos cuidados	61
3.3. Tableros Eléctricos	61
3.3.1. El Mantenimiento a tableros	61
3.3.2. Inspección mecánica	61
3.3.3. Inspección eléctrica	62
3.3.4. Pruebas de verificación en planta	63
3.3.5. El procedimiento generalizado de Pruebas de mantenimiento a tableros	63
3.3.6. Verificación de tableros	64
3.3.7. Criterios de aceptación para tableros	65
3.3.8. Procedimiento para la puesta en servicio de tableros	65
3.3.9. Procedimiento de pruebas a cables de tableros	66

3.4.	Interruptores	67
3.5.	Subestaciones eléctricas (transformadores)	67
3.5.1.	Generalidades sobre pruebas de aislamiento	67
3.5.2.	Normas que rigen las pruebas en transformadores	67
3.5.3.	NORMA ANSI/IEEE C57.94 Y C.57-12.91	67
3.5.4.	Resistencia de aislamiento	68
3.5.5.	Anotaciones Westinhouse	68
3.5.6.	Prueba de resistencia de aislamiento en transformadores	70
3.5.7.	Inspección y mantenimiento	70
3.5.8.	Concepto de absorción dieléctrica	72
4.	PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS A EQUIPO DAÑADO	73
4.1.	Motores eléctricos	74
4.2.	Cables y tableros	111
4.3.	Interruptores termomagnéticos	134
4.4.	Subestaciones eléctricas (transformadores)	135
5.	IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS AL DISEÑO, COSTOS	145
5.1.	Registros en piso	145
5.2.	Tableros eléctricos	146
5.3.	Acometida principal	147
5.4.	Identificación de tableros y circuitos	148
5.5.	Mantenimiento industrial	148
5.6.	Diseño de las instalaciones	149
5.7.	Costos	150

CONCLUSIONES	155
RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFÍA	161
ANEXO A	163
ANEXO B	165

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Mapa de Guatemala, ubicación del lugar	1
2	Equipos eléctricos	2
3	Ubicaciones de subestaciones eléctricas	4
4	Diagrama unifilar general	4
5	Ubicación de tableros eléctricos	5
6	Diagrama unifilar 1 & 2	6
7	Diagrama unifilar 3 & 4	7
8	Diagrama unifilar 5 & 6	8
9	Diagrama unifilar 7 & 8	9
10	Diagrama unifilar 9 & 10	10
11	Diagrama unifilar 11 & 12	11
12	Diagrama unifilar 13 & 14	12
13	Diagrama unifilar 15 & 16	13
14	Diagrama unifilar 17 & 18	14
15	Diagrama unifilar 19 & 20	15
16	Diagrama unifilar 21 & 22	16
17	Ubicación planta industrial	17
18	Ubicación general y detalle planta	18
19	Instalaciones antes y después de la inundación	19
20	Índice de polarización	31
21	Condición de aislamiento por absorción eléctrica	36
22	Clases de aislamiento	45

23 Voltajes de prueba DC aplicados a equipos	46
24 Resistencia de aislamiento según IEEE-43-2000	47
25 Valores mínimos recomendados para IP	48
26 Curva típica de secado	53
27 Prueba megger a equipos C.C.	57
28 Prueba megger a equipos C.A.	58
29 Resistencia mínima para transformadores	68
30 Resistencia de aislamiento para transformadores	69
31 Índice de polarización para transformadores	69
32 Desmontaje y limpieza de tableros eléctricos	132
33 Interruptores termomagnéticos dañados	134
34 Cajas de registro en piso	145
35 Alternativa solución cajas de registro	146
36 Tablero de distribución con alimentación inferior	147

TABLAS

I Costo de mano de obra	150
II Costo por unidad de producción	150
III Costo por tableros y motores	150

GLOSARIO

Absorción dieléctrica	Es la propiedad de un dieléctrico no perfecto, por la cual se da una acumulación de las cargas eléctricas dentro del cuerpo del material cuando este interactúa en un campo eléctrico.
Corriente de absorción	Es la corriente que es absorbida por el aislamiento cuando ocurren algunos cambios en la estructura molecular de algunos materiales. Esta perdura por un período de tiempo variable. En algunos casos, ésta cae a cero en algunos segundos, pero en otros ésta puede permanecer por horas.
Corriente capacitiva	Causada por la carga de la capacitancia de la unidad bajo prueba. Corriente que empieza en un valor alto y posteriormente disminuye casi a cero.
Corriente de fuga	La corriente de fuga rápidamente alcanza un valor constante y luego no cambia. La resistencia de los materiales aislantes no es infinita, por lo que existe una corriente permitida en ellos que no cambia sus características de material aislante.
Corriente total	Es el valor que se leerá en el medidor del equipo de pruebas. La corriente total es una

composición de tres corrientes: La corriente de fuga, la corriente capacitiva, la corriente de absorción.

Diagrama unifilar

Representa todas las partes que componen a un sistema de potencia de modo gráfico, completo, tomando en cuenta las conexiones que hay entre ellos, para lograr así la forma una visualización completa del sistema de la forma más sencilla. El propósito de un diagrama unifilar es el de suministrar en forma concisa información significativa acerca del sistema.

Índice de polarización (IP)

Se define el índice de polarización (IP) como la relación entre la resistencia de aislamiento medida a 1 minuto y a 10 minutos después de aplicada la tensión continua de prueba.

Inundación

Es la ocupación por parte del agua de zonas que habitualmente están libres de ésta, bien por desbordamiento de ríos, por subida de las mareas por encima del nivel habitual o por avalanchas causadas por tsunamis.

Megger

El Megger es un instrumento que sirve para medir la resistencia de aislamiento, en cables, bobinados, etc. puede ser respecto a tierra o entre fases por ejemplo. El megger consiste de una fuente de alimentación en corriente directa y un sistema de medición. La fuente es un pequeño generador que se puede accionar en

forma manual o eléctricamente. El voltaje en terminales de un megger varía de acuerdo al fabricante y a si se trata de accionamiento manual o eléctrico, pero en general se pueden encontrar en forma comercial megger de 250, 500, 1000 y 2500 Volt.

Resistencia de aislamiento La resistencia de aislamiento se define como el valor de la resistencia en $M\Omega$, que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado y medido a partir de la aplicación del mismo.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolla a partir de una inundación ocurrida en las instalaciones de una planta de producción localizada en el Sur Occidente de Guatemala. Las instalaciones y el equipo eléctrico estuvieron sumergidos parcial o totalmente en agua, por lo que fue necesario evaluar y restablecer los sistemas eléctricos.

El trabajo inicia con una descripción de las instalaciones eléctricas existentes que incluyen la acometida principal, características y ubicación de subestaciones, tableros y alimentadores eléctricos a equipos representados por medio de diagramas unifilares.

A continuación se hace una cronología de la inundación, estableciendo los procedimientos llevados a cabo para el corte, evaluación, mantenimiento y puesta en funcionamiento de los equipos afectados.

También se describen los métodos existentes para la medición y análisis de los aislamientos a equipos eléctricos. Se presentan normas establecidas considerando los métodos y aplicaciones a cada equipo de acuerdo a sus características. Y se presentan aspectos relacionados con el mantenimiento de los mismos, específicamente motores, tableros, cables y transformadores.

Se documenta el trabajo realizado en campo, para todos los equipos afectados que fueron sometidos a mediciones antes y después del mantenimiento. Obteniendo datos que se compararon con normas y métodos para determinar el estado del equipo y el grado de daños causados por el agua.

Para finalizar con algunas implementaciones y mejoras al diseño. Se incluye un resumen de costos que representan el valor económico de poner en funcionamiento la parte eléctrica.

OBJETIVOS

General:

Evaluar el equipo y sistemas eléctricos de una Planta Industrial afectada por una inundación, documentando los pasos a seguir antes y después, basados en estándares eléctricos y pruebas de campo. Que es necesario realizar para restablecer la operación de las instalaciones.

Específicos:

1. Conocer los estándares, manuales, y literatura relacionada con aislamientos a sistemas eléctricos de motores, cables, tableros y transformadores.
2. Analizar los daños de equipos y sistemas eléctricos después de la inundación
3. Restablecer el funcionamiento de todos los equipos y sistemas eléctricos de acuerdo a estándares existentes.
4. Describir y documentar las pruebas realizadas en campo.
5. Dar lineamientos generales para minimizar los daños a futuro que puedan provocar este tipo de situaciones.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se desarrolla a partir de una inundación, que afectó los aislamientos en los sistemas eléctricos de un Complejo Industrial.

Al no existir procedimientos específicos de cómo actuar en casos de fenómenos naturales como inundaciones, se presenta a continuación algunos lineamientos a seguir cumpliendo con normas ya establecidas para la realización de las pruebas de aislamiento, describiendo las guías necesarias para su correcto restablecimiento antes de energizar las instalaciones y puesta en marcha de los equipos para garantizar su óptimo funcionamiento y resguardo a la seguridad del personal.

La investigación y trabajo de campo proporciona una guía para quienes se encuentren en situaciones similares. Aplicando su propia experiencia y conocimientos del tema, y puedan adaptar a su situación.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA EN ESTUDIO

1.1. Generalidades

Para el desarrollo de este trabajo se tomó como referencia las instalaciones eléctricas de una planta industrial de producción de químicos para el sector agrario. Ubicada en el kilómetro 265 carretera CA-9 población de Tecun Uman (Ayutla), San Marcos, frontera con México.

Figura 1. Mapa de Guatemala, ubicación del lugar



Fuente: www.maps.google.com

1.2. Actividad comercial de la empresa

Síntesis y formulación de productos agroquímicos, número uno en el mercado.

1.3. Unidades de producción

El complejo industrial se divide en unidades de producción que operan de forma individual, las cuales se dividen en tres grupos fundamentales: insecticidas, herbicidas y fungicidas.

Cada unidad de producción cuenta con plantas que se dedican a la producción de los mismos y llevan el nombre del producto que se fábrica.

1.4. Instalaciones eléctricas existentes

1.4.1. Inventario de equipo eléctrico por unidad de producción

En la tabla I se muestra el equipo eléctrico existente.

Figura 2. Equipos eléctricos

Planta	Motores	Tableros	Transformadores
PQ	16	6	1
MZ	9	5	1
PR	14	3	
TF	3	3	1
INS	9	1	1
EM	2	3	1
EF	2	3	
Calderas	11	1	1
EP	11		
Mantenimiento	7		2
Laboratorio		1	1
Subestaciones			4
Generadores	2		
Total	86	26	13

Para el desarrollo de este trabajo se usará la abreviatura de cada una de las unidades. Para el detalle o datos de placa de cada equipo consultar el capítulo 4 de este trabajo.

1.4.2. Sistema Eléctrico

El proveedor de energía eléctrica es Unión Fenosa DEOCSA, la cual tiene una línea de transmisión en 13,800 Volt que pasa contiguo a la planta, directamente de la subestación Melendre, luego de pasar por la planta deriva al pueblo de Tecun Uman, Limones para terminar en el Puerto de Ocos.

Internamente la alimentación principal a la planta es una línea de transmisión que ingresa a las instalaciones en 13,800 Volt, la cual abastece 4 subestaciones eléctricas de las siguientes capacidades:

- Subestación 551 de 3 x 167 Kva
- Subestación 552 de 3 x 175 Kva
- Subestación 554 de 3 x 167 Kva
- Subestación 557 de 3 x 25 Kva (en poste)

La subestación 551 y 554 tienen medición en primario, subestación con estructura tipo H transformadores en piso. La subestación 552 tienen medición en secundario, subestación con tuberías de bajada, transformadores en piso. La subestación 557 tienen medición en secundario, subestación en poste.

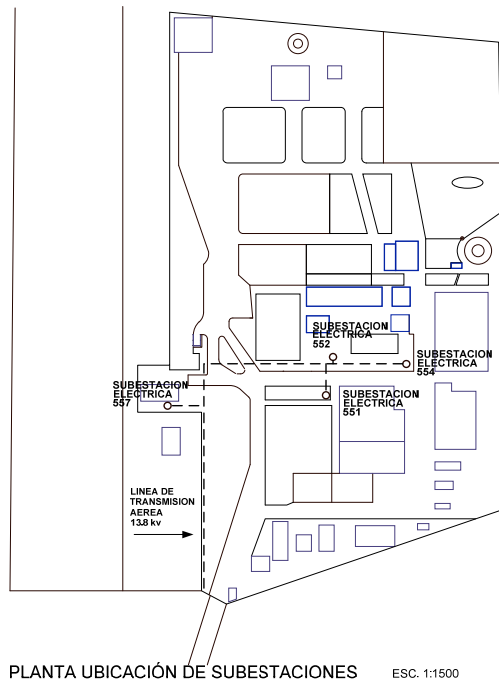
La capacidad en subestaciones es de 1,300 KVA

El equipo instalado oscila en 800 KVA

La demanda oscila en 400 KW

La ubicación de las mismas se indica en el la figura 2 siguiente:

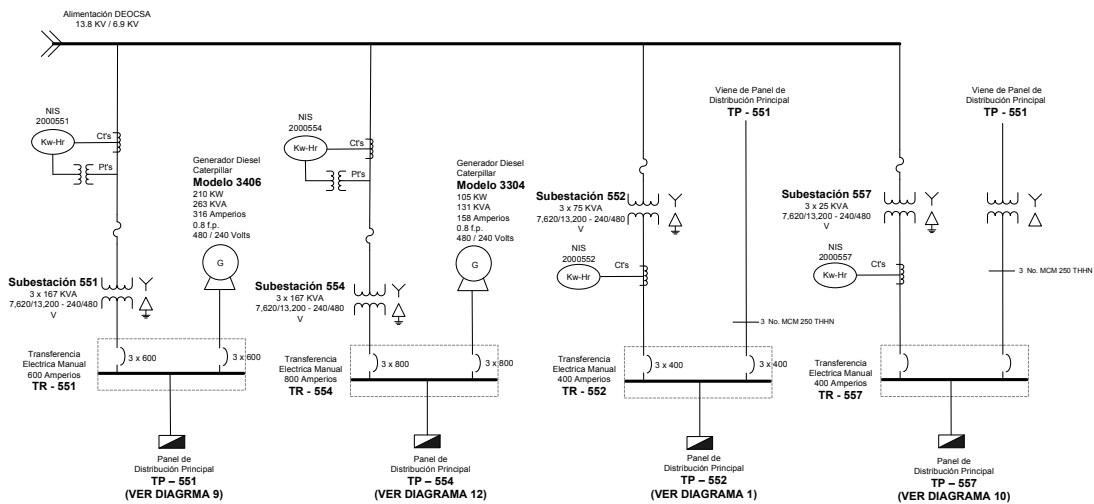
Figura 3. Ubicación de subestaciones eléctricas



1.4.3. Diagrama unifilar general

Cada Subestación, alimenta un grupo de plantas o unidades de producción de acuerdo a su ubicación, el diagrama a continuación muestra la forma en que esta el sistema principal.

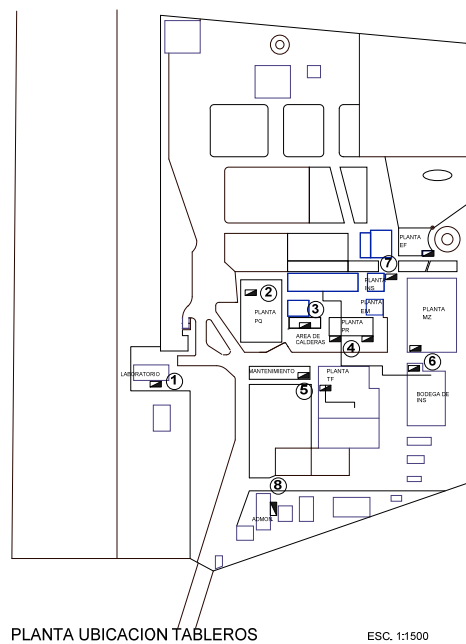
Figura 4. Diagrama unifilar general



1.4.4. Ubicación de tableros

De cada subestación derivan una serie de tableros repartidos en todas las unidades o plantas, el cual se muestra a continuación.

Figura 5. Ubicación de tableros eléctricos



1.4.5. Diagramas unifilares de todas las instalaciones

A continuación se muestra una serie de diagramas unifilares que representan las instalaciones.

Figura 6. Diagrama unifilar 1 & 2

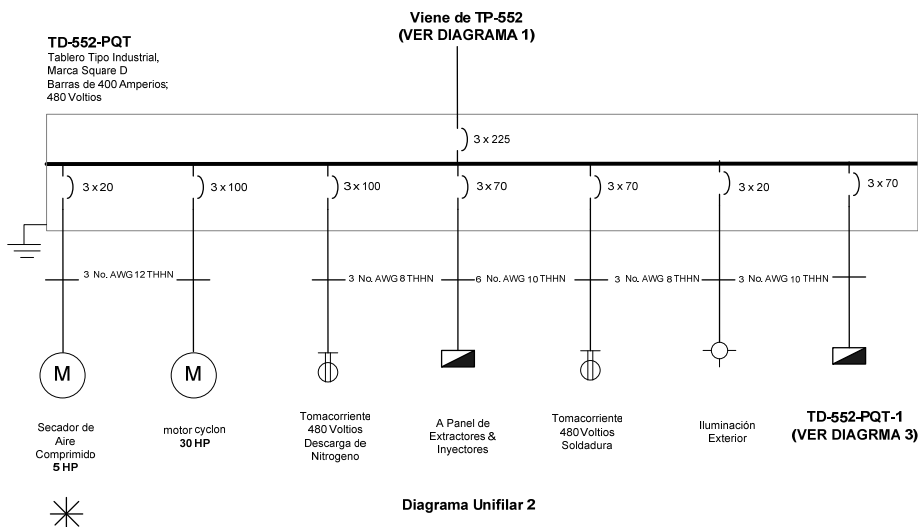
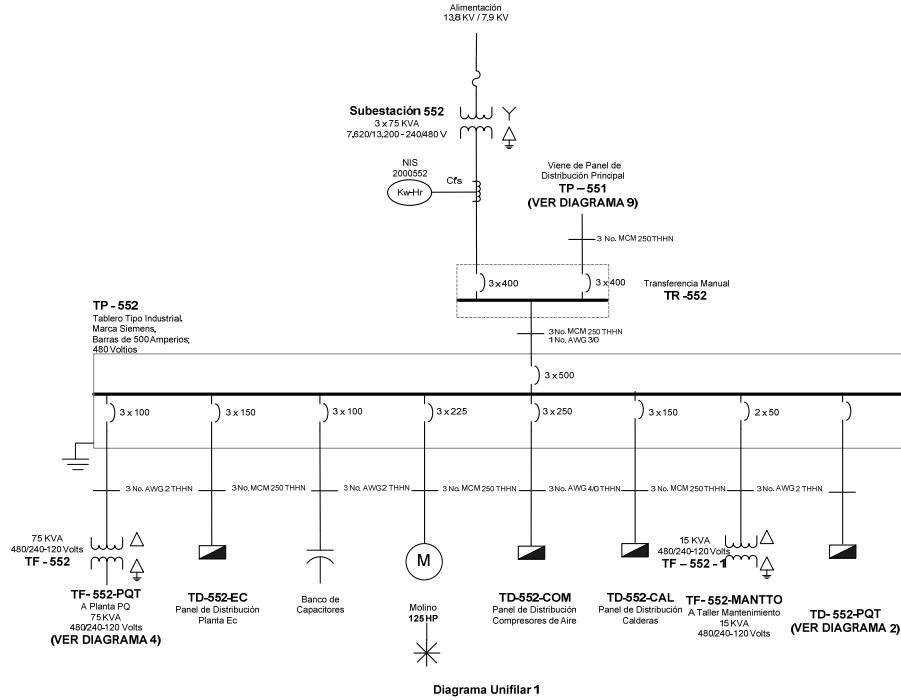


Figura 7. Diagrama unifilar 3 & 4

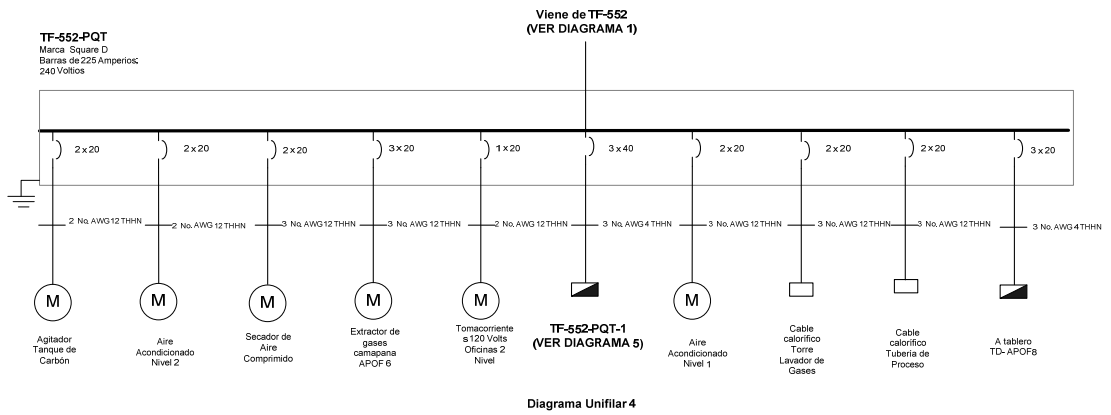
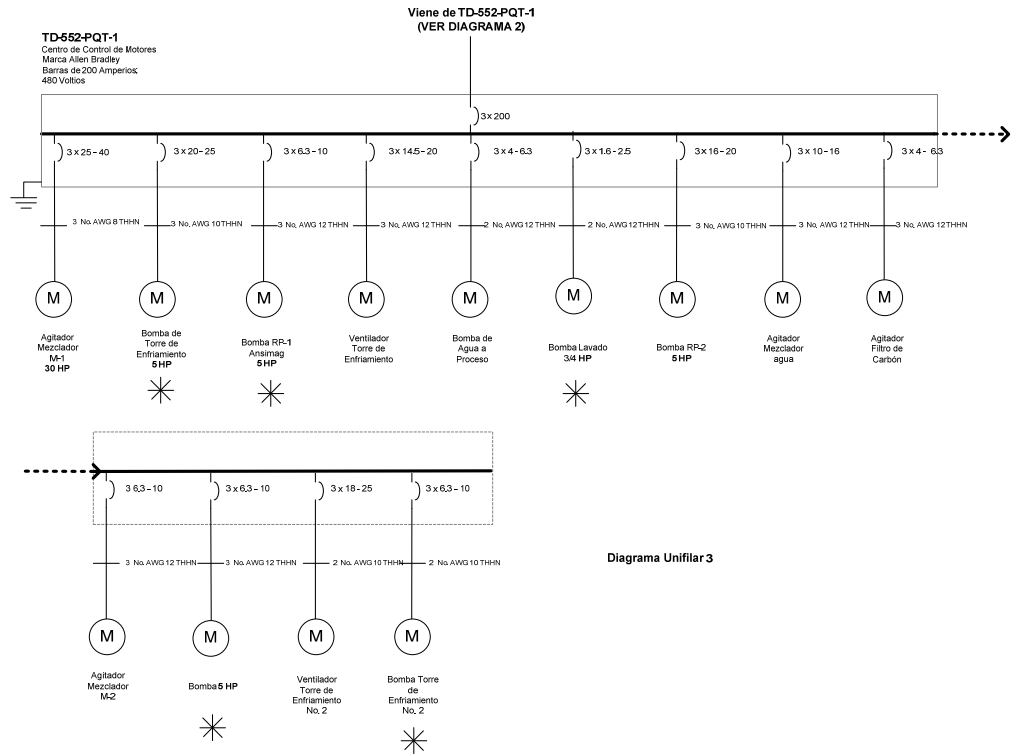


Figura 8. Diagrama unifilar 5 & 6

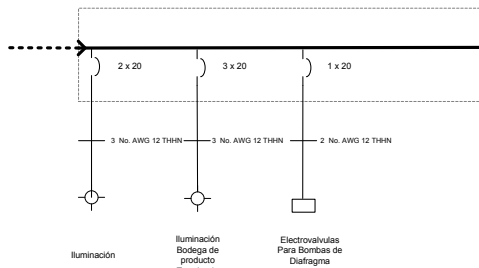
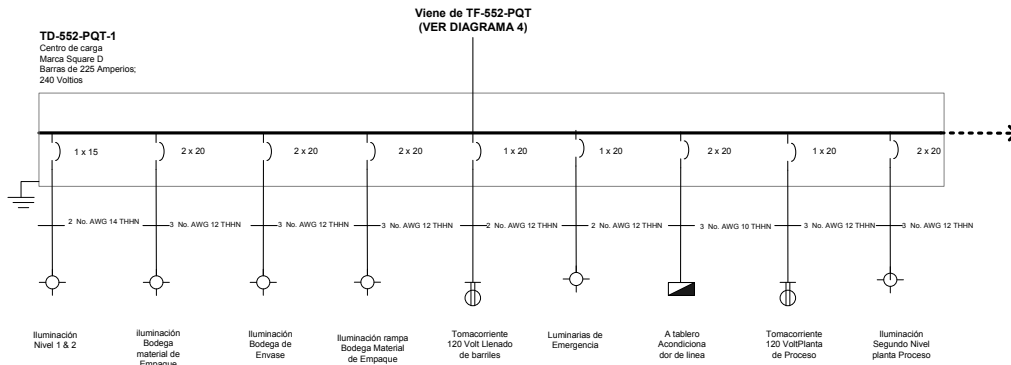


Diagrama Unifilar 5

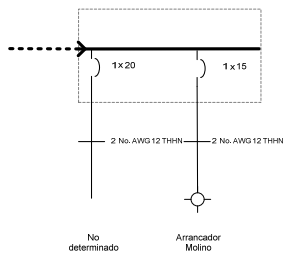
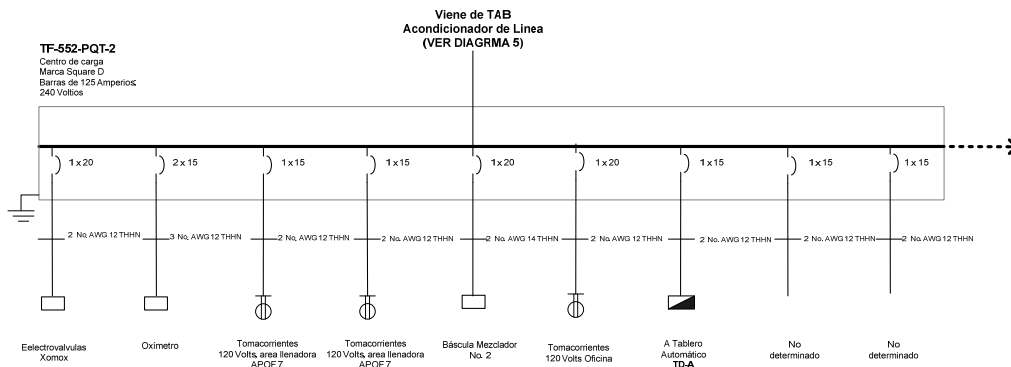


Diagrama Unifilar 6

Figura 9. Diagrama unifilar 7 & 8

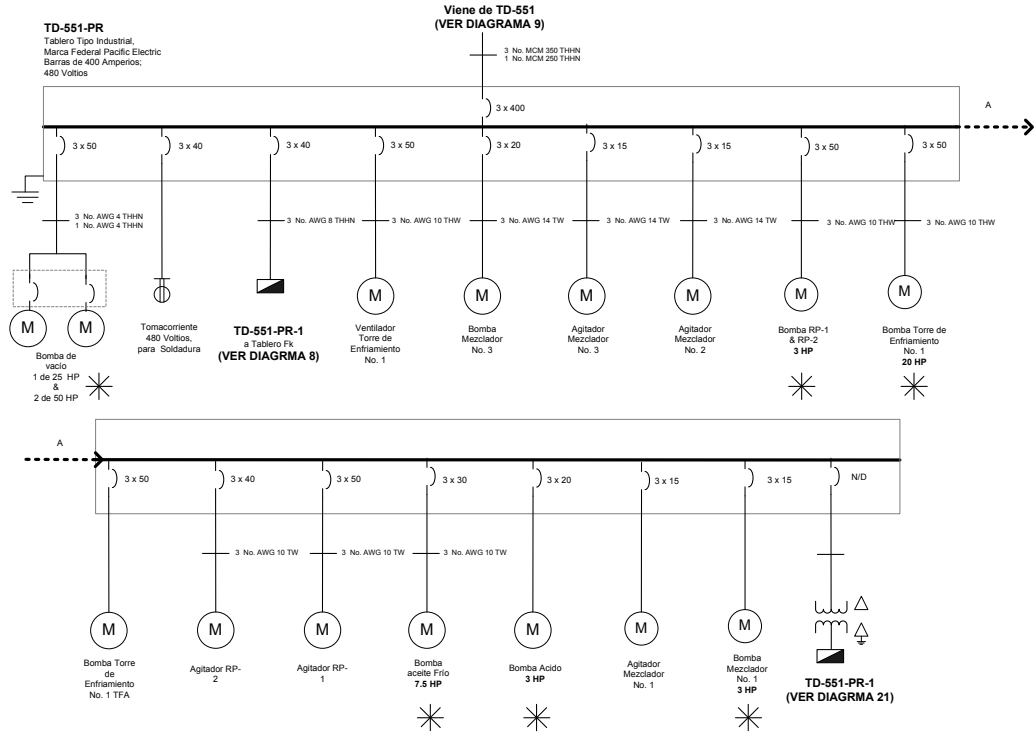


Figura 10. Diagrama unifilar 9 & 10

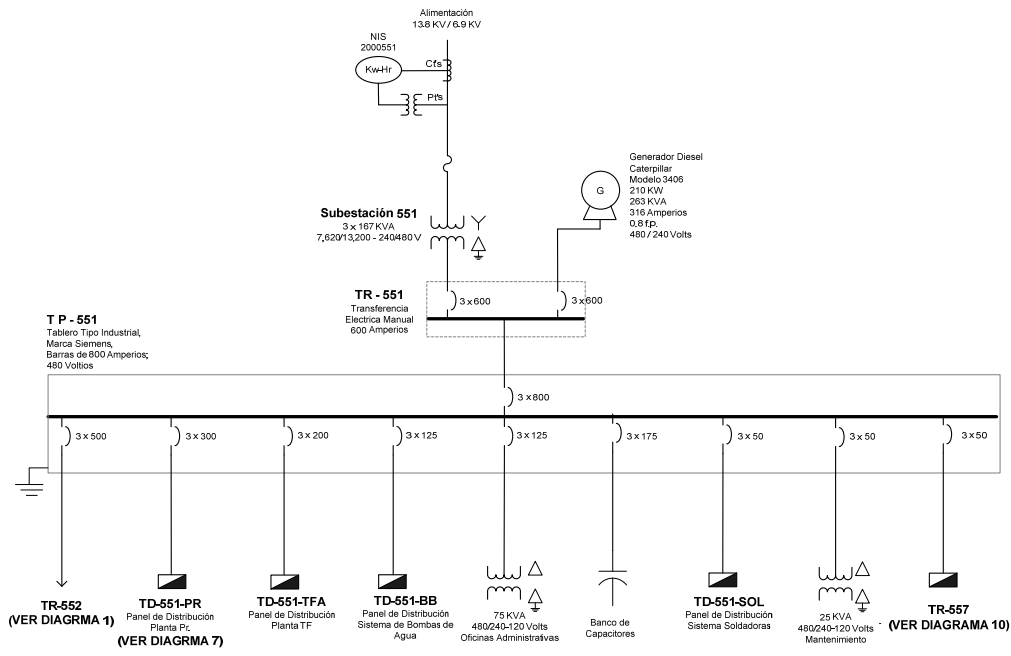


Diagrama Unifilar 9

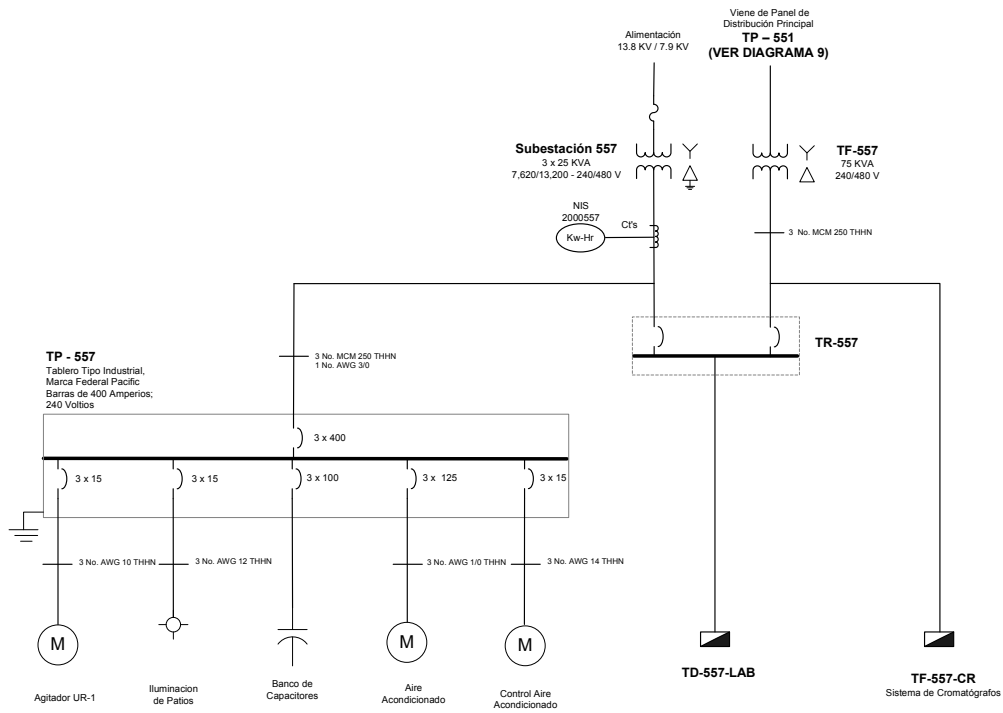


Diagrama Unifilar 10

Figura 11. Diagrama unifilar 11 & 12

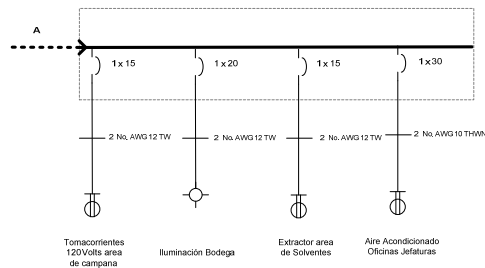
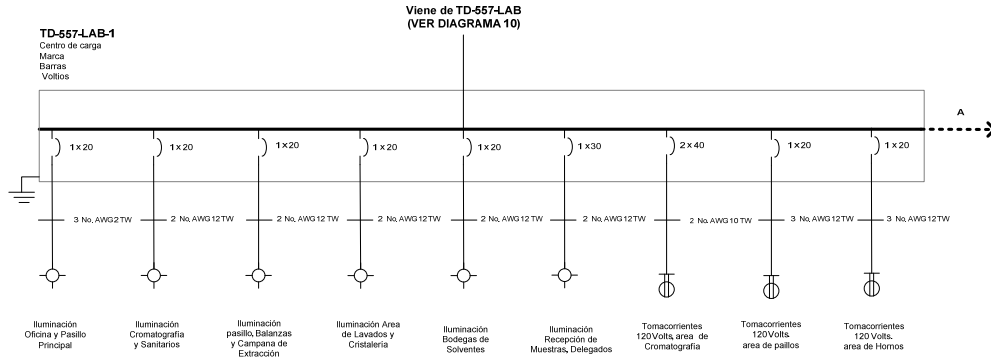


Diagrama Unifilar 11

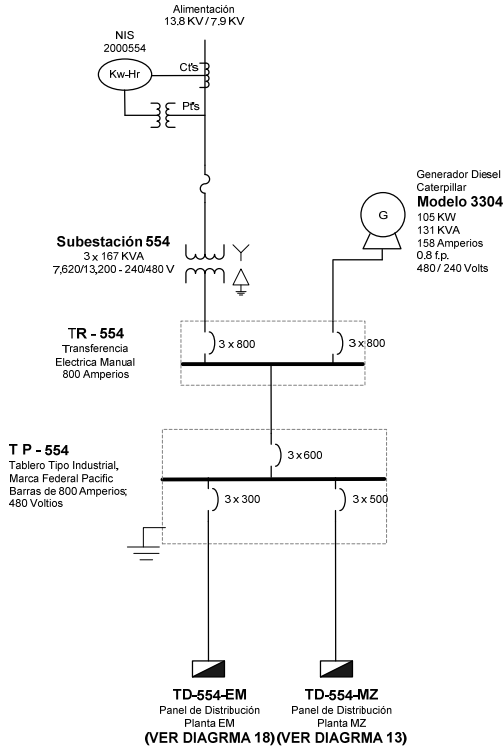


Diagrama Unifilar 12

Figura 12. Diagrama unifilar 13 & 14

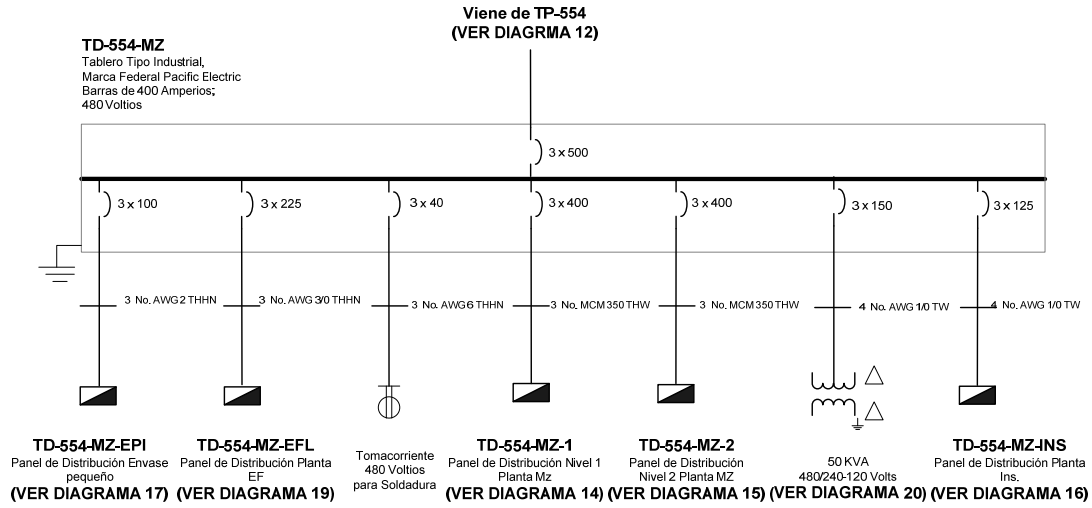


Diagrama Unifilar 13

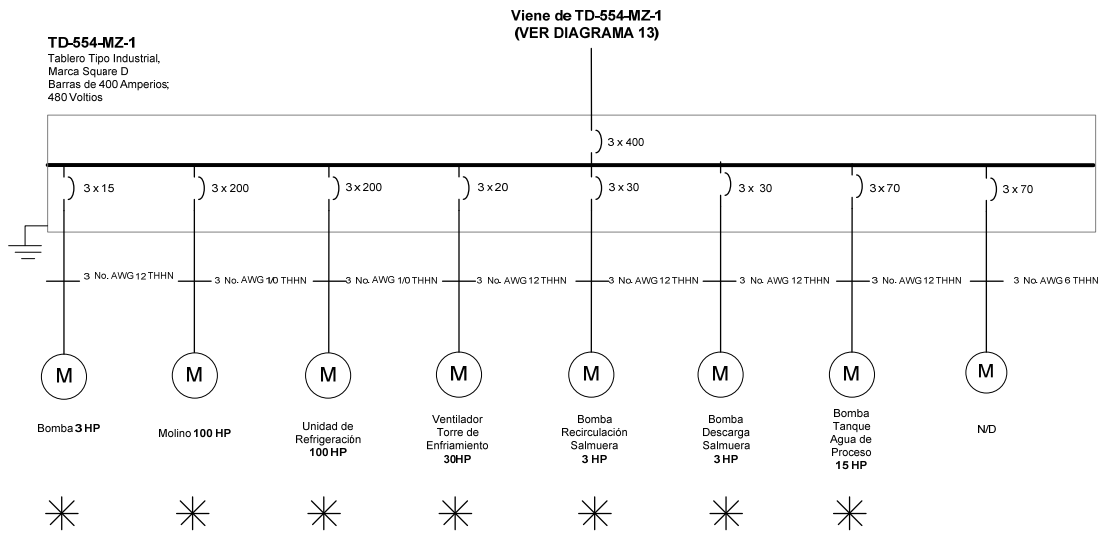


Diagrama Unifilar 14

Figura 13. Diagrama unifilar 15 & 16

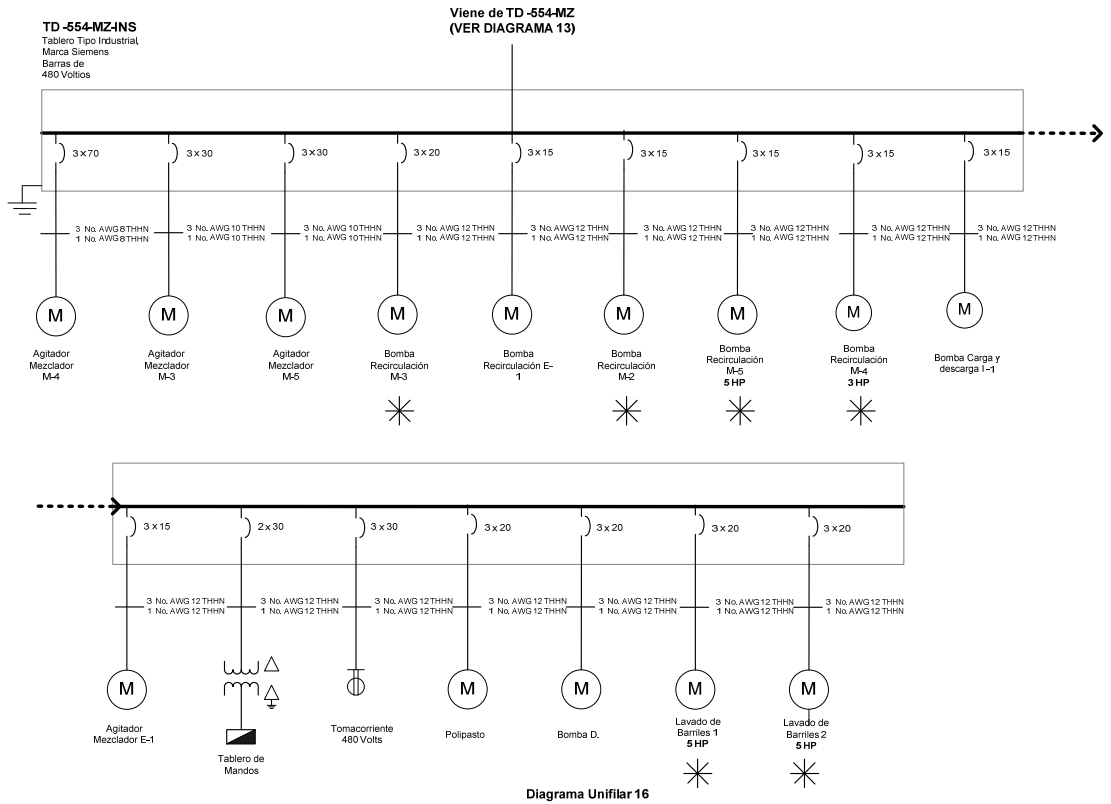
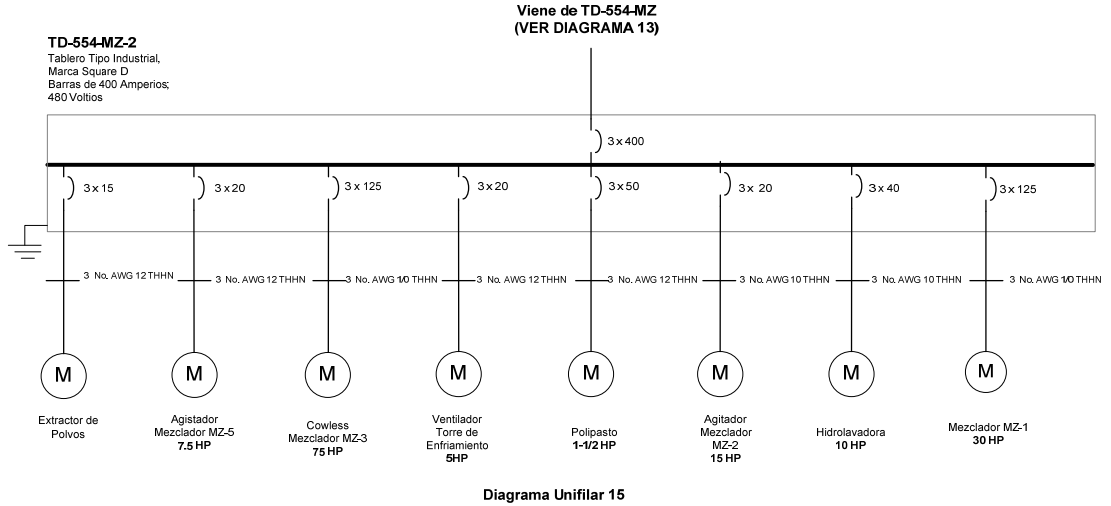


Figura 14. Diagrama unifilar 17 & 18

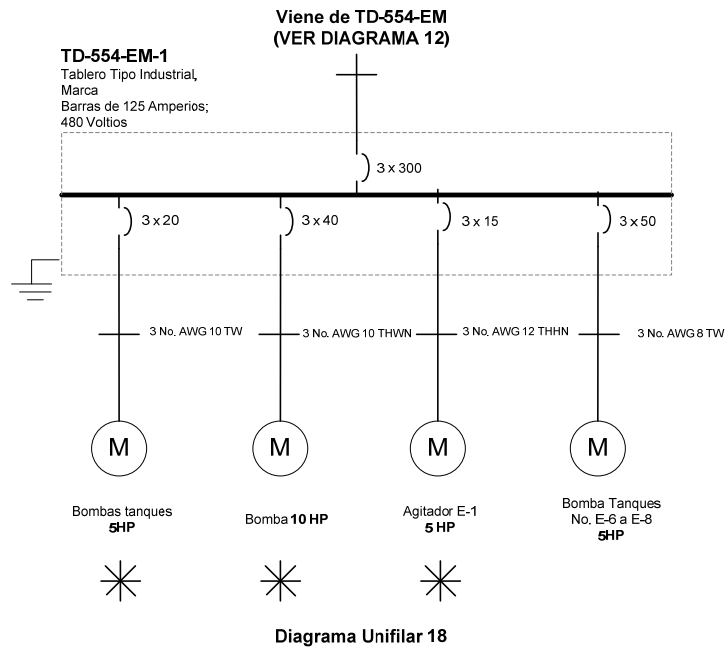
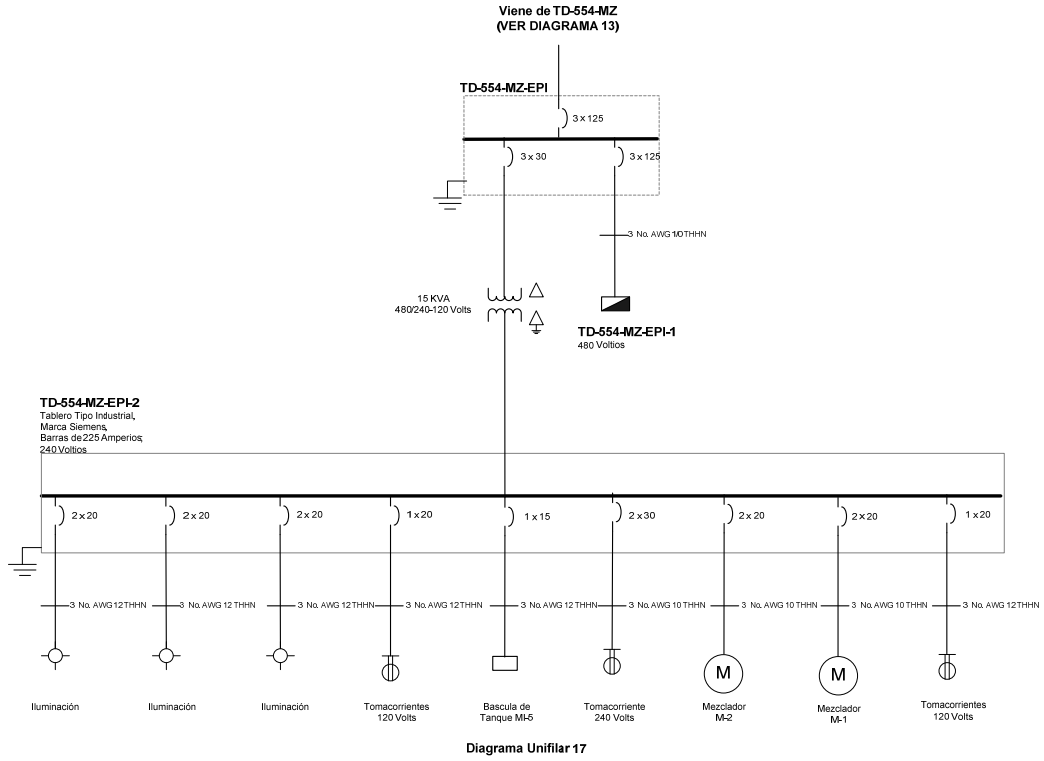


Figura 15. Diagrama unifilar 19 & 20

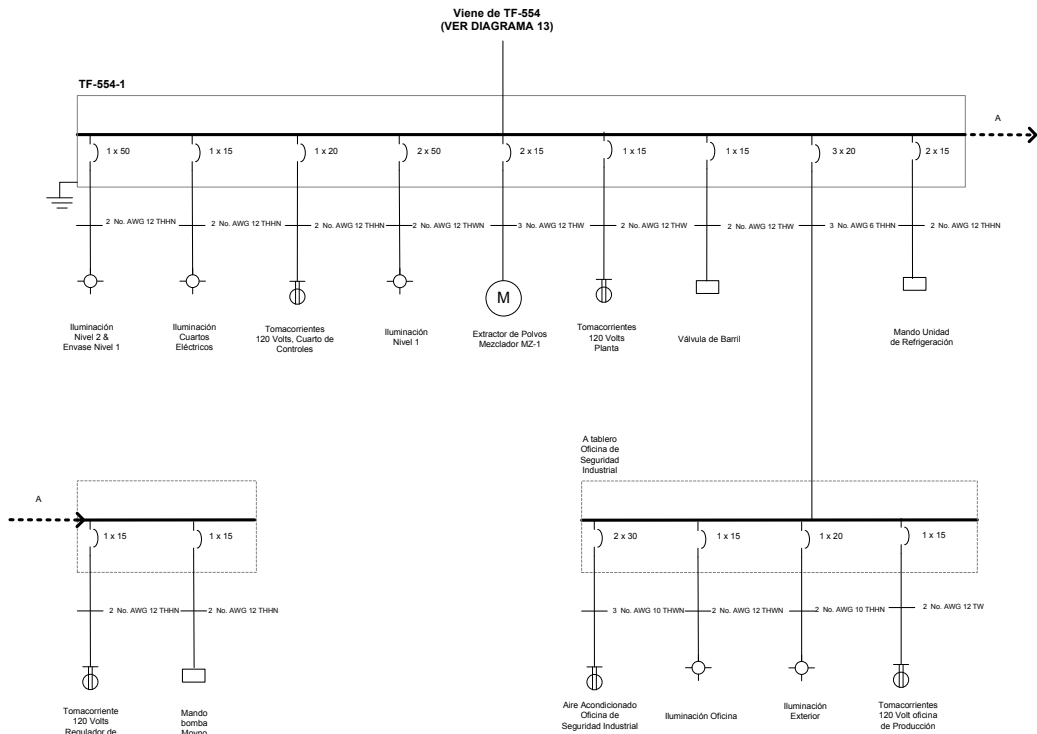
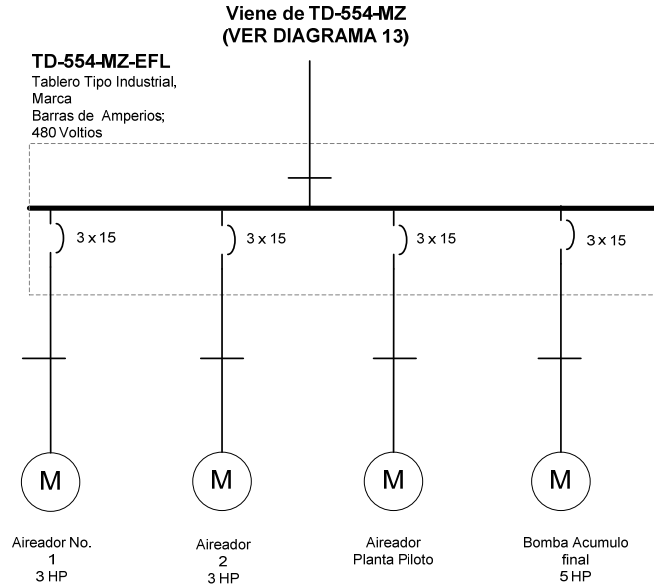


Figura 16. Diagrama unifilar 21 & 22

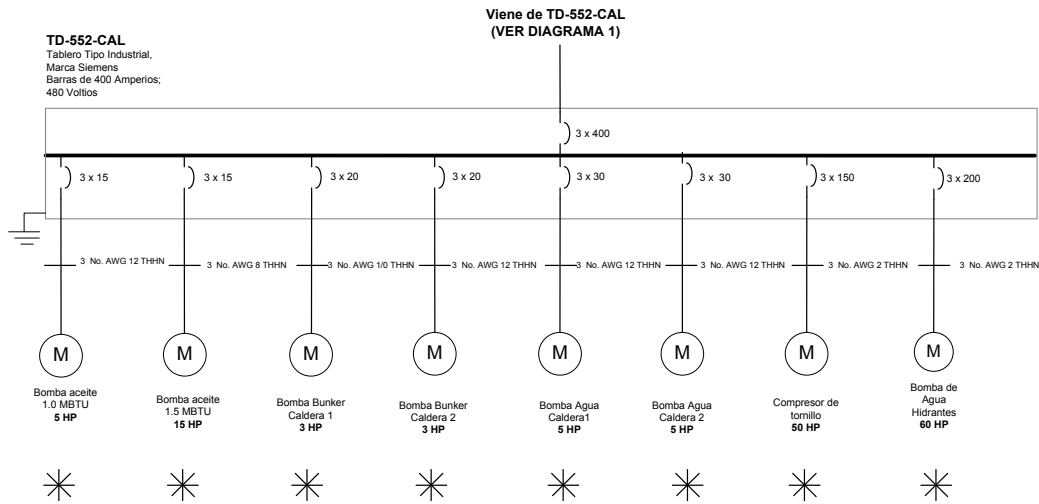
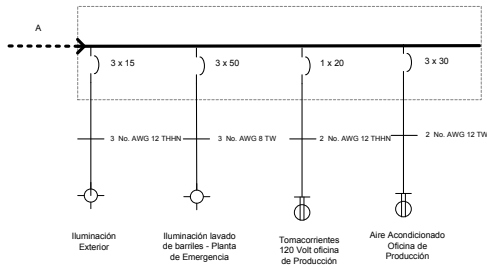
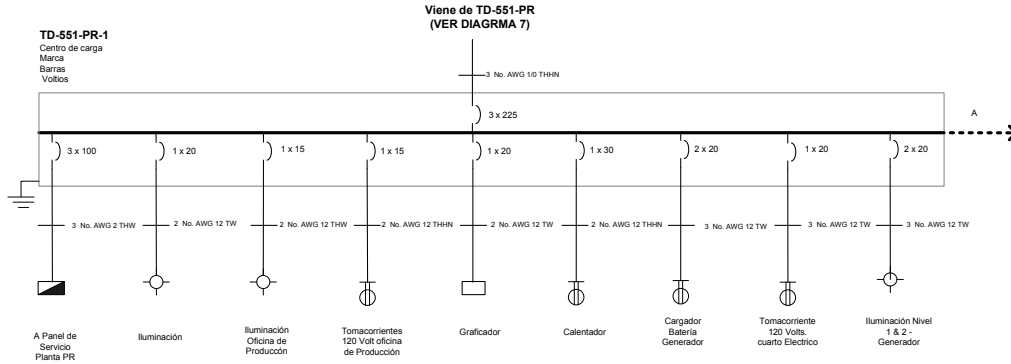


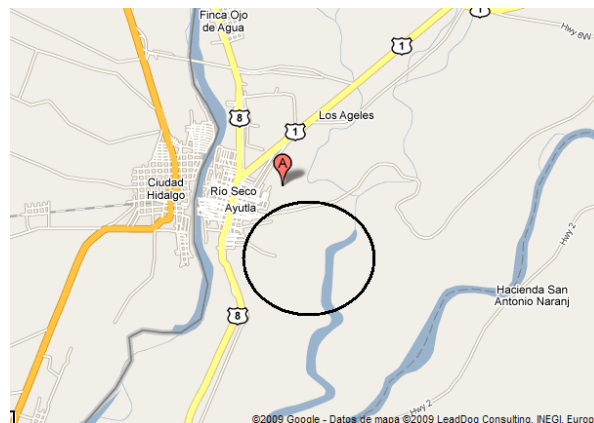
Diagrama Unifilar 22

2. INUNDACIÓN, INTERRUPCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1. Descripción y desarrollo

La planta industrial está dentro de dos ríos importantes para la región Sur Occidente del país, del lado frontera se encuentra el río Suchiate que divide a los países de México y Guatemala y el río Naranjo que en su trayecto lleva varios nombres como Melendre, esto lo podemos notar en la figura 17, el círculo identifica la ubicación de sitio.

Figura 17. Ubicación planta industrial



Fuente: www.maps.google.com

Note por el oeste (lado izquierdo del plano) los poblados de Ciudad Hidalgo México y Tecun Uman Guatemala, por el lado Derecho tenemos el Rio Naranjo que pasa a 1 Km. Aproximadamente al este (lado derecho del plano) por la parte de atrás de la planta.

Este rio fue desbordado por la fuertes lluvias a principios de octubre (período del 4 a 9 octubre 2,005) afectando la costa sur y oeste de tierras

altas de Guatemala, dándole el nombre de Tormenta Tropical Stan. En las siguientes fotos (figura 18) podemos notar lo anterior de forma mas precisa de ubicación general y detalle.

Figura 18. Ubicación general y detalle de planta industrial



Fuente: www.maps.google.com

La tormenta tropical Stan afectó la planta empezando a inundarla desde la mañana el 05 de octubre, en el transcurso de la noche para amanecer el 06 de octubre de 2005 .

2.2. Procedimientos adoptados para el corte del suministro eléctrico

Cuando se presenta este tipo de situaciones poco comunes, algunas empresas cuentan con un manual de emergencia y brigadas de emergencia, el cual ponen en práctica.

Sin embargo para este tipo de situaciones los manuales dan algunos lineamientos generales en la parte eléctrica que pueden ser implementados. Para nuestro caso, se activo las brigadas de emergencia y la brigada de reparaciones técnicas fue la responsable de actuar.

A continuación se describe la forma en que se coordinó actuar.

2.3. Cortes por sectorización

Los cortes se realizaron de forma sectorizada esto de dio de acuerdo a las necesidades de producción el no poder realizar cortes inmediatos debido a la forma en que trabajan los procesos. Conforme se iba llenando el lugar se iba avanzando en sacar de servicio el sistema eléctrico.

2.4. Acometidas principales y paneles de distribución

Los tableros de distribución fueron los primeros en sacar de servicio, desde los interruptores termomagnéticos en los centros de carga hasta los interruptores termomagnéticos, guardamotors, etc. En los tableros principales. Siempre verificando que la necesidad de energía eléctrica ya no iba a ser necesaria.

Las subestaciones principales quedaron energizadas por varios días debido a las fuertes lluvias y el riesgo de abrir los servicios bajo estas condiciones.

2.5. Evaluación de Daños

2.5.1. Inspecciones, área damnificada

El las siguientes fotos (figura 19) se muestra la forma en que se manifestó la inundación.

Figura 19: Instalaciones antes y después de la inundación



Fuente: Fotos efecto Stan 06/10/ 2005 y vista Instalaciones 30/09/2006

2.5.2. Inventario de equipo e instalaciones eléctricas evaluado dañado por unidad de producción

Se consideró la evaluación de todos los sistemas y equipos que fueron alcanzados por el agua. Los equipos se presentan en el capítulo 4 de este trabajo. Los equipos que se encuentran aéreos, por ejemplo, los motores tanques de mezcladores, iluminación, no fueron considerados dentro de las reparaciones.

2.5.3. Prioridades en la producción

Las prioridades en la producción es otro factor a tomar en cuenta, debido a que los compromisos de producción con los clientes son importantes, se puntualizo en tres planta en específico como prioridades: Planta MZ, Planta PR y Planta PQ.

2.5.4. Restablecimiento de servicios eléctricos

Antes de restablecer los sistemas fue necesario el mantenimiento en cada unidad. Las mediciones en los equipos es necesaria para garantizar la seguridad del personal y las instalaciones, conforme esto se iba cumpliendo se iba energizando cada uno de los sectores.

Previo en cada unidad se evaluó los cables de alimentadores en general, tableros principales y subtableros, con sus interruptores termomagnéticos o guardamotores.

El orden de restablecer los sistemas fue de forma inversa al corte, empezando por las subestaciones y terminando por con los centros de carga.

3. CONSIDERACIONES PARA LA PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS E INSTALACIONES

Para la puesta en funcionamiento de los equipos por la cantidad e importancia de los mismos se tomó la decisión de dividirlos en tres grupos:

- Motores
- Cableados y tableros
- Transformadores

La principal consideración fue el daño que pudo hacer la humedad en cada uno de ellos dejada por el agua sucia conteniendo tierra, basura, agentes extraños, etc. Lo cual incide directamente en el deterioro del aislamiento de los equipos.

Otra consideración para la puesta en marcha de los mismos fue el mantenimiento correctivo, necesario, independientemente de hacer o no pruebas de algún tipo para determinar su estado.

A continuación se presenta una serie de conceptos y bases técnicas que abarcan métodos de medición para pruebas de resistencia de aislamiento y conceptos de mantenimiento como prioridad a considerar para los trabajos de campo referidos en este trabajo.

3.1 Motores Eléctricos (máquinas rotativas)

3.1.1. Generalidades sobre pruebas de aislamiento realizadas con corriente directa.

La resistencia de aislamiento se define como el valor de la resistencia en $M\Omega$, que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado y medido a partir de la aplicación del mismo.

Existen cuatro métodos o pruebas básicas, los cuales se describen a continuación:

- Método de comprobación
- Método de resistencia-tiempo
- Prueba de índice de polarización
- Prueba de pasos-voltaje

3.1.2 Método de comprobación.

Se conoce también como **método de corto tiempo**, en la práctica se le conoce como “pasa” o “no pasa”, este es un método simple, donde se conecta el equipo de medición megger al aislamiento que se desea probar en un tiempo corto, usualmente se recomienda 60 segundos, se aplica el voltaje de prueba y se monitorea la lectura de salida del equipo de medición.

El método de comprobación indica la condición del aislamiento bajo altas condiciones de esfuerzos; esto es mientras se realiza la prueba, pero no prevee información o datos de diagnóstico que puedan ser almacenados para futuras pruebas.

Esta prueba es rápida, fácil de ejecutar, también es de bajo costo. Normalmente utilizadas en la industria para verificar si es bueno o malo el aislamiento. Sirve para probar equipo de cualquier capacitancia. Los resultados obtenidos permiten establecer si el equipo está o no en condiciones de trabajar.

Cuando se usa el método de comprobación, es posible:

- Medir la resistencia del aislamiento y registrar la información en el tiempo que se da (60 segundos recomendado)
- Hacer comparaciones con pruebas anteriores, al tiempo determinado,

La prueba de comprobación no proporciona información que ayude a predecir una falla futura en el equipo sometido a prueba.

Por muchos años se ha usado la regla (regla empírica) de 1 MΩ (Mega Ohm) donde se establece un límite inferior de resistencia de aislamiento, la regla dice “La resistencia de aislamiento puede ser aproximadamente a 1 MΩ (Mega Ohm) por cada 1,000 Volt de voltaje de operación, con un mínimo valor de 1 MΩ (Mega Ohm)” y se recomienda todavía para quienes no estén muy familiarizados con las prácticas de prueba de resistencia de aislamiento, o quienes no deseen abordar el problema desde un punto de vista técnico.

Por ejemplo: un motor que opera a 2,400 Volt puede tener una resistencia mínima de 2.4 MΩ, esto significa que un motor que opera a 480 Volt puede tener una resistencia mínima de 0.48 MΩ, esto no es del todo cierto

Estudios más recientes del problema, han dado lugar a fórmulas para los valores de resistencia de aislamiento que se basan en la clase de material aislante utilizado y en las dimensiones eléctricas y físicas de los tipos de equipo en consideración.

Sin embargo en equipos con tensiones nominales inferiores a los 1,000 Volt, la lectura del aislamiento debe ser un valor de 1 MΩ o superior. En equipos con tensiones nominales por encima de 1,000 Volt, la resistencia esperada debe aumentar a razón de 1 MΩ por cada 1,000 voltios aplicado.

3.1.2.1 Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando el método de comprobación.

Este procedimiento puede variar dependiendo del equipo que se utilice.

- Aplicar el voltaje de prueba de CD desde cero hasta el valor establecido en un tiempo de 30 a 60 segundos, Esta prueba generalmente se realiza cerca del voltaje nominal de trabajo y con una duración de 60 segundos. El tiempo empieza a contar a partir de que se alcance el valor de voltaje deseado (norma ANSI/IEEE Std. 95-1977). Si se desconectan los voltajes a ser aplicados, se debe consultar tablas estándares o al proveedor del equipo.
- Incrementar el voltaje muy rápido puede generar irrupciones de voltajes transitorios u oscilaciones que pueden causar esfuerzos innecesarios y posibles fallas del equipo sometido a prueba.
- Mantener el voltaje en un periodo de 1 a 10 minutos como establecen generalmente los fabricantes del equipo y los estándares internacionales. Monitorear la lectura de salida del voltímetro. Posterior a ello, reducir el voltaje a cero.
- Apagar inmediatamente el equipo de pruebas si se tiene algún tipo de evento fuera de lo normal como un flameo. Los fláneos causan una sobrecorriente que pueden causar un disparo en el equipo de pruebas.

3.1.2.2. Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento utilizando el método de comprobación.

- Dejar siempre el equipo sometido a prueba cortocircuitado de 5 a 10 veces el período de tiempo que haya sido aplicado el voltaje de prueba. La corriente de absorción es reversible. La energía absorbida cuando la corriente es aplicada es almacenada en el dieléctrico; esto hará que aparezca un voltaje a través del equipo sometido a la prueba

después que esta ha sido desconectado del voltaje, aun cuando se haya cortocircuitado por un período corto.

- No tocar o cambiar conexiones hasta que el voltaje del equipo sometido a prueba decaiga a un valor bajo que no representa riesgo alguno.
- Cuando el voltaje disminuye debajo de los 20 voltios, se debe usar el gancho de conexión directa a tierra para proveer una trayectoria de baja impedancia a tierra.
- Durante la descarga, la corriente fluye en sentido inverso y cambia de polaridad.

3.1.2.3 Interpretación de resultados

- Si el equipo sometido a prueba resiste el voltaje por el período de tiempo recomendado, el aislamiento está en buenas condiciones.
- Si el voltaje de prueba causa flameo antes del final del período establecido o si el circuito de sobre corriente del equipo de pruebas se acciona, el aislamiento está en condiciones pobres.
- Los voltajes usados en la prueba de comprobación intentan ser lo más elevados con el objeto de hacer fallar el aislamiento de aquellos embobinados que tengan factor de seguridad ineficiente, respecto a los voltajes de operación y sobre voltajes.
- La prueba de comprobación sirve para demostrar que el aislamiento podrá resistir sobre voltajes que se esperan al estar este en operación

y no para establecer el valor preciso de esfuerzo eléctrico que este puede soportar.

- El voltaje directo busca detectar áreas defectuosas en el aislamiento, estableciendo la corriente de fuga en esa área.

3.1.3 Método de resistencia de aislamiento

También se le conoce como el **método de tiempo-resistencia**. La prueba de resistencia de aislamiento consiste en aplicar un determinado voltaje de prueba y tomar sucesivas lecturas a específicos intervalos de tiempo y observar la tendencia del comportamiento del aislamiento. Esta prueba puede ser empleada en equipo con baja capacitancia.

Si el voltaje de prueba está por encima del voltaje normal de trabajo, la prueba de resistencia de aislamiento es similar a la prueba de comprobación, excepto que esta prueba de un valor de resistencia que puede ser usado para comparar resultados con pruebas que se realicen en un futuro.

Cuando existe un aislamiento perfecto, no hay flujo de corriente eléctrica a través del aislamiento a tierra. Debido a que no hay aislamiento con resistencia infinita, habrá siempre alguna fuga de corriente que fluye a través de este.

Mientras que una pequeña cantidad de corriente a través de un buen aislamiento no es un problema, surgen dificultades cuando el aislamiento empieza a deteriorarse y la corriente de fuga aumenta. La prueba de resistencia de aislamiento mide la resistencia del material aislante al flujo de la corriente de fuga, y permite de esta forma juzgar la condición del aislamiento.

3.1.3.1 Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando el método de resistencia.

- Medir la temperatura del equipo que va a ser probado. Las mediciones de resistencia de aislamiento son alteradas por los cambios en la temperatura del material aislante. Cuando la temperatura se eleva, la resistencia de aislamiento disminuye y viceversa.
- La mejor forma de obtener resultados consistentes es probar el aislamiento a una temperatura estándar (usualmente 20°C / 68°F). Debido a que esto no es posible siempre se tendrán que corregir las lecturas para una temperatura base. Esto significa que se debe medir la temperatura del equipo bajo prueba.

Existen varias formas de medir la temperatura del equipo bajo pruebas:

- Si el equipo ha estado fuera de servicio por un considerable período de tiempo, la temperatura de este estará probablemente cerca de la temperatura ambiente por lo que medir la temperatura ambiente será suficiente.
- La mayoría de aparatos llenados con aceite están contruidos con termómetros que registran el promedio de la temperatura del aceite, estos termómetros darán una buena indicación de la temperatura
- En otras circunstancias, será necesario usar termómetros tipo contacto, inmersión o infrarrojos, etc. para obtener la temperatura. Con motores y generadores, generalmente es posible obtener la temperatura de los devanados ya sea por contacto o por la

medición de la resistencia del devanado. Si la resistencia del devanado es conocida a temperatura estándar (usualmente de placa o de manual de instrucciones), cualquier variación de resistencia se deberá al coeficiente de temperatura del equipo en gestión.

- En algunas circunstancias, la única aproximación es notar la temperatura ambiente y usar el sentido común para decidir como varia la temperatura del aparato de la temperatura ambiente. Este método no es muy exacto, pero es un mejor acierto que no tener indicación de la temperatura del aislamiento que va a ser probado.
- Se recomienda aplicar el voltaje de prueba, aumentándolo de cero al voltaje seleccionado en un tiempo de 30 a 60 segundos a través de incrementos uniformes. Las pruebas de resistencia de aislamiento son generalmente realizadas al o cerca del esfuerzo normal de trabajo. Mantener el voltaje de prueba hasta que la lectura llegue a ser constante.
- Incrementar el voltaje muy abruptamente puede ocasionar variaciones de voltajes transitorios y oscilaciones que pueden causar esfuerzos innecesarios y posibles fallas del equipo sometido a prueba.
- Medir y registrar la lectura de resistencia o la lectura de corriente y el voltaje de prueba, posteriormente se puede reducir el voltaje a cero
- Si ocurre alguna condición fuera de lo normal como un flameo, se debe apagar el equipo de pruebas inmediatamente.

3.1.3.2 Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento utilizando el método de resistencia

Considerar los procedimientos descritos en el método de comprobación.

3.1.3.3 Corrigiendo la medición para considerar variaciones de temperatura

Si la temperatura del equipo que va a ser probado fue más alta o baja que 20 °C (68 °F), se puede hacer una corrección general a 20 °C.

- Por cada 10 °C arriba de la temperatura base de 20 °C, multiplicar por dos la lectura de resistencia para corregir la lectura a la temperatura base
- Por cada 10°C debajo de los 20°C, dividir entre dos la lectura

Esta aproximación no es exacta, pues cada tipo de material aislante reacciona de una forma diferente a los cambios de temperatura porque el coeficiente de temperatura (% porcentaje de variación de resistencia por grado) es diferente.

3.1.3.4. Interpretación de resultados

Si la lectura de resistencia de aislamiento fue alta, y aumenta o se mantiene constante durante la prueba, el aislamiento está bien. La corriente disminuye mientras la resistencia de aislamiento se incrementa.

Si la lectura de resistencia de aislamiento disminuye durante la prueba, el aislamiento del equipo está probablemente mojado o en malas

condiciones. Si el valor final de lectura es bajo o la corriente esta alta, el aislamiento del equipo esta bajo.

En algunos casos, la lectura de 1 MΩ puede ser satisfactoria. Otras veces una lectura de menos de 1,000 MΩ puede ser satisfactoria.

Para encontrar el valor correcto de resistencia de aislamiento para el equipo, deberá contar con la información del fabricante, estándares o con experiencias de pruebas realizadas a equipos similares.

Para aparatos trifásicos, es muy útil comparar los resultados obtenidos en las tres fases. Si estas están trabajando en buenas condiciones o si algún problema la esta afectando a todas (humedad, contaminación, etc.), las lecturas deberán ser ligeramente similares. En muchos casos, el deterioro producirá resultados peores en una fase que en las otras dos (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

3.1.4 La prueba de índice de polarización

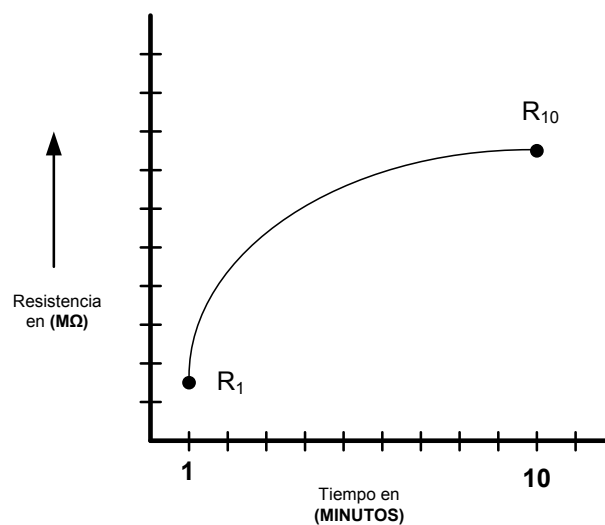
La prueba de índice de polarización se utiliza para probar el aislamiento en equipo de alta capacitancia. En esta prueba, se aplica el voltaje de prueba y se mide la relación de resistencia entre dos lecturas tomadas al inicio y al final de un intervalo de 10 minutos. Es decir se toman se toman lecturas al primer minuto y al minuto 10. Estas mediciones pueden ser hechas antes que la corriente dependiente del tiempo decaiga.

Debido a que los equipos de baja capacitancia las corrientes dependientes del tiempo decaen casi inmediatamente; las lecturas obtenidas en la prueba de índice de polarización no son significativas ya que serán casi las mismas y la relación será aproximadamente igual a 1

Cuando se esta probando equipo de alta capacitancia (motores grandes, generadores o aparatos con complejos sistemas de aislamiento, grandes longitudes de cable), no se podrá obtener una lectura de resistencia de aislamiento constante, hasta que las corrientes dependientes del tiempo hallan casi desaparecido. Esto significa que una prueba de resistencia de aislamiento, como se ha descrito anteriormente, es inapropiada para equipos de alta capacitancia.

Una forma de resolver el problema de las corrientes dependientes del tiempo, es usar una prueba de resistencia de aislamiento. La cual mida la relación entre las lecturas de resistencia de aislamiento tomadas a un minuto y a diez minutos después de aplicado el voltaje. La tendencia indicada por esta relación permitirá juzgar el rango al cual las corrientes de capacitancia y absorción están desapareciendo. Después de considerar las variaciones en diferentes tipos de aislamiento, se podrá evaluar la condición del aislamiento. Ver Figura 20.

Figura 20. Índice de polarización



El índice de polarización es el resultado de dividir la resistencia al minuto 10 entre la resistencia al minuto 1,

$$IP = R_{10} / R_1$$

Por ejemplo: si la primera lectura es de 500 MΩ y la segunda lectura es de 1,000 MΩ, dividir 1,000/500. En este caso, el índice de polarización es 2.0.

Esta curva es el resultado de graficar las lecturas de resistencia obtenidas cada minuto conteniendo en el periodo de aplicación de la prueba.

Existen varias ventajas para realizar una prueba de índice de polarización:

- No se tiene que esperar por una lectura constante en el medidor, se observa más que una tendencia que una lectura individual.
- No hay que modificar mediciones para considerar variaciones en la temperatura del equipo que va a ser probado como cuando se esta realizando una prueba simple de resistencia de aislamiento.
- Para ajustarse a los rangos de voltaje que demanda el equipo, se podrá usar un equipo de pruebas de voltaje medio como un tester de medición de aislamiento o equipo de pruebas de alto voltaje.
- El índice de polaridad dirá si el aislamiento esta húmedo o sucio. La humedad y la suciedad tienen el efecto de achatar la curva de índice de polarización (IP), Figura 1. Por esta razón, se recomienda especialmente realizar esta prueba si el equipo es antiguo.

3.1.4.1. Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando la prueba de Índice de Polarización.

- Aplicar el voltaje de prueba desde cero hasta el valor establecido en un tiempo de 30 a 60 segundos, a través de incrementos uniformes. Cuando se alcanza el voltaje deseado, se empieza a tomar el voltaje de prueba.
- Incrementar el voltaje muy abruptamente puede ocasionar interrupciones u oscilaciones que pueden provocar esfuerzos innecesarios y posibles fallas del equipo sometido a prueba.
- Un minuto después de aplicado el voltaje, se mide y se registra el valor medido.
- Diez minutos después de aplicado el voltaje, se mide y se registra la resistencia otra vez. (esto significa un intervalo de nueve (9) minutos entre mediciones). Reducir el voltaje a cero.
- Si desea plotear una curva, se pueden registrar las lecturas tomadas en cada minuto.

3.1.4.2. Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento utilizando la prueba del Índice de Polarización

Considerar los procedimientos descritos en el método de comprobación.

3.1.4.3. Interpretación de resultados

Antes de interpretar la información obtenida en la prueba, debe recordarse el concepto de lo que es la absorción dieléctrica, ya que el índice de polarización se deduce de esta prueba o relación.

La relación de lecturas de dos resistencias en un periodo de tiempo corto (30 a 60 segundos) se llama relación de absorción dieléctrica. Si la relación de lecturas se trabaja con tiempos mayores (1 a 10 minutos) hablamos de índice de polarización.

Dividir la segunda lectura tomada al minuto diez entre la primera lectura tomada al minuto uno. Esta división da la relación entre las dos lecturas. La relación es el índice de polarización (IP).

- Los valores de índice de polarización de menos de 1.0 son siempre una razón para preocuparse
- Valores de 1.0 son satisfactorios para equipo de muy baja capacitancia.
- Valores mayores que 1.0 son esperados para equipo de alta capacitancia que tienen un buen aislamiento.

No hay reglas drásticas para un buen índice de polarización. Por esta razón, es importante mantener buenos registros de pruebas pasadas para hacer comparaciones. Se pueden esperar valores de índice de polarización bajos, cuando se esta probando:

- Cables cortos blindados.
- Devanados de motores pequeños.
- Sistemas de barras.

En estos casos, el valor máximo de resistencia de aislamiento puede ser obtenido dentro de los 2 ó 3 minutos. Cuando esto ocurre, es usual obtener valores pequeños de índice de polarización que no precisamente indican que el aislamiento esta en pobres condiciones. Si la resistencia de aislamiento incrementa rápidamente durante el inicio, en un tiempo de uno a dos minutos, la condición del aislamiento es probablemente satisfactoria. La relación de índice variara con los diferentes tipos de aislamiento. Si al realizar la prueba, el valor que se obtiene es insatisfactorio, el problema puede ser causado por superficies de aislamiento mojadas o sucias.

Recordar que los valores de resistencia de aislamiento medidos deben cumplir con las normas requeridas para así proceder a calcular el índice de polarización.

Después de seguir los procedimientos que indican como disminuir el voltaje y aterrizar los aparatos, se debe o deben:

- Limpiar y secar las superficies del aislamiento
- Inspeccionar vestigios de superficies conductoras
- Repetir la prueba

Si el índice de polarización aun esta bajo, ello indica un problema interno con el aislamiento, probablemente haya humedad en la mayor parte del aislamiento. En casos extraños, puede haber otro tipo de deterioro. Para localizar el problema, inspeccione o revise el aislamiento.

Figura 21. Condición de aislamiento indicado por las relaciones de Absorción Dieléctrica *

Condición del Aislamiento	60/30 Relación de segundos **	10/1 relación minutos (índice de polarización) ***
Peligroso	-----	Menor que 1
Pobre	Menor que 1.1	Menor que 1.5
Cuestionable	1.1 a 1.25	1.5 a 2
Valor justo	1.25 a 1.4	2 a 3
Bueno	1.4 a 1.6	3 a 4
Excelente	Arriba de 1.6	Arriba de 4

*Estos valores deben ser considerados como valores de referencia

**Para pruebas realizadas con megger de manivela, consultar concepto de absorción dieléctrica.

***Para pruebas realizadas con megger accionados con energía

James G. Biddle Co., **Manual on electrical insulation testing for the practical man**. First edition. EEUU: s.l.i., s.i.p.. 1,966

3.1.5 Método de paso-voltaje o etapa de voltaje

La prueba de pasos de voltaje es la mejor manera de probar el aislamiento en equipo de alta capacitancia. Esta prueba es similar a la prueba de índice de polarización con la diferencia de que se toman varias mediciones en el intervalo de tiempo en que se realiza la prueba y el voltaje aplicado es diferente en cada sub intervalo, va en aumento. Estas lecturas pueden ser ploteadas en papel gráfico para obtener una curva de resistencia de aislamiento o de mediciones de corriente de fuga.

Es por esta razón que esta prueba tiende a convertirse en un mejor registro para hacer comparaciones de pruebas que se realicen en el futuro. Se requiere de considerables cuidados en su aplicación para obtener buenos resultados.

La prueba de pasos de voltaje, así como el índice de polarización, no son las pruebas más adecuadas para trabajar con equipo de baja capacitancia, ya que las lecturas que se toman en cada intervalo serán casi las mismas, y no se podrá establecer una curva.

La mejor manera de probar un equipo de alta capacitancia es usar una prueba de pasos o etapas de voltaje, ya que provee mayor información acerca de la condición del aislamiento que cualquier otra prueba. Esta prueba permite:

- Medir la corriente a diferentes niveles de voltaje
- Plotear las lecturas en una gráfica y establecer una tendencia o una curva:
 - a. Ayudará a predecir problemas futuros
 - b. Advertirá sobre probables fallas inminentes del aislamiento sin causar falla en el equipo sometido a prueba
 - c. Permitirá continuar usando el aparato bajo prueba (que ya se encuentra en servicio) mientras hacen arreglos para reemplazarlo.

Con la prueba de pasos de voltaje se busca una tendencia en el comportamiento del aislamiento y no una lectura individual.

Para establecer un registro, es posible:

- Realizar por primera vez la prueba de pasos de voltaje, cuando el aparato es nuevo, si no es posible:
- Tratar de realizar la prueba cuando el equipo está limpio y seco

Un registro detallado y exacto de la información de la primera prueba, dará buenas bases con las cuales se puede juzgar el resultado de las pruebas futuras.

Cada vez que se realice nuevamente la prueba, se deberá hacer lo siguiente:

- Usar los mismos voltajes e intervalos de tiempo
- Registrar los resultados utilizando las mismas directrices para trazar la gráfica y la misma clase de papel que se haya utilizado en las pruebas anteriores.
- Lo descrito anteriormente hará más fácil comparar la información y detectar cualquier cambio en la condición de aislamiento.

Para mantener el equipo en operación la mayor cantidad de tiempo, es apropiado repetir la prueba de pasos de voltaje en mantenimientos de rutina programados cada seis meses. Hacer la prueba a intervalos de 1 a 4 años puede ser suficiente para otras aplicaciones.

3.1.5.1. Procedimiento de cómo realizar la prueba de aislamiento utilizando la prueba de pasos de voltaje.

Antes de realizar la prueba, se debe conocer el voltaje y el número de pasos que se va a usar. Si no se conocen dichos voltajes, se debe conocer tablas estándares o a los proveedores del equipo. Para conocer los incrementos de voltaje que se van a utilizar en la prueba, divida el máximo voltaje aplicado entre el número de pasos deseado.

Por ejemplo: si el máximo voltaje son 500 voltios y son usados 5 pasos, cada paso será de 100 voltios.

El intervalo de tiempo usado dependerá de la capacitancia y sistema de aislamiento del equipo.

Es mejor escoger un intervalo de tiempo que de un valor cambiante de resistencia de aislamiento para cada paso. Si el intervalo es muy extenso, los últimos pasos serán constantes. Experimentación con pruebas de medio voltaje pueden ayudar a establecer un adecuado intervalo de tiempo.

Intervalos de 1 minuto son típicamente para un extenso rango de equipos.

- Preparar una hoja de papel grafico para plotear los resultados después que la prueba esta completa.
- Registrar el voltaje de CD a tierra equivalente del equipo
- Registrar el máximo voltaje seleccionado para la prueba de modo que mientras el voltaje es incrementado se tenga una guía de hasta donde se desea llegar.
- Incrementar a un ritmo uniforme el voltaje de salida hasta completar el primer nivel de voltaje seleccionado. Evitar ligeros saltos en los ajustes de los valores de los pasos de voltajes, puesto que ellos interfieren con el cambio exponencial de la corriente y distorsionan la información de pruebas. Es mejor tener un ligero error en el valor de voltaje, que hacer un ajuste pequeño después de que el incremento de voltaje este completo.

- Incrementos irregulares de corriente en el intervalo después de elevar el voltaje, pueden ser el primer signo inminente falla del aislamiento. Se debe terminar la prueba en este punto antes que ocurra una falla completa.
- Considerar la posibilidad de que el equipo pueda ser retornado para servicio, mientras se programa una reparación o sustitución.
- Mantener el voltaje de prueba constante durante el intervalo de tiempo seleccionado.
- Registrar la lectura de corriente a un minuto.
- Inmediatamente se eleva el voltaje al siguiente nivel de paso siguiendo las mismas precauciones mencionadas en el primer paso. Para evitar resultados erróneos, la lectura de corriente en el medidor debe ser tomada después de pasado el mismo intervalo de tiempo para cada paso.
- Continuar con la aplicación de pasos sucesivos, dos, tres o cuantos se deseen hasta alcanzar el voltaje máximo de la prueba. Registrar la lectura de corriente obtenida con cada incremento o paso. Reducir el voltaje a cero.
- Apagar inmediatamente el equipo de condiciones extrañas como un flameo.
- Mientras dura el intervalo de tiempo la corriente puede disminuir debido a la reducción de corriente de carga capacitiva y de absorción, al inicio de cada paso de voltaje, estas corrientes son altas

- Dibujar las línea que mejor se ajuste entre los puntos ploteados en la grafica consultar normas ANSI/IEEE Std. 400-1980 y Std. 95-1977

3.1.5.2 Procedimiento a seguir después de realizada la prueba de aislamiento utilizando la prueba pasos de voltaje

Considerar los procedimientos que se describen el la prueba de comprobación.

3.1.5.3 Interpretación de resultados

Ver la curva que se ha dibujado en el papel gráfico; recordar la pendiente de la curva V Vrs. I es la resistencia. Si los valores de resistencia de aislamiento incrementan a medida que el voltaje es aumentado y continúan elevándose mientras se excede el voltaje de operación:

- El aislamiento esta probablemente muy bueno. Incrementos en la resistencia de aislamiento muestran que las corrientes de fuga son muy pequeñas comparadas a los valores de corriente normales de carga. Esta es la condición preferida cuando se usan intervalos de tiempo cortos en las pruebas.
- Si la resistencia de aislamiento permanece casi constante arriba de los valores de voltaje de operación, el aislamiento esta probablemente bueno o adecuado. El voltaje alto que es obtenido antes de que ocurra una disminución en la resistencia de aislamiento, podrá interpretarse como el valor hasta el cual nuestro equipo presenta un buen aislamiento.
- Si la resistencia de aislamiento permanece casi constante arriba de los valores de voltaje de operación, el aislamiento esta probablemente

bueno o adecuado. El voltaje alto que es obtenido antes de que ocurra una disminución en la resistencia de aislamiento, podrá interpretarse como el valor hasta el cual nuestro equipo presenta un buen aislamiento.

Si la resistencia de aislamiento permanece casi constante pero disminuye antes de obtener el valor de voltaje de operación: Seguir los procedimientos después de realizada la prueba para disminuir el voltaje y aterrizar los aparatos. Limpiar y secar la superficie del aislamiento para que no aparezcan corrientes de fuga en las terminaciones.

Si la resistencia de aislamiento todavía disminuye, se esta presentando una incipiente falla. Se requiere investigar el problema y hacer reparaciones o reemplazos.

Si la resistencia disminuye con una caída constante mientras el voltaje se incrementa:

- El aislamiento esta probablemente húmedo y con superficies sucias.

Si al realizar la prueba de pasos de voltaje, no se puede localizar rápidamente una falla, ya sea por la observación de un destello de luz (descarga eléctrica) o cuando el voltaje es aplicado; para localizar el punto de falla, es practico usar un voltaje alterno practico, con una corriente limitada de 6 a 10 A; si esta aun no identifica el punto de falla, entonces el devanado deberá ser fraccionado y sometido a prueba hasta localizar el punto de falla. Después de seguir los procedimientos posteriores de prueba para disminuir el voltaje y aterrizar los aparatos:

- Limpiar el aislamiento. Aplicar un calor moderado para secarlo
- Repetir la prueba
- Si la condición persiste después de secar y limpiar, existe algún otro problema. Hacer reparaciones o reemplazos

Para un diagnóstico real y exacto de la condición del aislamiento se deberá además considerar otra relevante información:

- Historial previo del aparato para establecer tendencias en el comportamiento del aislamiento.
- Resultados de una cuidadosa inspección visual
- Comparación con otro equipo similar
- Recomendaciones de fabricantes
- Otras especificaciones, las cuales pueden ser relevantes

Si habiendo considerado toda la información disponible, se decide que el aislamiento está en regulares condiciones con algún deterioro desde la prueba anterior. Se podrá además:

Remover el equipo de servicio y decidir si se repara o se reemplaza o permitir el equipo continuar en servicio, mientras se hacen arreglos para repararlo o reemplazarlo

3.1.6 Anotaciones importantes:

Cuando se está probando aparatos trifásicos, se tienen dos opciones:

1. Se pueden conectar las tres terminales de línea juntas y tratar el equipo bajo prueba como si fuera un equipo monofásico.
2. Se pueden probar cada fase a tierra, entre fases y trabajar como si fueran tres pruebas separadas.

De estas dos opciones la mejor es probar cada fase separadamente, ya que así se pueden comparar los resultados obtenidos de cada prueba. En un buen aislamiento, las lecturas de las pruebas deben registrar valores similares.

Deterioros en el aislamiento, es decir, que las existencias de puntos débiles, hacen que los resultados de cada prueba realizada en las tres fases sea diferente.

Algunos tipos de deterioros en el aislamiento (por ejemplo, humedad o contaminación) pueden afectar de igual manera las tres fases, pero una amplia variación en las lecturas de las tres fases es siempre una causa para preocuparse.

3.1.7 Normas que rigen las pruebas en motores

3.1.7.1. Clases de aislamiento: NORMA: ANSI C 50.32-1976

ANSI ha definido varias clases de sistemas de aislamiento basados en la máxima temperatura de operación en condiciones normales y ha establecido voltajes de prueba para demostrar la capacidad dieléctrica del sistema de aislamiento. Otras técnicas de pruebas no destructivas han sido desarrolladas para evaluar la capacidad y condición de sistemas de aislamiento.

De las diversas clases de aislamiento, cuatro son las mas aplicables a maquinas rotativas. Estas clases son: Clase A, B, F y H. Estas clases de aislamiento son algunas veces designadas como clase 105, 130, 155 y 180 respectivamente, donde los números significan la temperatura de diseño de localización del punto caliente en grados Celsius.

Clasificación de sistemas de aislamiento según temperatura a la cual trabajan:

Figura 22. Clases de aislamiento

Sistema de aislamiento Clase	Sistema que utiliza de preferencia materiales con un índice de temperatura de °C
A	105
B	130
F	155
H	180
N	200
R	220
S	240
C	arriba de 240

3.1.7.2. Máquinas rotativas: NORMA: ANSI/IEEE Std. 43-2000, IEEE Recommended practice for testing insulation resistance of rotating machinery.

La ANSI/IEEE 43-2000 recomienda un procedimiento para la medición de la resistencia de aislamiento de los bobinados de la armadura y del campo en máquinas rotatorias de potencias de 1hp, 750 W o mayor.

Se aplica a máquinas síncronas, máquinas de inducción, máquinas de CC (corriente continua), condensadores síncronos.

La norma indica la tensión de c.c. que se debe aplicar a la prueba de aislamiento (basada en los potencia de la máquina, y durante un minuto) y los valores mínimos aceptables de la resistencia de aislamiento para los bobinados de las máquinas rotatorias para CA y CC (es decir, la resistencia medida al cabo de un minuto).

La siguiente tabla proporciona las guías para el voltaje de c.c. que será aplicado durante una prueba de resistencia de aislamiento. Nótese que los voltajes de hasta 10 kV. son recomendados para bobinados clasificados a voltajes mayores de 12kV.

Figura 23. Voltajes de prueba DC aplicados a equipos

Voltaje (v) del bobinado (v es el tensión entre fases para máquinas trifásicas y monofásicas, y la tensión nominal para máquinas de c.c. O bobinados de campo)	Voltaje que se aplicará en la prueba de aislamiento
<1000	500
1000-2500	500-1000
2501-5000	1000-2500
5001-12000	2500-5000
>12000	5000-10000

La norma recomienda que cada fase sea aislada y probada separadamente (de ser posible) dado que este acercamiento permite las comparaciones que deberán hacerse entre fases. Las dos fases que no están siendo probadas deberán ser puestas a tierra en la misma tierra que la del núcleo del estator o el cuerpo del rotor.

Cuando todas las fases son probadas simultáneamente, únicamente el aislamiento a tierra es probado.

Las mediciones de resistencia de aislamiento deben ser hechas con todo el equipo externo (cables, capacitores, supresores de disturbios, etc.) desconectados y conectados a tierra debido a que estos objetos pueden influenciar la lectura de la resistencia. Deberá usarse un punto común de tierra.

Asimismo se establece que el historial de las pruebas deberá ser usado para el seguimiento de los cambios.

Si el historial no está disponible, el standard proporciona valores mínimos para ambas pruebas (aislamiento e índice de polarización) que pueden ser usadas para estimar la situación en que se encuentra el bobinado.

La resistencia de aislamiento mínima, recomendada, después de un minuto y a 40°C, puede ser determinada de la tabla siguiente. La resistencia mínima de una fase del bobinado de una armadura de tres fases probada con las otras dos conectadas a tierra deberá ser aproximadamente del doble del bobinado total. Si cada fase es probada separadamente (con los circuitos de guarda estando usados en las fases que no están bajo prueba), la resistencia mínima (a 1 minuto) observada deberá ser tres veces el bobinado total.

Figura 24. Norma ANSI/IEEE Std. 43-2000, resistencia de aislamiento

RESISTENCIA MINIMA, EN MOHM, SEGÚN IEEE43-2000	MAQUINA BAJO PRUEBA
$Kv+1$ (donde kv es la tensión nominal de al maquina, media en kilovoltios)	Para bobinados fabricados antes de 1970
100	Para motores de c.c y estatores ac construidos después de 1970
5	Para máquinas de bobinado aleatorio y formado, de tensiones menores a 1 kv

Que un resultado sea bueno o malo dependerá de la naturaleza del aislamiento. Hasta el año 2000, los valores mínimos de resistencia de aislación y los rangos de IP eran prácticamente los mismos para todo tipo de aislamientos. Sin embargo, en aislamientos modernos y en buen estado, prácticamente no existe corriente de conducción. Es posible encontrar valores de resistencia prácticamente infinitos, mayores que 100 GΩ. Con esos valores es difícil tener cálculos de IP representativos. Esos valores de resistencia no se encuentran en aislamientos previos a 1970. Por lo tanto, el técnico de mantenimiento deberá conocer el material aislante antes de hacer una interpretación de resultados.

Notas respecto a la tabla anterior:

- Si la resistencia de aislamiento es inferior al mínimo, no se debe someter al bobinado a ningún ensayo de alta tensión o restablecerlo

al servicio porque la probabilidad de falla es alta. Obviamente si los antecedentes indican valores históricamente bajos para una determinada máquina es probable que se pueda retornar al servicio sin problemas.

- El mínimo para la resistencia de aislamiento es corrigiendo a 40°C.
- El mínimo aceptable para la resistencia de aislamiento es mucho menor para estatores antiguos que para los nuevos y depende de la clase de tensión.
- Si la resistencia de aislamiento o el índice de polarización están por debajo del mínimo en un estator moderno, esto indica que existe contaminación o humedad excesiva.
- Si se obtiene un alto índice de polarización en un estator antiguo existe la posibilidad que el aislamiento haya sufrido un deterioro térmico. Esto sucede porque el deterioro térmico cambia fundamentalmente la naturaleza de la aislación y por consiguiente su corriente de absorción.

Los valores mínimos recomendados para el índice de polarización están basados en la clase de los materiales de aislamiento y se aplican a todos los materiales de aislamiento indiferentemente de su aplicación de acuerdo con el IEC 60085-01: 1984.

Figura 25. Valores mínimos recomendados para el índice de polarización

TIPO DE AISLAMIENTO	VALOR MINIMO DE IP
Clase A	1.5
Clase B, F O H	2.0

Generalmente los valores de IP son entre 2 a 5. Pero un IP muy alto (mayor de 5) puede estar indicando problemas de resequedad en el aislamiento.

3.1.7.2.1 Interpretación de resultados:

El valor observado en la resistencia de aislamiento es una guía útil en la evaluación de la condición del devanado de la maquina, aunque no deberá ser considerado como un criterio absoluto pues tiene varias limitaciones:

- La resistencia de aislamiento de un devanado no esta directamente relacionado a su esfuerzo dieléctrico, por lo que es imposible especificar un valor de resistencia de aislamiento, al cual un devanado fallara eléctricamente.
- Devanados con un área de superficie grande, maquinas grandes o lentas (velocidad) y maquinas con conmutadores pueden tener valores de resistencia de aislamiento menores a los valores mínimos recomendados.

Una medición individual de resistencia de aislamiento a un potencial en particular no indica si una materia extraña esta concentrada o distribuida a través del devanado.

Si se determina que el valor del índice de polarización obtenido fue bajo debido a la presencia de humedad o suciedad, realizar un proceso de secado o limpieza podría elevar este valor. Cuando se realiza un proceso de secado, la prueba para determinar e índice de polarización se debe realizar al terminar el proceso.

3.1.7.3. Motores de inducción y generadores: NORMA: ANSI/IEEE Std, 112-1978 IEEE standard test procedure for polyphase induction motor and generators

El potencial de prueba deberá ser aplicado entre cada circuito eléctrico y carcasa; los devanados que no están bajo prueba y las otras partes metálicas deben aterrizar, los devanados polifásicos interconectados son considerados como un circuito.

A menos de que se solicite la prueba de resistencia de asilamiento generalmente no se le realiza a equipo nuevo. Para propósitos de mantenimiento, esta prueba es bastante valiosa. Todos los accesorios como capacitores, pararrayos, transformadores de corrientes, etc., los cuales tienen puntas localizadas en las terminales de la máquina y deberá ser desconectadas durante la prueba. Para determinar métodos consúltense ANSI/IEEE Std. 43-2000

3.1.8 Inspección y mantenimiento

3.1.8.1 Condiciones generales de fallas en los motores

Generalidades de Mantenimiento pueden ser consideradas a tomar en cuenta en el mantenimiento de motores.

La fuente de falla de los motores eléctricos generalmente cae en cualquiera de las siguientes categorías:

1. Efecto del medio ambiente en el sitio de la instalación
2. Selección/aplicación inadecuada del motor
3. Instalación inadecuada
4. Falla mecánica
5. Problemas eléctricos
6. Desbalance de voltaje
7. Mantenimiento Inadecuado
8. Alguna combinación de las anteriores

Para los trabajos de mantenimiento se hacen consideraciones como si que resulta más económico reparar un equipo o comprar otro nuevo o bien que tanto se puede extender el tiempo de vida de un equipo y su costo, con relación a un equipo nuevo. No obstante el mantenimiento y las pruebas de diagnóstico están vigentes en la mayoría de los casos.

Para este caso específico se optó por el mantenimiento correctivo a cada uno de los motores, sin embargo es necesario tener en mente el mantenimiento preventivo a los mismos.

3.1.8.2. Consideraciones de equipos sometidos a inundaciones NFPA recommended practice for electrical equipment maintenance 2006 edition

Cuando un equipo ha sido obstruido con lodo de las tormentas de polvo, inundaciones, u otras condiciones inusuales, es posible que requiera de un lavado a fondo con agua, generalmente con una manguera con presión no superior a 1,72 kPa (25 psi). Limpieza inicial debe ser realizada con agua caliente de ser posible, no salina y se puede aplicar detergente, seguido de un enjuague con agua caliente, no salina y sin detergente. De ser posible realizar una prueba con el agua a usar para verificar la condición de la misma.

El equipo debe ser completamente desmantelado, cajas de conexión abierta, y todas las partes corroídas identificados para su reparación o sustitución. Todos los componentes que vayan a ser reutilizados deben ser lavados en un tanque de agua caliente, agua dulce, no salina por lo menos cuatro horas.

El tanque de agua debe tener recirculación es decir una entrada y salida del agua de tal manera que el agua este cambiando constantemente a una velocidad mínima de 10 gpm. Al lavar los componentes deben ser secados a 85 °C, o menos, durante 2 horas con circulación de aire continua. El aislamiento eléctrico debe ser secado a 85 °C durante 4 horas. Y después a 105 °C a 120 °C durante al menos cuatro horas más.

La resistencia de aislamiento del bobinado debe ser medido con un instrumento de prueba de aislamiento 500 voltios cada 2 horas hasta que la resistencia de aislamiento se ha estabilizado. Permitir que el aislamiento de

enfriar en un ambiente seco para evitar la absorción de humedad. Antes de la puesta en servicio, verificar los niveles mínimos de resistencia de aislamiento.

Los cojinetes y la carcasa deben ser limpiados, reemplazar cojinetes.

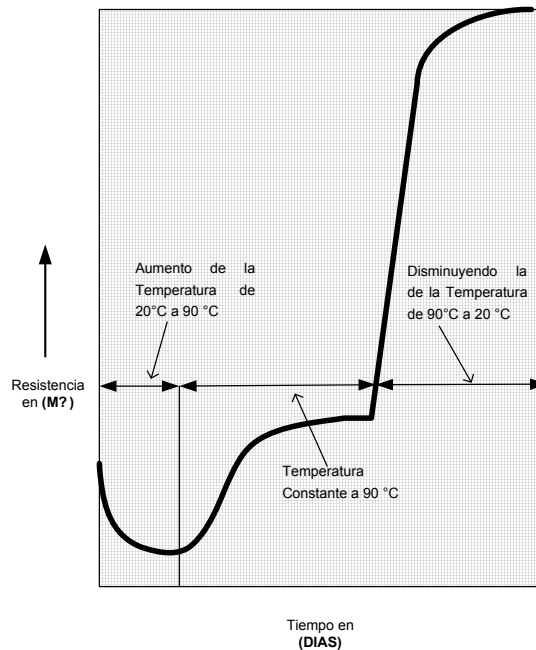
3.1.8.3 Otras consideraciones con equipo inundado

Es importante el contar con historiales de mediciones en los equipos con la finalidad que al momento del secado puedan ser de ayuda.

Por ejemplo si tenemos un motor de 100 HP que ha sido inundado. Después de una limpieza, una lectura con el probador de Megger muestra 1.5 MΩ. A primera vista, es un valor que esta bien, si los registros anteriores muestran la resistencia de aislamiento oscila ente 1 y 2 MΩ. Sin embargo si los registros anteriores muestran los valores de resistencia normal de 10 a 20 MΩ, entonces usted sabe que el agua estaba todavía en los bobinados del motor.

La típica curva de secado para una armadura motor d-c muestra los cambios de resistencia de aislamiento. Durante la primera parte de la grafica, realmente la resistencia disminuye a causa de la temperatura más alta. Luego se eleva a temperatura constante por el proceso de secado. Por último, se eleva a un valor alto, cuando esta a temperatura ambiente.

Figura 26. Curva de secado típica donde un minuto de las lecturas de resistencia de aislamiento se toman cada cuatro horas en un promedio de 5 días



James G. Biddle Co., Manual on **electrical insulation testing for the practical man.**

First edition. EEUU: s.l.i., s.i.p.. 1,966

Condiciones ambientales perjudiciales

En un programa general de mantenimiento preventivo se deben tener en cuenta dos funciones:

1. Identificar y corregir la condición perjudicial
2. Planear las reparaciones o los reemplazos antes de que ocurra la falla, si no se puede corregir la condición

El tiempo de vida de un motor se determina, salvo por accidentes mecánicos, con la de los devanados, en los cuales el punto clave es el aislamiento.

El aislamiento que se aplica a un motor determinado se puede dividir en dos funciones principales:

- aislamiento contra tierra, que es el aislamiento que separa las partes energizadas, del armazón o de tierra,
- aislamiento entre vueltas que separan y aíslan las vueltas o conductores con diferentes potenciales.

Una falla del aislamiento contra tierra produce un devanado a tierra; la falla del aislamiento entre vueltas produce un devanado en cortocircuito.

Cuando falla el aislamiento se debe tomar la decisión de si se repara el aislamiento, se rebobina o se reemplaza el motor. La vida útil esperada del aislamiento puede ser muchos años (no es raro que sea de 20 años), aunque ciertas condiciones perjudiciales pueden reducirla a un tiempo muy corto. Por ello es indispensable que los operarios de mantenimiento preventivo tengan una idea general de los sistemas de aislamiento, y en particular, de los elementos perjudiciales que producirían la falla prematura.

3.1.8.4 Los Sistemas de aislamiento

En general, el aislamiento se puede dividir en dos funciones principales: eléctrico y mecánico.

El aislamiento eléctrico impide el paso de la corriente y el aislamiento mecánico da la resistencia mecánica necesaria.

Hay muchos tipos diferentes de aislamiento destinados a una o más de las siguientes condiciones: esfuerzos mecánicos y eléctricos, compresión, tensión, abrasión, vibraciones, temperaturas extremas, humedad alta, polvo, grasa, aceite y ácidos o álcalis. Para complicar más su selección durante la fabricación, algunos se pueden conformar con facilidad y otros deben mantener su configuración. Algunos aislamientos tienen una

combinación de propiedades eléctricas y mecánicas, pero en general, la mayor parte de los aislamientos tienen una o dos ventajas y una serie de desventajas.

Cuando un motor falla y hay que rebobinarlo, el departamento de mantenimiento debe comprobar que se informe al taller de reparación de cualesquier condición perjudicial particular, a fin de poder aplicar el aislamiento adecuado.

El funcionamiento ideal de un motor en lo que respecta a la duración del aislamiento consiste en: bajos voltajes y bajas temperaturas de funcionamiento, baja velocidad, cargas de choque pequeñas, pocos arranques, arranque a voltaje reducido y aire limpio y seco para su enfriamiento. Sin embargo un motor diseñado para estas condiciones ideales no sería el más indicado para muchas aplicaciones actuales. Por ello, se han creado aislamientos especiales para restringir algunas o todas las condiciones perjudiciales. Por supuesto, la aplicación para un servicio muy severo requiere diseño cuidadoso y aislamiento de máxima calidad y de precio muy elevado

3.1.8.5. Humedad

La humedad absorbida disminuye la resistencia del aislamiento de los devanados y el aislamiento se puede romper y dejar que la corriente de línea salte a tierra, con lo cual se inutilizaran los devanados, o bien, la reducción en la capacidad aislante puede ocasionar una descarga entre los diferentes potenciales del aislamiento y el devanado tendrá un corto circuito. Hay aislamientos especiales disponibles de mayor costo, que impiden la absorción de la humedad en forma total o parcial.

Si los devanados están húmedos, hay que examinar el aislamiento antes de poner en marcha el motor y podría ser necesario sacar los

devanados. Una vez que un devanado tiene una descarga a tierra o interno se desgarran el aislamiento y hay que repararlo antes de poner en marcha el motor.

Mugre, grasa, carbón, polvo, etc. estas partículas extrañas reducen el nivel del aislamiento de los devanados y absorben la humedad, con lo cual se pueden producir fallas a tierra o cortocircuitos en los devanados. Además, la acumulación de partículas extrañas reduce la ventilación y produce temperaturas de funcionamiento más altas. Si los devanados estándar no se pueden mantener limpios, hay aislamientos especiales disponibles impenetrables al polvo, humedad, etcétera.

Además si se disminuye la ventilación por la acumulación de mugre se puede necesitar aislamientos para temperaturas más altas.

3.1.8.6. Procedimientos generales de mantenimiento

Como una regla general, los motores eléctricos requieren de una cantidad limitada de mantenimiento, la mayoría de las compañías conservan sus registros de manera que listan la naturaleza de la falla del equipo, la fecha, el tiempo de reparación y las partes o componentes de reemplazo en una máquina en particular. Muchas veces estos registros revelan ciertos problemas que ocurren a intervalos de tiempo regulares, tales como fallas en chumaceras y escobillas y otros de este tipo.

Algunas compañías eligen cambiar chumaceras y escobillas en los periodos de tiempo en que una planta no está en operación, para no esperar a que la máquina falle. Cuando no es posible establecer periodos de mantenimiento preventivo, o bien no es deseable en ciertos casos, se pueden localizar en un motor sensores de vibración sobre el eje, con el cual se pueden detectar fallas antes de que estas ocurran y permite cambiar

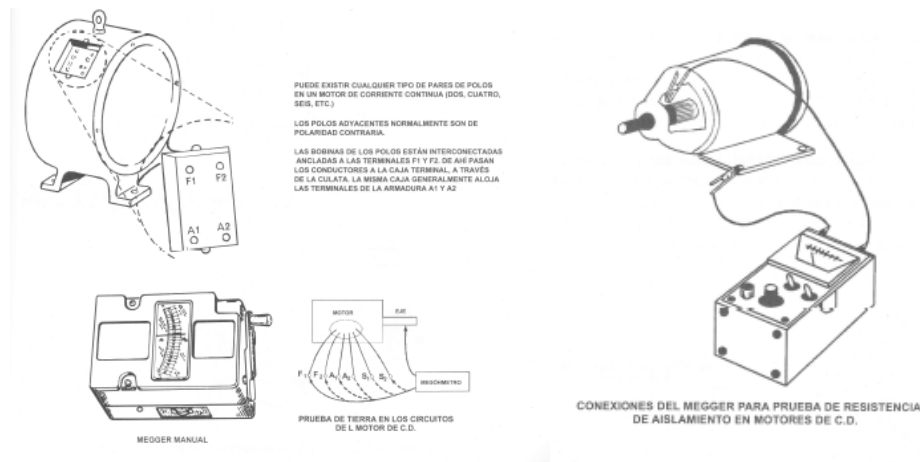
chumaceras durante periodos de tiempo en que la maquina no esta en operación, en lugar de que se presente una falla durante la producción

Localización de fallas en un motor de corriente directa

Una de las pruebas preliminares que de deben llevar a cabo en la llamada prueba a tierra con un megger, para lo cual se deben desconectar las terminales de la armadura y el campo del controlador para llevar a cabo las pruebas de continuidad y de tierra en los devanados del campo shunt y campo serie, así como al circuito de armadura.

La prueba de tierra se hace conectando una terminal de un megohmetro a un eje o a una parte sin pintura del la carcasa del motor, y se conecta la otra terminal del megohmetro a cada una de las terminales del motor en turno como se muestra en la figura siguiente. Una lectura del óhmetro con un valor cero significa un circuito a tierra.

Figura 27. Prueba típica de Megger a Motor C.C

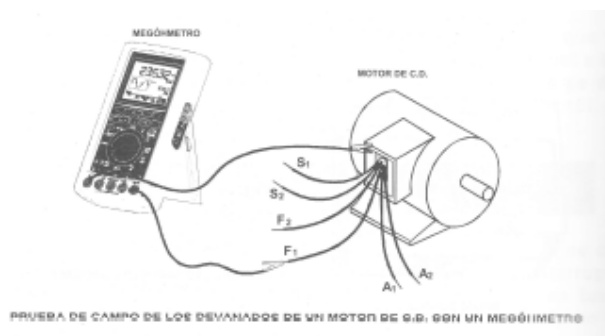


Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. **Pruebas y Mantenimiento a Equipos Eléctricos.**

Edición Limusa, México, 2009, 524 pp.

Ciertos criterios marcan que en el rango de 1.5 a 15 MΩ es aislamiento es pobre, 15 -50 MΩ regular y de 50-210 MΩ bueno. Sin embargo la ANSI/IEEE 43-2000 recomienda que para máquinas debajo de 1 KV la resistencia de aislamiento mínima es de 5 MΩ el valor de 1 MΩ se especificaba para ANSI/IEEE 43-1,974

Figura 28: Prueba típica de Megger a Motor C.A.



Fuente: Harper, Gilberto Enríquez. **Pruebas y Mantenimiento a Equipos Eléctricos.**

Edición Limusa, México, 2009, 524 pp.

3.2 Cables y Tableros

3.2.1 Generalidades sobre pruebas de aislamiento

Considerar las generalidades descritas en los motores

3.2.2 Normas que rigen las pruebas en cables y tableros

3.2 .2.1 Cables: NORMA: ANSI/IEEE Std. 400-1980 IEEE Guide for making high-direct-voltage test on power cable systems in the field

Esta prueba de aplica a todos los tipos de sistemas de aislamientos de cables que operan entre el rango de 2,000 a 69,000 Voltios, no aplica a

cables de comunicación, control, alta frecuencia y otros cables para propósitos especiales.

En nuestro caso el valor máximo de Voltaje es 480 Voltios, por lo cual se especifica únicamente como referencia en el caso se tenga un mayor voltaje.

Anotaciones Westinghouse Electrical Maintenance Hints, Vol.1, Chapter 7, Cable Construction an Application:

El fabricante de cables podrá suministrar información sobre pruebas, recomendaciones y aplicaciones de voltajes límites para trabajar con cables nuevos y usados.

En mucha ocasiones, los circuitos están contruidos por diferentes clases, tamaños y tipos de cables, que a su vez son suministrados por diversos fabricantes. Es por esta razón que las pruebas que se van a realizar se basan mas en los voltajes de operación del cable que en la clase de este.

Para determinar la condición y confiabilidad del cable en instalaciones antiguas y para repeticiones de pruebas, se deben utilizar los siguientes valores de voltajes recomendados:

3.2.2.2. IEEE Recommended practice for electric power systems in commercial buildings Std. 241-1974

Los procedimientos aquí enunciados son una guía y están sujetos a variaciones.

Debido a que generalmente cuando se habla de que el cable tiene una buena resistencia de aislamiento, se habla de miles y cientos de miles de MΩ; la prueba de aislamientos realizada con un megger dará una indicación muy general de la condición de deterioro del aislamiento del cable usado para alto voltaje. Sin embargo, para cables de mediano voltaje, la prueba realizada con megger es bastante útil y práctica.

Los voltajes de prueba usados en fábrica o en el campo deben llenar los siguientes requerimientos:

1. Para evitar daños en un aislamiento que se encuentre en buenas condiciones, deberán aplicarse voltajes de prueba moderados, no tan elevados
2. Para que la prueba que se va a realizar, realmente proporcione una indicación de una falla incipiente en un mal aislamiento, el voltaje de prueba deberá ser suficientemente alto.

Para un cable con un buen aislamiento, la relación de corrientes entre la lectura 5 (máximo voltaje) y la lectura 1 (de inicio de prueba) estará entre 1.25 y 2. Las relaciones obtenidas entre 1 y 1.25 son valores mínimos aceptados; cualquier relación menor que 1 deberá ser considerada como un resultado malo.

3.2.3. Inspección y Mantenimiento

3.2.3.1 Cables:

La resistencia de aislamiento del equipo eléctrico se afecta por muchas variables tales como el diseño; el tipo de material aislante utilizado, incluidos las ataduras y los compuestos de impregnación; el espesor del aislamiento y su área; la limpieza, la humedad y la temperatura. Para que las lecturas de resistencia de aislamiento sean una medición concluyente de las condiciones del equipo que se prueba, deben tomarse en consideración estas variables.

Después de que el equipo se ha puesto en servicio, la clase de material aislante utilizado, y su espesor y el área dejan de ser variables, permitiendo que se establezcan los valores de resistencia mínimos dentro de

tolerancias tolerables. Las variables que deben considerarse después de que el equipo se ha puesto en servicio, y el tiempo en que se hacen las mediciones de resistencia de aislamiento son limpieza, humedad, temperatura y daño mecánico (tal como fractura).

3.2.3.2. Buenos cuidados

Los requerimientos más importantes para la operación confiable del equipo eléctrico son limpieza, y la eliminación de la penetración de humedad en el aislamiento. Esto se puede considerar como buenos cuidados, y es esencial en el mantenimiento de todos los tipos de equipo eléctrico. El hecho de que la resistencia de aislamiento se afecta por la humedad y la suciedad, con los cuidados debidos de temperatura, hace del probador de aislamiento Megger una herramienta valiosa en el mantenimiento eléctrico. Es desde luego un indicador de limpieza y buenos cuidados así como un detector del deterioro y problemas inminentes.

3.3 Tableros eléctricos

3.3.1. El mantenimiento a tableros

En términos generales a los tableros de medición, control y/o protección, ya sea de media o baja tensión, se les somete a dos tipos de inspecciones en el caso del mantenimiento preventivo, que son:

1. Inspección mecánica
2. Inspección eléctrica

3.3.2 Inspección mecánica

- Que todas las tapas estén colocadas y aseguradas adecuadamente con sus tornillos

- Que todas las puertas bisagras y cierres, funcionen engrasadas y libres
- Que todo el equipo ocupe el lugar preciso, especialmente aquel que se haya movido o se suministre por separado
- Verificar que no existan soportes de bloqueo o amarres en reles, fusibles y otros aparatos de medición

3.3.3 Inspección eléctrica:

Consiste principalmente en lo siguiente

- Verificar que las conexiones sean firmes y con el aislamiento adecuado.
- Verificar que las terminales de tierra se encuentren correctamente conectadas a sus electrodos y revisar las uniones entre gabinetes.
- Verificar que las conexiones secundarias para protección, control y medición estén firmes sin brincadores ni conexiones provisionales.
- Revisar que los fusibles estén colocados en su lugar y que sean de la capacidad adecuada para los servicios auxiliares, de acuerdo a los planos originales.
- Verificación de las zapatas de compresión cerradas para conexión de relevadores e instrumentos de medición, señalizados con transformadores de corriente
- Verificar el cableado del tablero al equipo, según lista de cables.
- Verificar las luces interiores.
- Identificar las terminales y aparatos que correspondan a lo indicado en los planos.
- Verificar continuidad cable tierra - gabinete
- Ejecutar prueba de resistencia de aislamiento de la base aislante que sujeta los cables de los circuitos de potencial de corriente y control. Esta prueba se debe realizar midiendo entre conductor y partes

metálicas (gabinete) verificando que durante la prueba no existan circuitos conectados a tierra.

- Prueba de aplicación de potencial a todos los circuitos que reciban señalización de voltaje CD o CA. Esta medición deberá efectuarse en todas las tablillas y terminales de cada uno de los circuitos de control, protección y medición; verificando en los instrumentos y aparatos montados, la llegada de la señal correcta de potencial.
- Las pruebas de funcionamiento eléctrico que incluyen:
 - Verificación de operación de los relevadores principales y auxiliares, incluyendo su calibración
 - Verificación de operación de los tableros de alarmas
 - Verificación de todas las lámparas de señalización
 - Verificación de operación de instrumentos de medición como: voltímetros, amperímetros, vatímetros y otros.

3.3.4 Pruebas de verificación en planta

Como parte de la recepción de tableros se deben efectuar pruebas que eventualmente podrían ser de prototipo y que se refieren a los aspectos generales de construcción. Estas pruebas son por ejemplo, las de cortocircuito y protección.

3.3.5 El procedimiento generalizado de pruebas de mantenimiento a tableros

Los requisitos necesarios para iniciar la fase de prueba a un tablero eléctrico son los siguientes:

1. Que el tablero se encuentre desenergizado.
2. Que se disponga de planos e información del fabricante.
3. Los diagramas unifilares.

4. Como equipo, se debe tener al menos un multímetro, un probador de resistencia de aislamiento (MEGGER) y un secuencimetro.
5. Revisar que los drenajes de trincheras funcionen adecuadamente.

3.3.6. Verificación de tableros

- Comprobar que los interruptores y cuchillas desde el lado de tensión mediana del transformador alimentadores, se encuentren abiertos y en libranza (desenergizado).
- Verificar que el interruptor principal del tablero (lado de baja tensión del transformador), se encuentra abierto y en libranza (desenergizado)
- Efectuar la inspección visual para comprobar la integridad, de acuerdo a la información técnica del fabricante.
- Verificar la limpieza del tablero (barras, aisladores, celdas, etc.)
- Verificar que todas las conexiones de las barras y derivaciones estén debidamente apretadas, de acuerdo a las instrucciones del fabricante y a especificaciones
- Verificar que tanto el tablero como la barra de tierra, se encuentran al sistema de tierra de la instalación, bajo el mismo potencial
- Desconectar de la instalación transformadores de potencial, voltímetros, apartarrayos (600 V – 7.2 KV), etc. Para efectuar la prueba de resistencia de aislamiento, conectándolos después de la prueba.
- Efectuar la prueba de resistencia de aislamiento de acuerdo a consideraciones anteriores:

500 VDC para: tableros hasta 600 V

Observación: Esta prueba de resistencia de aislamiento debe efectuarse con los interruptores y transformadores de potencial en posición de desconectado, para que la lectura no se vea afectada por estos equipos.

Esta prueba de resistencia de aislamiento se debe realizar conectando el equipo de prueba como se indica a continuación:

- Inspeccionar todos los relevadores, medidores o cualquier instrumento para determinar si las conexiones están hechas correctamente, asegurando que los dispositivos operen apropiadamente.
- Verificar que los calentadores de espacio cumplan con lo siguiente.
 - a. Que estén conectados y colocados de acuerdo a la información técnica
 - b. Que operen bajo un control de temperatura por medio de un termostato calibrado en 10 C arriba de la temperatura ambiente para evitar condensación
- Comprobar que las compuertas (barreras de aislamiento de cada uno de los cubículos de los interruptores), operen adecuadamente (En caso de voltajes de 600 V – 7.2 KV)

3.3.7 Criterios de aceptación para tableros

- Haber cumplido satisfactoriamente con las pruebas y límites de valores permisibles de cada uno de los puntos del procedimiento
- No debe existir diferencia entre la tensión del secundario del transformador y del tablero
- La secuencia de fases debe ser A, B, C correspondiendo de izquierda a derecha vista desde la parte frontal del tablero

3.3.8. Procedimiento para la puesta en servicio de tableros

Antes de energizar un tablero se debe verificar que se cumpla con lo siguiente:

- Verificar que el área de encuentro acordonada

- El tablero se encuentra en condiciones óptimas después de haber efectuado las pruebas anteriores, y los interruptores están abiertos y en posición de prueba o extraídos
- Verificar que a los medidores y equipos de protección se les halla efectuado las pruebas y calibraciones según fabricante
- Revisar que los circuitos de control del interruptor principal cumplan con el procedimiento del fabricante
- Verificar que se hayan efectuado las pruebas a los cables alimentadores del tablero
- Comprobar que los transformadores de instrumentos hayan cumplido con las pruebas de mantenimiento
- Verificar que los relevadores de protección se hayan probado de acuerdo a su procedimiento
- Verificar que los cuadros de alarma se encuentren en servicio
- Comprobar que los transformadores de potencial se encuentran conectados, fusibles primarios y secundarios
- Verificar que sean quitadas las conexiones de puesta a tierra provisionales durante la prueba de aislamiento.

3.3.9. Procedimiento de pruebas a cables de tableros

Fase de cables. Verificar la etiqueta o etiquetar la fase del conductor o conductores, probando mediante pulsos intermitentes a tierra y verificar con el analizador en el otro extremo del conductor, lecturas de continuidad y no continuidad.

Medición de resistencia de aislamiento. Considerar lo anterior descrito

Para cables de potencia de baja tensión, se debe medir la resistencia de aislamiento entre cualquier posible combinación de conductores en el propio cable y entre cada conductor a tierra con los otros conductores en el mismo cable aterrizados.

Criterios de aceptación de tableros

- Se considera aprobatorio el faseo de cables si el medidor con el multímetro nos da continuidad.
- El valor de resistencia de aislamiento efectuada después de la prueba de alta tensión debe ser semejante al realizado antes de la prueba de alta tensión
- Se considere aprobatoria la prueba de alta tensión de CD si no se presentan fallas como flameo y descargas externas.

3.4 Interruptores

Para los interruptores tomar consideraciones de lo establecido en el capítulo 4. Por ser dispositivos de protección, al estar mojados lo que procede es el cambio total de los equipos que estuvieron expuestos. Una serie de recomendaciones para su mantenimiento preventivo se puede consultar en la NFPA 70B.

3.5 Subestaciones eléctricas (transformadores)

3.5.1. Generalidades sobre pruebas de aislamiento

Considerar generalidades descritas en los motores

3.5.2 Normas que rigen las pruebas en transformadores

3.5.3. Transformadores: Anotaciones NORMA ANSI/IEEE C57.94 Y C.57-12.91 Y WESTINGHOUSE ELECTRICAL MAINTENANDE HINTS, VOL.3, CHAPTER 7; VOL.2, CHAPTER 17

Transformadores de distribución tipo seco (no inmersos en aceite)

Las pruebas de aislamiento deberán realizarse cuando el transformador este listo para ser puesto en operación o cuando se programe realizarle trabajos

de mantenimiento. Estas pruebas sirven para asegurar que la unidad bajo prueba esta en condiciones de ser puesta en operación o de continuar en servicio. La comparación entre resultados de pruebas anteriores y actuales permite establecer tendencias en el comportamiento del aislamiento.

Los valores de resistencia mínimos, que a continuación se mencionan, pueden servir de guías no se tiene acceso al manual de instrucciones del fabricante. Estos valores han sido tomados de la norma ANSI/IEEE C57.94 y son basados en pruebas realizadas de acuerdo con la norma C57-12.91.

3.5.4. Resistencia de Aislamiento

Los siguientes valores mínimos pueden ser usados. (1)

Figura 29. Resistencia de aislamiento mínima para transformadores

Clase de devanado kv*	Resistencia de aislamiento MΩ
1.2	600
2.5	1,000
5.0	1,500
8.7	2,000
15.0	3,000

*Voltaje de línea a Tierra

(1) para transformadores, cuyo aislamiento se encuentra seco, se espera lecturas de 5 a 10 veces los valores mínimos.

Para realizar estas pruebas, los megger deberán operar a 500 voltios o más.

3.5.5 Anotaciones WESTINGHOUSE ELECTRICAL MAINTENANDE HINTS, vol.3, chapter 4 liquid immersed power transformers

Transformadores de potencia sumergidos en aceite

Comparando los resultados obtenidos en las pruebas de fábrica y los obtenidos en las pruebas de resistencia de aislamiento efectuadas en el campo, se podrá establecer si un transformador se encuentra sin humedad, y en condiciones de ser puesto en operación.

Figura 30. Resistencias típicas de aislamientos a 20 °C para varias clases de operación de transformadores en aceite.

Voltajes de Línea - Línea	
kV	MΩ
1.2	32
2.5	68
5	135
8.66	230
15	410
25	670
34.5	930
46	1,240
69	1,860

Figura 31. Índice de polarización en transformadores

Índice de Polarización Guía para la evaluación de la condición de transformadores	
Condición	Índice de Polarización
Peligrosa	Menos de 1.0
Pobre	1.0 a 1.1
Cuestionable	1.1 a 1.25
Justo	1.25 a 2.0
Bueno	Arriba de 2.0

Fuente: *Myers, Standlet D., et.al. **A guide to transformer Maintenance**. 1st edition, 2nd printing. EEUU: Editorial S.D. Myers. 1981

Esta tabla tiene algunas variantes entre autores, siendo esta la que mejor se aplica a nuestra información.

3.5.6 Prueba de resistencia de aislamiento en transformadores

Antes de realizar la prueba de resistencia de aislamiento en los transformadores se recomienda:

- Desconectar todos los terminales de boquillas. Cuando el transformador tiene salida por cable subterráneo es recomendable hacer la prueba con todo y cable desde el transformador hasta el interruptor principal.
- El tanque del transformador debe estar sólidamente conectado a tierra.
- Desconectar los neutros de los devanados.
- Se deben poner puentes entre los terminales de las boquillas de los devanados primario y secundario.
- Observar que no presenten cambios bruscos de temperatura durante la prueba.
- Previo a la realización de las pruebas limpiar las boquillas de polvo y humedad.

Factores que influyen sobre la resistencia de aislamiento.

- Efecto de la condición de superficie de aislamiento. Las impurezas tales como carbón, polvo puede bajar la resistencia de aislamiento.
- Efecto de la humedad. La humedad en los materiales aislantes hace que se presente una reducción en la resistencia de aislamiento.
- Efectos de la temperatura. La resistencia de aislamiento varía en forma inversa con la temperatura en la mayoría de los aislamientos.

3.5.7. Inspección y mantenimiento

Transformadores

Los valores aceptables de resistencia de aislamiento aceptables para transformadores secos y en compuesto deben ser comparables con los de la

maquinaria rotatoria clase A, aunque no hay disponibles valores mínimos normales. Los transformadores en aceite o los reguladores de voltaje presentan un problema especial en que las condiciones del aceite tienen una influencia marcada en la resistencia de aislamiento de los embobinados.

Para pruebas del embobinado a tierra con el otro embobinado o embobinados a tierra, los valores serán mucho menores que los dados por la fórmula. R en esta fórmula se basa en aceite seco, libre de ácidos y sedimentos, y boquillas y terminales en buenas condiciones.

La resistencia del aislamiento no está directamente relacionada a la resistencia dieléctrica del material. En principio, cualquier material puede conducir si se aplica un potencial suficientemente alto al mismo y pueden llevar a la ruptura dieléctrica. La prueba es esencialmente indicativa y puede servir de base para determinar si es posible realizar otros experimentos de alto voltaje al aislamiento.

La resistencia de aislamiento se define como: el valor de la resistencia en $M\Omega$ que ofrece un aislamiento al aplicarle un voltaje de corriente directa, durante un tiempo dado y medido a partir de la aplicación del mismo. Se usa como referencia de tiempo de 1 a 10 minutos. A la corriente que fluye como resultado de la aplicación del voltaje de corriente directa a un aislamiento se le conoce como, corriente de aislamiento y tiene dos componentes principales:

- a. La corriente que circula dentro del volumen del propio aislamiento. Esta corriente tiene dos componentes:
 - i. Una corriente capacitiva
 - ii. Una corriente de absorción dieléctrica.
- b. La corriente superficial al aislamiento, conocida también como corriente de fuga

3.5.8 Concepto de absorción dieléctrica

El valor de la resistencia varía directamente con el espesor del aislamiento, y en forma inversa con el área del mismo. Cuando en un aislamiento se aplica un voltaje de corriente directa, el valor inicial de la resistencia es bajo pero se incrementa en forma gradual con el tiempo hasta que se estabiliza. Si se grafican los valores de resistencias de aislamiento obtenidas contra el tiempo. Se obtiene una curva que se le conoce como: curva de absorción dieléctrica. La pendiente de esta curva indica el grado relativo de suciedad o de secado del aislamiento.

Cuando el aislamiento está húmedo o sucio, su valor estable se alcanza en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba, y la curva que se obtiene tiende a bajar su pendiente. De hecho, la prueba de absorción dieléctrica verifica las características de humedad o de contaminación en el aislamiento. La curva se realiza por un período de 10 minutos, de acuerdo al siguiente procedimiento:

- Conectar el medidor de Megger para medir la resistencia de cada devanado a tierra. Si algún valor no da el mínimo recomendado, entonces se requiere revisar el transformador.
- Si todas las lecturas se encuentran arriba del valor mínimo de resistencia aceptable, entonces se registra la lectura más baja sobre la gráfica de prueba de absorción dieléctrica. Las lecturas se registran cada 10 segundos para el primer minuto y cada minuto para los siguientes 10 minutos.
- Desenergizar los devanados del transformador.
- Interpretar los resultados con la gráfica de absorción dieléctrica

4. PRUEBAS DE CAMPO REALIZADAS A EQUIPO DAÑADO

En este capítulo se incluyen los resultados de las pruebas realizadas a los diferentes equipos que fueron alcanzados por el agua.

Las mediciones fueron realizadas entre el 18 de octubre al 25 de noviembre de 2005, inclusive algunas en el año 2006 ya con algunos meses de funcionamiento posterior.

Algunos de los criterios mencionados en la parte teórica en este trabajo fueron considerados y la experiencia en la realización de este tipo de pruebas.

El método de comprobación fue aplicado en todas las pruebas. Esto debido a las circunstancias en que hubo que realizar las mediciones, por las condiciones del equipo, cantidad de equipo e importancia por restablecer los diferentes sistemas a corto plazo.

Cabe hacer mención que ninguno de los equipos medidos tienen historial de mediciones anteriores, por lo tanto, hubo que partir en las mediciones realizadas con el equipo mojado, mediciones realizadas con el equipo después de pasar por el proceso de mantenimiento correctivo.

La intención de medir la resistencia del aislamiento con los equipos mojados era saber el comportamiento del aislamiento en estas condiciones y posterior a éstas.

En cada equipo aparece el dato de placa y la referencia al diagrama unifilar dentro del sistema eléctrico.

Para la realización de estas pruebas se usaron los diferentes equipos de prueba de medición Megger. En el anexo B se pueden ver las características del equipo usado.

En el capítulo 3 de este trabajo se mencionan procedimientos genéricos de medición dentro de los cuales se ubican los equipos usados para las mediciones.

4.1 Motores eléctricos

A continuación se muestra las tablas con los resultados obtenidos, en algunos casos se logro realizar varias mediciones.

Para todos los casos:

La tensión de prueba aplicada fue de 500 V_{DC} según ANSI/IEEE Std. 43-2000.

Las mediciones fueron realizadas en cada bobina respecto a tierra en un tiempo de 60 segundos, según el método de comprobación.

No se tomaron consideración de temperatura ni humedad relativa.

Planta MZ.

Consideraciones:

La medida realizada el 18 de octubre 2005 es con el motor después de la inundación (mojado).

La medida realizada el 22 de octubre 2005 es con el motor después del proceso de mantenimiento.

Motor de molino de 100 HP. (diagrama 14)

Placa:	
Modelo	1LA0444SE41A
marca	SIEMENS
HP	100
Volts	460

PH **3**
 Amp **115**
 Hz **60**
 T. Amb. **40°C**
 Insul Class **F**
 Desing **B**

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	699.00	1,397.00
Bobina 2	500	696.00	1,525.00
Bobina 3	500	735.00	1,607.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran el aumento de la resistencia del aislamiento al doble, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (*ANSI/IEEE Std. 400-1980*).

Aunque la resistencia de aislamiento antes y después estaba sobre los niveles mínimos aceptables era necesario el mantenimiento del motor para evitar deterioro al mismo.

El motor trabajó normalmente.

Bomba moyno 3 HP (diagrama 14)

Modelo **XT**
 No. Serie **1YAB87507A1QX**
 marca **RELIANCE ELECTRIC**
 HP **3**

Volts **230/460**
 PH **3**
 Amp **7.6/3.8**
 Hz **60**
 T. Amb. **40°C**
 Insul Class **B**
 Enclose **TEFC**
 Desing **B**

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	217.20	106.60
Bobina 2	500	234.20	107.80
Bobina 3	500	236.90	108.10

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran la disminución entre la resistencia de aislamiento, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina. La disminución puede atribuirse a un mantenimiento mal realizado (secado insuficiente).

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, aunque hay disminuido la resistencia de aislamiento, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

Aunque la resistencia de aislamiento antes y después estaba sobre los niveles mínimos aceptables era necesario el mantenimiento del motor para evitar deterioro al mismo.

El motor trabajó normalmente.

Unidad refrigeración 100 HP (diagrama 14)

Modelo	LINC GUARD
No. Serie	3361681
Marca	LINCOLN AC MOTOR
HP	100
Volts	230/460
PH	3
RPM	1770
Amp	238/119
Hz	60
Frame	404TS
T. Amb.	40°C
SF	1.15
Duty	CONT
Insul Class	F
Desing	B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	2,884.00	2,790.00
Bobina 2	500	2,388.00	2,407.00
Bobina 3	500	3,194.00	3,201.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran similar resistencia del aislamiento, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina. Es posible que este motor no haya tenido mayor contacto con el agua y únicamente la humedad del ambiente pudo influir en las variaciones.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba torre de enfriamiento 30 HP (diagrama 14)

Modelo B564A
No. Serie E0801066122022F
Marca EMERSON
HP 30
Volts 208-230/460
PH 3
RPM 3520
Amp 82.2-71/35.8
Hz 60
Frame 286JM
Type UT4
T. Amb. 40°C
SF 1.25
Duty CONT
Insul Class B
Enclose TE
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	31.64	149.90
Bobina 2	500	34.60	395.70
Bobina 3	500	2,962.00	390.10

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después no muestran un patrón de comportamiento como en los motores anteriores. Hay un aumento no significativo en las dos primeras bobinas pero la tercera muestra valores inversos a los esperados.

Las comparaciones entre bobinas no son similares antes y después de las mediciones esto no es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras y esto puede significar el deterioro de alguna de las bobinas. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

Es posible que el motor presentara algún daño en sus aislamientos antes de la inundación y el aislamiento este dañado.

Aunque el motor trabaja al momento de su instalación, se recomienda darle seguimiento antes que pueda sufrir de un daño mayor.

Bomba recirculación 3 HP (diagrama 14)

No. Serie 8207H
Marca WESTING HOUSE
HP 1.5
Volts 230/460
PH 3
RPM 1740
Amp 5/2.5
Hz 60
Frame 145T
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Enclose EP
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	92.50	142.00
Bobina 2	500	0.19	224.80
Bobina 3	500	0.00	85.90

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después no muestran un patrón de comportamiento. Hay un aumento no significativo en las bobinas pero la tercera muestra valores preocupantes.

Las comparaciones entre bobinas no son similares antes y después de las mediciones esto no es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras y esto puede significar el deterioro de alguna de las bobinas. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

Es posible que el motor presentara algún daño en sus aislamientos antes de la inundación y el aislamiento este dañado.

Este caso en particular presento falla al momento de su funcionamiento.

Bomba salmuera 3 HP (diagrama 14)

Sin datos de placa

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	1,635.00	2,954.00
Bobina 2	500	1,258.00	2,172.00
Bobina 3	500	1,185.00	1,900.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran un aumento en resistencia del aislamiento, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, Sin embargo la primer bobina muestra valores más altos que las otras dos.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a excepción de la primera bobina, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba agua de proceso 15 HP (diagrama 14)

No. Serie 1823240
marca LINCOLN
HP 15
Volts 230/460
PH 3
RPM 3490
Amp 38/19

Hz 60
Frame 254T
Type 2544
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
Bobina 1	500	15.14	761.00
Bobina 2	500	16.08	719.00
Bobina 3	500	16.52	773.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran similar resistencia del aislamiento, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, Es posible que este motor no haya tenido mayor contacto con el agua y únicamente la humedad del ambiente pudo influir en las variaciones.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Planta PR.

Consideraciones:

La medida realizada el 19 de octubre 2005 es con el motor después de la inundación (mojado)

La medida realizada el 26 de octubre 2005 es con el motor después del proceso de mantenimiento

La medida realizada el 23 de noviembre 2005 es con el motor después un mes de funcionamiento con la intención de verificar los cambios que pueda tener la resistencia del aislamiento luego que el motor esta trabajando

La medida realizada el 26 de febrero de 2006 seguimiento al motor aprovechando un mantenimiento de planta programado

Bomba caldera de 1.0 MBTU (diagrama 22)

Modelo 8N184TTFR700 1AAN
No. Serie 834112
marca MARATHON ELECTRIC
HP 5
Volts 230/460
PH 3
RPM 3480
Amp 12.4/6.2
Hz 60
Frame 184T
Type TFR-BE
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	4.90	37.41	453.80	OL
Bobina 2	500	5.80	66.90	842.00	OL
Bobina 3	500	7.40	61.90	546.00	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo

mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba caldera de 1.5 MBTU (diagrama 22)

Modelo P25530-28 EG
No. Serie SABRE
marca RELIANCE ELECTRIC
HP 15
Volts 230/460
PH 3
RPM 3520
Amp 36/18
Hz 60
Frame 254T
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Enclose TEFC
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	1.17	2,685.00	∞	OL
Bobina 2	500	1.17	3,969.00	∞	OL
Bobina 3	500	1.16	4,304.00	∞	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba descarga (diagrama 7)

Modelo T-3389
No. Serie 2092309
marca LINCOLN
HP 3
Volts 230/460
PH 3
RPM 1750
Amp 8.4/4.2
Hz 60
Frame 182T
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class B
Enclose TEFC
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	9.86	1,278.00	∞	OL
Bobina 2	500	9.80	1,647.00	∞	OL
Bobina 3	500	9.03	1,290.00	∞	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba descarga mezclador (diagrama 7)

Modelo 028
No. Serie 51-391-103C
marca SIEMENS ALLIS
HP 3
Volts 230/460
PH 3
RPM 1730
Amp 7.9/4.0
Hz 60
Frame 182T
Type RGZ1CH
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	0.03	9.10	∞	910.00
Bobina 2	500	0.03	9.41	∞	897.00
Bobina 3	500	0.03	9.78	∞	897.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo. En este caso es

significativo el cambio en el aumento de la resistencia de aislamiento.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba ácido (diagrama 7)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	0.00	3,474.00	386.60	537.00
Bobina 2	500	0.00	3,622.00	364.60	548.00
Bobina 3	500	0.00	3,573.00	316.70	546.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado pero con el tiempo el aislamiento decae esto nos da la pauta que en algún momento el motor estuvo expuesto a condiciones que pudieron haber dañado el aislamiento.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba retorno agua enfriamiento (diagrama 8)

Modelo	F-6027-05-851-J290R117
marca	U.S ELECTRICAL MOTORS
HP	3
Volts	230/460
PH	3
RPM	1730
Amp	9.2/4.6
Hz	60
Frame	182T
Type	L TE
T. Amb.	40°C
SF	1.0
Duty	CONT
Insul Class	B
Desing	B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	0.03	332.00	∞	OL
Bobina 2	500	0.03	345.90	∞	OL
Bobina 3	500	0.03	352.40	∞	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba suministro agua enfriamiento (diagrama 8)

Modelo	5K215CG208A
Marca	GENERAL ELECTRIC
HP	3
Volts	220/440
PH	3
RPM	1750
Amp	14/7
Hz	60
Frame	215
Type	K
T. Amb.	40°C
SF	1.0
Duty	CONT

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	0.01	17.73	118.80	570.00
Bobina 2	500	0.01	79.00	121.50	515.00
Bobina 3	500	0.01	11.50	124.50	505.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

A pesar que los valores al final están sobre los valores mínimos de aislamientos, aun siguen bajos en comparación de otros motores analizados, es posible un aislamiento antiguo y desgastado.

El motor trabajó normalmente.

Bomba caldera aceite frío (diagrama 7)

Modelo	1-5108-45832-3-9
marca	ALLIS CHALMERS
HP	7.5
Volts	230/460
PH	3
RPM	3500
Amp	20.2/10.1
Hz	60
Frame	213T
Type	RGZZ
T. Amb.	40°C
SF	1.0
Duty	CONT
Insul Class	B
Desing	B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	11.87	2,570.00	3,597.00	OL
Bobina 2	500	11.24	2,448.00	4,489.00	OL
Bobina 3	500	11.18	2,566.00	4,463.00	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo. En especial este aislamiento se mantiene en buenas condiciones

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

A pesar que los valores al final están sobre los valores mínimos de aislamientos, aun siguen bajos en comparación de otros motores analizados, es posible un aislamiento antiguo y desgastado.

El motor trabajó normalmente.

Bomba torre agua de enfriamiento 1 (diagrama 7)

Modelo R-6773-02-7435
marca U.S ELECTRICAL MOTORS
HP 20
Volts 460
PH 3
RPM 3505
Amp 25.2
Hz 60
Frame 256T
Type TC
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	0.02	227.80	∞	OL
Bobina 2	500	0.02	238.40	∞	OL
Bobina 3	500	0.01	237.40	∞	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba de vacío 1 (diagrama 7)

No. Serie 1-5106-LR73938-01-1
marca SIEMENS
HP 25
Volts 460
PH 3
RPM 1170
Amp 32.2
Hz 60
Frame 326T
Type RGZ
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	406.00	649.00	875.00	1,856.00
Bobina 2	500	549.00	626.00	1,298.00	1,909.00
Bobina 3	500	604.00	659.00	4,404.00	2,017.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual en todos los casos, pero no es similar como en otras lecturas que hemos comentado.

Las comparaciones entres bobinas no son similares antes y después de las mediciones a pesar que la resistencia de aislamiento aumento, las condiciones son diferentes, a veces alguna de las bobinas puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba de vacío 2 (diagrama 7)

Modelo KH365TTG57079BBW
Marca MARATHON ELECTRIC
HP 50
Volts 230/460
PH 3
RPM 1180
Amp 124/62
Hz 60
Frame 365T
Type TGS
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B
PF 82
NEMA 99.17

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	3.83	1,546.00	187.60	603.00
Bobina 2	500	46.96	1,542.00	2,190.00	643.00
Bobina 3	500	5.39	1,612.00	222.90	647.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual en todos los casos, pero no es similar como en otras lecturas que hemos comentado.

Las comparaciones entres bobinas no son similares antes y después de las mediciones a pesar que la resistencia de aislamiento aumento, las condiciones son diferentes, a veces alguna de las bobinas puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

Con el tiempo el aislamiento ha disminuido puede ser algún grado de deterioro que pudo sufrir en el tiempo.

El motor trabajó normalmente

Bomba torre agua de enfriamiento 2 (diagrama 3)

No. Serie E03T0221TM2
marca SIEMENS
HP 30
Volts 220/440
PH 3
RPM 1765
Amp 73/36.5
Hz 60
Frame 286T
Type RGZZESD
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class F
Desing B
PF 93.0

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	22.84	3,488.00	∞	OL
Bobina 2	500	56.20	3,585.00	∞	OL
Bobina 3	500	63.70	3,514.00	∞	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba tanques P13, P6 y P7 (diagrama 8)

Modelo RK182TTGS8026AP L
No. Serie H533
marca MARATHON ELECTRIC
HP 3
Volts 230/460
PH 3
RPM 1725
Amp 8.8/4.4
Hz 60
Frame 182T
Type TGS
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Desing B
PF 76.3
NEMA 78.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	19.20	1,042.00	1,568.00	OL
Bobina 2	500	17.70	1,163.00	1,674.00	OL
Bobina 3	500	26.40	1,143.00	1,649.00	OL

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba tanque P12, P9 (diagrama 8)

Modelo TBEP
No. Serie 7304
marca WESTING HOUSE
HP 3
Volts 230/460
PH 3
RPM 1735
Amp 9.9/4.9
Hz 60
Frame 182T
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing BB

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-05	26-10-05	23-11-05	23-02-06
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	-	332.00	326.50	3,870.00
Bobina 2	500	-	345.90	331.60	3,902.00
Bobina 3	500	-	352.40	319.40	3,568.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas , en este caso particular no pudieron realizar al estar mojado pero después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, notando el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Planta PQ.

Consideraciones:

La medida realizada el 23 de octubre 2005 es con el motor después de la inundación (mojado)

La medida realizada el 27 de octubre 2005 es con el motor después del proceso de mantenimiento

La medida realizada el 25 de noviembre 2005 es con el motor después un mes de funcionamiento con la intención de verificar los cambios que pueda tener la resistencia del aislamiento luego que el motor esta trabajando

Bomba RPQ-1 (diagrama 3)

Modelo	S662a
No. Serie	E12-S662A-M
marca	EMERSON
HP	5
Volts	208-230/460
PH	3
RPM	3510
Amp	13.6-12.4/6.1
Hz	60
Frame	184T
Type	FUT
T. Amb.	40°C
SF	1.25
Duty	CONT
Enclose	TE
Desing	B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-10-05	27-10-05	25-11-05
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	1,763.00	1,546.00	∞
Bobina 2	500	3,031.00	1,201.00	∞
Bobina 3	500	3,884.00	1,442.00	∞

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran resultados los cuales varían entre uno y otro no siendo en todos los casos, es posible que las condiciones de la segunda medición fueron diferentes ya que no guardan relación comparativamente, hay una posibilidad que las mediciones no fueron satisfactorias.

Las comparaciones entre bobinas no son similares antes y después de las mediciones, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba lavador (diagrama 3)

Modelo AG994851
No. Serie 34-5336-5721
marca BALDOR
HP 3/4
Volts 208-230/460
PH 3
RPM 1725
Amp 3.2-3.1/1.5
Hz 60
Frame 56C
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Enclose TE
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-10-05	27-10-05	25-11-05
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	290.00	1,439.00	772.00
Bobina 2	500	300.00	1,867.00	777.00
Bobina 3	500	390.00	1,744.00	775.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, sin embargo al mes de trabajar el aislamiento muestra una tendencia a bajar en la mitad comparada con la segunda medición. Esto puede darse a condiciones que existían en el momento de las mediciones.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba molino (diagrama 1)

Modelo 1LA0445641A
marca SIEMENS
HP 125
Volts 460
PH 3
RPM 1785
Amp 115
Hz 60
Frame 444T
Type RG2ESD41A
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Desing B
NEMA 73%

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-10-05	27-10-05	25-11-05
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	237.90	363.20	815.00
Bobina 2	500	227.50	359.90	869.00
Bobina 3	500	230.50	369.20	865.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada bobina, esto demuestra la incidencia que puede tener la resistencia de aislamiento con el equipo mojado y el mejoramiento que puede tener internamente conforme su condición normal seco se alcanza con el tiempo.

Las comparaciones entre bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Bomba desplazamiento (diagrama 3)

Modelo BT565353
No. Serie F0302262020
marca BALDOR
HP 3
Volts 230/460
PH 3
RPM 1750
Amp 8.2/4.1
Hz 60
Frame 182T
T. Amb. 40°C
SF 1.11
Duty CONT
PF 80.7
NEMA 87.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-10-05	27-10-05	25-11-05
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	∞	∞	OL
Bobina 2	500	∞	∞	OL
Bobina 3	500	∞	∞	OL

Conclusiones:

Mediciones poco comunes que indica que el motor esta en excelentes condiciones.

Bomba torre de enfriamiento (diagrama 3)

Identificación BOMBA TORRE
Modelo WL184TTGS8020APL
Marca MARATHON ELECTRIC
HP 5
Volts 230/460
PH 3
RPM 1735
Amp 13.2/6.6
Hz 60
Frame 184T
Type TGS
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class F
Enclose EPFC
Desing B
PF 80.7

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-10-05	27-20-05	25-11-05
		R (MΩ)	R (MΩ)	R (MΩ)
Bobina 1	500	1,117.00	∞	658.00
Bobina 2	500	1,157.00	∞	689.00
Bobina 3	500	1,024.00	∞	688.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después y con el equipo en servicio muestran un aumento gradual similar en las primeras mediciones en la ultima medición hubo una disminución de la resistencia de aislamiento, probablemente por las condiciones en que fueron tomadas considerando factores externos.

Las comparaciones entres bobinas son similares antes y después de las mediciones y esto es un buen indicio, a veces alguna de las fases puede estar en diferentes condiciones que las otras. (ANSI/IEEE Std. 400-1980).

El motor trabajó normalmente.

Mantenimiento

Para los siguientes motores solo fue tomada una lectura que fue después de realizar el mantenimiento, por la necesidad de restablecer el sistema a un corto tiempo.

Por lo tanto, sólo se mencionará brevemente el estado del equipo sin poder comparar resultados como se hizo con los motores anteriores.

Bomba caldera bunker (diagrama 22)

Identificación	BOMBA BUNKER CALDERA 125 HP
Modelo	2N104-H
No. Serie	LR-22132
HP	3/4
Volts	220/440
PH	3
RPM	1725
Amp	2.7/1.3
Hz	60
Frame	F56
Type	K
T. Amb.	40°C
SF	1.25
Duty	CONT

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	203.30
Bobina 2	500	216.40
Bobina 3	500	225.00

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Bomba caldera bunker (diagrama 22)

Modelo 71
No. Serie 0884
marca WEY
HP 1/2
Volts 230/460
PH 3
RPM 1730
Amp 2.15/1.08
Hz 60
Type ET
T. Amb. 40°C
SF 1.25
Duty CONT
Insul Class B
Enclose TEFC
Desing K

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	∞
Bobina 2	500	∞
Bobina 3	500	∞

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento en buen estado.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Bomba caldera agua (diagrama 22)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	1,770.00
Bobina 2	500	1,483.00
Bobina 3	500	1,606.00

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento en condiciones similares a motores presentados anteriormente.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Bomba caldera agua (diagrama 22)

Modelo M3615T
No. Serie F100
marca BALDOR
HP 5
Volts 208-230/460
PH 3
RPM 1750
Amp 13.8-13/8.7
Hz 60
Frame 184T
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Desing B
PF 79
NEMA 87.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	2,510.00
Bobina 2	500	2,730.00
Bobina 3	500	3,096.00

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento en condiciones similares a motores presentados anteriormente.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Compresor de aire 50 HP (diagrama 22)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	144.40
Bobina 2	500	150.80
Bobina 3	500	139.00

Conclusiones:

- Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
- Las comparaciones entres bobinas son similares.
- El motor trabajó normalmente.

Bomba general hidrantes (diagrama 22)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	2,690.00
Bobina 2	500	3,059.00
Bobina 3	500	3,263.00

Conclusiones:

- Resistencia de aislamiento en condiciones similares a motores presentados anteriormente.
- Las comparaciones entres bobinas son similares.
- El motor trabajó normalmente.

Planta EM

Bomba tanques E-6, E-7, E-8 (diagrama 18)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	1.90
Bobina 2	500	1.90
Bobina 3	500	1.92

Conclusiones:

- Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
- Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajo sin embargo este motor presento problemas posteriores.

Bomba desplazamiento + (diagrama 18)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	993.00
Bobina 2	500	1,125.00
Bobina 3	500	1,283.00

Conclusiones:

- Resistencia de aislamiento similar a las anteriores.
- Las comparaciones entre bobinas son similares.
- El motor trabajó normalmente.

Bomba solvente No. 1 (diagrama 18)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	14.44
Bobina 2	500	38.05
Bobina 3	500	33.77

Conclusiones:

- Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
- Las comparaciones entre bobinas son similares.
- El motor trabajó normalmente.

Planta INS.

Bomba descarga L-1

No. Serie 8211M
Marca WESTING HOUSE
HP 1
Volts 230/460
PH 3
RPM 1750
Amp 4/2
Hz 60

Frame 143T
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Enclose TE
Desing B
NEMA 75.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	38.41
Bobina 2	500	38.16
Bobina 3	500	39.58

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
 Las comparaciones entres bobinas son similares.
 El motor trabajó normalmente.

Bomba descarga

Modelo 5K184CN110AP
No. Serie V.C
marca GENERAL ELECTRIC
HP 5
Volts 230/460
PH 3
RPM 3520
Amp 14.2/7.1
Hz 60
Frame 184T
Type K
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B
NEMA 82.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	10.95
Bobina 2	500	9.31
Bobina 3	500	20.26

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entre bobinas difieren esto es signo que el aislamiento puede tener algún problema.

El motor trabajó normalmente.

Bomba descarga M-4 (diagrama 16)

Modelo	RK182TTG58026AP L
No. Serie	H533
Marca	MARATHON ELECTRIC
HP	3
Volts	230/460
PH	3
RPM	1725
Amp	8.8/4
Hz	60
Frame	182T
Type	TGS
T. Amb.	40°C
SF	1.15
Duty	CONT
Insul Class	F
Desing	B
PF	76.3
NEMA	78.5

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	1.39
Bobina 2	500	0.90
Bobina 3	500	0.79

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entres bobinas no son simialres, una de las bobinas puede estar dañada.

Bomba descarga M-3 (diagrama 16)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	110.50
Bobina 2	500	120.00
Bobina 3	500	125.30

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Bomba descarga M-5 (diagrama 16)

No. Serie M95T001 5 236
marca SIEMENS
HP 5
Volts 230/460
PH 3
RPM 1715
Amp 13.2/6.6
Hz 60
Frame 184T
Type RGZ
T. Amb. 40°C
SF 1.15
Duty CONT
Insul Class F
Enclose TEFC
Desing B
NEMA 82.0

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	∞
Bobina 2	500	∞
Bobina 3	500	∞

Conclusiones:

Motor en buen estado.

Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó sin complicaciones.

Bomba descarga M-2 (diagrama 16)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	116.40
Bobina 2	500	183.00
Bobina 3	500	505.00

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entres bobinas no son similares, puede presentar problemas en una de sus bobinas.

El motor trabajó normalmente.

Bomba lavado barriles 1 (diagrama 16)

Modelo 5K213CG3-A
No. Serie JA
marca GENERAL ELECTRIC
HP 5
Volts 220/440
PH 3
RPM 3525
Amp 14.6/7.2
Hz 60
Frame 213
Type K
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT

Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	4.65
Bobina 2	500	4.52
Bobina 3	500	4.46

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
Las comparaciones entres bobinas son similares.
El motor trabajó normalmente.

Bomba lavado barriles 2 (diagrama 16)

Modelo 5K213CG3-A
No. Serie JA
marca GENERAL ELECTRIC
HP 5
Volts 220/440
PH 3
RPM 3525
Amp 14.6/7.2
Hz 60
Frame 213
Type K
T. Amb. 40°C
SF 1.0
Duty CONT
Insul Class B
Desing B

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-05
		R (MΩ)
Bobina 1	500	23.54
Bobina 2	500	23.40
Bobina 3	500	23.02

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.
Las comparaciones entres bobinas son similares.

El motor trabajó normalmente.

Bomba tanque E-1 (diagrama 18)

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		R (MΩ)
Bobina 1	500	20.07
Bobina 2	500	11.20
Bobina 3	500	10.90

Conclusiones:

Resistencia de aislamiento relativamente bajas.

Las comparaciones entre bobinas no son similares puede que exista algún problema con una de ellas.

El motor trabajó normalmente.

4.2 Cables y tableros

A continuación se muestra las tablas con los resultados obtenidos, en algunos casos se logró realizar varias mediciones.

Para todos los casos:

La tensión de prueba aplicada fue de 500 V_{DC} según ANSI/IEEE Std. 43-2000, aunque esta referida a máquinas rotativas es un punto de referencia tomar 5 MΩ como valor mínimo.

Las mediciones fueron realizadas en combinación de Fases a tierra y entre fases en un tiempo de 60 segundos, según el método de comprobación.

No se tomaron consideración de temperatura ni humedad relativa

Los alimentadores considerados son los que alimentan los motores arriba descritos. Todos oscilan entre AWG 14 y MCM 250.

Los alimentadores son subterráneos con la excepción de algunos que son aéreos. En los casos de tuberías subterráneas se trato de sacar el agua de las mismas por medio de bomba de desplazamiento positivo de doble diafragma.

Todos los cables son para 600 V_{AC} y el voltaje de línea es de 480 V_{AC}.

Planta MZ

Consideraciones:

La medida realizada el 18 de octubre 2005 es con los alimentadores después de la inundación (mojado).

La medida realizada el 22 de octubre 2005 es con los alimentadores después del proceso de mantenimiento.

Motor de molino 100 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 1/0 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	403.50	782.00
L2 a Tierra	500	4.03	293.00
L3 a Tierra	500	458.00	776.00
L1 a L2	500	-	1,772.00
L2 a L3	500	-	985.00
L1 a L3	500	-	613.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre si.

La L2 esta por debajo de los valores de resistencia de aislamiento mínimo.

Bomba 3 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	373.60	266.20
L2 a Tierra	500	423.30	2,257.90
L3 a Tierra	500	694.00	339.20
L1 a L2	500	772.00	1,119.00
L2 a L3	500	971.00	931.00
L1 a L3	500	1,062.00	1,151.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre si.

Los valores de alimentadores están en condiciones de uso, sin embargo es posible que algunos empiecen con deterioros en el aislamiento ya que algunos valores bajaron de antes y después.

Unidad de refrigeración 100 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 1/0 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	666.00	701.00
L2 a Tierra	500	685.00	694.00
L3 a Tierra	500	748.00	699.00
L1 a L2	500	1,350.00	1,250.00
L2 a L3	500	1,520.00	1,620.00
L1 a L3	500	1,445.00	1,296.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran valores similares en todos los casos, lo cual se mantiene para las lecturas de cada fase, es posible que el alimentador no haya tenido contacto con el agua y las variaciones se deban a humedad del ambiente.

Bomba torre de enfriamiento 30 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	32.61	930.00
L2 a Tierra	500	0.11	2.57
L3 a Tierra	500	0.30	3.84
L1 a L2	500	32.04	626.00
L2 a L3	500	33.90	4.78
L1 a L3	500	0.71	159.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre si.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador no es aconsejable usarlo bajo estas condiciones.

Bomba recirculación salmuera 3 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	0.01	0.12
L2 a Tierra	500	1.87	279.20
L3 a Tierra	500	0.15	244.90
L1 a L2	500	0.57	300.00
L2 a L3	500	0.16	560.00
L1 a L3	500	0.79	263.00

Conclusiones:

Aunque se obtuvieron valores con un aumento de la resistencia de aislamiento antes y después la L1 muestra valores fuera de lo establecido.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador no es aconsejable usarlo bajo estas condiciones.

Bomba salmuera 3 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	0.19	652.00
L2 a Tierra	500	654.00	808.00
L3 a Tierra	500	249.20	662.00
L1 a L2	500	648.00	1,831.00
L2 a L3	500	691.00	1,507.00
L1 a L3	500	230.50	1,344.00

Conclusiones:

Las comparaciones entre las mediciones realizadas antes y después muestran valores similares en la mayoría los casos.

Los valores entre línea a tierra mantienen relación entre línea a línea Alimentador en condiciones de uso

Bomba agua de proceso 15 HP (diagrama 14)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	18 Octubre 2005	22 Octubre 2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	233.90	228.40
L2 a Tierra	500	0.15	259.30
L3 a Tierra	500	245.20	162.70
L1 a L2	500	191.00	279.00
L2 a L3	500	209.00	562.00
L1 a L3	500	1,025.00	167.30

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre sí.

Aunque están por encima del valor mínimo pueden que llegue el alimentador a presentar deterioro del mismo.

Planta PR.

Bomba retorno agua enfriamiento (diagrama 8)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	38.53	24.13
L2 a Tierra	500	1,548.00	178.40
L3 a Tierra	500	149.50	120.20
L1 a L2	500	194.53	1,297.00
L2 a L3	500	2,540.00	1,268.00
L1 a L3	500	1,343.00	1,262.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre si.

Pero las pruebas después de secarlo muestran valores similares con excepción de L1 a tierra que disminuyo.

Puede estar en uso.

Bomba torre agua de enfriamiento 1 (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	2.22	777.80
L2 a Tierra	500	2.24	506.00
L3 a Tierra	500	2.15	118.00
L1 a L2	500	2.22	782.00
L2 a L3	500	2.24	1,014.00
L1 a L3	500	2.15	518.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre si.

Las comparaciones entre las mediciones muestran un cambio de estar mojado a seco.

Puede estar en uso.

Bomba de vacío 1 (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 4 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	22.37	40.40
L2 a Tierra	500	32.54	39.78
L3 a Tierra	500	35.02	32.55
L1 a L2	500	33.05	37.85
L2 a L3	500	49.47	196.60
L1 a L3	500	23.04	40.23

Conclusiones:

Alimentadores con resistencia de aislamiento bajas.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador esta por encima de estas condiciones, pero el reemplazo a corto plazo es recomendable.

Bomba de vacío 2 (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 4 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	39.80	44.20
L2 a Tierra	500	128.60	483.90
L3 a Tierra	500	42.37	164.80
L1 a L2	500	740.00	557.00
L2 a L3	500	358.00	619.00
L1 a L3	500	406.00	628.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador guardan relación entre si.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador esta por encima de estas condiciones, si embargo la L1 se recomienda su reemplazo.

Bomba torre agua de enfriamiento 2 (diagrama 3)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	22.84	31.18
L2 a Tierra	500	56.20	33.42
L3 a Tierra	500	63.70	44.20
L1 a L2	500	120.00	44.99
L2 a L3	500	74.50	80.20
L1 a L3	500	82.30	52.00

Conclusiones:

Alimentadores con resistencia de aislamiento bajas.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador esta por encima de estas condiciones, pero el reemplazo a corto plazo es recomendable.

Bomba tanque P13, P6 y P7 (diagrama 8)

Fases: 3 No. AWG 14 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	5.09	0.85
L2 a Tierra	500	0.24	0.13
L3 a Tierra	500	5.85	0.07
L1 a L2	500	12.04	0.78
L2 a L3	500	5.02	0.98
L1 a L3	500	5.76	0.20

Conclusiones:

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, el alimentador es necesario reemplazarlo antes de su uso.

Bomba caldera aceite de 1.0 MBTU (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	19-10-2005	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)	Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1.53	11.47
L2 a Tierra	500	7.08	11.12
L3 a Tierra	500	1.91	1.15
L1 a L2	500	1.50	117.90
L2 a L3	500	7.08	311.90
L1 a L3	500	1.91	614.00

Conclusiones:

Los valores mostrados en este alimentador no guardan relación entre sí.

Si tomamos como referencia 5 MΩ como valor mínimo, hay que cambiar la L3.

Planta PR.

Para los siguientes alimentadores solo fue tomada una lectura que fue después de realizar el mantenimiento, por la necesidad de restablecer el sistema a un corto tiempo.

Por lo tanto solo se mencionará brevemente el estado del alimentador sin poder comparar resultados como se hizo con los alimentadores anteriores.

Bomba caldera de aceite de 1.5 MBTU (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 8 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	∞
L2 a Tierra	500	∞
L3 a Tierra	500	∞
L1 a L2	500	∞

L2 a L3	500	∞
L1 a L3	500	∞

Conclusiones:

Alimentador apto par su uso.

Bomba RP 1 & 2 (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (M Ω)
L1 a Tierra	500	1.20
L2 a Tierra	500	2.34
L3 a Tierra	500	3.26
L1 a L2	500	3.87
L2 a L3	500	4.72
L1 a L3	500	6.08

Conclusiones:

Alimentador por debajo del mínimo establecido, se recomienda su cambio.

Bomba descarga mezclador M-1 (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (M Ω)
L1 a Tierra	500	417.50
L2 a Tierra	500	504.00
L3 a Tierra	500	639.00
L1 a L2	500	803.00
L2 a L3	500	1,004.00
L1 a L3	500	1,192.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido, además guardan relación las mediciones entre líneas y entre líneas y tierra

Bomba ácido (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	12.62
L2 a Tierra	500	13.45
L3 a Tierra	500	5.69
L1 a L2	500	11.96
L2 a L3	500	5.44
L1 a L3	500	4.85

Conclusiones:

Alimentador por debajo o muy cerca del mínimo establecido, se recomienda su cambio

Bomba suministro agua enfriamiento (diagrama 8)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	27.33
L2 a Tierra	500	38.50
L3 a Tierra	500	23.58
L1 a L2	500	1.01
L2 a L3	500	3.16
L1 a L3	500	4.94

Conclusiones:

Alimentador por debajo del mínimo establecido, se recomienda su cambio.

Bomba aceite frío (diagrama 7)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	582.00
L2 a Tierra	500	621.00
L3 a Tierra	500	482.00
L1 a L2	500	423.60
L2 a L3	500	426.40
L1 a L3	500	414.30

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido, además guardan relación las mediciones entre líneas y entre líneas y tierra.

Bomba tanques P12, P9 (diagrama 8)

Fases: 3 No. AWG 14 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	0.18
L2 a Tierra	500	2.84
L3 a Tierra	500	0.20
L1 a L2	500	2.97
L2 a L3	500	0.00
L1 a L3	500	3.06

Conclusiones:

Alimentador por debajo del mínimo establecido, se recomienda su cambio.

Calderas

Bomba caldera bunker 1 (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	814
L2 a Tierra	500	723
L3 a Tierra	500	1,031.00
L1 a L2	500	1,520.00
L2 a L3	500	2,012.00
L1 a L3	500	1,822.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba caldera bunker 2 (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	∞
L2 a Tierra	500	∞
L3 a Tierra	500	∞
L1 a L2	500	873.00
L2 a L3	500	39.60
L1 a L3	500	8.84.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido, sin embargo presenta algunas variaciones importantes en la L2.

Bomba caldera agua (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 2 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,559.00
L2 a Tierra	500	3,097.00
L3 a Tierra	500	1,744.00
L1 a L2	500	4,017.00
L2 a L3	500	3,304.00
L1 a L3	500	4,350.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba caldera agua (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,042.00
L2 a Tierra	500	1,540.00
L3 a Tierra	500	940.00
L1 a L2	500	2,559.00
L2 a L3	500	1,849.00
L1 a L3	500	2,001.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido,

Compresor de aire 50 HP (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 2 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,695.00
L2 a Tierra	500	1,748.00
L3 a Tierra	500	1,655.00
L1 a L2	500	2,714.00
L2 a L3	500	3,076.00
L1 a L3	500	2,916.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba general hidrantes (diagrama 22)

Fases: 3 No. AWG 2 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	3,689.00
L2 a Tierra	500	2,787.00
L3 a Tierra	500	4,008.00
L1 a L2	500	4,425.00
L2 a L3	500	∞
L1 a L3	500	4,228.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido,

Planta EM.

Bomba tanque E-6, E-7, E-8 (diagrama 18)

Fases: 3 No. AWG 8 TW

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	5.81
L2 a Tierra	500	2.10
L3 a Tierra	500	4.65
L1 a L2	500	4.30
L2 a L3	500	7.80
L1 a L3	500	6.46

Conclusiones

Alimentador esta por debajo de 5 MΩ, se recomienda su cambio

Bomba desplazamiento + (diagrama 18)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	591.00
L2 a Tierra	500	571.00
L3 a Tierra	500	495.00
L1 a L2	500	884.00
L2 a L3	500	779.00
L1 a L3	500	783.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba Solvente No. 1 (Diagrama 18)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	22-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	202.60
L2 a Tierra	500	161.50
L3 a Tierra	500	39.27
L1 a L2	500	34.63
L2 a L3	500	30.85
L1 a L3	500	23.75

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido, aunque los valores son bajos.

Planta Ins.

Bomba descarga L-1 M12 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	∞
L2 a Tierra	500	4,323
L3 a Tierra	500	∞
L1 a L2	500	∞
L2 a L3	500	3,758
L1 a L3	500	∞

Conclusiones

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba descarga (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,095.00
L2 a Tierra	500	931.00
L3 a Tierra	500	2,026.00
L1 a L2	500	1,721.00
L2 a L3	500	1,596.00
L1 a L3	500	1,950.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido

Bomba descarga M-4 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	622.00
L2 a Tierra	500	770.00
L3 a Tierra	500	654.00
L1 a L2	500	1,652.00
L2 a L3	500	1,402.00
L1 a L3	500	1,397.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba descarga M-3 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	18.28
L2 a Tierra	500	29.59
L3 a Tierra	500	15.19
L1 a L2	500	49.10
L2 a L3	500	34.58
L1 a L3	500	46.30

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido, aunque los valores son bajos.

Bomba descarga M-5 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	424.30
L2 a Tierra	500	720.00
L3 a Tierra	500	469.40
L1 a L2	500	1,119.00
L2 a L3	500	1,064.00
L1 a L3	500	1,107.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido

Bomba descarga M-2 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	609.00
L2 a Tierra	500	657.00
L3 a Tierra	500	383.60
L1 a L2	500	1,434.00
L2 a L3	500	1,320.00
L1 a L3	500	1,320.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba lavado barriles 1 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,778.00
L2 a Tierra	500	1,965.00
L3 a Tierra	500	1,131.00
L1 a L2	500	3,780.00

L2 a L3	500	3,557.00
L1 a L3	500	2,919.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba lavado barriles 2 (diagrama 16)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	1,390.00
L2 a Tierra	500	1,297.00
L3 a Tierra	500	1,467.00
L1 a L2	500	2,677.00
L2 a L3	500	4,278.00
L1 a L3	500	4,129.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido

Bomba tanque E-1 (diagrama 18)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	23-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	639.00
L2 a Tierra	500	648.00
L3 a Tierra	500	645.00
L1 a L2	500	171.40
L2 a L3	500	1,794.00
L1 a L3	500	1,733.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido,

Planta PQ.

Bomba RP-1 (diagrama 3)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	25-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	541.00
L2 a Tierra	500	791.00
L3 a Tierra	500	858.00
L1 a L2	500	1,253.00
L2 a L3	500	1,532.00
L1 a L3	500	1,549.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba lavado (diagrama 3)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	25-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	709.00
L2 a Tierra	500	808.00
L3 a Tierra	500	986.00
L1 a L2	500	1,517.00
L2 a L3	500	1,724.00
L1 a L3	500	1,675.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba molino (diagrama 1)

Fases: 3 No. MCM 250 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	25-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	475.50
L2 a Tierra	500	632.00
L3 a Tierra	500	574.00
L1 a L2	500	1,025.00
L2 a L3	500	1,090.00
L1 a L3	500	1,090.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba moyno (diagrama 3)

Fases: 3 No. AWG 12 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	25-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	819.00
L2 a Tierra	500	698.00
L3 a Tierra	500	877.00
L1 a L2	500	1,445.00
L2 a L3	500	1,704.00
L1 a L3	500	1,670.00

Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

Bomba torre de enfriamiento (diagrama 3)

Fases: 3 No. AWG 10 THHN

Descripción de fase	Voltaje aplicado (V)	25-11-2005
		Resistencia (MΩ)
L1 a Tierra	500	447.80
L2 a Tierra	500	442.30
L3 a Tierra	500	433.20
L1 a L2	500	992.00
L2 a L3	500	1,011.00
L1 a L3	500	973.00

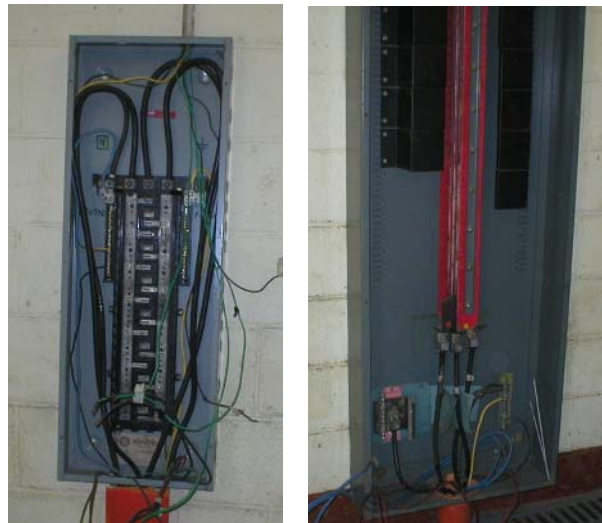
Conclusiones:

Alimentador cumple con lo establecido.

4.3 Tableros Eléctricos

Las consideraciones del capítulo 3 para resistencia de aislamiento están como base de conocimiento en el caso que se requiera. Para este caso específico no se contaba con la información completa para realizar pruebas a tableros, por lo tanto se optó por el desarme completo de los tableros, basándose en estándar **NEMA (National Electrical Manufacturers Association) Standards ICS 1.3 “Preventive Maintenance of Industrial Control and Systems Equipment”**, donde hay algunos lineamientos válidos para la limpieza del equipo.

Figura 32. Desmontaje y limpieza de tableros eléctricos



Limpieza de equipo

Inspección: Una vez destapado el gabinete, el equipo de control industrial puede ser revisado de alguna suciedad, polvo, humedad o presencia de humedad u otra contaminación, o alguna otra causa que tiene que ser eliminada como el deterioro, daños en los gabinetes, malos sellos de la puerta, condensación interna o procedimientos de operación impropia.

Limpieza: Las partes dañadas o corroídas tiene que ser reemplazadas. Suciedad, humedad, partes contaminadas del equipo de control tienen que ser reemplazadas a menos que estas puedan ser limpiadas con vacío, una manta seca o un cepillo suave, Tenga cuidado con las partes delicadas que puedan sufrir daño.

El aire comprimido no es recomendado porque dispersa el aire sucio, el polvo, dentro de otras partes del equipo o puede dañar las partes delicadas. Los limpiadores líquidos incluyendo los limpiadores de rocío (spray) no son recomendados aplicarlos, a menos que la pieza o equipo se encuentre en el Taller de reparación y posterior a su limpieza se hagan pruebas de rutina.

Integridad mecánica

Servicio: Ningún equipo tiene que estar roto, suelto, deformado, en mal estado, este se tiene que reemplazar inmediatamente por la parte recomendada por el fabricante. Todos los tornillos se tienen que apretar con una llave dinamométrica (torque lo especifica el catálogo de cada equipo). La lubricación de los mecanismos solo tiene que hacerse para los recomendados con un aceite suave y especial (no usar aceites de Automotores), la cantidad deberá ser acorde a la necesidad quitando los sobrantes de la parte lubricada.

Reparaciones: si el equipo esta en condición de necesitar un ajuste, reparación o reemplazo, el manual del equipo tiene que ser seguido cuidadosamente. El diagnóstico del equipo tiene que identificarse apoyado del manual propio de la máquina para revisar la posible causa del problema y estructurar un plan de acción.

Check list

Pruebas: Después de la inspección, mantenimiento o reparación de la operación del equipo es necesario hacer pruebas de funcionalidad antes de retornar a servicio.

Terminales y Conexiones: El mal estado de las terminales o conexiones puede causar sobrecalentamiento y mal funcionamiento o falla en los equipos de control. Tener presente la conexión a tierra de los equipos. Terminales de tornillos, llaves, barras de conexión conexiones, conexiones a tierra tiene que ser revisados minuciosamente

4.4 Interruptores termomagneticos

En el caso de los interruptores termomagneticos la decisión fue el reemplazo de todos los elementos, debido a que son un medio de protección, y no se podía establecer cual era la condición de los mismos.

Figura 33. interruptores termomagneticos dañados



La norma NEMA ICS 1.3 habla del mantenimiento a los dispositivos de protección

Dispositivos de protección, indicadores

Interruptores, relay, fusibles: Para evaluación y colocación de dispositivos de protección para una particular aplicación tales como fusibles,

interruptores y relays de sobrecorriente tiene que ser chequeados para verificar que se encuentran en condiciones optimas, el ajuste, reparación o reemplazo tiene que ser realizado si es necesario de acuerdo a cada uno de los equipos .

Partes de reemplazo

Algunas parte de reemplazo de equipos no deben sustituirse por otras similares, estas requieren únicamente de partes originales.

4.5 Subestaciones eléctricas (transformadores)

Para los transformadores inmersos en aceite se decidió realizar pruebas a los mismos incluyendo el aceite, en esta parte se presenta un resumen para Determinar las pruebas de transformadores al aceite (*) tenemos:

(*) No se amplia en tema ya que existen algunos trabajos de graduación que hablan de esto ampliamente.

Índice de neutralización (acidez total):

1. Indica el total de compuestos ácidos presentes en el aceite aislante.
2. Los ácidos aceleran el deterioro del aceite y del papel
3. Los ácidos atacan las partes metálicas del transformador.
4. En aceite nuevo, éste índice debe ser menor a 0,03 mg KOH/g aceite.
5. Para aceite en servicio considerar hasta 0,15 mg KOH/g aceite, sobre este valor se debe programar un posible cambio o regeneración del aceite en un período de 6 meses.
6. No permitir que este valor sobrepase a 0,5 mg KOH/g aceite, que origina la formación de sedimento insoluble.

Tensión interfacial

1. Es la medida de la fuerza necesaria para que un anillo plano de platino rompa la interfase formada por el agua y el aceite.
2. Una disminución de la tensión interfacial indica la presencia de productos que son el resultado de deterioro del aceite.
3. Para aceites nuevos el valor mínimo es de 30 mN/m.
4. Para aceites en servicio, el valor mínimo es de 23 mN/m, la formación de lodos comienza cuando la tensión interfacial alcanza valores inferiores a este.

Rigidez dieléctrica

1. Es la medida de la resistencia que el aceite aislante presenta al impacto eléctrico.
2. Esta prueba es la indicada para comprobar la presencia de agentes contaminantes como el agua, impurezas, fibras celulósicas húmedas, partículas metálicas o conductoras en el aceite, pudiendo existir concentraciones significativas cuando se presenta bajo tensión.
3. Aceite nuevo : ASTM D 1816 – 48 kV mínimo
4. Aceite usado : ASTM D 1816 – 32 kV mínimo

Resumiendo lo anterior:

Descripción	Valor mínimo aceite nuevo	Valor mínimo aceite usado	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	48 KV	32 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	30 mN/m	23 mN/m	D 974
Acidez	0,03 mg KOH/g	0,15 mg KOH/g	D 2285

Subestación 551

Transformador 1

Marca: Westinghouse
Serie: 81A263991
Tipo: A7722M67AA

Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.882

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	37.50 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	27.13 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1 mg KOH/g	D 2285
Color	2.5	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.28100
Rel. teórica	16.27180

Observaciones:

Cambiador de Tap dañado revisarlo.

Transformador 2

Marca: Westinghouse
Serie: 81A301154
Tipo: A7722M67AA
Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.880

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	34.6 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	27.06 dinas/cm	D 974
Acidez	> 0.1 mg KOH/g	D 2285
Color	2.5	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.25100
Rel. teórica	16.27180

Transformador 3

Marca: Westinghouse
Serie: 81A263989
Tipo: A7722M67AA
Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.884

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	20.10KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	28.28 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	2.5	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Prueba de relación de transformación	
devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.28100
Rel. teórica	16.27180

Subestación 552
Transformador 1

Marca: General Electric
Serie: 44784YBSA
Potencia: 75 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 2.25%
Densidad: 0.877

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	21.80 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	18.00 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	3	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	300	500V
Alta tensión a carcasa	350	500V
Baja tensión a carcasa	200	250V

Prueba de relación de transformación					
Devanados	TAP 1	TAP 2	TAP 3	TAP 4	TAP 5
H ₁ -H ₂ : x ₁ -x ₃	937.7400	959.75000	993.2500	1029.20000	1066.10000
Rel. teórica	15.87500				

Observaciones:
 Transformador dañado.

Transformador 2

Marca: General Electric
Serie: 44787YBSA
Potencia: 75 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 2.25%

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	22.00 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	17.54 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	4	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	300	500V
Alta tensión a carcasa	350	500V
Baja tensión a carcasa	200	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 3
H ₁ -H ₂ : x ₁ -x ₃	15.73700
Rel. teórica	15.87500

Transformador 3

Marca: General Electric
Serie: 44786YBSA
Potencia: 75 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 2.25%
Densidad: 0.887

Prueba de aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	31.87 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	14.10 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	4.5	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	350	500V
Alta tensión a carcasa	350	500V
Baja tensión a carcasa	200	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 3
H ₁ -H ₂ : X ₁ -X ₃	15.75200
Rel. teórica	15.87500

Subestación 554

Transformador 1

Marca: Westinghouse
Serie: 81A243596
Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.880

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	29.82KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	24.70 dinas/cm	D 974
Acidez	> 0.1mg KOH/g	D 2285
Color	2	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.2840
Rel. teórica	16.2718

Transformador 2

Marca: Westinghouse
Serie: 81A243591
Tipo: A7722M67AA
Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.880

Pruebas al aceite dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	19.50 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	27.30 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	2	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Pruebas de relación de transformación	
Devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.2810
Rel. teórica	16.2718

Transformador 3

Marca: Westinghouse
Serie: 81A263990
Tipo: A7722M67AA
Potencia: 167 KVA
Voltajes: 7,620/13,200 – 240/480 V
Impedancia: 1.9%
Densidad: 0.884

Pruebas de aceite al dieléctrico		
Descripción	Valor	Norma ASTM
Rigidez dieléctrica	30.42 KV	D 877, 0.10 VDE
Tensión interfacial	30.51 dinas/cm	D 974
Acidez	>0.1mg KOH/g	D 2285
Color	2	D 1500

Pruebas al aislamiento		
Devanados	Valor en MΩ	Voltaje aplicado
Alta a baja tensión	>1,000	500V
Alta tensión a carcasa	>1,000	500V
Baja tensión a carcasa	>1,000	250V

Prueba de relación de transformación	
Devanados	TAP 2
H1-H2 : x1-x4	16.2790
Rel. teòrica	16.2718

Observaciones:

Cambiador de Tap dañado revisarlo.

Observaciones

Se encontró de la subestación 552 que el transformador con número de serie 44784YBSA no paso la prueba de relación de transformación, lo que nos indica que se encuentra dañado.

En la subestación 551 el transformador con número de serie 81 A263991 se encontró el cambiador de tap dañado.

En la subestación 554 el transformador con número de serie 81A263990 se encontró el cambiador de tap dañado.

Conclusiones

Subestación 551

La prueba de rigidez dieléctrica se encuentra aceptable únicamente en los dos primeros transformadores, no así en el tercer transformador.

La prueba de Tensión Interfacial, se encuentra en los valores mínimos según las normas.

La prueba de acidez en los tres transformadores se encuentra fuera de normas.

Subestación 552

La prueba de rigidez dieléctrica se encuentra aceptable únicamente en el primer transformador, no así en el transformador 2 y 3.

La prueba de Tensión Interfacial, se encuentra fuera de los valores según las normas.

La prueba de acidez en los tres transformadores se encuentra fuera de normas.

Subestación 554

La prueba de rigidez dieléctrica se encuentra en los valores mínimos en dos transformadores, no así en el tercer transformador.

La prueba de Tensión Interfacial, se encuentra dentro de los valores mínimos según las normas.

La prueba de acidez en los tres transformadores se encuentra fuera de normas.

Recomendaciones

Cambio del aceite en todos los transformadores.

Revisar los cambiadores de Taps.

5. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORAS AL DISEÑO Y COSTOS

5.1 Registros en piso

Problema encontrado:

Uno de los problemas generados fueron los registros en piso, registro de todos tamaños, algunos contienen drenajes de tipo francés que con el tiempo y la falta de mantenimiento son ineficientes, otros son cajuelas para transportar cables que funcionan como recipientes contenedores de agua.

Cuando los niveles freáticos del área suben de nivel, (recordemos que este punto se encuentra a 50 pies sobre el nivel del mar), estos se vuelven cajuelas con tuberías llenas de agua que la forma de vaciarlas es difícil ya que la constantemente mantienen un nivel de agua.

Esto es crítico para el aislamiento de cables y normalmente el agua permanece en las mismas hasta que baja el nivel freático, se saca el agua por medio de una bomba o se secan con el tiempo

Figura 34. Cajas de registro en piso

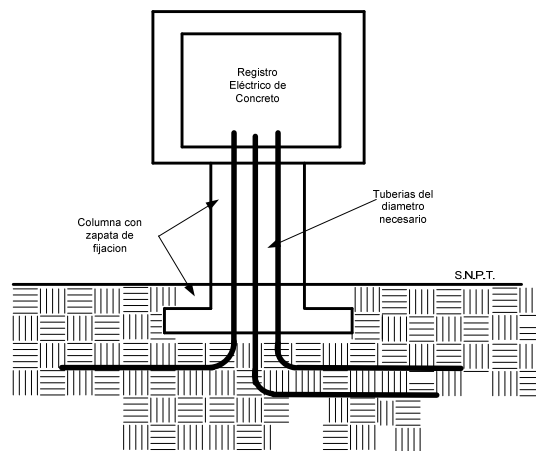


Alternativa de solución:

Una solución posible es que todas las tuberías sean expuestas e instalaciones sobrepuestas y en donde se necesite de registros en piso que estos sean elevados del mismo para ganar algunos pies de altura sobre el nivel del piso.

Este registro puede variar de acuerdo a las necesidades de cableado, el costo es relativo similar al de colocar cajas a nivel de piso, y el acceso al personal es mas cómodo.

Figura 35. Alternativa solución caja de registro



5.2 Tableros eléctricos

Problema encontrado:

Algunos paneles eléctricos se alimentan por la parte baja, con o sin interruptor principal. Este diseño radica en conectar el alimentador principal desde la parte baja para distribuir a las barras principales, normalmente esta altura no pasa de 0.50 m. sobre el nivel de piso si el panel se coloca directamente al piso.

Alternativa de solución:

El ver la posibilidad de cambiar el panel de ubicación colocándolo al revés, de ser posible, consultarlo con el fabricante del equipo. El costo de

cambiar el interruptor principal el mas caro que cambiar un interruptor termomagnetico ramal.

Figura 36. Tablero de Distribución con alimentación inferior



5.3 Acometida principal

Problema encontrado

La línea de transmisión en 13,800 Volt. Entra a las instalaciones y se divide en 4 acometidas (ver capítulo 1) para alimentar subestaciones eléctricas. Al momento de interrumpir el servicio en las línea de 13,800 Volt. hay que hacerlo en 4 puntos diferentes ubicados en cada subestación utilizando una pértiga, el tiempo y riesgo de esta operación puede llevar a un incidente potencial.

Alternativa de solución

Ubicar un solo punto de interrupción del suministro de energía en el ingreso de la línea de transmisión a las instalaciones. Esto da algunas ventajas a la hora de maniobrar, así como unificación de un solo contrato de energía y comprar en bloque.

Identificación de tableros y circuitos

Problema encontrado

Un problema encontrado fue la falta de identificación de los circuitos físicamente, los alimentadores que llegan al interruptor termomagnético, como la identificación del tablero eléctrico. La falta de un código de colores hace que las fases estén con cable blanco por ejemplo y no tengan identificación con cinta de color y número de fase, lo cual complica y puede dar lugar a confusiones a la hora de desmontar los interruptores termomagnéticos.

Alternativa de solución

Existen en el mercado etiquetas para identificación de cables o cintas de colores para el mismo caso (por ejemplo para cables AWG 4/0 para arriba que normalmente se consigue en color negro)

5.4 Mantenimiento industrial

Problema encontrado

El mantenimiento industrial es una herramienta valiosa que en momentos de algún incidente pueden ser de ayuda. La falta de diagramas, inventario de equipo, seguimiento a servicios hace difícil tener idea de las instalaciones existentes y su estado.

Alternativa de solución

Algo básico es realizar diagramas unifilares (ver capítulo 1) que en este trabajo se incluyen y fueron realizados al momento de evaluar los equipos.

Al igual que los inventarios del equipo eléctrico instalado.

Un software para mantenimiento puede ser una alternativa aunque representa un costo alto de inversión.

Sin embargo existen muchas formas de llevar registros y controles del mantenimiento de equipos.

Una buena guía se encuentra en la “NFPA 70 B Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance”, en ella se muestran algunas hojas de servicio para llevar el control de mantenimiento eléctrico.

5.5 Diseño de las instalaciones

Problema encontrado

Las instalaciones eléctricas en la industria sufren cambios por ampliaciones, modificaciones, actualizaciones, etc. O bien por instalaciones provisionales que se vuelven definitivas con el tiempo. Esto origina que las protecciones, cableados, tableros, motores no sean los adecuados por ejemplo cableados, interruptores sobre dimensionados o sub dimensionados, alimentadores conectados a barras de tableros sin protección de por medio, puentes entre alimentadores, desbalance de fases, etc.

Alternativa de solución

A mediano plazo realizar un rediseño de las instalaciones eléctricas de lugar y dividirlo en Fases para poder implementarlo como un proyecto de mejora

5.6 Costos

La mano de obra se maneja por tiempo y no por equipo debido a la cantidad de equipos, tiempos de respuesta e incertidumbre por el alcance del trabajo

Tabla I. Costo manos de obra

MANO DE OBRA POR DIA	COSTO Q
4 personas (8 Horas)	Q. 2,000.00
4 personas (Hora Extra)	Q. 380.00
4 personas (10 Horas)	Q. 2,760.00

12 personas prestaron servicios para mantenimiento eléctrico del 18 de octubre al 25 de noviembre aproximadamente.

El costo por modificar las instalaciones cambiando alimentadores dañados y realizando instalaciones aéreas sobrepuestas es:

Tabla II. Costo por unidad de producción

No.	Descripción	Materiales	Mano de Obra	Sub Total
1	Alimentador Laboratorio	Q 11,423.16	Q 5,621.11	Q 17,044.27
2	Alimentador Edificio T	Q 14,893.73	Q 6,630.61	Q 21,524.34
3	Cuarto Electrico Subestacion 551	Q 6,057.19	Q 6,908.04	Q 12,965.23
4	Alimentador Electrico Planta PR	Q 70,328.53	Q 9,133.17	Q 79,461.70
5	Cuarto Electrico Planta PR	Q 6,779.06	Q 3,659.18	Q 10,438.24
6	Alimentadores Electricos Motores Planta PR	Q 57,192.41	Q 31,571.52	Q 88,763.93
7	Entubado a Motores Electricos Planta PR	Q 8,303.53	Q 63,143.05	Q 71,446.58
8	Alimentadores Electricos Planta EM	Q 41,750.63	Q 13,059.88	Q 54,810.50
9	Cuarto Electrico Subestacion 554	Q 7,107.19	Q 3,659.18	Q 10,766.37
10	Alimentadores Electricos Motores Planta MZ	Q 14,985.73	Q 8,812.05	Q 23,797.78
11	Entubado a Motores Electricos Planta MZ	Q 7,253.53	Q 5,462.61	Q 12,716.14
TOTAL		Q 246,074.68	Q 157,660.39	Q 403,735.07

El presupuesto por cambio de motores y tableros principales como opción

Tabla III. Costo por tableros y motores

TABLERO 551 MCC PLANTA EN GABINETE CEMAR DE 300 X 1200 X 800 MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO:	Q. 108,752.00
--	---------------

<p>INTERRUPTOR 1000 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. ARRANQUE DIRECTO EN TODOS LOS MOTORES CON MANDO START/STOP, INDICADOR LUMINOSO, PARO EMERGENCIA Y LLAVE. PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO VENTILACIÓN FORZADA. TRANSFORMADOR PARA MANDO CONTROL DE ENERGÍA MOTORES EN 480 VAC: 100 HP 2 UNIDADES 03 HP 3 UNIDADES 05 HP 3 UNIDADES 01 HP 1 UNIDADE 10 HP 2 UNIDADES 15 HP 1 UNIDAD 60 HP 1 UNIDAD 75 HP 1 UNIDAD 30 HP 1 UNIDAD 3/4 HP 1 UNIDAD NOTA: TODOS LOS ARRANQUES DIRECTOS TIENEN CONTACTOR Y GUARDA MOTOR, EXCEPTUANDO LOS DE 100 HP, ELLOS TIENEN CONTACTOR Y RELÉ DE SOBRE CARGA. LOS MOTORES DE 60 Y 75 HP TAMBIÉN CON CONTACTOR Y GUARDAMOTOR.</p>	
<p>MCC PR EN GABINETE CEMAR DE 2300X1200X800MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO: INTERRUPTOR 800 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. ARRANQUE DIRECTO EN TODOS LOS MOTORES CON MANDO START/STOP, INDICADOR LUMINOSO, PARO EMERGENCIA Y LLAVE. PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO VENTILACIÓN FORZADA. TRANSFORMADOR PARA MANDO CONTROL DE ENERGÍA. MOTORES EN 480 VAC:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1.5 HP 3 UNIDADES • 02 HP 1 UNIDAD • 03 HP 4 UNIDADES • 05 HP 3 UNIDADES • 7.5 HP 1 UNIDAD • 10 HP 1 UNIDADES • 15 HP 3 UNIDADES • 20 HP 4 UNIDADES • 25 HP 1 UNIDAD • 30 HP 1 UNIDAD • 50 HP 1 UNIDAD • .75 HP 1 UNIDAD 	<p>Q. 105,440.00</p>
<p>MCC EM EN GABINETE CEMAR DE 2300X1200X800MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO: INTERRUPTOR 400 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS.</p>	<p>Q. 47,392.00</p>

<p>ARRANQUE DIRECTO EN TODOS LOS MOTORES CON MANDO START/STOP, INDICADOR LUMINOSO, PARO EMERGENCIA Y LLAVE. PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO VENTILACIÓN FORZADA. TRANSFORMADOR PARA MANDO CONTROL DE ENERGÍA. MOTORES EN 480 VAC 05 HP 3 UNIDADES • 7.5 HP 2 UNIDADES • 10 HP 1 UNIDAD</p>	
<p>MCC EF EN GABINETE CEMAR DE 2300X1200X800MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO: INTERRUPTOR 50 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. ARRANQUE DIRECTO EN TODOS LOS MOTORES CON MANDO START/STOP, INDICADOR LUMINOSO, PARO EMERGENCIA Y LLAVE. PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO VENTILACIÓN FORZADA. TRANSFORMADOR PARA MANDO CONTROL DE ENERGÍA MOTORES EN 480 VAC: 0.5 HP 2 UNIDADES • 03 HP 1 UNIDAD • 05 HP 2 UNIDADES</p>	Q. 40,512.00
<p>TABLEROS PRINCIPALES PLANTA EN GABINETE CEMAR DE 2000X600X400MM, IP55 INTERRUPTOR 800 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, • CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. • PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) • PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO • CONTROL DE ENERGÍA. CON EL SIGUIENTE EQUIPO BREAKERS: • 15 AMP. 1 UNIDAD • 50 AMP. 1 UNIDAD • 70 AMP. 1 UNIDAD • 100 AMP. 1 UNIDAD • 125 AMP. 1 UNIDAD • 150 AMP. 1 UNIDAD • 225 AMP. 1 UNIDAD • 400 AMP. 2 UNIDADES</p>	Q. 57,112.00
<p>EM EN GABINETE CEMAR DE 2000X600X400MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO: INTERRUPTOR 800 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, • CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. • PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) • PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO • CONTROL DE ENERGÍA. BREAKERS: • 350 AMP. 1 UNIDAD</p>	Q. 56,384.00

<ul style="list-style-type: none"> • 400 AMP. 1 UNIDAD • 600 AMP. 1 UNIDAD 	
<p>EF EN GABINETE CEMAR DE 2000X600X400MM, IP55 CON EL SIGUIENTE EQUIPO: I INTERRUPTOR 400 AMP, 3 FASES, VOLTAJE 480VAC, 60HZ, • CON BARRAS, BARRA NEUTRO, TIERRA AISLADA, 5 ESPACIO ADICIONALES PARA OTROS EQUIPOS. • PROTECTOR DE FASES (FALTA DE FASES) • PROTECTOR DE TRANSIENTES EN PARALELO • CONTROL DE ENERGÍA. BREAKERS: • 15 AMP. 3 UNIDADES • 50 AMP. 1 UNIDAD • 70 AMP. 1 UNIDAD</p>	<p>Q. 41,416.00</p>

CONCLUSIONES

1. Este trabajo da un panorama general que expone, investigación y trabajo de campo, el cual y pueda servir como una guía para quienes se encuentren en situaciones potencialmente similares. Aplicando su propia experiencia y conocimientos del tema, y puedan adaptar a su situación.
2. Contar con registros de pruebas previas que se realicen, en este caso, pruebas de resistencia al aislamiento es de beneficio para establecer tendencias de aislamientos en las máquinas.
3. En los motores eléctricos las comparaciones entre las mediciones realizadas con el equipo mojado, con el equipo después de realizar el mantenimiento (limpieza y secado) y con el equipo puesto en servicio muestran un aumento gradual de la resistencia, lo que demuestra y comprueba la teoría del daño que puede causar el agua al aislamiento de no tomar acciones inmediatas.
4. El porcentaje de motores dañados después de estar inundados, es mínimo, siempre y cuando se tomen las medidas correctas y se pongan en práctica los procedimientos adecuados.
5. El lavar los motores después de estar expuestos a condiciones extremas, es necesario para su completa limpieza.

6. Aunque el método de comprobación es el más sencillo de los presentados en este trabajo, puede ser muy ventajoso usarlo en situaciones como éstas, ya que se pueden llevar registros puntuales que dan un parámetro general de la resistencia de aislamiento, son de bajo costo y relativamente fácil.
7. El no contar con un sistema de mantenimiento implementado hace que no se tenga historiales de servicio, que puedan ser de ayuda, pero, con el trabajo realizado se puede tomar como una buena base de datos para los equipos afectados para situaciones de mantenimiento futuras.
8. Los cableados subterráneos no son alternativas de diseño en lugares con niveles freáticos altos o expuestos a inundaciones. Únicamente hay que realizarlos si son estrictamente necesarios.
9. El uso de dispositivos de protección como interruptores termomagnéticos, guardamotores, etc. Son tan importantes que es necesario reemplazarlos al momento de mojarse.
10. El realizar pruebas en cada fase por separado permite tener resultados individuales que pueden ser comparados entre sí, lo cual no es posible al hacer mediciones con las tres fases al mismo tiempo.
11. El resultado obtenido con los cables es diferente que con los motores, se mostraron variantes en las lecturas, aunque algunos cableados cumplen con especificaciones y otros están en los límites inferiores dentro de un mismo alimentador, se sugiere el reemplazo completo.

12. En los tableros eléctricos es importante desarmarlos completamente para limpiar y secar cada una de sus partes poner especial atención a las barras, reemplazar las dañadas o con indicio de óxido, cumpliendo esto se pueden trabajar sin problemas.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario hacer una programación de mantenimiento para todo el equipo, con la finalidad de dar seguimiento al trabajo realizado llevando un historial del equipo y conocer el comportamiento de su aislamiento con la finalidad de evitar algún inconveniente posterior.
2. Implementar los cambios y mejoras al diseño, con la finalidad de estar preparados para eventos de similares magnitudes que puedan afectar nuevamente, recordando que el lugar esta propenso a fenómenos naturales.
3. Compartir con empresas cercanas las experiencias y presentar este trabajo como guía general, ya que pueden ser de forma similar el restablecimiento de equipos eléctricos basados en los principios de aislamiento y mantenimiento eléctrico
4. Analizar todo el proceso de la inundación, interrupción del servicio, evaluación y posterior puesta en marcha de las instalaciones eléctricas, basados en este trabajo para poder integrarlo en un manual de emergencia para el sitio
5. Durante el presente trabajo el método de comprobación fue utilizado. Los métodos de resistencia - tiempo, índice de polarización y pasos de voltaje son otra opción a utilizar especialmente para el mantenimiento preventivo de los equipos.

6. Es necesario tomar el cuenta el cambio de los cableados que a diferencia de los motores presentan valores mínimos o se encuentran fuera de especificaciones. Las instalaciones se tienen que reubicar de forma aérea especialmente los cableados y modificar los paneles o tableros.

7. Cambio de aceite en todos los transformadores debido a que sus valores están fuera de especificaciones.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fink, Donald And Beaty, Wayne. **Standard handbook for Electrical Engineers**. U.S.A. s.e. 1978
2. Harper, Gilberto Enríquez. **Pruebas y Mantenimiento a Equipos Eléctricos**. Edición Limusa, México, 2009, 524 pp.
3. IEEE, Institute of Electrical & Electronic Engineers **IEEE Std 43-2000 Recommended Practice for insulation testing of large AC Rotating Machinery with High Direct Voltage**. IEEE. U.S.A. s.e. 1974
4. IEEE, Institute of Electrical & Electronic Engineers **IEEE Std 95-1977 Recommended Practice for testing Insulation Resistance of Rotating Machinery**. IEEE. U.S.A. s.e. 1974
5. James G. Biddle Co. **Manual on Electrical Insulation Testing for the Practical Man**. Primera Edición. U.S.A. s.l.i., s.p.i., 1966.
6. Manual Westinghouse, **Westinghouse Electrical Maintenance Hints**. Compiled and Edited by John G. Bishop. s.f.
7. Myers, Standlet D., **A guide to transformer Maintenance**. 1st edition, 2nd printing. EEUU: Editorial S.D. Myers. 1981
8. **NEMA**, Standars Publication ICS 1.3 **Preventive Maintenance of Industrial Control and Systems Equipment**. NEMA. U.S.A. s.e. 1986
9. NFPA, National Fire Protection Association **NFPA 70B Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance**. NFPA. U.S.A. s.e. 2006

10. Sánchez López, Maritza del Rosario. **Normas y Pruebas de Aislamiento en equipo de Alta Tensión**. Tesis Ing. Electricista, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 115 pp.

ANEXO A

Efectos de la temperatura en la resistencia de aislamiento

La resistencia de los materiales aislantes disminuye notablemente con el incremento de la temperatura. Sin embargo, las pruebas descritas donde se relacionan tiempo, resistencia y voltaje son relativamente independientes de los efectos de la temperatura, que permiten obtener valores relativos al realizarse las pruebas.

Si se desean obtener comparaciones entre las lecturas obtenidas, se tendrán que corregir las lecturas a una temperatura base, 20°C, o tomar todas las lecturas casi a una misma temperatura. Aquí se incluyen algunas guías generales para considerar correcciones por efectos de la temperatura.

Una regla empírica enuncia que por cada incremento de 10°C sobre la temperatura de referencia, se debe dividir la resistencia de referencia entre dos o por cada 10°C de disminución, se debe duplicar la resistencia que se tenga a la temperatura de referencia para tomar ese valor como referencia del valor que se espera obtener en la medición. Por ejemplo, una resistencia de 2 megohms a 20°C se reduce a ½ megohms a 40°C.

Anotaciones importantes:

Es importante que al realizar mediciones de corriente de fuga en pruebas de alto voltaje de CD, se considera la temperatura, ya que esta tiene efecto directo en la condensación de humedad y suciedad en la superficie del aislamiento. Debido a que la resistencia de aislamiento y la relación de absorción dieléctrica varían con la temperatura, para realizar mediciones más exactas y poder compararlas, se recomienda trabajar a una temperatura constante. Otros factores que afectan las mediciones son: suciedad en los devanados de los equipos sometidos a prueba, barnices, disposición de rotores, etc.

Fuente: James G. Biddle Co. Manual on Electrical Insulation Testing for the Practical Man.

ANEXO B

AMB-45 Megóhmetro digital; probador de resistencia de aislamiento

Instrucciones para realizar las mediciones:

Gire el selector de función al rango de voltaje de prueba deseado. La pantalla LCD muestra “----” para indicar que el medidor está en espera. Conecte el cable de prueba negro al terminal Negro y el cable rojo al terminal Rojo. Conecte el cable de prueba al circuito bajo prueba en paralelo. Puede tomar mediciones en modo de alimentación manual o modo de bloqueo de alimentación:

Modo manual: Si el símbolo del temporizador y la configuración no se muestran en el centro de la pantalla LCD, el medidor está en modo manual. Pulse la tecla de prueba para activar la fuente de voltaje de prueba y la medición se detiene tras obtener la primera lectura estable o tras pulsar la tecla **TEST** de nuevo antes de obtener una lectura estable. Un zumbido periódico le advierte de un voltaje de salida alto. Una serie de pitidos de periodo más corto indica que la descarga está en proceso. Cuando el pitido se detiene, la descarga está completa. El resultado de la prueba aparece automáticamente en la pantalla.

- Modo de bloqueo: Pulse el botón **TIMER** para entrar o salir del modo de funcionamiento de bloqueo de corriente.

En este modo el temporizador y la configuración se muestran en el centro de la pantalla LCD. Pulse el botón de prueba una vez para activar la fuente de prueba y el contador de pruebas aparece en la pantalla de dígitos secundaria. Un pitido periódico le advierte de un voltaje de salida alto. El proceso de prueba puede detenerse pulsando el botón **TEST** de nuevo o cuando el contador de pruebas llegue a cero. Una serie de pitidos de periodo más corto indica que la descarga está en proceso. Cuando el avisador se

para, la descarga está completa. El resultado de la prueba aparece automáticamente en la pantalla.

Otros equipos usados, a los cuales no se describe las instrucciones de su funcionamiento ya que son similares al equipo descrito anteriormente.

AEMC 1026 Insulation Resistance Testers

Megger MIT320 Insulation and Continuity Tester