



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

Gabriela Azucena Guerra Martínez

Asesorado por Ing. César Ernesto Urquizú Rodas

Guatemala, abril de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

GABRIELA AZUCENA GUERRA MARTÍNEZ

ASESORADO POR EL ING. CÉSAR ERNESTO URQUIZÚ RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADORA	Inga. Aurelia Anabela Córdova Estrada
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE
TRANSFORMADORES DE POTENCIA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 10 de octubre de 2012.



Gabriela Azucena Guerra Martínez

Guatemala, febrero de 2013.

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado **“ESTANDARIZACION EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA”** el cual fue desarrollado por la estudiante GABRIELA AZUCENA GUERRA MARTINEZ y después de haber realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por lo tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo llena los requisitos necesarios para ser sometido a discusión en su Examen General Público y recomiendo su aprobación para el efecto.

Sin otro particular, me es grato suscribirme,

Atentamente.


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
No. de Colegiado 4272
Asesor de Tesis



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.053.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA**, presentado por la estudiante universitaria **Gabriela Azucena Guerra Martínez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Ing. Erwin Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2013.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

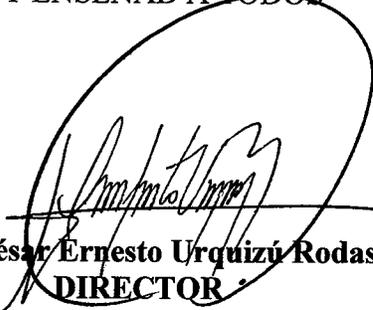


FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.111.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA**, presentado por la estudiante universitaria **Gabriela Azucena Guerra Martínez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, abril de 2013.

/mgp



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 Industrial al trabajo de graduación titulado: **ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA**, presentado por la estudiante universitaria: **Gabriela Azucena Guerra Martínez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympe Paiz Recinos
Decano

Guatemala, abril de 2013



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios todo poderoso

Por darme la vida, la sabiduría y por ser mí guía en los momentos más importantes de mi vida.

Virgen María

Por sus múltiples bendiciones recibidas a lo largo de toda mi vida.

Mi padre

Moisés Guerra (q.e.p.d.)

Mi madre

Pura Argentina Martínez Guerra por todo su amor, esfuerzo, apoyo, comprensión y paciencia por brindarme los principios y la moral para conducirme en la vida; que sea para ti una pequeña recompensa.

Mis hermanos

Eneida Celina, Moisés Otoniel y Marta María Guerra Martínez, por el apoyo incondicional y ser ejemplo de superación.

Así como a mis cuñados y cuñada por ser como mis hermanos.

Mis sobrinos

Que luchen por alcanzar sus sueños.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por haberme albergado todos estos años en tan prestigiosa casa de estudios y darme la oportunidad de estudiar mi carrera universitaria.

**Facultad de
Ingeniería**

Por ser la fuente de conocimiento de la cual obtuve la preparación que me permite desarrollarme como profesional.

Mi madre

Por la humildad con que me enseñó a vivir, por los valores y principios con los que me educó para enfrentar la vida sin temor alguno para lograr todo lo que me proponga.

**Mis hermanos, cuñados,
cuñada y sobrinos**

Por todo su apoyo y comprensión en los buenos y malos momentos, además del cariño inmenso que siempre nos hemos demostrado.

Profesionales

A todos aquellos profesionales que compartieron su amistad, tiempo, conocimiento y enseñanzas de la vida, especialmente a los Ingenieros César Urquizú y Kenneth Estrada.

Mis familiares y amigos

Les agradezco la ayuda, apoyo y cariño demostrado en mi etapa de estudiante, les agradezco porque gracias a ese granito de arena que pusieron pude alcanzar este logro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.....	1
1.1.1. Historia de la empresa.....	1
1.1.2. Servicios que presta la empresa.....	2
1.1.3. Visión TAMSA	4
1.1.4. Misión TAMSA.....	4
1.1.5. Valores.....	5
1.1.5.1. Calidad	5
1.1.5.2. Competitividad	5
.....	6
1.1.5.3. Armonía con el medio ambiente	5
1.2. Estructura organizacional de TAMSA	7
1.2.1. Organigrama general de la empresa	
1.3. Otros aspectos relevantes de Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A	7
1.3.1. Proceso de certificación de acuerdo a Norma ISO 9001:2008	10 13
1.3.2. Alianzas estratégicas	
	15
2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	15

2.1.	Análisis FODA de TAMSA	18
2.1.1.	Estrategias	18
2.1.1.1.	Estrategias FA/FO	20
2.1.1.2.	Estrategias DO/DA.....	
2.2.	Procesos actuales de puesta en operación de transformadores de potencia	21
		23
2.2.1.	Armado e instalación	23
2.2.2.	Pruebas eléctricas.....	27
2.2.3.	Mantenimiento preventivo.....	28
2.2.4.	Mantenimiento correctivo.....	
2.3.	Diagrama causa y efecto de proceso de certificación ISO 9001:2008	31
		32
2.4.	Diagnóstico a la empresa TAMSA.....	
3.	PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	35
3.1.	Diseño de procesos propuestos de puesta en operación de transformadores de potencia.....	35
3.1.1.	Proceso propuesto para armado de transformadores de potencia	37
3.1.2.	Proceso propuesto para mantenimiento preventivo de transformadores de potencia	51
3.1.3.	Proceso propuesto para mantenimiento correctivo para transformadores de potencia.....	64
3.1.4.	Proceso propuesto para pruebas de transformadores de potencia.....	69
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN DE	

PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.....	85
4.1. Diagrama de Gantt	88
4.2. Análisis Costo Beneficio	98
4.3. Programa de capacitación a personal de.....	99
4.3.1. Importancia de la capacitación	100
4.3.2. Contenido programático de la capacitación	101
5. MEJORA CONTINUA DEL MODELO.....	102
5.1. Programa de supervisión en la ejecución de los procesos.....	102
5.2. Programa de revisión y actualización de procesos Estandarizados.....	106
5.3. Seguimiento al proceso de certificación	109
6. MEDIO AMBIENTE.....	110
6.1. Manejo de residuos sólidos	113
6.2. Manejos de residuos líquidos.....	117
CONCLUSIONES.....	119
RECOMENDACIONES.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la empresa Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.....	8
2.	Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos	11
3.	Pirámide de documentación para certificarse por procesos.....	12
4.	Matriz de relación de análisis FODA.....	19
5.	Partes de un transformador de potencia de 40 MVA.....	22
6.	Diagrama de proceso actual de armado de transformador.....	24
7.	Diagrama de proceso actual de pruebas a transformador.....	26
8.	Diagrama de proceso actual de mantenimiento preventivo de transformador.....	29
9.	Diagrama de proceso actual de mantenimiento correctivo de transformador.....	30
10.	Diagrama de Ishikawa de la situación actual de la empresa.....	32
11.	Proceso propuesto de transporte de transformadores de potencia	40
12.	Proceso propuesto de arribo de transformadores de potencia al sitio de instalación.....	44
13.	Proceso propuesto de montaje de transformadores de potencia...	48
14.	Instructivo propuesto de mantenimiento preventivo diario.....	53
15.	Instructivo propuesto de mantenimiento preventivo anual.....	55
16.	Procedimiento propuesto de mantenimiento preventivo mensual	57
17.	Proceso de mantenimiento preventivo semestral.....	59
18.	Proceso de mantenimiento preventivo anual.....	61
19.	Proceso propuesto de mantenimiento correctivo.....	67

20.	Proceso propuesto de pruebas físico químicas.....	73
21.	Proceso propuesto de pruebas eléctricas.....	79
22.	Detalle de actividades.....	86
23.	Detalle de actividades y tiempos.....	87
24.	Resumen de actividades con su inicio y final.....	87
25.	Diagrama de Gantt del proyecto.....	88
26.	Desechos producidos por la liquidación de transformadores.....	110
27.	Transformador en uso.....	111
28.	Personal removiendo un transformador.....	112
29.	Organización de transformadores en desuso previo al reciclaje....	112
30.	Disposición final de los desechos de un transformador.....	113

TABLAS

I.	Formato de toma de dato.....	36
II.	Proceso de transporte de transformador de potencia.....	39
III.	Proceso de arribo de transformador de potencia con grúa a sitio de instalación.....	42
IV.	Proceso de montaje de transformador de potencia.....	47
V.	Instructivo de mantenimiento preventivo diario de transformadores.....	52
VI.	Instructivo de mantenimiento preventivo semanal de transformadores.....	54
VII.	Instructivo de mantenimiento preventivo mensual de transformadores.....	56
VIII.	Procedimiento de mantenimiento preventivo semestral de transformadores.....	58
IX.	Proceso de mantenimiento preventivo anual de	

transformadores.....	60
X. Proceso de mantenimiento preventivo anual de transformadores.	65
XI. Proceso de toma de muestra de pruebas fisicoquímicas de un transformador de potencia.....	71
XII. Proceso de pruebas eléctricas a transformador de potencia.....	76
XIII. Costo de recursos y suministros.....	89
XIV. Costo de capacitación.....	90
XV. Costo total.....	90
XVI. Flujo de efectivo proyectado mensual sin inversión.....	93
XVII. Flujo de efectivo proyectado anual sin inversión.....	94
XVIII. Flujo de efectivo proyectado mensual con inversión.....	95
XIX. Flujo de efectivo proyectado anual con inversión.....	96
XX. Flujo de efectivo proyectado anual con inversión y valores futuros.....	97
XXI. Programa de capacitación a personal.....	98
XXII. Contenido programático	100
XXIII. Componentes de un transformador de potencia e inspecciones a realizar en su instalación.....	102
XXIV. Actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo en intervalos de tiempo.....	104
XXV. Actividades por intervalo de tiempo de actividades de mantenimiento correctivo.....	105

GLOSARIO

Absorber	Sustancia que ejerce atracción sobre un fluido con el que está en contacto, de modo que las moléculas de este penetren en aquella.
Aceite nafténico	Aceite mineral aislante derivado de petróleos crudos que presenta poco contenido de ceras y tiene un punto bajo de descongelación.
Aceite no inhibido	Aceite mineral aislante que no contiene ningún antioxidante pero que podría contener otros aditivos.
Aceite parafínico	Aceite mineral aislante derivado de petróleos crudos con contenido de ceras.
Adsorber	Atraer y retener en la superficie de un cuerpo moléculas o iones de otro cuerpo.
Arqueo	También llamado arco eléctrico o arco voltaico y corresponde a una descarga eléctrica continua que genera luz y calor intensos, formada entre dos electrodos dentro de una atmósfera de gas a baja presión o al aire libre.

Calorimetría	Medida del calor que se desprende o se absorbe en los procesos físicos, químicos o biológicos.
Contaminante	Sustancia o material extraño presente en un aislante líquido o gaseoso que, generalmente, tiene un efecto deletéreo sobre una o más propiedades.
Contenido en gas	Volumen de gas disuelto en la unidad de volumen de un aislante líquido, generalmente expresado en porcentaje.
Cromatografía	Método de análisis químico para la separación de los componentes de una mezcla por distribución entre dos fases, una estacionaria y otra móvil, que en un principio se utilizó para separar sustancias coloreadas.
Devanado	Bobina formada con conductor eléctrico tipo alambre.
Efecto corona	Descargas parciales en un gas alrededor de un conductor desnudo o ligeramente aislado que crea un campo altamente divergente alejado de otros conductores. El efecto corona generalmente produce luz y ruido.
Grado de polimerización	Es el valor medio del número de unidades manométricas en las moléculas de un polímero.

Hidrófilo	Absorbe el agua con gran facilidad.
Hidrogenación	Proceso por el que se adiciona hidrógeno a compuestos orgánicos no saturados.
Índice de color	Valor numérico obtenido al comparar una muestra líquida con una serie de estándares de color numerados con luz transmitida y en condiciones normalizadas.
Índice de neutralización	Número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesario para neutralizar los componentes ácidos en un gramo del producto, en condiciones normalizadas.
Inhibidor	Sustancia que, utilizada en poca cantidad, impide una reacción química.
Sobrecalentamiento	Calentamiento excesivo de un aparato, motor o dispositivo, que puede producir su deterioro o avería.
Soluble	Que se puede disolver o desleír.
Pirolisis	Descomposición de un compuesto químico por acción del calor.
Papel celulósico	Papel fabricado con fibras de celulosa

**Policlorobifenilos
PCB**

Aislante líquido formado por una mezcla de compuestos isoméricos homólogos, que se obtiene al mezclar por lo menos dos átomos de hidrógeno por los átomos de cloro en la molécula de bifenil.

Punto de anilina

Temperatura más baja en la cual los volúmenes de anilina y de los productos bajo ensayo son completamente miscibles, en condiciones normalizadas.

Punto de rocío

Temperatura en la cual el vapor de agua de un aislante gaseoso empieza a condensarse en forma de líquido o escarcha, en condiciones normalizadas.

Saturación

Acción de añadir una sustancia a un disolvente hasta que este no admita mayor concentración de ella.

Sobretensión

Es todo aumento de tensión capaz de poner en peligro el material o el buen servicio de una instalación eléctrica.

RESUMEN

El presente documento contiene los lineamientos para realizar una estandarización de puesta en operación de transformadores de potencia los cuales se dividen en cuatro áreas: armado e instalación, pruebas eléctricas, mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo; con los cuales se busca alcanzar la certificación de acuerdo a la Norma ISO 9001:2008, la cual proporcionan los lineamientos para que una empresa certifique sus procesos y procedimientos.

Capítulo 1: este capítulo busca dar una perspectiva general del cuadro en el cual se encuentra la organización Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. con nombre comercial TAMSA, para esto se proporciona la información general de la empresa, misión visión, la estructura organizacional y los servicios que presta. Asimismo una descripción general de los principales servicios de transformadores, mantenimientos y asesorías, siendo este el punto de partida para realizar el diagnóstico.

Capítulo 2: se analizará cada uno de los componentes que tienen relación con la estandarización de procesos, como lo son, los procesos actuales, el proceso de certificación y las alianzas estratégicas con otras empresas. Identificando la importancia de la estandarización de los procesos. Se utilizarán las técnicas de ingeniería como lo son el análisis FODA, así como un diagrama Ishikawa y dar un diagnóstico con fundamentos.

Capítulo 3: la propuesta inicia con reconocer la importancia de la estandarización de procesos y determinar los elementos que deben de llevar,

como resultado final de esto, se obtendrá un formato donde se podrá ingresar la información recabada en los trabajos de campo e ir notando la frecuencia de las mismas actividades. A la vez comprender la diagramación de dichos procesos y encontrar el vínculo entre lo gráfico y lo escrito; comprendiendo los elementos que debe llevar un diagrama de flujo para procesos de servicios eléctricos. Obteniendo así, una herramienta de fácil comprensión e información resumida que será utilizada en el programa de capacitación. Luego se realizará una propuesta de procesos a estandarizarse basado en la observación de las actividades que desempeñan los técnicos en los trabajos de campo.

Capítulo 4: la implementación consiste en la autorización por parte de la junta directiva de TAMSA y planificar las actividades que se realizarán mediante un diagrama de Gantt. Siendo la etapa más importante la capacitación al personal acerca de los procesos estandarizados.

Capítulo 5: la mejora continua partirá de la supervisión en la ejecución de los proyectos donde los técnicos deben desarrollarlos con base a los procesos estandarizados y autorizados. A la vez crear un programa de revisión y actualización de los procesos.

Capítulo 6: en este capítulo se busca identificar cuáles son las medidas que toma la empresa para el manejo adecuado de los diferentes desechos y en un futuro sean oportunidades de mejora.

OBJETIVOS

General

Estandarizar los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia.

Específicos

1. Identificar los principales procesos de puesta en operación que se realizan en los trabajos de campo dentro de la empresa.
2. Establecer los pasos necesarios para la estandarización de los procesos en operación ya identificados.
3. Construir los diagramas de flujo de los procesos de puesta en operación realizados en campo, visualizando las posibles áreas de mejora.
4. Crear un programa de capacitación acerca de la estandarización de los procesos de puesta en operación propuestos, dirigida al personal de campo.
5. Determinar el impacto de la estandarización de los procesos en los costos de operación de la empresa TAMSA.
6. Crear un programa de revisión y actualización de los procesos estandarizados.

7. Determinar el manejo adecuado de los residuos sólidos relacionados a los servicios que presta la empresa a sus clientes.

INTRODUCCIÓN

El control de los procesos y actividades cotidianas es donde se contemplan los objetivos de cada área de las empresas. Hoy en día las organizaciones se trazan la meta de estandarizar los procesos de sus negocios debido a que el mercado globalizado lo exige. El mercado globalizado exige cambiar la visión de los negocios y a la vez ha incrementado la competitividad, en la que no existen distancias ni fronteras; donde la información ya no es un secreto. Todo esto provoca una presión que obliga a las organizaciones a flexibilizarse en mecanismos para innovar. Otras organizaciones ven la estandarización como una herramienta, parte de su misión y cultura organizacional.

La estandarización de los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia debe buscar una secuencia lógica en los métodos con un enfoque adecuado para lograr el compromiso por parte del personal. Por lo que la entidad Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. que en lo sucesivo se llamará con su nombre comercial TAMSA, busca estandarizar sus procesos de puesta en operación de manera que el personal de campo tenga la capacidad de realizar los trabajos en la mejor condición.

Esta estandarización se hará por medio de la observación de los trabajos de campo, entrevistando al personal que realiza las tareas y documentando la información recabada. Al finalizar esta etapa se obtendrán los beneficios de reducir las variaciones en los procesos, facilitar la formación en los nuevos operarios y establecer el punto de partida para la mejora continua. La mejora continua permitirá contar con programas de revisión y supervisión de los

procesos, con los cuales tanto los supervisores, técnicos y gerentes tendrán los lineamientos necesarios para realizar los trabajos y servicios requeridos por los clientes que cumplan con las expectativas de calidad a nivel internacional.

Como punto final en un estudio de estandarización en los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia se deben contemplar el manejo de los residuos sólidos y residuos líquidos de los transformadores, con los cuales se busca el tratamiento adecuado y el conocimiento por los involucrados para evitar en mayor medida los efectos adversos que estos puedan tener.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Los antecedentes generales de la empresa consisten en la historia, los servicios que presta a los clientes, misión, visión, valores, estructura organizacional y alianzas estratégicas de la empresa.

1.1. Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. es una empresa guatemalteca fundada en el 2005, sus principales actividades son: el diseño, construcción, supervisión y asesoría para las instalaciones eléctricas, así como también los montajes para comunicaciones, sistemas de aire acondicionado y ventilación, reparación y mantenimiento de todo equipo en alta tensión para proyectos comerciales, industriales y residenciales. Con el objetivo de aportar soluciones en el campo eléctrico a empresas que buscan mantener o alcanzar los más altos estándares de calidad, confiabilidad y costos. Tanto las compañías de electricidad, como las empresas de producción con importantes consumos eléctricos la han reconocido como un contratista confiable y experimentado.

1.1.1. Historia de la empresa

El tres de agosto de 2005 se reunieron personas emprendedoras que buscaban brindar servicios de excelencia a las empresas guatemaltecas, contando con los conocimientos y experiencia necesaria para ofrecer servicios de armado, montaje y mantenimiento de subestaciones eléctricas, decidieron constituir legalmente la sociedad anónima denominada Transformadores

Asesoría y Mantenimiento, S.A. conociéndose comercialmente como TAMSA. Al transcurrir los años los principales ejecutivos identificaron un nicho en el mercado eléctrico, el cual son los transformadores, ya que son pocas las empresas que pueden proporcionar estos servicios técnicos, al ver esta oportunidad, iniciaron la especialización en esa área, recibiendo cursos en India, Estados Unidos, Colombia, China, entre otros países.

En sus inicios la empresa se encontraba ubicada en la 2da calle 32-77 bodega 2, condominio San Mateo, por razones estratégicas a principios del 2009, la empresa se trasladó a sus oficinas actuales en la 3era avenida 41-42, Colonia Monte María I, Ofibodega # 102, departamento de Guatemala y debido a su dedicación actualmente realizan proyectos en toda Centro América y El Caribe.

1.1.2. Servicios que presta la empresa

El giro del negocio de esta empresa hace que sus actividades sean diversas que se pueden agrupar en 3 áreas, las cuales se ven reflejadas en el nombre de la empresa; transformadores, asesorías y mantenimientos.

- Montaje y armado
 - Transformadores de potencia hasta 230kv
 - Paneles para sistemas de control y mando
 - Barras sólidas o flexibles para alta y media tensión
 - Equipo de potencia de alta tensión
 - Seccionadores
 - Interruptores
 - Pararrayos
 - Transformadores de potencial y corriente

- De estructuras metálicas en general
- De sistemas de red de tierra física
- Diseño de subestaciones eléctricas
 - Sistemas de protección
 - Sistemas de medición y facturación
 - Sistema de control, mando y señalización
 - Sistemas de mando a distancia RTU y PLC
 - Líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica
 - Obra civil
 - Estructuras metálicas
 - Montaje y armado de estructuras metálicas
 - Montaje, ajuste, calibración y puesta en operación de equipo eléctrico de potencia
 - Para alta tensión
 - Seccionadores en general
 - Interruptores en general
 - Transformadores de medición y protección
 - Banco de condensadores
 - Montaje y conexionado de paneles de control y mando
 - Pruebas eléctricas a equipo de potencia
 - Factor de potencia al aislamiento
 - Ajuste y calibración de relés de protección
 - Cálculo de corto circuito
- Pruebas eléctricas
 - Rigidez dieléctrica ASTM D-877
 - Número de neutralización ASTM D-974
 - Tensión interfacial ASTM D-971

- Color ASTM D-1524
- Gravedad específica ASTM D-1298
- Contenido de PCBs 0-50 ppm

1.1.3. Visión TAMSA

La visión es una exposición clara que indica hacia dónde se dirige la empresa a largo plazo y en qué se deberá convertir, tomando en cuenta el impacto de las nuevas tecnologías, de las necesidades y expectativas cambiantes de los clientes, de la aparición de nuevas condiciones del mercado, etcétera.

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. ha construido su visión de la siguiente manera: "Ser una empresa líder en el sector eléctrico, modelo de eficiencia y de calidad en el servicio, de cara a la rentabilidad y al desarrollo sostenible, consciente de su responsabilidad social y en armonía con el medio ambiente, que permitan a nuestros clientes ser más productivos al momento de desempeñar su labor empresarial".

1.1.4. Misión TAMSA

La misión es el propósito, fin, motivo o razón de ser de la existencia de una empresa u organización porque define lo que pretende cumplir en su entorno o sistema social en el que actúa, lo que pretende hacer y el para quién va dirigido; es influenciada en momentos concretos por algunos elementos como: la historia de la organización, las preferencias de la gerencia y/o de los propietarios, los factores externos o del entorno, los recursos disponibles, y sus capacidades distintivas.

La misión de Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. es: "Apoyar el desarrollo de los sectores eléctricos e industriales de nuestros clientes, con servicios de calidad; desarrollados profesionalmente y entregados con el mejor tiempo".

1.1.5. Valores

El compromiso que adquiere la empresa en el desarrollo de sus proyectos de puesta en operación de transformadores de potencia se fundamentan sobre tres pilares:

1.1.5.1. Calidad

Este valor se interpreta de la siguiente forma "Asumimos las buenas relaciones con nuestros clientes, brindando servicios de calidad que les minimicen los costos y aumenten su productividad".

1.1.5.2. Competitividad

“Aspiramos al más alto nivel de servicio, en la planeación y ejecución de nuestros proyectos, que constituye la ventaja competitiva con actitud profesional.”

1.1.5.3. Armonía con el medio ambiente

“Cumplimos con los requerimientos y expectativas de la sociedad en la realización de prácticas que no tengan impactos negativos en nuestro medio ambiente.”

1.2. Estructura organizacional de TAMSA

Una estructura organizacional define la relación que poseen las personas, medios, objetivos, recursos, esfuerzos, autoridad y equipos de trabajo; para lo cual se plasma en un organigrama y/o manual de organización según la estructura que se decida implementar. Existen 4 tipos de estructuras organizativas (simple, funcional, divisional y matricial).

La Junta Directiva de TAMSA ha ido adaptándose a los cambios que el entorno ha dado, para el cual tienen una estructura organizacional funcional donde la especialización y las áreas de mando están bien marcadas con los fundadores de la empresa. Este ha sido uno de los grandes retos ya que conforme avanza el tiempo, el crecimiento en la organización es evidente, haciendo esto que las líneas de mando sean complejas y los procedimientos más burocráticos. Las ventajas de poseer este tipo de estructura aparte de la especialización de habilidades, se puede mencionar la fluidez de la información y conocimientos en las áreas creadas, aminora la duplicidad de puestos y brinda la oportunidad de intercambiar información de miembros de la misma especialidad. Las desventajas de esta estructura consisten en la rutina de las actividades, limitante de ocupar puestos gerenciales, poca comunicación entre las diferentes áreas (ej. compras y proyectos) y poca responsabilidad por los resultados globales.

Esta empresa maneja una estructura poco flexible y centralización de autoridad. En ocasiones la supervisión es estrecha, la comunicación es rápida y los controles tienen mucha influencia por la opinión del director. En algunas circunstancias cuentan con personal *staff*, ya que en los proyectos necesitan personal adicional para finalizar las tareas con eficiencia. Los técnicos poseen un ayudante, mejor conocido como técnico II. Muchas funciones se encuentran

unidas o son ejecutadas por una misma persona, como es el caso de recursos humanos y contabilidad que son manejadas por la misma persona. Los últimos esfuerzos que se han realizado es para lograr una estructura funcional en base a las funciones que realiza cada uno de los ejecutivos, siendo esto un punto de partida para separar actividades afines de diferentes departamentos y lograr un mayor desempeño.

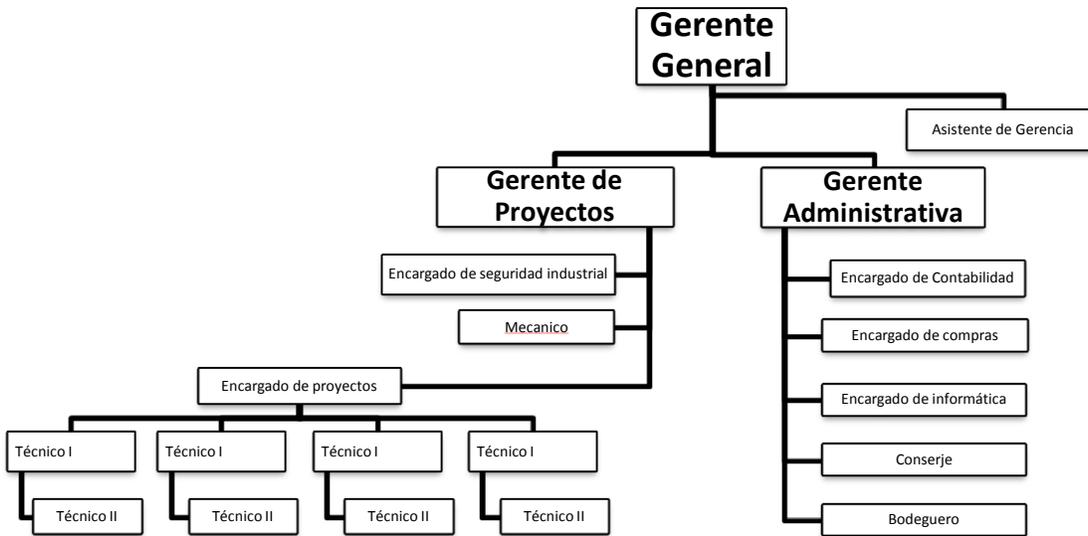
1.2.1. Organigrama general de la empresa

Un organigrama es una representación gráfica de la estructura organizacional que posee la empresa. A continuación encontramos la figura 1 donde se puede apreciar el organigrama de TAMSA, el cual está compuesto por 20 empleados aproximadamente, donde la administración se encuentra centrada en Gerencia General, seguido por el apoyo en 2 áreas; gerencia de proyectos y gerencia administrativa, las cuales se apoyan mutuamente en el desarrollo de los proyectos, ya que dependen unos de otros. La gerencia administrativa se encarga del área de compras, contabilidad y recursos humanos y la gerencia de proyectos tiene a su cargo el área de seguridad industrial y los técnicos que realizan las tareas de campo, (ver figura 1).

1.3. Otros aspectos relevantes de Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.

Los aspectos relevantes a mencionarse son: el proceso de certificación según Norma ISO 9001:2008 y las alianzas estratégicas ya que son determinantes para el fundamento de la estandarización de los procesos.

Figura 1. **Organigrama de la empresa Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

Es de vital importancia que las organizaciones estén a la vanguardia de las necesidades del mercado, así mismo la exigencia de los clientes obliga a tomar medidas en relación a la calidad, y para esto es indispensable la estandarización de los procesos. Actualmente TAMSA ha iniciado el proceso de Certificación bajo la Norma ISO 9001:2008, con la cual se busca crear un sistema de gestión de calidad por procesos y/o procedimientos en los servicios, debido a que las alianzas estratégicas (ABB, Siemens) lo han requerido como imprescindible en los servicios que requieren.

En este momento la empresa no cuenta con alguna documentación, proceso y/u otra herramienta para avanzar en este proceso de certificación,

para lo cual se ha denotado necesario conocer las ventajas y desventajas que traerá el cumplimiento de la meta trazada a corto plazo.

Ventajas de certificación según Norma ISO 9001:2008:

- Incrementa la productividad y dirige a la organización hacia la competitividad, lo cual es de trascendental para las actuales organizaciones.
- Consiguen mejoras en un corto plazo y resultados visibles.
- Si existe reducción de procesos defectuosos, trae como consecuencia una reducción en los costos, como resultado de un consumo menor de materias primas o sea los servicios son de mejor calidad.
- Se concentra el esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos competitivos.
- Contribuye a la adaptación de los procesos a los avances tecnológicos.
- Permite eliminar procesos repetitivos de poco rendimiento evitando así gastos innecesarios.

Desventajas de certificación según Norma ISO 9001:2008:

- Requiere de un cambio en toda la organización, ya que para obtener el éxito es necesaria la participación de todos los integrantes de la organización y a todo nivel.

- Cuando el mejoramiento se concentra en un área específica de la organización, se pierde la perspectiva de la interdependencia que existe entre todos los miembros de la empresa.
- Hay que hacer inversiones importantes.
- En vista de que los gerentes en la pequeña y mediana empresa son muy conservadores, el mejoramiento continuo se hace un proceso muy largo.

1.3.1. Proceso de certificación de acuerdo a Norma ISO 9001:2008

La Norma ISO 9001:2008 es una norma internacional que se aplica a los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios. Adicionalmente los clientes se inclinan por los proveedores que cuentan con esta certificación ya que de este modo se aseguran de que la empresa seleccionada disponga de un buen sistema de gestión de calidad. Los requisitos para un SGC son demostrar la capacidad de la organización para proporcionar regularmente servicios que satisfagan los requisitos del cliente y aumentar la satisfacción del cliente a través de la aplicación eficaz del sistema, incluidos los procesos para la mejora continua y aseguramiento de la conformidad con los requisitos del cliente. En el proceso de certificación primero se deben identificar los distintos procesos, después ordenarlos según su secuencia de actuación, luego establecer su interacción, asegurarse de la eficacia de las operaciones y de su control finalmente medir y analizar los procesos para su mejora continua. Para una empresa de servicios se utiliza el modelo de la figura 2.

Figura 2. **Modelo de un sistema de gestión de calidad basado en procesos**



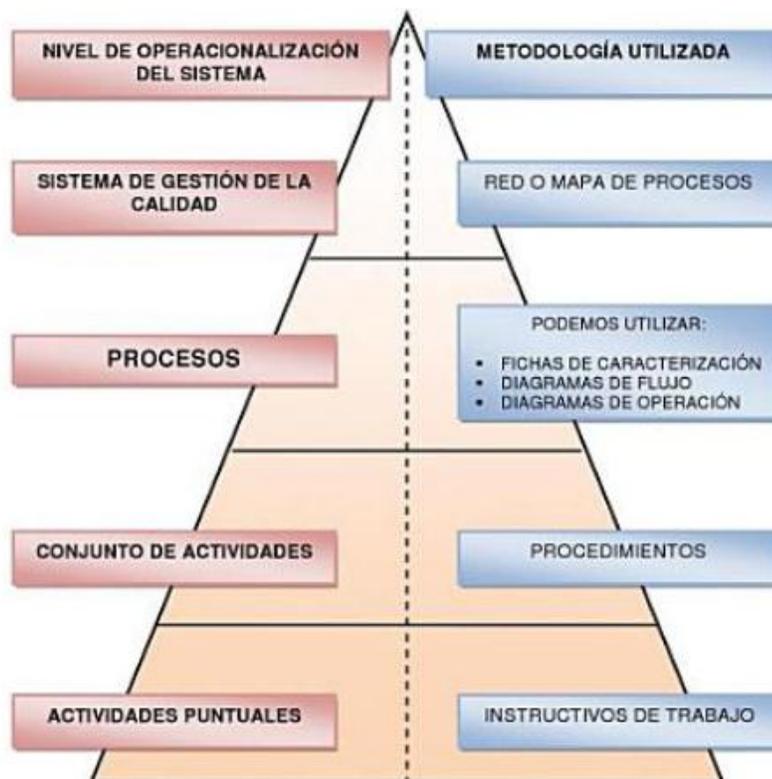
Fuente: FONTALVO HERRERA, Tomas José. La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008. p. 86.

Para esto se deben crear varios documentos, los cuales son un Manual de calidad y un manual de procesos. El manual de procesos debe contener todos los procesos y procedimientos que se realizan, aprobados y actualizados según las condiciones de la organización. Este será el punto de partida de la estandarización de procesos de puesta en operación de transformadores de potencia, (ver figura 3).

Según ISO/IEC Guía 73:2002 (Risk Management - Vocabulary - Guide lines for use in Standards; o su traducción al español: gestión del riesgo - vocabulario- Las líneas de guía para uso en la norma) indica que en ocasiones no es apropiado ni necesario usar un proceso de gestión de calidad de manera formal donde se utilizan herramientas reconocidas y/o procedimientos internos

como por ejemplo procedimientos normalizados de trabajo. El uso de procesos informales de gestión de calidad donde se utilizan herramientas empíricas y/o procedimientos internos se puede considerar también aceptable. El uso apropiado de la gestión para la calidad puede facilitar, pero no exime a la industria de la obligación de cumplir con los requisitos legales y no reemplaza las comunicaciones entre la industria y las autoridades de certificación que auditen la veracidad de los mismos. Por lo que se tratarán los procesos y procedimientos de forma indistinta.

Figura 3. **Pirámide de documentación para certificarse por procesos**



Fuente: FONTALVO HERRERA, Tomas José. La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008. p. 89.

1.3.2. Alianzas estratégicas

La empresa TAMSA ha realizado varias alianzas estratégicas con el fin de incrementar los clientes a los cuales se les puede prestar servicios, las alianzas son con instituciones y organizaciones que están inmersos en el mercado eléctrico, ya sea fabricantes de transformadores de potencia, distribuidores y generadores de energía, entre otros. Estas alianzas estratégicas han conformado más del 50% de las ventas y se han realizado con empresas de talla nacional e internacional, entre ellas:

- Instituto Nacional de Electrificación (INDE)
- ABB Colombia
- ABB México
- Siemens México

Cada una de estas alianzas ha representado un reto que se ha enfrentado con la innovación y adaptación al entorno global, así mismo esto ha logrado que su trabajo sea reconocido en todo a nivel internacional.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Es necesario realizar un diagnóstico a la organización por medio de herramientas que permitan identificar la situación actual de la organización. Para este estudio se utiliza el análisis FODA con el cual se identifican las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. A partir de este punto se determinan estrategias combinando fortalezas y debilidades con oportunidades y amenazas. Asimismo se realiza un diagrama causa y efecto para establecer cuáles son los factores principales que se deben tomar en cuenta en el proceso de certificación.

2.1. Análisis FODA de TAMSA

El objetivo principal de este análisis es dar una visión general de la empresa, tanto en su ambiente externo, como interno. Las fortalezas y debilidades forman parte del ambiente interno de la compañía, es decir son propios de ésta y su adecuado manejo depende de los miembros de la misma. Es tan necesario encontrar las fortalezas de la empresa para explotarlas al máximo, así como lo es conocer las debilidades actuales y potenciales para tomar los cursos de acción adecuados para que se minimicen.

Las oportunidades y amenazas forman parte del ambiente externo que rodea a cualquier empresa. Conocerlas es igualmente importante, pues le dan un parámetro a la empresa sobre lo que puede esperar del mercado, entendiendo por esto las condiciones económicas, políticas, sociales y tecnológicas ajenas a su control. Es crucial encontrar las oportunidades que presenta el mercado para poder diversificar el riesgo o incursionar en nuevos

negocios. La detección de las amenazas también es necesaria, para encontrar las fórmulas que las puedan mitigar, siendo proactivos en lugar de esperar a que las mismas restrinjan el desenvolvimiento satisfactorio de la empresa.

Fortalezas

- Compromiso e identificación con el cliente (1)
- Calidad de servicio superior a la competencia (2)
- Servicio personalizado (3)
- Amplia experiencia en el campo (4)
- Buena reputación en el mercado tanto de la empresa como de los socios (5).
- Servicio de atención inmediata a emergencias (6)
- Tecnología de punta (7)
- Personal calificado (8)
- Excelente atención al cliente (9)
- Márgenes de utilidad altos (10)

Oportunidades

- Entidades que brindan la certificación bajo Norma ISO 9001:2008 (1)
- Mercado en crecimiento (2)
- Pocos oferentes en el mercado, demanda insatisfecha (3)
- Barreras de entrada al mercado por la alta inversión requerida en equipos y capacitación al personal (4).
- Empresas en Centroamérica y el Caribe que requieren de los servicios eléctricos, dando la posibilidad de incursionar en nuevos segmentos del mercado (5).

- Tecnología disponible en el mercado que permite aumentar eficiencia y reducir costos (6).

Debilidades

- Ausencia de procesos estandarizados en los proyectos que se realizan
- Ausencia de un plan estratégico que direcciona las actividades de la empresa.
- Descontrol en gastos y desembolsos
- Toma de decisiones monopolizada por la Gerencia de Proyectos (ausencia de delegación).
- Inversión requerida en capacitación de personal es muy elevada
- Descontrol sobre equipo y su ubicación
- Ausencia de una metodología formal para estimación de costos y política de precios.
- Desconocimiento de costos y utilidad real por proyecto
- Inexistencia de procedimientos para la ejecución de proyectos
- Falta de coordinación entre técnicos y supervisores
- Inexistencia de una estrategia para aprovechar nuevas ventanas de negocio.

Amenazas

- Competencia potencial de empresas nacionales e internacionales
- Ambiente político desfavorable para la inversión y el crecimiento de empresas.
- Política fiscal no favorece la competitividad
- Disminución de la inversión por parte de la iniciativa privada
- Tecnología constantemente cambiante

2.1.1. Estrategias

Existen cuatro estrategias que pueden surgir de este tipo de análisis, ya que el solo contar con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas no proporciona planes de acción para las situaciones que a las que eventualmente se enfrentaría la organización. Estrategia “FO” (Maximizar fortalezas para aprovechar oportunidades); estrategia “FA” (Usar fortalezas para evitar el impacto de las amenazas); estrategia “DO” (Minimizar las debilidades para aprovechar oportunidades); estrategia “DA” (Minimizar las debilidades y evitar las amenazas). Estas estrategias surgen de una matriz donde se relacionan los diferentes elementos.

A continuación se presenta la matriz de coincidencias de los diferentes elementos de FODA, teniendo mayor relación las calificadas con 3 y menor relación las calificadas con 0. Las calificaciones 3, serán el punto de partida para realizar las diferentes estrategias.

2.1.1.1. Estrategias FA/FO

Entre las estrategias FA, se pueden mencionar:

- Obtener la fidelidad de los clientes por medio de un servicio de calidad estandarizado que distinga de las demás empresas que puedan incursionar en el nicho de mercado, (A1 F3).
- Contar siempre con tecnología de punta que vaya de la mano con capacitación de los técnicos involucrados en la empresa, (A5 F8).

Figura 4. **Matriz de relación de análisis FODA**

		FORTALEZAS										DEBILIDADES										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
OPORTUNIDADES	1	3	2	2	1	1	3	2	1	2	2	3	1	1	2	2	2	2	2	1	0	0
	2	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1	2	3	1	2	2	2	1	1	2	3	2
	3	1	3	2	1	2	2	2	2	2	2	1	1	2	0	1	2	1	1	1	2	2
	4	1	2	1	3	2	2	2	1	2	2	2	0	1	0	2	2	1	1	1	1	2
	5	2	2	2	1	2	3	2	2	1	1	1	2	2	0	1	2	1	2	1	1	1
	6	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2	1	0	2	2	2	1	1	2	0	0	1
	7	2	1	3	1	2	2	2	2	2	3	1	1	2	1	2	3	0	2	1	1	0
AMENAZAS	1	1	1	1	3	1	1	1	2	0	2	1	3	1	0	2	2	2	0	1	1	1
	2	2	0	0	1	3	1	2	1	0	2	0	3	2	2	2	0	1	1	1	2	2
	3	2	1	1	2	1	1	1	3	1	3	2	2	2	1	1	1	1	3	0	0	0
	4	2	2	1	2	2	0	2	1	0	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	0	0
	5	2	1	1	0	1	1	2	3	2	1	2	2	1	1	1	2	2	2	1	0	0

Fuente: elaboración propia.

- Estar en constante revisión de los márgenes de utilidad, para evaluar las políticas fiscales que se estén llevando y el pago de los impuestos para evitar sanciones innecesarias, (A3 F10).
Entre las estrategias FO, se pueden mencionar:
- Aprovechar la calidad en el servicio para una demanda insatisfecha donde hay pocas empresas ofreciendo los mismos servicios, (O3 F2).
- La posibilidad de incursionar en nuevos segmentos del mercado se puede lograr mediante el servicio de atención inmediata a emergencias, (O5 F6).
- Alcanzar la certificación ISO 9001:2008 por medio de la mejora continua y el compromiso e identificación con el cliente, (O1 F1).

2.1.1.2. Estrategias DO/DA

Entre las estrategias DO, se pueden mencionar:

- Iniciar la estandarización de los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia para alcanzar la Certificación según Norma ISO, (D1 O1).
- Implementar un programa de control de la maquinaria y equipo que permita ubicarlo inmediatamente e identificar las necesidades de compra de los mismos al iniciar proyectos, (D6 O7).
- Realizar actividades de integración de equipos ente supervisores y técnicos para lograr una unificación de los grupos y realizar los trabajos con la mayor eficiencia, en cualquier parte del mundo, (D10 O2).

Entre las estrategias DA, se pueden mencionar:

- Iniciar el proceso de certificación para tener procesos estandarizados para tener la altura de empresas de nivel mundial, (D1 A1).
- Establecer un plan estratégico administrativo en el cual se cuenten con planes contingentes según el ambiente político, (D2 A2).
- Fortalecer el área contable de la organización que permita un mayor control de los ingresos y egresos así como mantener los estados financieros actualizados donde se obtenga un margen neto mayor y permita holgura en los cambios de políticas fiscales, (D8 A3).

2.2. Procesos actuales de puesta en operación de transformadores de potencia

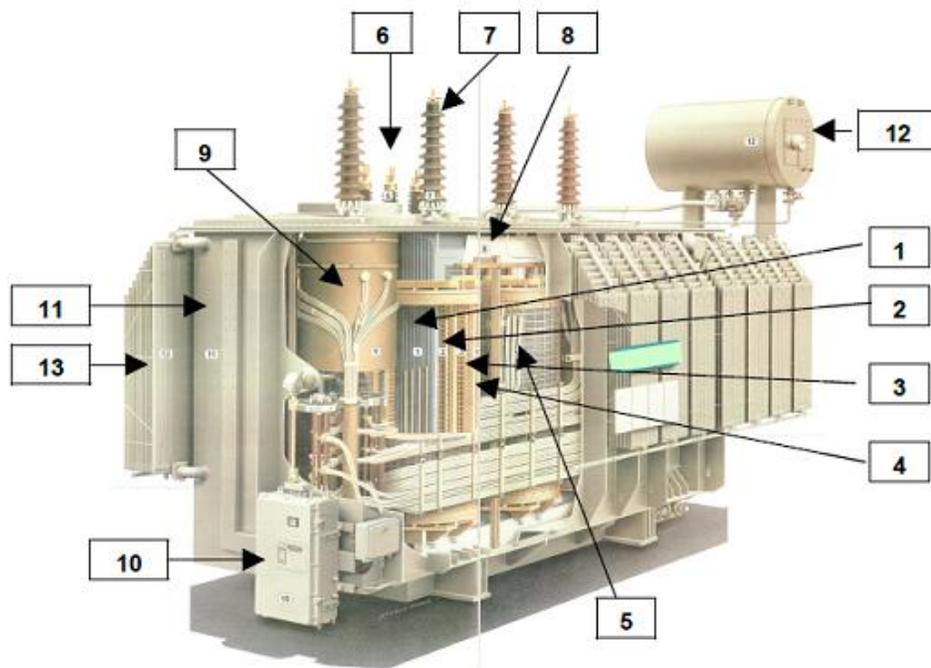
Actualmente los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia son de tipo empírico, con lo que se dificulta la capacitación a nuevos técnicos. Para estandarizar los procesos se debe comprender qué es un transformador y cómo funciona, por lo tanto un transformador es un dispositivo que cambia la potencia eléctrica alterna con un nivel de voltaje a potencia eléctrica alterna con otro nivel de voltaje mediante la acción de un campo magnético. Consigna de dos o más bobinas de alambre conductor enrolladas alrededor de un núcleo ferromagnético común.

Las bobinas no están conectadas en forma directa, la única conexión que existe entre las bobinas es a través del flujo magnético común que se encuentra dentro del núcleo. Se consideran como una máquina estática por no tener partes móviles cuya construcción se basa en componentes metálicos o inorgánicos, tales como tanque, radiadores de enfriamiento, núcleo magnético, bobinas, boquillas, herrajes y accesorios; y también está conformado por componentes no metálicos u orgánicos tales como aceite, papel, cartón y madera. Consta de 2 devanados, el primario o de entrada, y el segundo, llamado secundario o de salida, o quizá un tercer devanado, llamado terciario, se conecta al circuito de las cargas.

A los transformadores de potencia se les llama de diferentes maneras, dependiendo de su uso en los sistemas de potencia. Un transformador conectado a la salida de un generador eléctrico que se utiliza para aumentar su voltaje a niveles de transmisión transformador de unidad o de salida; al transformador que se encuentra al final de una línea de transmisión y que reduce los niveles de voltaje de transmisión a niveles de voltaje de distribución,

se le llama transformador de subestación; y por último, al transformador que toma el voltaje de distribución y lo disminuye hasta el voltaje final de utilización de los usuarios se le llama transformador de distribución.

Figura 5: Partes de un transformador de potencia de 40 MVA



1. Núcleo de tres columnas
2. Bobinas de baja tensión
3. Bobinados de alta tensión
4. Bobinados de regulación
5. Terminales de derivación
6. Aisladores de baja tensión
7. Aisladores de alta tensión
8. Vigas de prensado del núcleo
9. Conmutador de derivación con carga
10. Accionamiento motorizado
11. Cuba
12. Tanque de expansión
13. Radiadores

Fuente: www.siemens.com. Consulta: 20 de enero de 2013.

2.2.1. Armado e instalación

En el caso de los transformadores de potencia, estos generalmente se transportan en partes a su destino final. El servicio de armado consiste en la correcta y cuidadosa colocación de las piezas para ensamblar nuevamente el transformador. El proceso incluye una inspección del interior, del tanque principal y los accesorios, para verificar que el transporte no dañó el equipo. Finalmente, se concluye con una prueba de presión que comprueba el sello completo del transformador, así como la resistencia de aislamiento del núcleo y los herrajes.

Cuando los transformadores se transportan sin aceite, y después del proceso de armado, se debe extraer la humedad de los aislamientos. Este proceso inicia con la medición de punto de rocío y cálculo de humedad residual. Continúa con la aplicación de vacío y cuando la humedad llega a 0.5%, se rompe el vacío y se llena de nitrógeno para verificar la calidad del secado. Previo a su ingreso al tanque principal, el aceite es probado para verificar sus características. Entonces se comienza el llenado de aceite a velocidad controlada. Los transformadores embarcados con aceite no requieren este proceso, (ver figura 6).

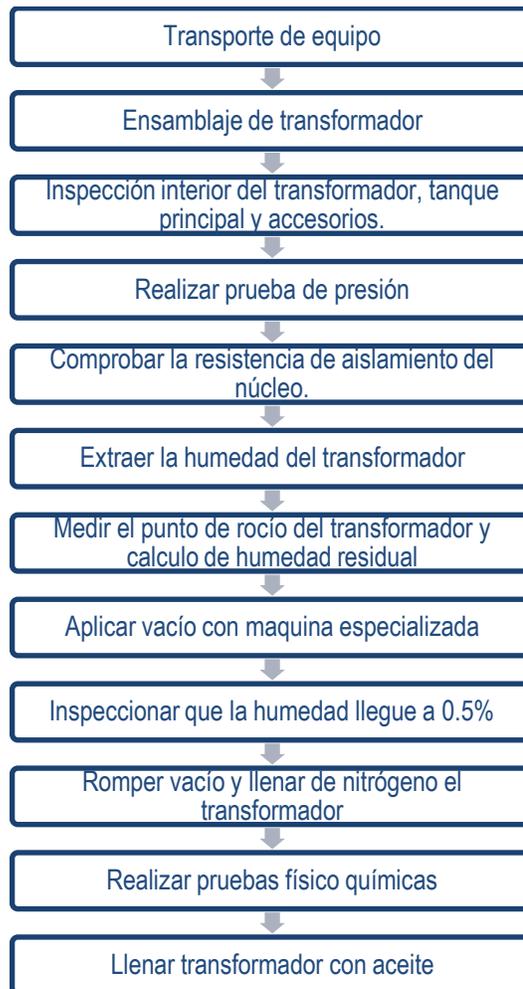
2.2.2. Pruebas eléctricas

Uno de los pasos más importantes a tomar en cuenta cuando se decide iniciar un mantenimiento moderno en los transformadores, es establecer una frecuencia para realizar las diferentes pruebas. En el mantenimiento moderno, se contemplan los análisis físicos químicos y de furanos. Con base a los resultados obtenidos, se determinan las acciones a implementar para proteger y

salvaguardar el sistema de aislamiento interno de los transformadores, con el fin de prolongar su vida útil.

Las pruebas fisicoquímicas consisten en el análisis físico químico del aceite siendo uno de los aspectos más relevantes en las inspecciones de transformadores y resulta determinante a la hora de realizar el diagnóstico.

Figura 6. **Diagrama de proceso actual de armado de transformador**



Fuente: Manual de operaciones de empresa TAMSА. p. 20

Con este tipo de pruebas se procura obtener información sobre las propiedades funcionales (físicas, eléctricas y químicas) del aceite mineral aislante utilizado en equipos eléctricos y así poder determinar el estado del sistema de aislamiento del transformador. Las pruebas que se realizan para recabar la información son las siguientes:

- Tensión interfacial: consiste en evaluar una disminución en el valor de TI que indica la acumulación de contaminantes, productos de oxidación o ambos.
- Rigidez dieléctrica: se evalúa un valor bajo, que indica generalmente la presencia de contaminantes tales como agua, suciedad u otras partículas conductivas en el aceite.
- Contenido de humedad: un contenido bajo de agua es necesario para obtener y mantener una rigidez dieléctrica aceptable, y pérdidas dieléctricas bajas en el sistema de aislamiento.
- Color.
- Factor de potencia: un alto valor de factor de potencia indica presencia de contaminación o de productos debido al deterioro, tales como la humedad, carbón u otras materias conductivas.
- Contenido de inhibidor: el aceite dieléctrico nuevo contiene normalmente pequeñas cantidades de inhibidores naturales, estos retardan la oxidación del aceite hasta que son consumidos en su totalidad. En el momento que los inhibidores se agotan, la tasa de oxidación y el proceso de deterioro del aceite aumenta.

- Número de neutralización: la oxidación de un aceite dieléctrico se lleva a cabo por medio de complejas reacciones en las que están involucradas el agua y el oxígeno; el número de neutralización es utilizado como una medida de la cantidad de ácidos orgánicos formados en el aceite debido a dicho proceso de oxidación. Altas concentraciones de 2-furfural son una clara indicación de la degradación de la celulosa del papel aislante.

Actualmente el proceso que utiliza la empresa para realizar las pruebas eléctricas, corresponde a una orden por parte del cliente en la cual le indica que pruebas son las que necesitan, luego, los técnicos llegan al área de trabajo y en el caso de pruebas al aceite dieléctrico, proceden a abrir una válvula de escape en la parte inferior del transformador, llenan botes esterilizados y los rotulan, luego los envían a un laboratorio y envían un dictamen al cliente.

Figura 7. **Diagrama de proceso actual de pruebas a transformador**



Fuente: Manual de operaciones de empresa TAMSA. p. 45.

2.2.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo, se hace bajo un programa de trabajo ya determinado y con el equipo desenergizado. Se realiza con una revisión externa y una revisión interna; la revisión externa se inicia con la inspección del equipo auxiliar de protección y medición, se reaprietan los tornillos, los aisladores o *bushings* deben estar limpios y al menor signo de deterioro, deben reponerse. El tanque debe estar limpio, sus juntas no deben presentar signos de envejecimiento y se debe corregir de inmediato cualquier fuga. Se debe revisar que no existen rastros de carbón en el interior del tanque y que tampoco presente señales de abombamiento.

La revisión interna se compone de dos etapas, cuando esta energizado que es básicamente tomar muestras de aceite y determinar la temperatura del transformador y cuando esta desenergizado; en el momento que se desenergiza el transformador se procede a realizar un mantenimiento interior donde se destapa la cuba del mismo, lo que obliga a aprovechar para mantenimientos y reparaciones a los elementos internos, tales como:

- Cambiador de derivaciones, bajo carga y sin carga (desenergizado)
- Transformadores de corriente (núcleo y bobinas; boquillas y guías)
- Tanque principal
- Tanque conservador
- Indicador de temperatura de devanado
- Termómetro de aceite
- Indicador de temperatura del punto más caliente (Hot - Spot)
- Indicador de temperatura de devanado
- Medidor de relación sobrecarga temperatura o relé de imagen térmica
- Relé Buchholz

- Relé de sobrepresión
- Relé de presión súbita
- Dispositivos y / o equipos de preservación de aceite
- Radiadores
- Bombas de recirculación de aceite 73
- Indicadores de flujo
- Válvulas
- Purgas de aire (Boquillas, tanques y radiadores)
- Cambiador de derivaciones (TAP,s)

Al finalizar estos mantenimientos menores, se procede a insertar la cuba dentro del transformador y energizarlo, ver figura 8.

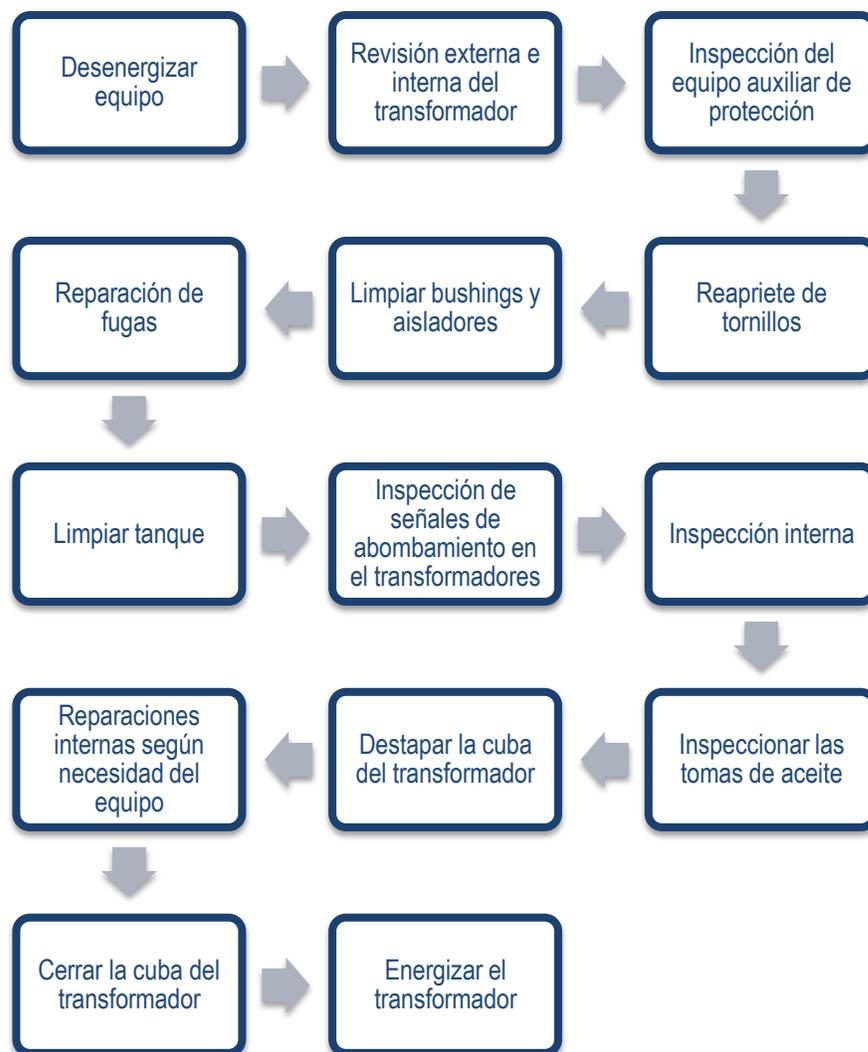
2.2.4. Mantenimiento correctivo

Este tipo de mantenimiento que los clientes deberían evitarse por los grandes costos que representa, permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación o sustitución, ocurre cuando no hay planeación y control. Se hace inaceptable en grandes instalaciones, ya que el trabajo realizado es una emergencia. Este tipo de mantenimiento implica cargas de trabajo no programadas, ocasionando interrupciones del servicio.

El mantenimiento correctivo impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, las cuales pueden ser por abandono, por desconocimiento del equipo, por desgaste natural, por reportes no atendidos para su reparación, por maltrato, etc. sus aplicaciones son emergencia. Este proceso actualmente se realiza con una visita de campo a las instalaciones y posteriormente se emite un diagnóstico, en el peor de los casos, los transformadores no tienen manera de arreglarse, por lo que se procede a la

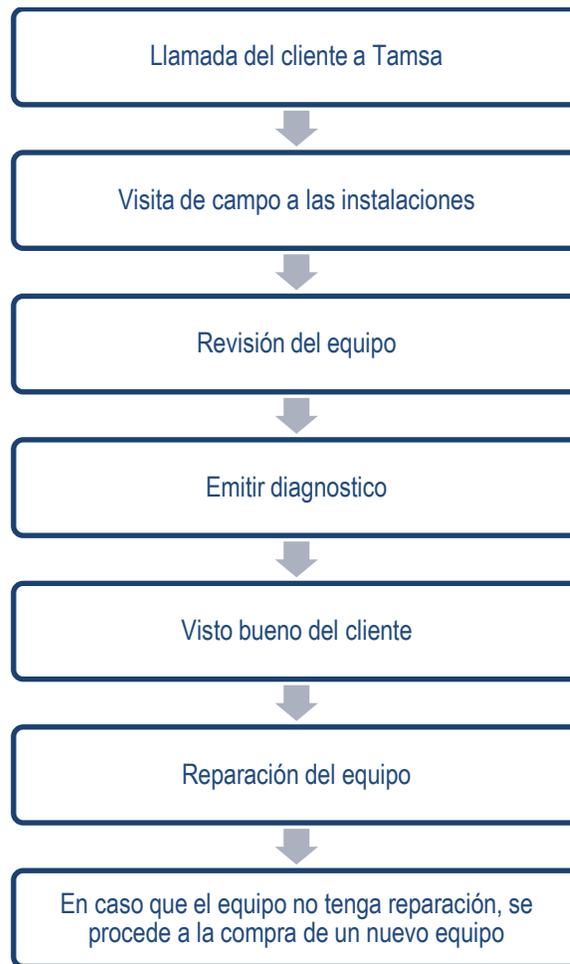
compra de un nuevo equipo, el cual debe ser ordenado a una empresa especializada, el cual lo entrega en los siguientes seis meses, en el mejor de los casos, ver figura 9.

Figura 8. **Diagrama de proceso actual de mantenimiento preventivo de transformador**



Fuente: Manual de operaciones de empresa TAMSA. p. 23.

Figura 9. **Diagrama de proceso actual de mantenimiento correctivo de transformador**



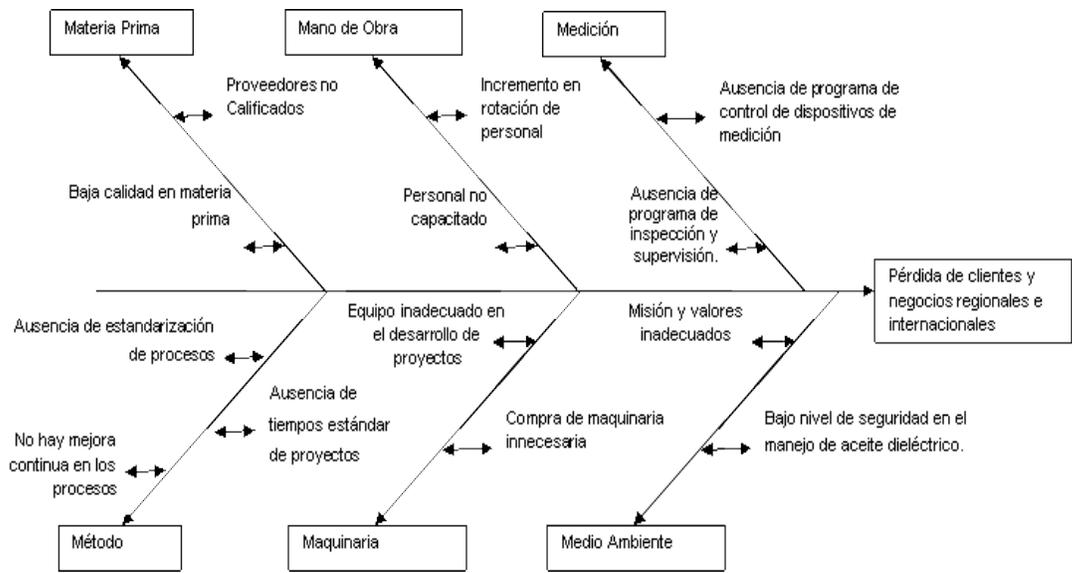
Fuente: Manual de operaciones de empresa TAMSA. p. 30.

2.3. Diagrama causa y efecto de proceso de certificación ISO 9001:2008

El diagrama Causa y Efecto, también llamado Ishikawa es una herramienta de análisis que ayuda a condensar la información con la cual se pueden identificar el origen o problema con las causas que se observan en la actualidad de las entidades. Para realizar este diagrama es necesario realizar una lluvia de ideas con las partes involucradas en los procesos, los resultados de la lluvia de ideas se agrupan por afinidad de tema, siendo el resultado la figura; en la cual se observa que los principales contratiempos o quejas son: los proveedores no calificados, la materia prima que no cumple con los requisitos mínimos, la existencia de un plan de retroalimentación de los procesos, la falta de medición en la satisfacción de los clientes, la poca capacitación al personal, la asignación de recursos desordenada, los tiempos estándar de procesos no se cumplen, los técnicos necesitan más competencias para elaborar los trabajos y no se cumple con los tiempos de entrega ofrecidos a los clientes, con todo esto, se determinó que el efecto que ocasionan todas estas causas es la pérdida de clientes regionales e internacionales que buscan servicios de calidad según normas internacionales.

El principal problema analizado para la elaboración del diagrama Ishikawa fue la calidad en los servicios; el cual se tiene como causa raíz la ausencia de estandarización de procesos y como efecto la pérdida de clientes y negocios regionales e internacionales. Esto derivado a las causas que provienen de la materia prima, la mano de obra, mediciones, métodos, maquinaria y medio ambiente.

Figura 10. **Diagrama Ishikawa de la situación actual de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

El principal problema analizado para la elaboración del diagrama Ishikawa fue la calidad en los servicios; el cual se tiene como causa raíz la ausencia de estandarización de procesos y como efecto la pérdida de clientes y negocios regionales e internacionales, esto derivado a las causas que provienen de la materia prima, mano de obra, mediciones, métodos, maquinaria y medio ambiente.

2.4. Diagnóstico a la empresa TAMSA

Con base a los puntos descritos en el análisis FODA y el diagrama causa y efecto se puede observar las deficiencias en los procesos que actualmente se están realizando en la empresa, lo cual está ocasionando costos ocultos, baja satisfacción de los clientes; así como el personal con pocos conocimientos relacionados a la calidad en los servicios y la inconsistencia de los insumos a

utilizarse, las herramientas se extravían y lo complicado que se vuelve capacitar a técnicos nuevos.

El concepto moderno de calidad implica una revolución del pensamiento gerencial sabiendo que su puesta en marcha permite mejorar la eficiencia productiva. Por tanto el convencimiento, compromiso y liderazgo por parte de la alta dirección es un reto para lograr mejoras en la organización.

Con lo anterior se puede concluir que el problema principal es la ausencia de estandarización en los procesos que se llevan a cabo en el trabajo de campo, especialmente los trabajos de puesta en operación de transformadores de potencia, los cuales son más complicados y ponen en riesgo la vida de muchas personas.

La estandarización debe abarcar todos los procesos desarrollados en la empresa que tengan influencia sobre la calidad de los servicios. Ya que al estandarizar los procesos, se busca establecer la mejor forma de hacer las cosas para obtener calidad uniforme y servicios estandarizados, solo así mantendrán la preferencia de los clientes, reducirán la variación y lograrán mayor eficiencia.

Por lo tanto se recomienda que la empresa inicie con un proceso de certificación el cual exige a la empresa la estandarización de los procesos, documentando y capacitando a su personal de la manera adecuada; así como un plan de mejora continua el cual busque fortalecer las debilidades de la entidad para lograr posicionarse a nivel regional como una de las mejores empresas de servicios eléctricos que sobrepasa los estándares de calidad y así convertirse en la primera opción.

Asimismo se recomienda desarrollar un sistema de gestión de calidad con procesos estandarizados, que logrará construir una nueva estructura con cultura y sabiduría propias las cuales generen un ambiente de confianza y participación del personal.

Los pasos recomendados para estandarizar los procesos estarán basados en establecer, documentar, implantar, mantener y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad para asegurar la conformidad con los requisitos especificados.

3. PROPUESTA PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

La propuesta radica en el análisis de cada uno de los elementos que forman parte del proceso de puesta en operación de transformadores de potencia que son el fundamento del diseño de diagramas, que proporcionan un estándar en los servicios, y por consiguiente una mayor satisfacción en los clientes. Los diagramas de procesos permiten visualizar de manera gráfica la cronología de todas las actividades que se llevan a cabo en el desarrollo de un proceso. Incluye además los tiempos empleados en el desarrollo de cada una de las actividades, los materiales utilizados, así como también muestra la entrada de todos los componentes y materiales al ensamble con la pieza principal. Es primordial que antes de realizar el diseño y análisis de un diagrama de proceso, se debe establecer los elementos que forman el proceso, de manera que el técnico pueda diferenciar claramente uno del otro.

3.1. Diseño de procesos propuestos de puesta en operación de transformadores de potencia

La importancia de la estandarización en los procesos radica en dos grandes ejes:

- La estandarización es una herramienta utilizada en los procesos operativos que garantizan a la gerencia que se reducirán los reprocesos, se medirán de manera continua y garantizan procesos sanos, se identifica el

grado de satisfacción del cliente lo que permite mantenerse en el mercado.

- En relación con la competencia a nivel internacional, el certificado de calidad es una prueba para cualquier empresa que se está operando bajo los lineamientos de un estándar internacional y así mismo garantiza que los procesos técnicos y en consecuencia los servicios dados, cumplen con los requisitos establecidos por los clientes.

El diseño consiste en el levantamiento de los procesos actuales (ver capítulo 2) los cuales se analizan y se documentan en el siguiente formato:

Tabla I. **Formato de toma de datos**

No	Encargado	Actividad
1		
2		
3		
Ni.		

Fuente: elaboración propia.

Diagramación de procesos técnicos propuestos

La diagramación consiste en crear una representación gráfica de la cronología de los procesos que muestra todas las operaciones, inspecciones, traslados, demoras y almacenamientos incluyendo información útil para realizar un análisis de productividad. Es muy importante comprender que cada paso en el proceso crea relaciones o dependencias entre unos y otros para lograr la realización del trabajo. Cada paso del proceso depende en uno o varios

proveedores de materiales o servicios y en algunos casos de información o recursos, los cuales deben ser confiables, libres de defectos, oportunos y completos. Al momento de realizar el análisis del proceso por medio de este diagrama, se debe de dar énfasis especial a:

- Los costos ocultos
- El manejo de materiales
- El tiempo de retrasos
- El tiempo de almacenamiento

Es también muy importante que el diagrama de flujo sobre el que se haga el análisis de cualquier proceso se encuentre al día, ya que si no es así puede desvirtuar la identificación de problemas reales. Cada proceso es un sistema y debe ser tratado de tal manera con todas las partes con las que conecta. Si se cambia una de las partes del subsistema siempre se verá afectado el sistema en su totalidad.

3.1.1. Proceso propuesto para armado de transformadores de potencia

El proceso global de un armado de transformador se concibe desde el traslado del mismo, arribo al sitio de instalación y el montaje de las piezas que forman el transformador, para fines prácticos, se dividen en 3 procedimientos y posterior se unifica ya que en cada sub proceso interactúan diferentes personas responsables de cada actividad.

Transporte de transformadores de potencia

Descripción general

Al momento de movilizar un transformador a su sitio de instalación se debe seguir con el siguiente proceso para evitar daños en su estructura o accidentes en el personal que tenga a cargo dicha operación.

Algunas veces los transformadores se transportan divididos en varias secciones como pueden ser el tanque principal, los aisladores, el tanque conservador, los radiadores y otras partes. Los componentes desarmados van embalados en cajas y deben ser confrontados con la lista de empaque suministrada.

Equipo a utilizar

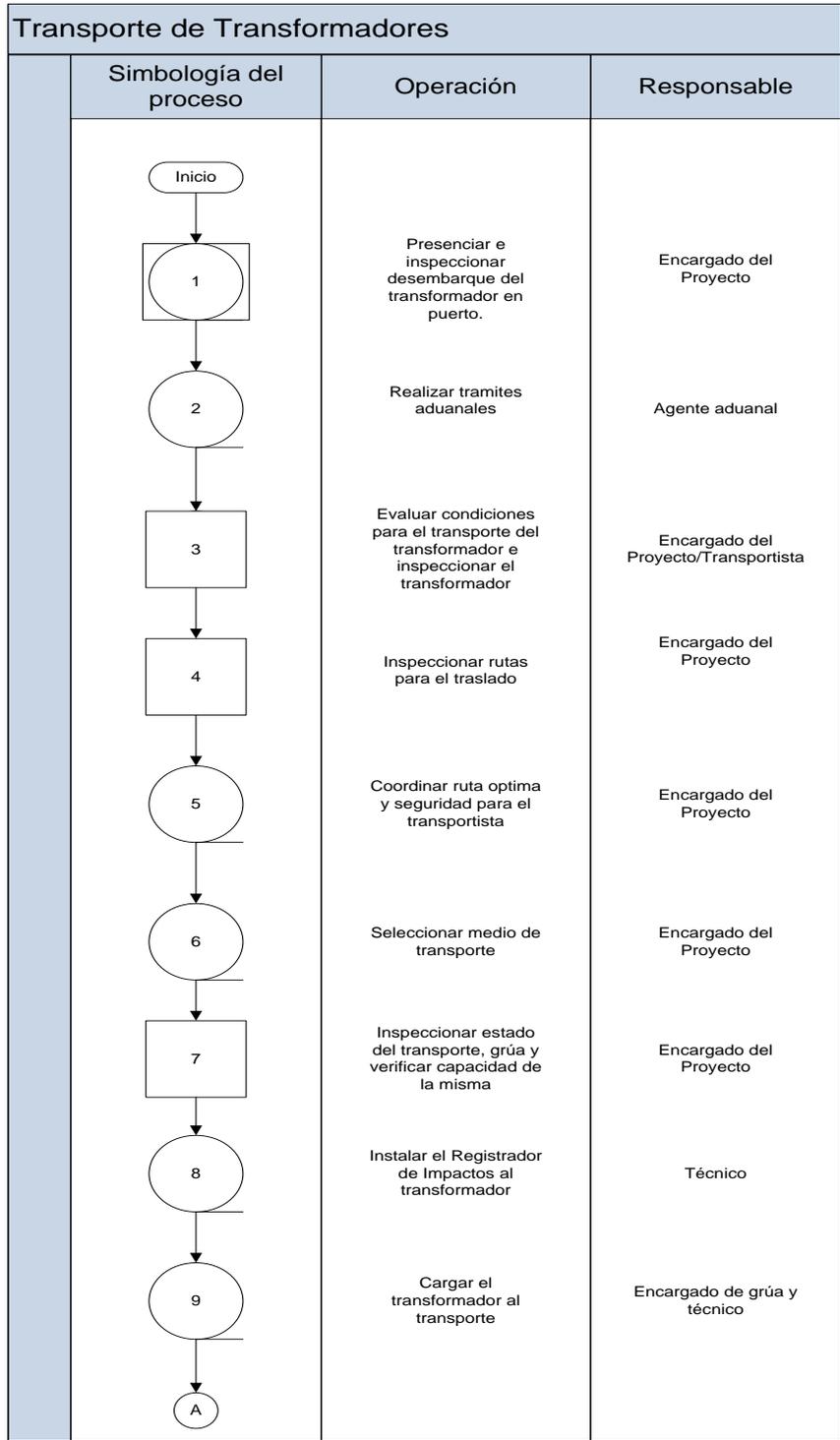
- Lowboy o camabaja
- Grúa de capacidad acorde al peso transformador
- Equipo hidráulico especializado para descargar el transformador

Tabla II. **Proceso de transporte de transformador de potencia**

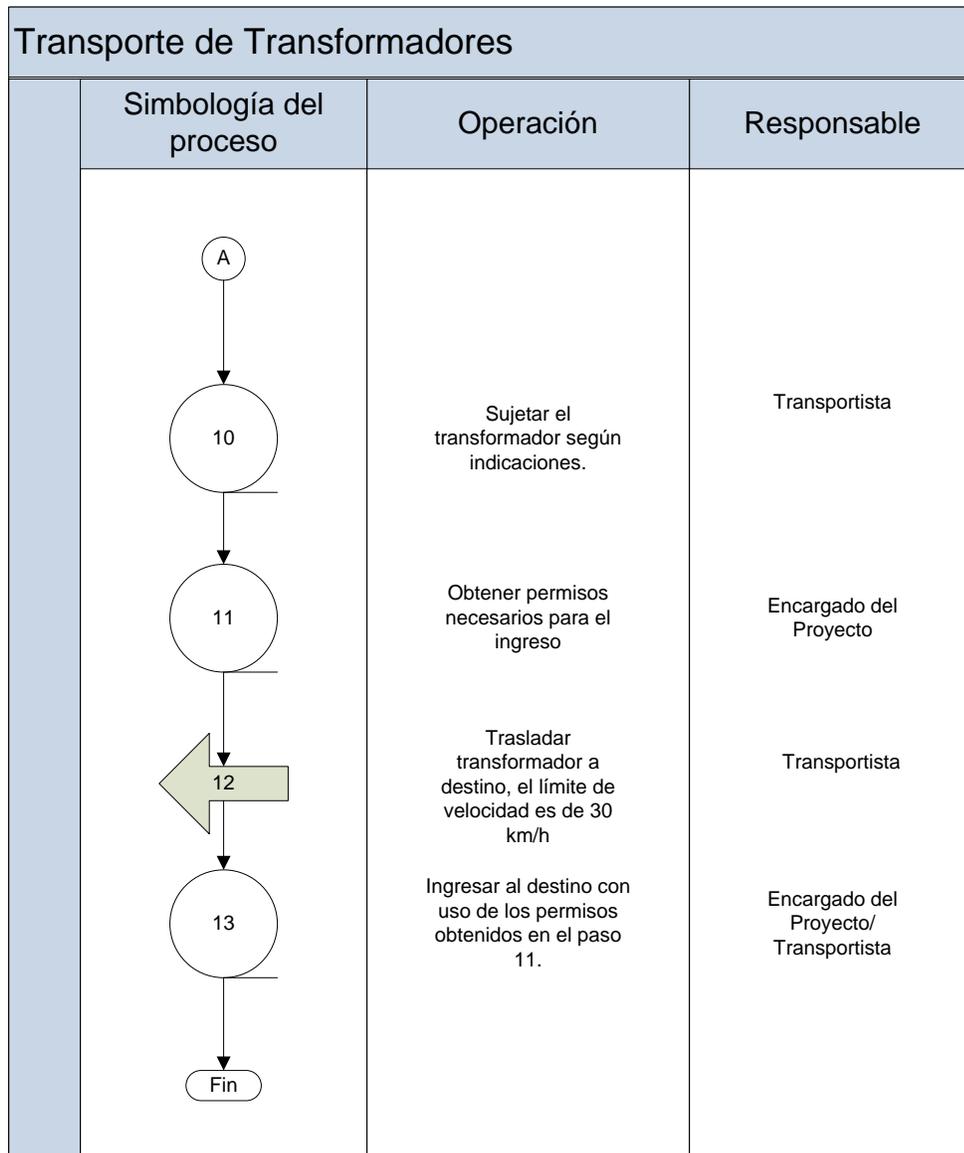
No.	Encargado	Actividad
1	Encargado de proyecto	Presenciar cuando el transformador es desembarcado en el puerto. Esto se hace mediante una grúa.
2	Agente Aduanal	Realizar los trámites aduanales correspondientes para la liberación de la carga.
3	Encargado de proyecto y transportista	Realizar una evaluación del transformador que será transportado. Anotar peso, y dimensiones.
4	Encargado de proyecto y transportista	Antes de efectuar el traslado hacer un reconocimiento de la vía con el fin de prever posibles obstáculos, inclinaciones peligrosas, estado de la carretera o puentes.
5	Encargado de proyecto	Seleccionar como medio de transporte un tráiler que tenga plataforma baja y larga (lowboy o camabaja) con capacidad de carga de un 25% adicional al peso del transformador.
6		Revisar el estado del lowboy como son las llantas y los ganchos de amarre verificando que se encuentren en buen estado.
7		Inspeccionar la grúa y verificar la capacidad de la misma.
8	Técnico	Instalar el Registrador de impactos al transformador. El cual registra los impactos recibidos por el transformador ocasionados por variaciones bruscas de velocidad.
9	Encargado de grúa y técnico	Cargar el transformador al transporte: si se realiza con grúa, sujetar el transformador de los soportes y se engancha a la grúa, se realizan movimientos lentos y se coloca sobre el lowboy.
10	Transportista	Sujetar el transformador como lo indica la figura 1. En cada esquina deben efectuarse como mínimo dos (2) amarres en los soportes dispuestos para tal fin, Colocar el transformador sobre el lowboy considerando la ubicación de los Bushing de alta tensión para el momento de su arribo en sitio.
11	Transportista	Al estar ya en movimiento; el transporte no debe sobrepasarse en inclinaciones indicadas en el diseño del transformador y no exceder el límite de velocidad que es de 30 km/h.
12	Transportista y Encargado de proyecto.	Llegar al sitio de arribo y solicitar permisos correspondientes para la descarga.

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Proceso propuesto de transporte de transformadores de potencia**



Continuación de la figura 11.



Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	8
Traslados	1
Combinadas	1
Inspecciones	3
Total	13

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Arribo de transformadores de potencia al sitio de instalación

Descripción general

El transformador es transportado en un equipo especial el cual llega a la subestación eléctrica en la cual será instalado y este debe ser descargado a la base en la subestación. Inmediatamente después de llegar al sitio de montaje, se debe efectuar una revisión a fin de comprobar cualquier daño eventual acaecido durante el transporte y verificar si hay pérdida de piezas. Si los daños o el maltrato son evidentes se debe presentar el reclamo en el menor tiempo posible.

Equipo a utilizar

- Montacargas
- Cadenas
- Grúa

Tabla III. **Proceso de arribo de transformador de potencia con grúa a sitio de instalación**

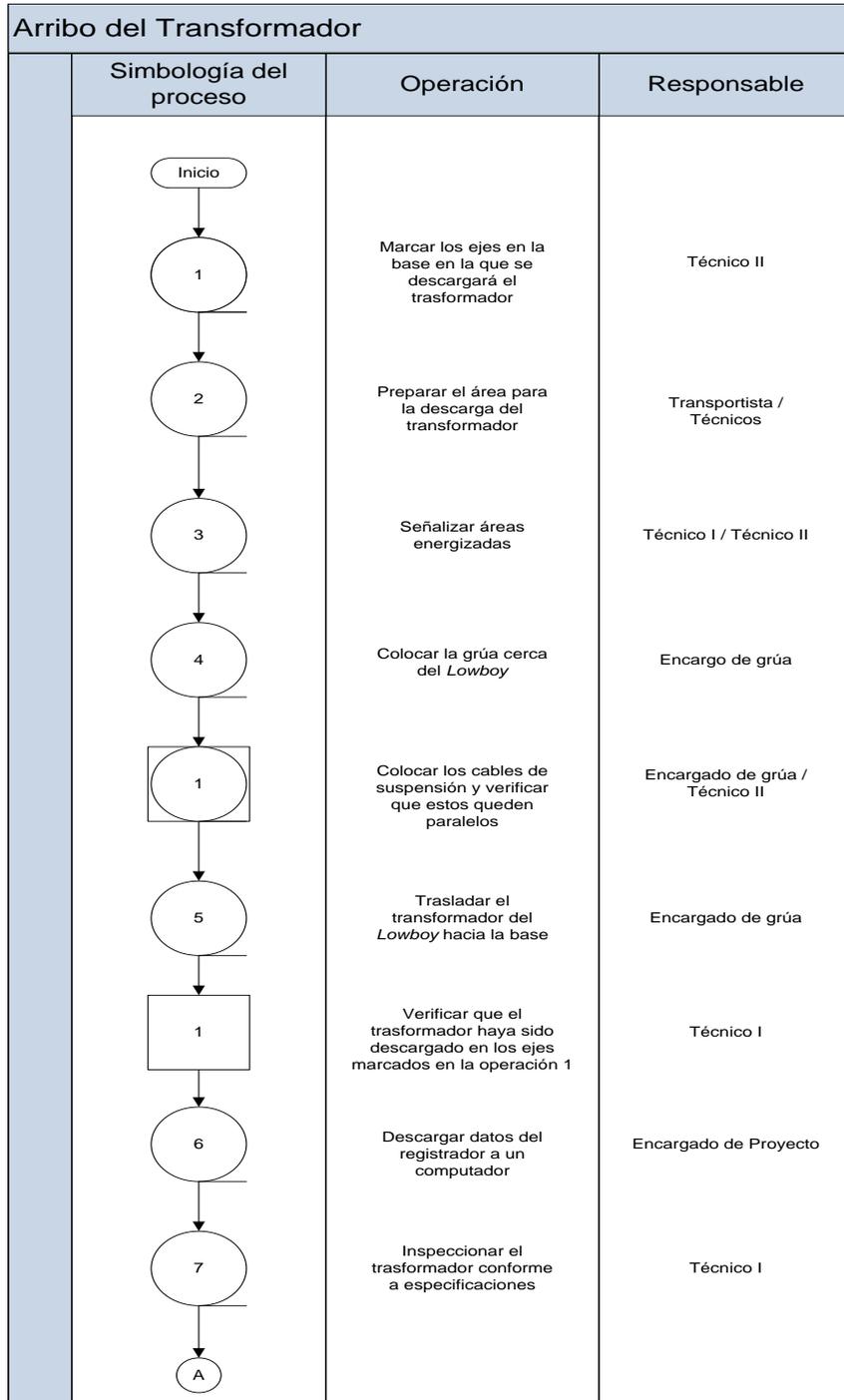
No	Encargado	Actividad
1	Técnico II	Marcar ejes: el transformador debe de quedar centrado en la base en la cual se va a descargar, tomando en cuenta los planos por lo que se busca el Centro de Ensamblaje señalizado y la distancia media del largo del transformador, estos serán los ejes y se deben marcar en la base.
2	Transportista y Técnicos	Preparar el área para la descarga del transformador: se debe retirar todos los componentes ajenos a la descarga del transformador, proteger las áreas que se puedan dañar con los camiones por medio de madera o metal.

Continuación de la tabla III.

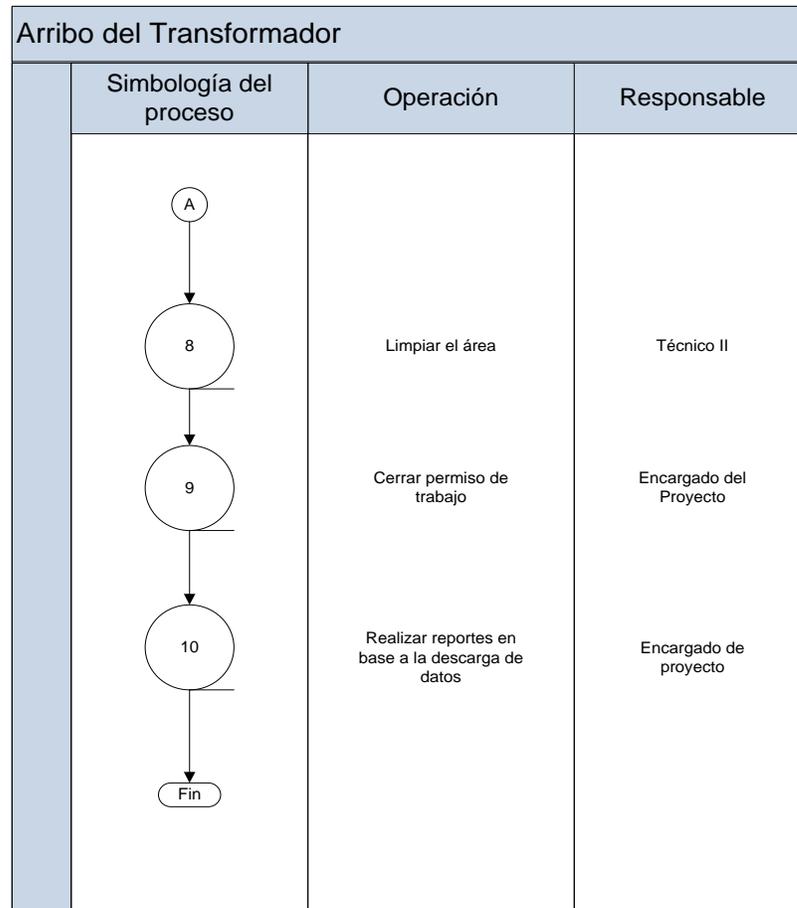
3	Técnico I y Técnico II	Colocar la señalización correspondiente en las áreas energizadas.
4	Encargado de grúa	Colocar la grúa cerca del <i>lowboy</i> y del área de arribo.
5	Encargado de grúa y Técnico II	Cuando se levante el transformador los cables de suspensión deberán colocarse en las cuatro orejas y mantenerse casi paralelos para evitar que se doblen los pernos de enganche u otras partes de la estructura.
6	Encargado de grúa	Trasladar el transformador del <i>lowboy</i> hacia la base. Esto se debe realizar con desplazamientos controlados para evitar que este se lastime o de vuelta.
7	Técnico I	Al momento de colocar el transformador en el suelo se debe verificar que esté en los ejes marcados en el paso 1.
8	Encargado de proyecto	Descargar datos del registrador de impactos a un computador.
9	Técnico I	Inspeccionar completamente el transformador conforme a especificaciones: <i>Bushings</i> de media tensión, Indicador de cambiador de tap y verificar la presión del manómetro de nitrógeno y la temperatura ambiente.
10	Técnico II	Limpiar el área, retirar todo el equipo ajeno a las instalaciones. y toda contaminación de aceite u otro componente en el suelo.
11		Cerrar permiso de trabajo
12	Encargado de proyecto	Realizar reportes en base a la descarga de datos e imprimir 2 copias, las cuales una es para el cliente y la otra para archivo de TAMSA.

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Proceso propuesto de arribo de transformadores de potencia al sitio de instalación**



Continuación de la figura 12.



CONSOLIDADO DE ACTIVIDADES	
	CANTIDAD
OPERACIONES	10
TRASLADOS	0
COMBINADAS	1
INSPECCIONES	1
TOTAL	12

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Montaje de transformadores de potencia

Descripción general

Después de trasladar un transformador de puerto, bajarlo a su sitio se procede al armado del mismo ya que varios componentes se deben instalar ya en el sitio por su tamaño y peso. El montaje del transformador se inicia con la inspección general de la subestación eléctrica y todos los accesorios del transformador, posterior a esto, se instala la acometida eléctrica y se instalan los radiadores, controlar el porcentaje de nitrógeno dentro del transformador y proceder a instalar los bushings, tuberías, tanque de expansión y realizar las pruebas correspondientes para entregar el transformador al cliente.

Equipo, herramientas y material a utilizar

- Grúa
- Elingas
- Llaves
- Bomba de vacío
- Maquina filtradora
- Wipe
- Recipientes plásticos
- Alcohol

Tabla IV. **Proceso de montaje de transformador de potencia**

No.	Encargado	Actividad
1	Encargado de proyecto	Inspeccionar la subestación eléctrica y al transformador y tomar fotografías.
2		Seleccionar área donde se colocarán accesorios y herramientas sin ensamblar
3	Encargado de grúa/ Técnico II	Movilizar accesorios de transformador y herramientas de trabajo a área de trabajo elegida.
4	Encargado de proyecto	Inspeccionar los accesorios de transformador
5	Técnico I	Instalar acometida eléctrica trifásica con las características necesarias para realizar los trabajos.
6	Encargado de grúa	Ubicar grúa cerca de la cuba del transformador
7		Mover los radiadores hacia la cuba del transformador.
8	Técnico I y técnico II	Instalar de radiadores según planos de armado proporcionado por el fabricante.
9	Técnico I	Colocar un cilindro con nitrógeno e inyectar ½ psi constante para cuando estén destapados los manhol.
10		Instalación de boquillas o bushings
11	Técnico II	Colocar tuberías para llenado de transformador.
12	Encargado de proyecto/ Técnico I	Instalar tanque de expansión
13	Técnicos	Colocar el cableado de ventiladores, relés y ct.
14	Técnico I	Inyectar presión de nitrógeno al transformador y dejarlo en 6psi
15	Encargado de proyecto	Dejar reposar el transformador por 24 horas.
16	Técnico I	Realizar prueba de punto de rocío (Ver procesos de pruebas eléctricas)
17	Encargado de proyecto	Aprobar resultados de prueba de punto de rocío
18	Técnico I y Técnico II	Realizar vacío al transformador.
19		Realizar filtrado y llenado del aceite dieléctrico al transformador.
20	Encargado de proyecto	Entregar transformador armado a cliente

Fuente: elaboración propia.

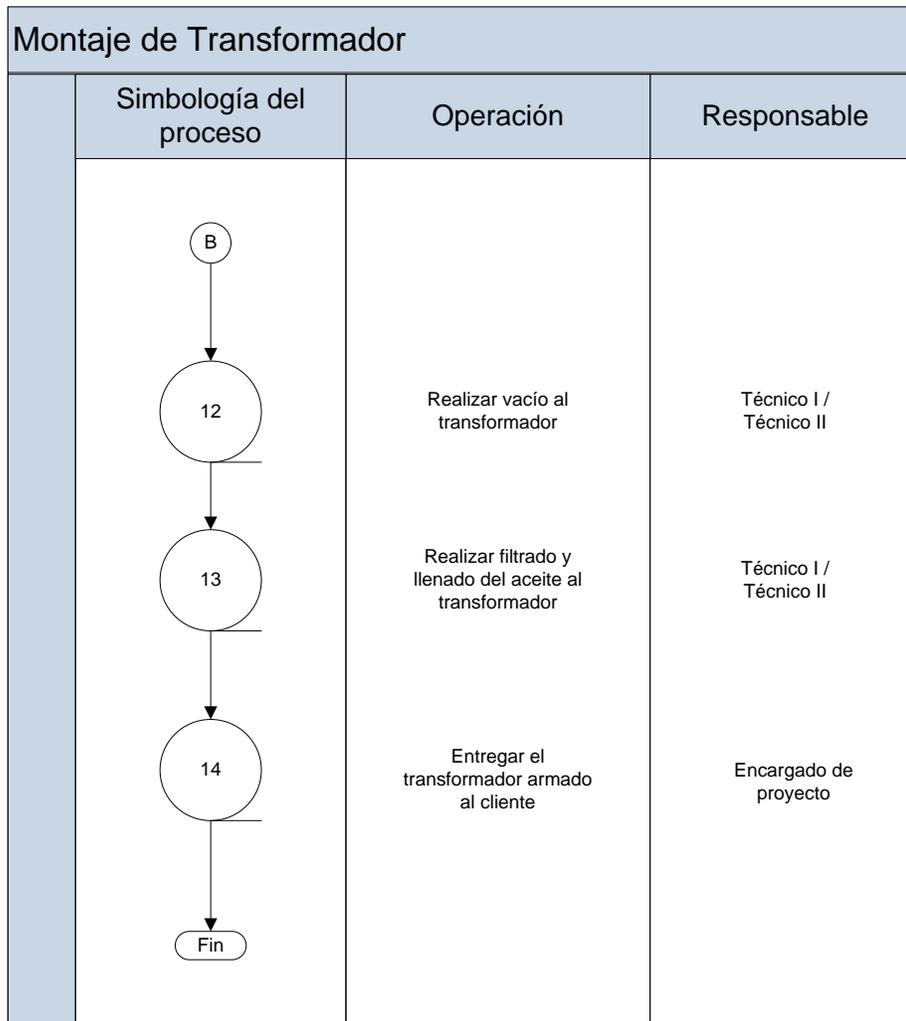
Figura 13. **Proceso propuesto de montaje de transformadores de potencia**

Montaje de Transformador		
Simbología del proceso	Operación	Responsable
Inicio		
1	Inspeccionar visualmente la subestación eléctrica y transformador	Encargado de Proyecto
1	Seleccionar área donde se colocarán accesorios	Encargado de Proyecto
1	Movilizar los accesorios a el área de trabajo elegida	Encargado de grúa / Técnico II
2	Inspeccionar los accesorios del transformador	Encargado de Proyecto
2	Instalación de acometida eléctrica	Técnico I
3	Ubicación de grúas	Encargado de grúa
2	Movilizar los radiadores	Encargado de grúa
4	Instalación de radiadores	Técnico I / Técnico II
5	Colocar cilindro con nitrógeno e inyectar ½ psi constante	Técnico I
A		

Continuación de la figura 13.

Montaje de Transformador			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	A ↓ ○ 6	Instalación de boquillas o bushings	Técnico I
	↓ ○ 7	Colocación de tuberías para llenado de transformador	Técnico II
	↓ ○ 8	Instalar tanque de expansión	Encargado de proyecto / Técnico I
	↓ ○ 9	Colocar cableado de ventiladores	Técnicos
	↓ ○ 10	Inyectar presión de nitrógeno al transformador	Técnico I
	↓ ▭ 1	Dejar reposar el transformador por 24 horas	Encargado de proyecto
	↓ ○ 11	Realizar prueba de punto de rocío	Encargado de proyecto
	↓ □ 1	Aprobar resultados de prueba de punto de rocío	Encargado de Proyectos
	↓ B		

Continuación de la figura 13.



Resumen de Actividades	
	Cantidad
Operaciones	14
Traslados	2
Combinadas	1
Demoras	1
Inspecciones	2
Total	20

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

3.1.2. Proceso propuesto para mantenimiento preventivo de transformadores de potencia

El mantenimiento preventivo de un transformador de potencia consiste asegurar la continuidad del servicio, seguridad de operación y confiabilidad del transformador, conservar el sistema de aislamiento que puede ser de aceite o papel de los cuales existen cuatro factores que afectan al sistema de aislamiento de un transformador en aceite: la humedad, el oxígeno, el calor y la contaminación externa.

Este mantenimiento es una colaboración entre TAMSA y los clientes, ya que se debe estar monitoreando constantemente el funcionamiento de tan importante equipo; para lo cual se determinan las actividades diarias, semanales, mensuales y anuales.

Descripción general

El mantenimiento preventivo se realiza con la inspección del equipo, luego se hace la limpieza total del transformador y la realización de pruebas eléctricas para determinar los puntos críticos en los cuales se debe programar el siguiente mantenimiento.

Como primer paso para un mantenimiento preventivo efectivo es la inspección diaria del transformador por parte del encargado de la subestación eléctrica en la que opera el transformador de potencia, estos encargados serán capacitados para determinar los puntos a inspeccionar todos los días. adicionalmente este operador calificado realiza las inspecciones semanales y mensuales para determinar si existe alguna irregularidad en la operación del transformador.

Los mantenimientos preventivos de 6 meses, anuales, 2 años, 3 años y hasta 6 años se deben ir registrando en una carpeta de cliente para tener el historial de los servicios dados al equipo en mención.

Equipo, herramientas y material a utilizar

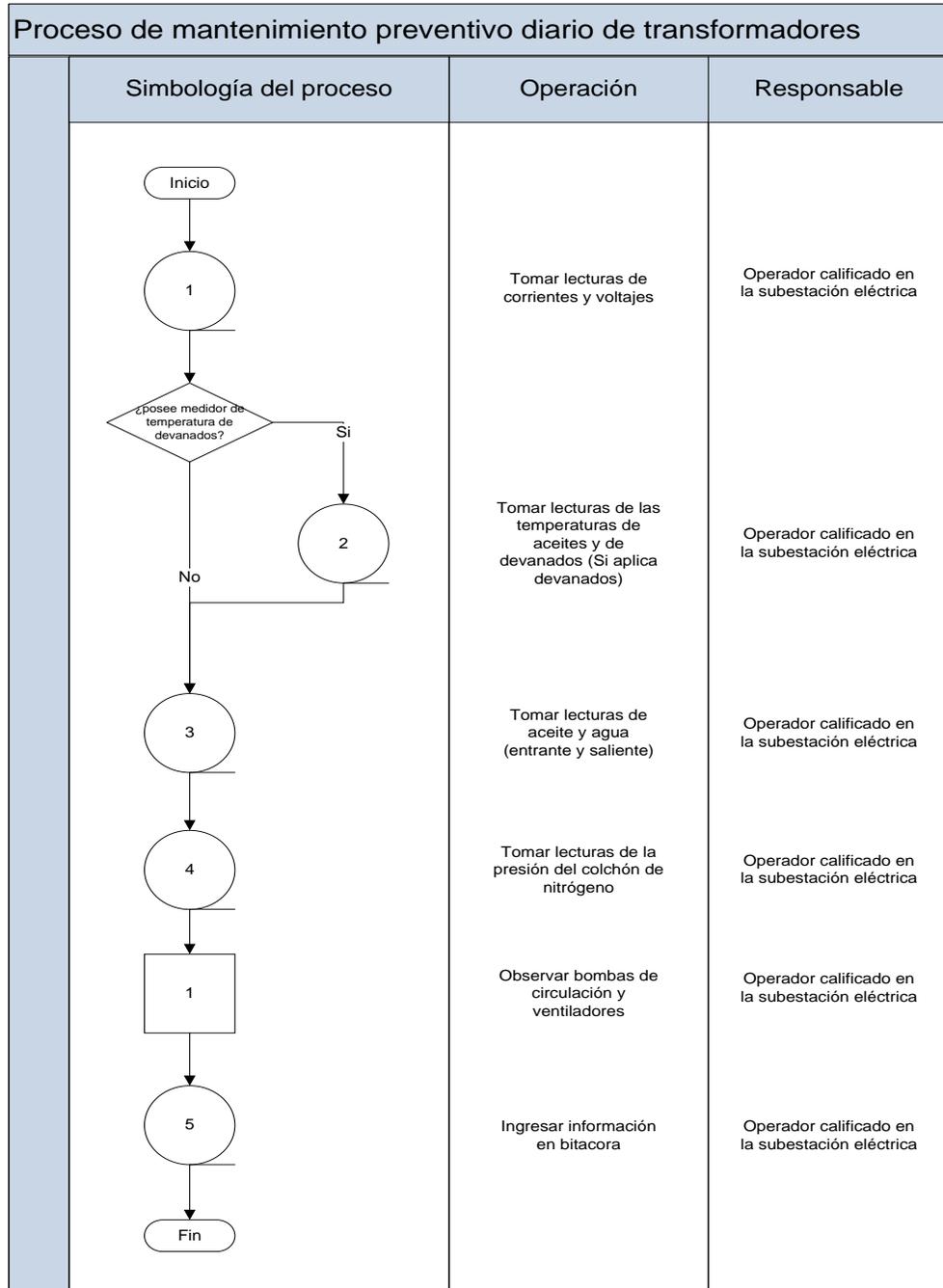
- Pertiga
- Wipe
- Jabón
- Acido para aluminio o cobre
- Equipo para pruebas (Megger, TTR o/y Omicron)

Tabla V. **Instructivo de mantenimiento preventivo diario de transformadores**

No	Encargado	Actividad
1	Operador calificado en la subestación eléctrica	Tomar lecturas de las corrientes y de los voltajes de carga
2		Tomar lecturas de la temperatura del aceite y de la temperatura de devanados (si el transformador tuviere medidor de temperatura de devanados)
3		Tomar lecturas de las temperaturas del aceite entrante y saliente (ventilación por aceite forzado).
4		Tomar lecturas de las temperaturas del agua entrante y saliente (refrigeración por agua)
5		Tomar lecturas de la presión del colchón de nitrógeno (variara bajo las condiciones de carga y temperatura del ambiente)
6		Observar las bombas de circulación y los ventiladores
7		Ingresar información recabada en bitácora del transformador.

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Instructivo propuesto de mantenimiento preventivo diario



Continuación de la figura 14.

Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	1
Traslados	0
Combinadas	0
Inspecciones	3
Total	4

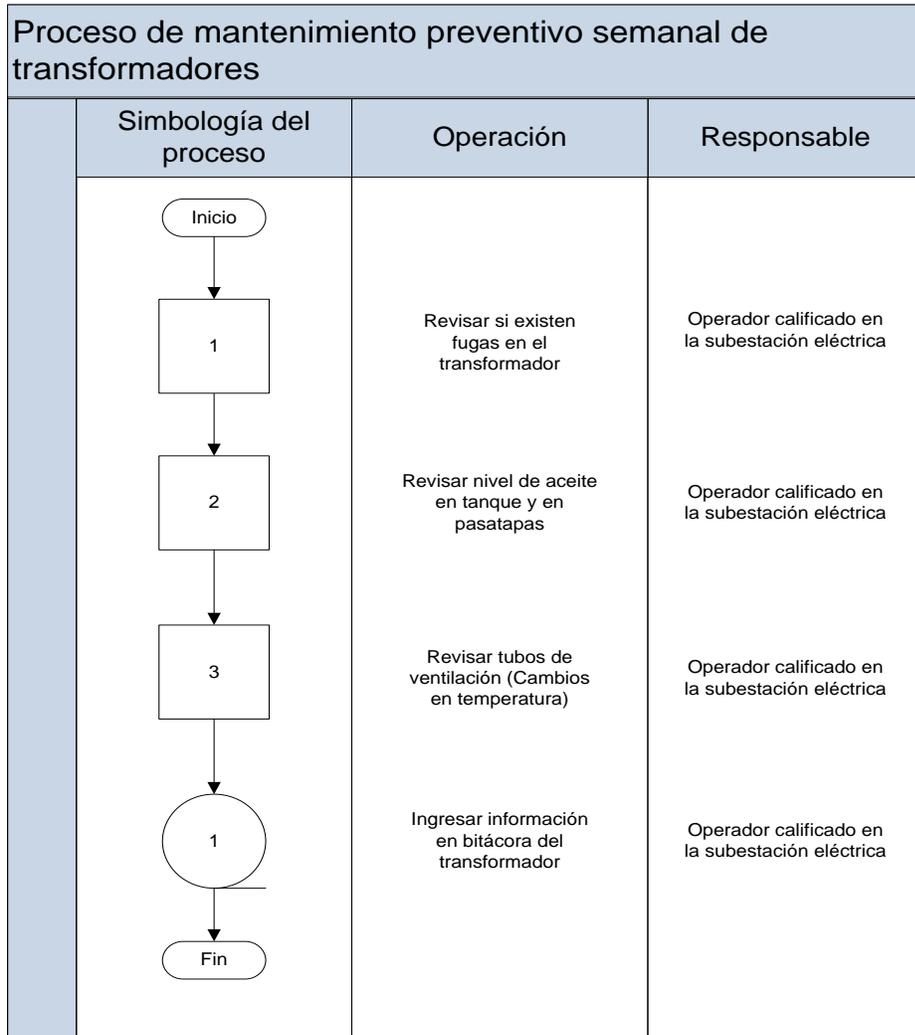
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla VI. **Instructivo de mantenimiento preventivo semanal de transformadores**

No.	Encargado	Actividad
1	Operador calificado en la subestación eléctrica	Revisar si el transformador posee fugas (especialmente en aceites con PCB)
2		Observar el nivel de aceite en el tanque y en los pasatapas (si estos fueren en aceite)
3		Revisar los tubos de ventilación; note cambios de temperatura
7		Ingresar información recabada en bitácora del transformador.

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Instructivo propuesto de mantenimiento preventivo semanal**



Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	1
Traslados	0
Combinadas	0
Inspecciones	3
Total	4

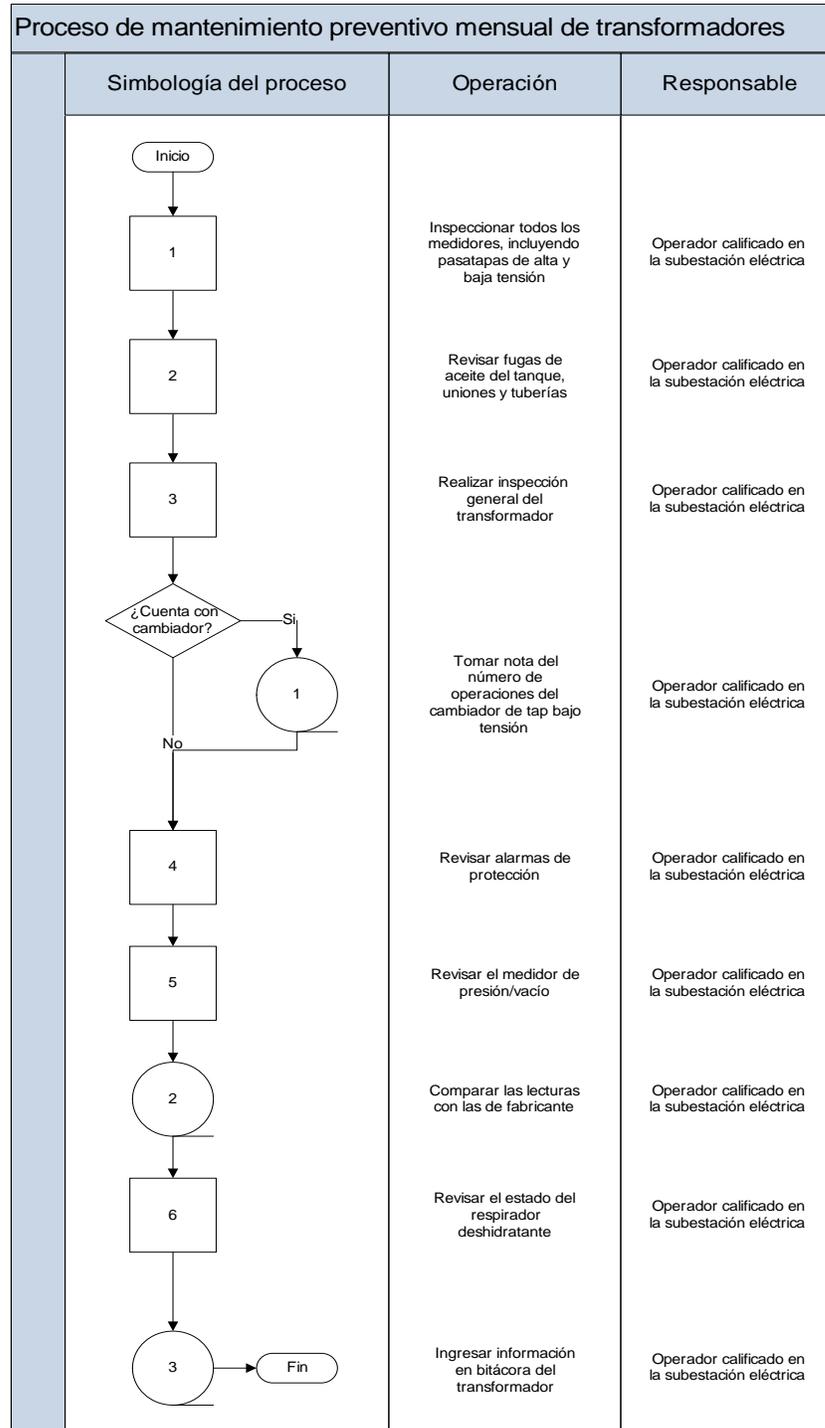
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla VII. **Procedimiento de mantenimiento preventivo mensual de transformadores**

No.	Encargado	Actividad
1	Operador calificado en la subestación eléctrica	Inspeccionar todos los medidores que posea el transformador junto con los pasatapas tanto de alta como de baja tensión.
2		Revisar la existencia de fugas de aceite del tanque, uniones y tuberías.
3		Realizar una inspección general del transformador.
4		Tomar nota del número de operaciones del cambiador de tap bajo carga (si el transformador estuviere equipado con uno)
5		Revisar las alarmas de protección.
6		Revisar el medidor de presión/vacío. Comparar las lecturas con las del fabricante
7		Revisar el estado del respirador deshidratante
8		Ingresar información recabada en bitácora del transformador.

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. **Procedimiento propuesto de mantenimiento preventivo mensual**



Continuación de la figura 16.

Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	3
Traslados	0
Combinadas	0
Inspecciones	6
Total	9

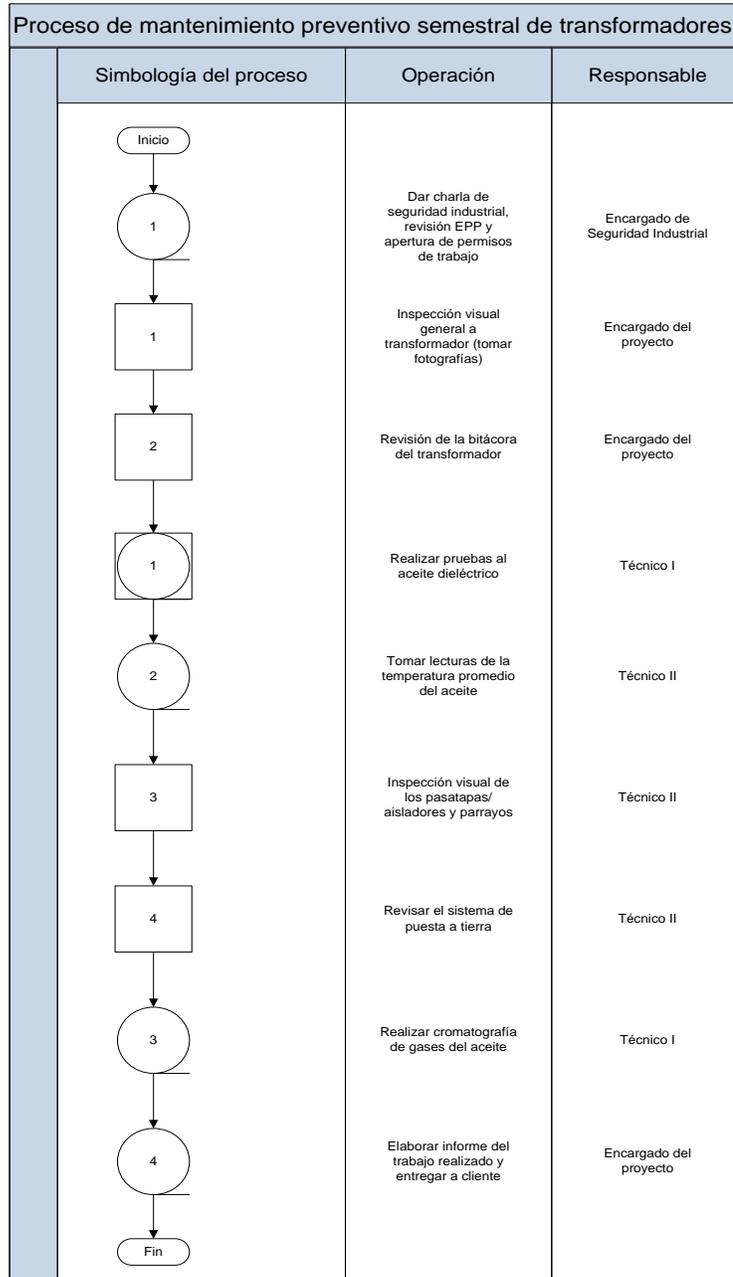
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla VIII. **Proceso de mantenimiento preventivo semestral de transformadores**

No.	Encargado	Actividad
0	Encargado de Seguridad Industrial	Dar charla de seguridad industrial, revisión de EPP y apertura de permisos de trabajo.
1	Encargado de proyecto	Realizar inspección visual general a transformador (tomar fotografías).
2		Revisión de la bitácora del transformador.
3	Técnico I	Realizar las pruebas al aceite dieléctrico.
4	Técnico II	Tomar lecturas de la temperatura promedio del aceite.
5		Realizar una inspección visual de los pasatapas/aisladores y pararrayos en busca de rajaduras, grado de limpieza, contaminación o existencia de fogoneo.
6		Revisar el sistema de puesta a tierra en busca de malos contactos, conexiones rotas o corroídas
7	Técnico I	Realizar una cromatografía de gases del aceite
8	Encargado de Proyecto	Elaborar informe y entrega al cliente del trabajo realizado.

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Proceso de mantenimiento preventivo semestral**



Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	4
Traslados	0
Combinadas	1
Inspecciones	4
Total	9

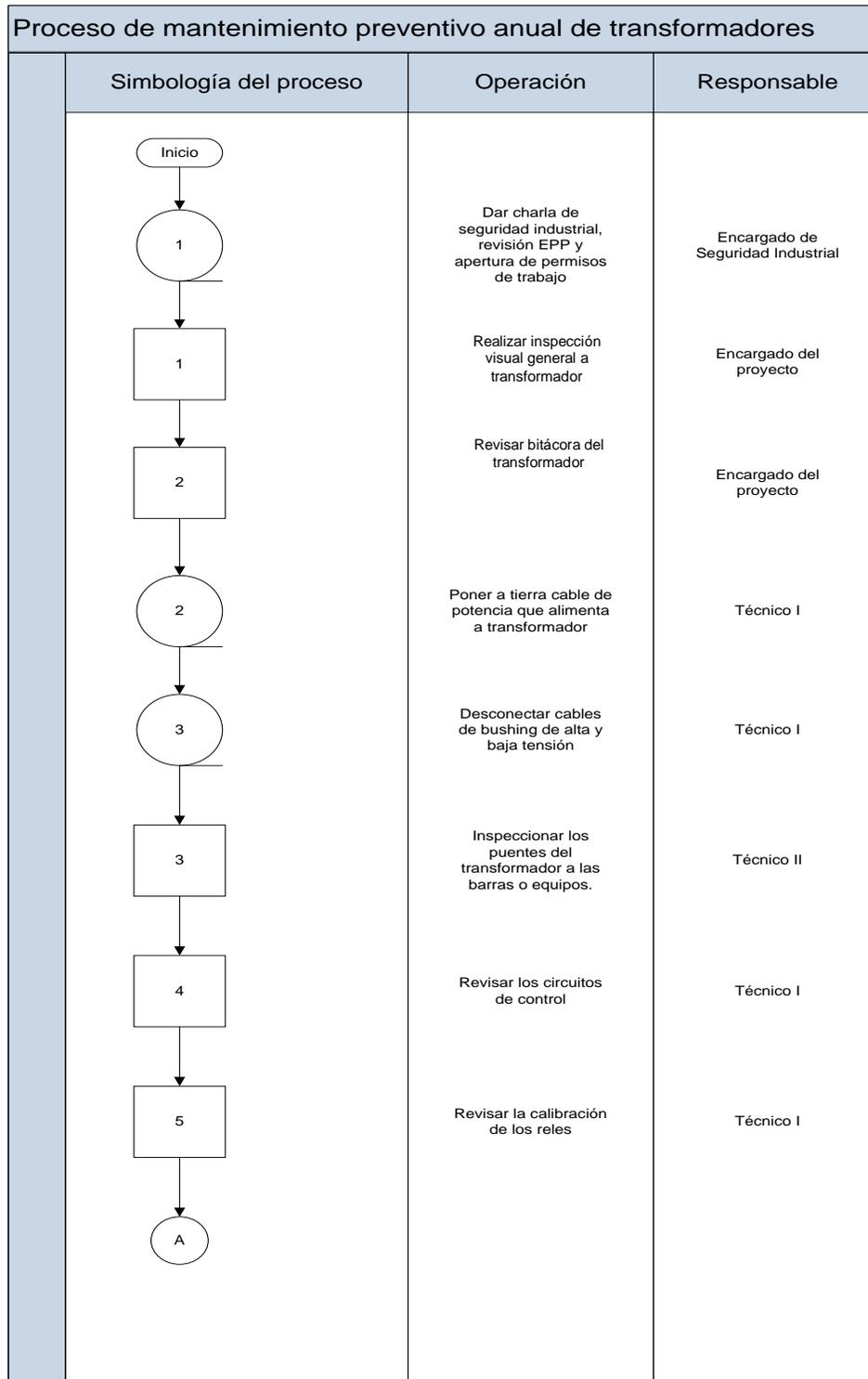
Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Tabla IX. **Proceso de mantenimiento preventivo anual de transformadores**

No.	Encargado	Actividad
0	Encargado de Seguridad Industrial	Dar charla de seguridad industrial, revisión de EPP y apertura de permisos de trabajo.
1	Encargado de proyecto	Realizar inspección visual general a transformador (tomar fotografías).
2		Revisión de la bitácora del transformador.
3	Técnico I	Poner a tierra cable de potencia que alimenta a transformador. (puesta a tierra de bushing de transformador)
4		Desconectar cables de bushing de alta y baja tensión
5	Técnico II	Inspeccionar los puentes del transformador a las barras o equipos en busca de deformación y/o envejecimiento
6	Técnico I	Revisar los circuitos de control
7		Revisar la calibración de los relés
8	Técnico II	Tomar lecturas de la temperatura promedio del aceite
9		Limpiar bushing de alta y de baja
10		Limpiar los pasatapas/aisladores.
11		Limpiar partes de aluminio o cobre (racores) con ácido especial para estos elementos.
12	Técnico I	Realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra del sistema.
13	Encargado de proyecto/ Técnico I	Realizar una prueba de termografía infrarroja en busca de "puntos calientes", conexiones malas, porcelana rota, etc.
14	Técnico II	Lavar cuba con agua y jabón
15	Encargado de Proyecto	Dejar un tiempo de secado (20 minutos)
16	Técnico I y Técnico II	Preparar equipo para realización de pruebas eléctricas
17	Encargado de proyecto/ Técnico I	Realizar pruebas eléctricas según especificaciones del cliente
18	Técnico I y Técnico II	Desconectar el equipo de pruebas
19	Técnico I	Realizar conexión de cables de potencia a bushing de alta y baja tensión
20	Encargado de proyecto	Finalizar mantenimiento y entrega a cliente
21		Elaborar informe y entrega a el cliente del trabajo realizado.

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. **Proceso de mantenimiento preventivo anual**



Continuación de la figura 18.

Proceso de mantenimiento preventivo anual de transformadores			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	<pre> graph TD A((A)) --> 4((4)) 4 --> 5((5)) 5 --> 6((6)) 6 --> 7((7)) 7 --> 8((8)) 8 --> 9((9)) 9 --> 10((10)) 10 --> B((B)) </pre>	<p>Tomar lecturas de la temperatura promedio del aceite</p> <p>Limpiar bushing de alta y de baja tensión</p> <p>Limpiar pasatapas aisladores</p> <p>Limpiar partes de aluminio/cobre con ácido especial</p> <p>Realizar medición de la resistencia de puesta a tierra del sistema</p> <p>Realizar prueba de termografía infrarroja</p> <p>Lavar cuba con agua y jabón</p>	<p>Técnico II</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico I</p> <p>Encargado del proyecto/Técnico I</p> <p>Técnico II</p>

Continuación de la figura 18.

Proceso de mantenimiento preventivo anual de transformadores		
Simbología del proceso	Operación	Responsable
	Secado por 20 minutos	Encargado del proyecto
	Preparar equipo para realización de pruebas eléctricas	Técnico I y Técnico II
	Realizar pruebas eléctricas según especificaciones	Encargado del proyecto/Técnico I
	Desconectar el equipo de pruebas	Técnico I y Técnico II
	Conexión de cables de potencia a bushing de alta y baja tensión	Técnico I
	Finalizar mantenimiento y entregar a cliente	Encargado del proyecto
	Elaborar informe y entregar al cliente	Encargado del proyecto

Continuación de la figura 18.

Resumen de movimientos	
	Cantidad
Operaciones	16
Traslados	0
Combinadas	1
Inspecciones	0
Total	17

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

3.1.3. Proceso propuesto para mantenimiento correctivo de transformadores de potencia

El mantenimiento correctivo impide el diagnóstico exacto de las causas que provocaron la falla, las cuales pueden ser por abandono, por desconocimiento del equipo, por desgaste natural, por reportes no atendidos para su reparación, por maltrato, etc. Este tipo de mantenimiento es el que debe evitarse por los grandes costos que representa, permite operar el equipo hasta que la falla ocurra antes de su reparación o sustitución, ocurre cuando no hay planeación y control. Se hace inaceptable en grandes instalaciones, ya que el trabajo realizado es una emergencia. Este tipo de mantenimiento implica cargas de trabajo no programadas, ocasionando interrupciones del servicio. Las causas que provocan este tipo de mantenimiento por lo general se refieren a descuidos, falta de planeación y recursos económicos, sus aplicaciones son emergencia.

Descripción general

El inicio de este proceso le corresponde al cliente, ya que en la subestación eléctrica el transformador deja de funcionar por lo que procede a notificar a la empresa Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A. para que se inicie la gestión de inspección y reparación del transformador. Las inspecciones son externas e internas. Las inspecciones externas consisten en

detectar si existe algún fallo por corto circuito externo, falsos contactos, sobretensiones por descargas atmosféricas. La inspección interna del transformador se realiza cuando se debe encontrar la causa de alguna falla, en otras ocasiones por solicitud de los clientes. Este es un procedimiento que debe realizarse con cuidado y examinar aislamientos, bobinas, cables, sujetadores, papel, hilo conductor, tornillería y conmutadores. En el interior del transformador se debe examinar el nivel de oxígeno y la iluminación, si estas son deficientes se debe contar con iluminadores en el área de trabajo, al igual que oxígeno. Esto debe realizarse en un ambiente controlado donde el índice de humedad este controlado y no esté expuesto a agentes externos que contaminen el interior del transformador. Equipo a utilizar:

- Conjunto de llaves de torsión
- Llaves
- Regla convexa
- Iluminador de trabajo
- Papel impregnado en aceite
- Cintas

Tabla X. **Proceso de mantenimiento correctivo de transformadores**

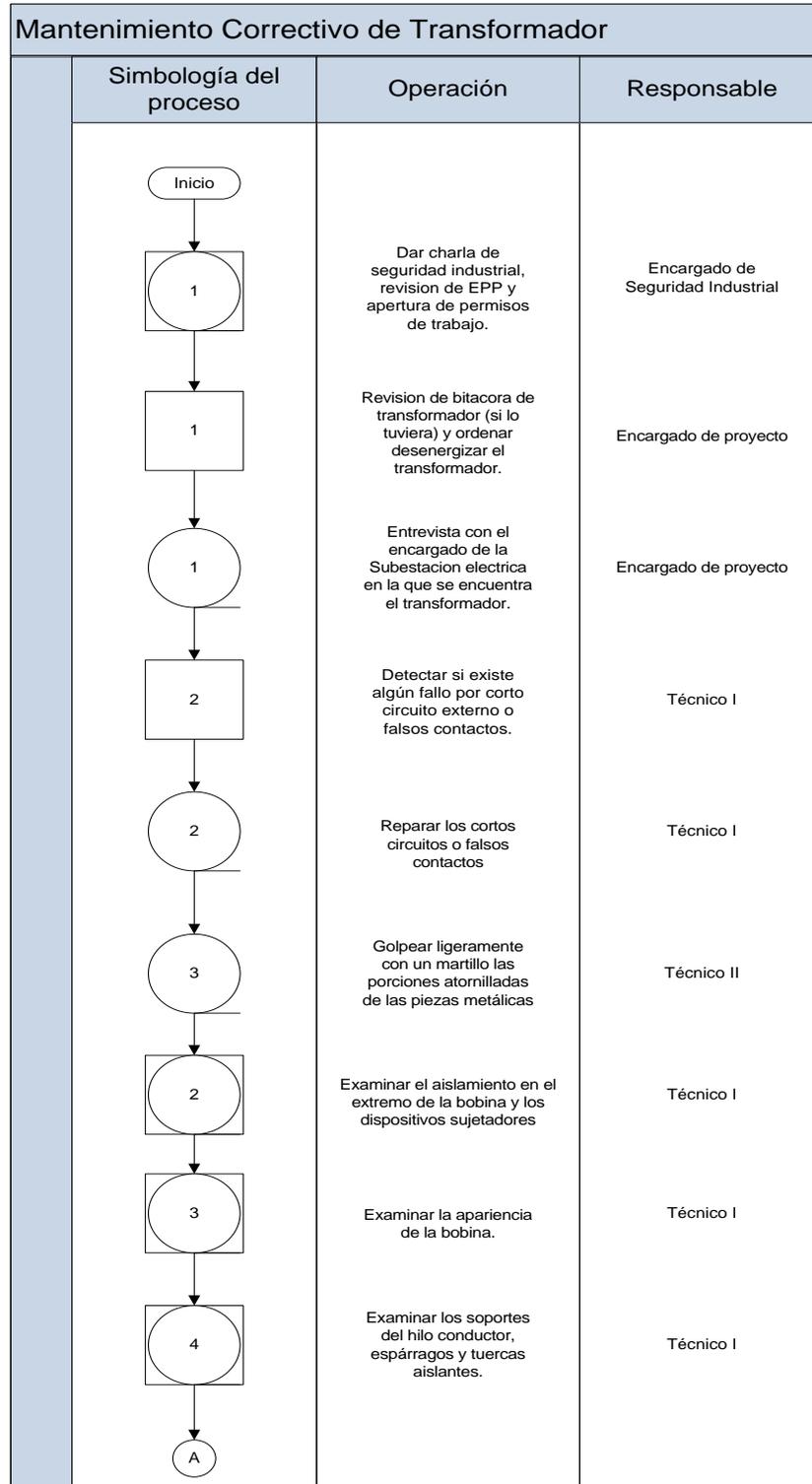
No.	Encargado	Actividad
0	Encargado de Seguridad Industrial	Dar charla de seguridad industrial, revisión de equipo de protección personal (EPP) y apertura de permisos de trabajo.
1	Encargado de proyecto	Revisar bitácora de transformador (si lo tuviera) y ordenar desenergizar el transformador.
2		Entrevistar al encargado de la subestación eléctrica en la que se encuentra el transformador.

Continuación de la tabla X.

3	Técnico I	Detectar si existe algún fallo por corto circuito externo o falsos contactos.
4		Reparar los cortos circuitos o falsos contactos
5	Técnico I y Técnico II	Iniciar la inspección interna del transformador
6	Técnico II	Golpear ligeramente con un martillo las porciones atornilladas de las piezas metálicas tales como culata y grapas.
7	Técnico I	Examinar el aislamiento en el extremo de la bobina y los dispositivos sujetadores montados entre las bobinas y culatas tales como los espárragos, soportes y cuñas.
8		Examinar la apariencia de la bobina.
9		Examinar los soportes del hilo conductor, espárragos y tuercas aislantes. Si se afloja cualquier espárrago o tuerca, apretarlo con cuidado.
10		Examinar el aislamiento en los hilos conductores de AT.
11	Técnico II	Remover el papel dañado si hay alguno, y dispersar el papel crespado impregnado en aceite con media solapa hasta el diámetro original del aislador.
12		Examinar la apariencia de los hilos conductores desnudos y sus juntas atornilladas.
13		Examinar la apariencia de los conmutadores sin tensión e hilos conductores.
14	Técnico I	Examinar la apariencia del cambiador de derivación en carga y los hilos conductores.
15		Examinar que todos los transformadores de corriente de buje estén instalados seguramente en la posición normal, y que estén sanos sus hilos conductores secundarios y terminales.
16	Técnico II	Contar herramientas egresadas después de terminar las obras para ver que nada se deja olvidado.
17	Técnico I Técnico II	Sellar transformador.
18	Encargado de proyecto	Finalización de mantenimiento y entrega a cliente
19		Elaboración de informe y entrega a el cliente del trabajo realizado.

Fuente: elaboración propia.

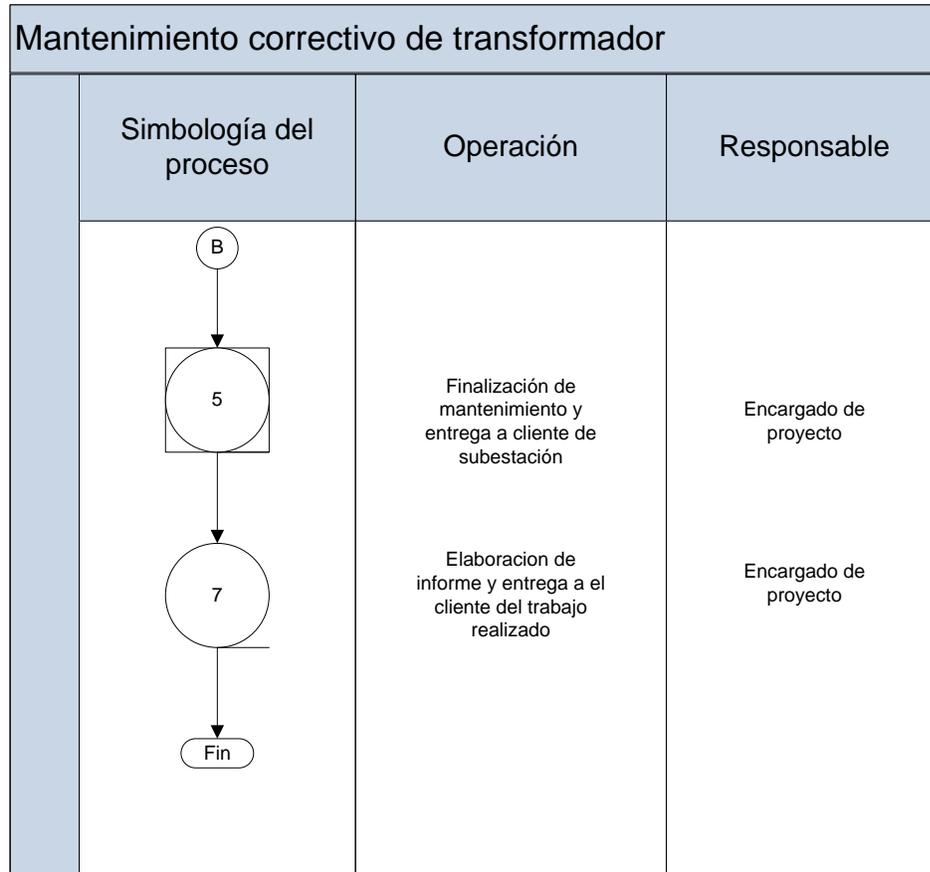
Figura 19. **Proceso propuesto de mantenimiento correctivo**



Continuación de la figura 19.

Mantenimiento correctivo de transformador			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	<pre> graph TD A((A)) --> 3[3] 3 --> 4((4)) 4 --> 4[4] 4 --> 5[5] 5 --> 4((4)) 4 --> 6[6] 6 --> 5((5)) 5 --> 6((6)) 6 --> B((B)) </pre>	<p>Examinar el aislamiento en los hilos conductores de AT.</p> <p>Remover el papel dañado y dispersar el papel crespado.</p> <p>Examinar la apariencia de los hilos conductores desnudos y sus juntas atornilladas.</p> <p>Examinar la apariencia de los conmutadores sin tensión e hilos conductores.</p> <p>Examinar la apariencia del cambiador de derivación en carga y los hilos conductores.</p> <p>Examinar los transformadores de corriente</p> <p>Contar herramientas</p> <p>Sellar transformador</p>	<p>Técnico I</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico I</p> <p>Técnico I</p> <p>Técnico II</p> <p>Técnico I Técnico II</p>

Continuación de la figura 19.



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

3.1.4. Proceso propuesto para pruebas de transformadores de potencia

La empresa debe buscar la automatización de los procesos y especializarse en el diagnóstico y planes preventivos para brindar soluciones eficientes a los clientes, por lo que es indispensable contar con tecnología de punta y la agilidad para dar respuestas. Las pruebas se dividen en dos grupos que son las pruebas fisicoquímicas y las pruebas eléctricas. Para las pruebas fisicoquímicas se debe contar con laboratorios especializados y de confianza que brinden resultados confiables de las muestras de aceite, ya que una

muestra de aceite dieléctrico de un transformador de potencia es equivalente a una muestra de sangre de un ser humano. En las pruebas eléctricas se debe contar con el equipo adecuado y calibrado para realizarlas; una buena opción es el CPC 100, que es un sistema de pruebas patentado que sustituye a varios dispositivos de pruebas individuales y ofrece nuevos e innovadores métodos de prueba. Adicionalmente se debe utilizar el software Primary Test Manager (PTM) que ayuda al usuario durante las pruebas de diagnóstico para analizar la condición de transformadores. El PTM guía al usuario a lo largo del proceso de prueba, con procedimientos de prueba fácilmente comprensibles y detallados diagramas de cableado. Las pruebas pueden evaluarse automáticamente de acuerdo a normas internacionales o a prácticas aceptadas.

Pruebas fisicoquímicas y de furanos

Descripción general

Para realizar las pruebas fisicoquímicas se debe tomar una muestra del aceite dieléctrico en un recipiente esterilizado, esta muestra se envía a un laboratorio especializado y se solicitan las 7 pruebas (tensión interfacial, rigidez dieléctrica, contenido de humedad, color, factor de potencia, contenido de inhibidor y número de neutralización). Al momento de llegar los resultados del laboratorio a las oficinas centrales, el encargado de proyecto deberá realizar un informe de diagnóstico al transformador y enviarlo al cliente con las recomendaciones del caso.

Equipo a utilizar

- Llaves
- Wipe

- Recipientes plásticos
- Alcohol
- Extinguidores
- Cinta de precaución

Tabla XI. **Proceso de toma de muestra de pruebas fisicoquímicas de transformador de potencia**

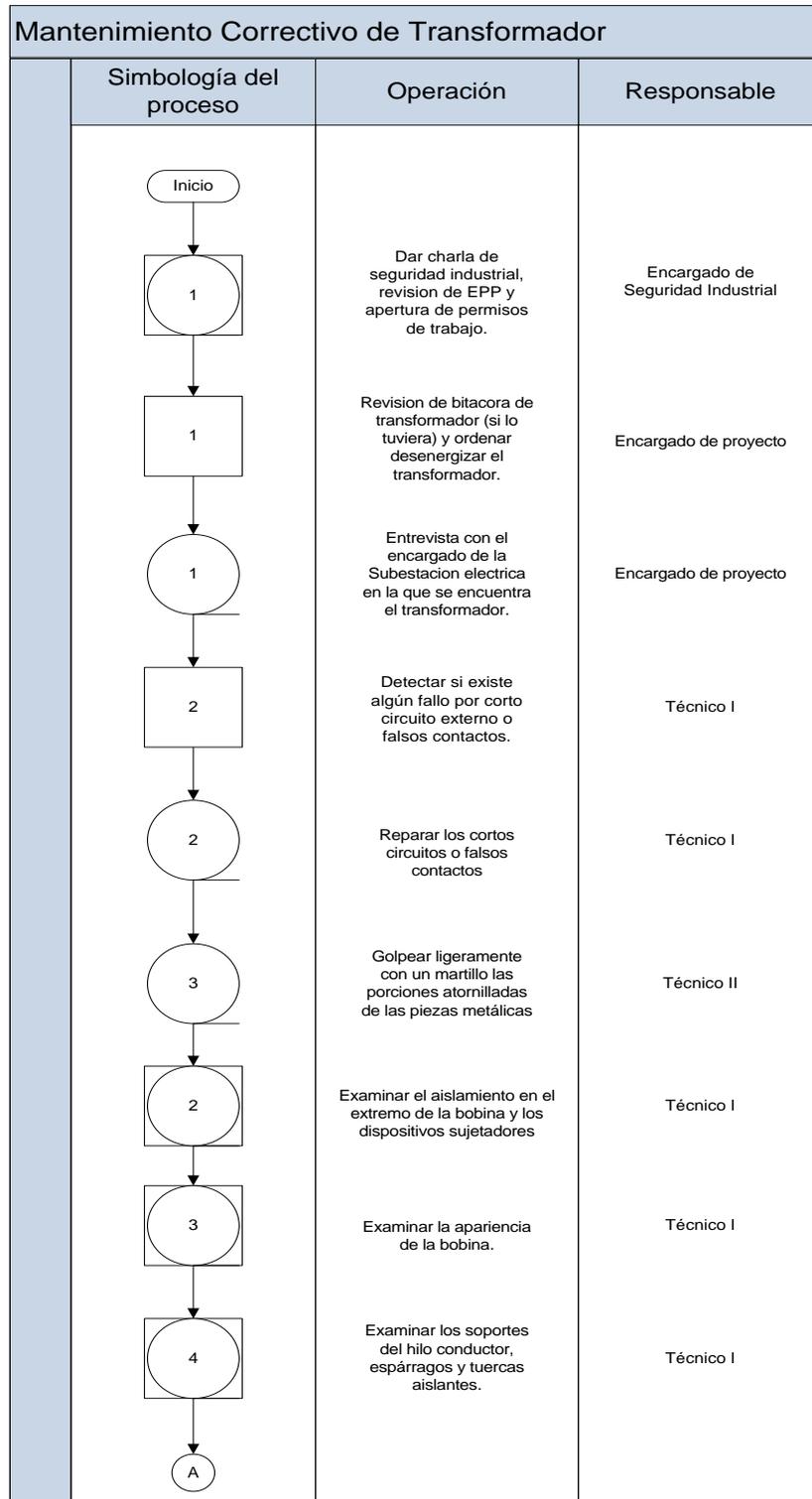
No.	Encargado	Actividad
0	Encargado de Seguridad Industrial	Dar charla de seguridad industrial, revisión de equipo de protección personal (EPP) y apertura de permisos de trabajo.
1	Encargado de Seguridad Industria / Técnico II	Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
2		Ubicar los extinguidores en los lugares estratégicos en caso de emergencia.
3	Técnico II	Conectar a tierra el neutro del bobinado de BT
4		Conectar el cable de tierra del equipo de medición a la cuba del transformador. Verificar ausencia de tensión, puestas a tierra en bornes de la máquina y bloqueos
5	Encargado de proyecto	Observar que los terminales de AT y BT se encuentren libres de otras conexiones
6	Técnico II	Tomar muestra de aceite dieléctrico de la válvula inferior del transformador de potencia
7		Sellar el recipiente e identificarlo con los datos del transformador.
8	Encargado de proyecto	Enviar muestra de aceite dieléctrico a laboratorio y solicitar los siguientes resultados: <ul style="list-style-type: none"> • Tensión interfacial, • Rigidez Dieléctrica, • Contenido de humedad, • Color, • Factor de potencia, • Contenido de inhibidor • Número de neutralización

Continuación de la tabla XI.

9	Encargado de proyecto	Obtener resultados de las pruebas y redactar conclusiones y recomendaciones.
10		Entrega de informe al cliente

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Proceso propuesto de pruebas fisicoquímicas**



Continuación de la figura 20.

Mantenimiento correctivo de transformador			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	↓		
		Examinar el aislamiento en los hilos conductores de AT.	Técnico I
	↓		
		Remover el papel dañado y dispersar el papel crespado.	Técnico II
	↓		
		Examinar la apariencia de los hilos conductores desnudos y sus juntas atornilladas.	Técnico II
	↓		
		Examinar la apariencia de los conmutadores sin tensión e hilos conductores.	Técnico II
	↓		
		Examinar la apariencia del cambiador de derivación en carga y los hilos conductores.	Técnico I
	↓		
		Examinar los transformadores de corriente	Técnico I
	↓		
		Contar herramientas	Técnico II
	↓		
		Sellar transformador	Técnico I Técnico II
	↓		

Continuación de la figura 20.

Mantenimiento correctivo de transformador			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	<pre> graph TD B((B)) --> 5[5] 5 --> 7((7)) 7 --> Fin([Fin]) </pre>	<p>Finalización de mantenimiento y entrega a cliente de subestación</p> <p>Elaboración de informe y entrega a el cliente del trabajo realizado</p>	<p>Encargado de proyecto</p> <p>Encargado de proyecto</p>

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

Pruebas eléctricas

Descripción general

Para realizar las pruebas eléctricas se debe conectar el equipo de pruebas llamado CPC 100 de la familia Omicron y el Primary Test Manager (PTM) con el cual se tomarán los valores que sean necesarios, el cual contiene tarjetas con procedimientos predefinidos para cada aplicación para formar un plan completo de pruebas para un transformador, realizando las pruebas de medición de capacitancia y factor de potencia/ factor de disipación, relación de transformación y corriente de excitación, medición de la resistencia del

devanado de CC y OLTC, medición automática de relación y resistencia del devanado de todas la tomas y fases, medición de impedancia de cortocircuito y respuesta en frecuencia de pérdidas de dispersión. teniendo las mediciones respectivas deben importarse al PTM y obtener los resultados con los cuales el encargado de proyecto realizara las conclusiones y recomendaciones del caso.

Equipo, herramientas y material a utilizar

- CPC 100
- Computadora
- PTM

Tabla XII. **Proceso de pruebas eléctricas a transformador de potencia**

No.	Encargado	Actividad
0	Encargado de Seguridad Industrial	Dar charla de seguridad industrial, revisión de equipo de protección personal (EPP) y apertura de permisos de trabajo.
1	Encargado de Seguridad Industria / Técnico II	Vallar la zona de trabajo como medida de seguridad impidiendo el acceso hacia partes que serán energizadas con tensión de prueba.
2		Ubicar los extinguidores en los lugares estratégicos en caso de emergencia.
3	Técnico I	Realizar las conexiones del transformador de potencia con el CPC 100 para realizar medición de capacitancia y factor de potencia/ factor de disipación
4		Conectar la punta de la borne en paralelo con un condensador de referencia
5		Introducir los valores de tensión y frecuencia cuando C y $\cos \varphi / \tan \delta$

Continuación de la tabla XII.

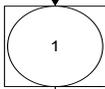
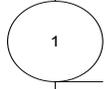
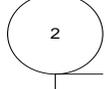
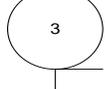
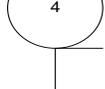
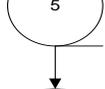
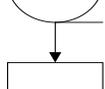
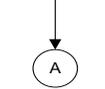
6	CPC 100	Medir las corrientes a través del aislamiento
7	Técnico I	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios
8	Técnico I	Almacenar los resultados en USB
9	Técnico I	Realizar las conexiones del transformador de potencia con el CPC 100 para realizar medición de relación de transformación y corriente de excitación (sin carga)
10	CPC 100	Aplicar alta tensión al devanado de AT de una columna del transformador
11		Medir la tensión aplicada y la tensión en el devanado de BT, así como la corriente de excitación (sin carga)
12	Técnico I	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios
13	Técnico I	Almacenar los resultados en memoria USB
14	Técnico I	Realizar las conexiones del transformador de potencia con el CPC 100 para realizar medición de la resistencia del devanado de CC y OLTC.
15	CPC 100	Inyecta corriente CC en el devanado
16		Medir la corriente y la tensión y el equipo muestra la resistencia
17		Realizar la medición final cuando el valor de resistencia es estable
18		Reducir la corriente de prueba a cero para descargar la energía acumulada en el devanado
19	Técnico II	Cuando se encienda la luz verde de seguridad del CPC 100 se retiran los cables de prueba
20	Técnico I	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios
21		Almacenar los resultados en memoria USB
22	Técnico I	Realizar las conexiones del transformador de potencia con el CPC 100 para realizar medición automática de relación y resistencia del devanado de todas las tomas y fases.
23		Introducir la relación y grupo vectorial
24	CPC 100	Inyecta corriente CC en cada toma de cada devanado
25		Esperar a que se establezca la corriente
26		Medir el valor de la resistencia y el proceso de conmutación.
27		Cuando se encienda la luz verde de seguridad del CPC 100 se retiran los cables de prueba

Continuación de la tabla XII.

28	Técnico I	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios
29		Almacenar los resultados en memoria USB
30	Técnico I	Realizar las conexiones del transformador de potencia con el CPC 100 para realizar medición de impedancia de cortocircuito y respuesta en frecuencia de pérdidas de dispersión.
31	Técnico II	Conectar una fuente de CA a cada fase del devanado de alta tensión con el correspondiente devanado de baja tensión cortocircuitado
32	CPC 100	Medir la corriente y la tensión que pasa por el devanado de AT en amplitud y fase
33		Calcular la impedancia de cortocircuito
34	Técnico I	Comparar los resultados entre fases y durante el tiempo
35		Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios
36		Almacenar los resultados en memoria USB
37	Encargado de proyecto	Descargar la información recopilada en cada una de las pruebas e ingresarla al primary test manager
38		Redactar informe con conclusiones y recomendaciones del caso
39		Entregar al cliente el informe.

Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Proceso propuesto de pruebas eléctricas

Pruebas Eléctricas			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	Inicio		
		Dar charla de seguridad industrial, revisión de EPP y apertura de permisos de trabajo.	Encargado de Seguridad Industrial
		Vallar la zona de trabajo	Encargado de Seguridad Industrial Técnico II
		Ubicar los extinguidores	Encargado de Seguridad Industrial Técnico II
		Realizar las conexiones para medición de capacitancia y factor de potencia/ factor de disipación	Técnico I
		Conectar la punta de la borna en paralelo con un condensador de referencia	Técnico I
		Introducir los valores de tensión y frecuencia cuando C y $\cos \phi / \tan \delta$	Técnico I
		Medir las corrientes a través del aislamiento	CPC 100
		Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios	Técnico I
			

Continuación de la figura 21.

Pruebas Eléctricas		
Simbología del proceso	Operación	Responsable
	<p>Almacenar los resultados en USB</p>	Técnico I
	<p>Realizar las conexiones para realizar medición de relación de transformación y corriente de excitación (sin carga)</p>	Técnico I
	<p>Aplicar alta tensión al devanado de AT de una columna del transformador</p>	CPC 100
	<p>Medir la tensión aplicada y la tensión en el devanado de BT, así como la corriente de excitación (sin carga)</p>	CPC 100
	<p>Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios</p>	Técnico I
	<p>Almacenar los resultados en USB</p>	Técnico I
	<p>Realizar las conexiones para realizar medición de la resistencia del devanado de CC y OLTC.</p>	Técnico I

Continuación de la figura 21.

Pruebas Eléctricas			
Responsable	Operación	Simbología del proceso	
	Inyecta corriente CC en el devanado	CPC 100	
	Medir la corriente y la tensión y el equipo muestra la resistencia	CPC 100	
	Realizar la medición final cuando el valor de resistencia es estable	CPC 100	
	Reducir la corriente de prueba a cero para descargar la energía acumulada en el devanado	CPC 100	
	Cuando se encienda la luz verde de seguridad del CPC 100 se retiran los cables de prueba	Técnico II	
	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios	Técnico I	
	Almacenar los resultados en memoria USB	Técnico I	
	Realizar las conexiones para realizar medición automática de relación y resistencia del devanado	Técnico I	

Continuación de la figura 21.

Pruebas Eléctricas			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	↓		
		Introducir la relación y grupo vectorial	CPC 100
	↓		
		Injecta corriente CC en cada toma de cada devanado	CPC 100
	↓		
		Esperar a que se establezca la corriente	CPC 100
	↓		
		Medir el valor de la resistencia y el proceso de conmutación.	CPC 100
	↓		
		Cuando se encienda la luz verde de seguridad del CPC 100 se retiran los cables de prueba	Técnico II
	↓		
		Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios	Técnico I
	↓		
		Almacenar los resultados en memoria USB	Técnico I
	↓		
		Realizar las conexiones para realizar medición de impedancia de cortocircuito y respuesta en frecuencia de pérdidas de dispersión.	Técnico I
	↓		

Continuación de la figura 21.

Pruebas Eléctricas			
	Simbología del proceso	Operación	Responsable
	D		
	↓		
	20	Conectar el devanado de alta tensión con el correspondiente devanado de baja tensión cortocircuitado	Técnico II
	↓		
	21	Medir la corriente y la tensión que pasa por el devanado de AT en amplitud y fase Calcular impedancia	CPC 100
	↓		
	5	Comparar los resultados entre fases y durante el tiempo	Técnico I
	↓		
	6	Supervisar el progreso de la medición y los resultados intermedios	Técnico I
	↓		
	6	Almacenar los resultados en memoria USB	Técnico I
	↓		
	22	Descargar la información recopilada en cada una de las pruebas e ingresarla al primary test manager	Encargado de proyecto
	↓		
	23	Redactar informe con conclusiones y recomendaciones del caso	Encargado de proyecto
	↓		
	24	Entregar al cliente el informe.	Encargado de proyecto
	↓		
	Fin		

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Visio 2007.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE PUESTA EN OPERACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

En el momento de la implementación de los procesos estandarizados, se debe estimar el impacto financiero tanto para la empresa como en el propio desarrollo de la investigación. Asimismo se debe realizar el programa de capacitación a los técnicos de campo con los procesos estandarizados ya aceptados por la junta directiva de la empresa, adicionalmente es de vital importancia que se realice una programación con los insumos, temas y personas involucradas que se resumirán en un diagrama de Gantt.

4.1. Diagrama de Gantt

La planificación de todo el proyecto posee una serie de actividades que van entrelazadas y proporcionan la guía para estimar el tiempo de ejecución y determinar el progreso del proyecto. Por lo tanto, en un diagrama de Gantt, cada tarea es representada por una línea, mientras que las columnas representan los días, semanas, o meses del programa, dependiendo de la duración del proyecto. El tiempo estimado para cada tarea se muestra a través de una barra horizontal cuyo extremo izquierdo determina la fecha de inicio prevista y el extremo derecho determina la fecha de finalización estimada. Las tareas se pueden colocar en cadenas secuenciales o se pueden realizar simultáneamente.

- Actividades: representan las diferentes fases, tareas y actividades programadas como parte del proyecto, mostrando una línea de tiempo en las diferentes actividades haciendo el método más eficiente.

Figura 22. **Detalle de actividades**



Fuente: elaboración propia.

- Tiempo: consiste en el tiempo que se tardará en la ejecución de cada actividad, este debe tener un inicio y final para determinar la duración total del proyecto, ver figura 22. En resumen las actividades con su inicio y final se muestran en la figura 23.

Figura 23. **Detalle de actividades y tiempos**



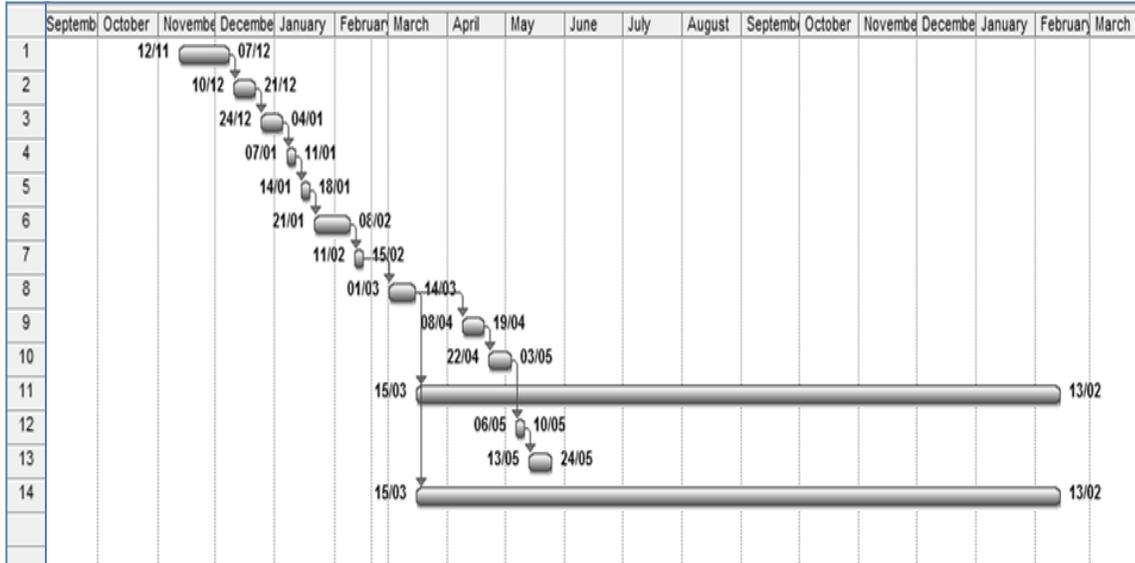
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Resumen de actividades de inicio y final**

	Task Name	Duration	Start	Finish
1	Recopilación de información	4 wks	Mon 12/11/12	Fri 07/12/12
2	Documentación de información recopilada	2 wks	Mon 10/12/12	Fri 21/12/12
3	Elaboración de procesos propuestos	2 wks	Mon 24/12/12	Fri 04/01/13
4	Presentación de procesos propuestos a Junta Directiva	1 wk	Mon 07/01/13	Fri 11/01/13
5	Autorización de procesos estandarizados	1 wk	Mon 14/01/13	Fri 18/01/13
6	Elaboración de material de apoyo para capacitaciones	3 wks	Mon 21/01/13	Fri 08/02/13
7	Organización de grupos para capacitación	1 wk	Mon 11/02/13	Fri 15/02/13
8	Capacitación a grupo de gerentes y supervisores	2 wks	Fri 01/03/13	Thu 14/03/13
9	Capacitación a técnicos de campo	2 wks	Mon 08/04/13	Fri 19/04/13
10	Elaboración de programa de supervisión	2 wks	Mon 22/04/13	Fri 03/05/13
11	Implementación de programa de supervisión	12 mons	Fri 15/03/13	Thu 13/02/14
12	Creación de comisión para revisión y actualización de procesos	1 wk	Mon 06/05/13	Fri 10/05/13
13	Elaboración de programa de revisión y actualización de procesos	2 wks	Mon 13/05/13	Fri 24/05/13
14	Implementación de programa de revisión y actualización.	12 mons	Fri 15/03/13	Thu 13/02/14

Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

Figura 25. Diagrama de Gantt del Proyecto de estandarización



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Project 2007.

4.2. Análisis Costo-Beneficio

En el momento de la implementación de los procesos estandarizados se debe estimar el impacto financiero tanto para la empresa como en el propio desarrollo de la investigación. Por tal motivo este estudio está en función de los beneficios tangibles e intangibles. A continuación se presentan los costos en los que se incurre para el desarrollo del sistema. Entre estos costos se tienen:

Costos:

- Costos de personal

Está vinculado al recurso humano relacionado directamente con la estandarización de los procesos en cuestión que se ejecutará en un período de

6 meses. El personal involucrado está integrado por los mismos empleados de la organización por lo que no se incurre en ningún costo.

- Costos de equipos y herramientas

Este costo contempla precios efectuados por la adquisición de equipo y software, en este caso se recomienda la compra del CPC 100 y el PMT de la familia Omicron que tiene un costo de Q. 765,000.00; los demás equipos y herramientas se encuentran disponibles la bodega de la empresa. Sin embargo, si la institución no cuenta con los recursos económicos se tiene la opción de renta diaria del equipo por un valor diario de \$550.00.

- Costos de recursos y suministros

Se refiere a los costos relacionados con los materiales necesarios para la ejecución de la investigación, esta tuvo una duración de 2 meses. Los materiales empleados fueron: resmas de papel, cartuchos de tinta, libreta de anotaciones, lapiceros, lápiz, carpetas, encuadernados.

Tabla XIII. **Costo de recursos y suministros**

DESCRIPCION	CANTIDAD	P x UNIDAD	TOTAL
Resma de papel	6	Q 35.00	Q 210.00
Lapiceros	12	Q 1.25	Q 15.00
Lapiz	12	Q 0.83	Q 10.00
Cartuchos de tinta	2	Q 125.00	Q 250.00
Carpetas	6	Q 15.00	Q 90.00
Encuadernados	6	Q 10.00	Q 60.00
TOTAL			Q 635.00

Fuente: elaboración propia.

- Costos de capacitación

Consiste en las técnicas de capacitación y aprendizaje que se proponen para el desarrollo e implementación de los procesos estandarizados tales como cursos, talleres, charlas y formación en campo. Los costos de adiestramiento se muestran a continuación:

Tabla XIV. **Costo de capacitación**

DESCRIPCION	COSTO X PERSONA	CANTIDAD	TOTAL
Material de apoyo (manuales, trifoliales y carpetas)	Q 450.00	12	Q 5,400.00

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto el total de costos generados por el desarrollo del proyecto de estandarización de procesos se resume en el siguiente tabla:

Tabla XV. **Costo total**

DESCRIPCION	TOTAL
Costo de personal	Q -
Costo de Equipo y Herramientas	Q 756,000.00
Costo de recursos y suministros	Q 630.00
Costo de capacitación	Q 5,400.00
TOTAL	Q 762,030.00

Fuente: elaboración propia.

Beneficios

- Tangibles:
 - Personal con conocimientos claros y sólidos de sus respectivas funciones.
 - Incremento de la rentabilidad, como consecuencia directa de disminuir los costos reprocesos, reclamos de clientes o pérdidas de materiales, y de minimizar los tiempos de ciclos de trabajo, mediante el uso eficaz y eficiente de los recursos.
 - Herramientas bases para la identificación, análisis y reformulación de los procesos de la empresa, y así obtener nuevas vías para la ejecución de las operaciones.
 - Uso de formatos únicos para llevar a cabo las operaciones, por lo que se introduce el manejo de registros a través de los cuales se corroborará la correcta ejecución de las tareas.
 - Aumento de la fidelidad de clientes, a través de la referencia o recomendación de la empresa por la efectividad del servicio que se les presta.
 - Mejoramiento en la satisfacción, motivación y el trabajo en equipo del personal, que resultan los factores determinantes para un eficiente esfuerzo colectivo de la empresa, destinado a alcanzar las metas y objetivos de la organización.

- Disminución de errores de mecanización.
- Información confiable.
- Intangibles:
 - Facilita la gestión administrativa.
 - Colabora en el planeamiento y la programación de actividades.
 - Satisfacción de hacer bien el trabajo desde el principio.
 - Colabora en el control de las operaciones.
 - Permite que la calidad del servicio se mejore continuamente.
 - Aumenta la motivación del personal.
 - Mejora de la imagen corporativa.

Adicionalmente se contempla el análisis por medio de flujos proyectados en relación a la metodología propuesta de los procesos estandarizados los cuales tienen un impacto directo en los costos de mano de obra. Es indispensable considerar los meses donde la demanda se incrementa (meses secos, de noviembre a abril).

En las siguientes tablas se muestran dos escenarios en los cuales se determinan los ingresos y egresos que tendrá la organización según la inversión que se realice en la estandarización de los procesos.

Tabla XVI. **Flujo de efectivo proyectado mensual sin inversión**

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.

EN13 a DIC13 / 2013 a 2017

EN MILES DE QUETZALES

DESCRIPCION	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	Total anual
Saldo Inicial	-	135	270	389	508	635	718	751	783	816	929	1,056	1,183
Ingresos													
Servicios de Mantenimientos	200	200	200	200	200	150	98	98	98	180	200	200	2,023
Servicios de Pruebas	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	600
Otros Ingresos (asesorías)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
													-
Total Ingresos	260	260	260	260	260	210	158	158	158	240	260	260	2,743
Egresos													
Gastos de operación													
Sueldos	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1,152
Alquileres de Oficina	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
Gastos administrativos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	60
Sueldos Extraordinarios	14	14	30	30	22	16	14	14	14	16	22	22	228
Amortización préstamo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total Egresos	125	125	141	141	133	127	125	125	125	127	133	133	1,560
Flujo neto de caja	135	135	119	119	127	83	33	33	33	113	127	127	1,183
Saldo Final de caja	135	270	389	508	635	718	751	783	816	929	1,056	1,183	2,366

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Flujo de efectivo proyectado anual sin inversión**

FLUJO DE CAJA PROYECTADO					
Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.					
EN13 a DIC13 / 2013 a 2017					
EN MILES DE QUETZALES					
DESCRIPCION	Total 2013	2014	2015	2016	2017
Saldo Inicial	1,183	1,183	2,312	3,378	4,370
Ingresos					
Servicios de Mantenimientos	2,023	2,083	2,146	2,210	2,276
Servicios de Pruebas	600	618	637	656	676
Otros Ingresos (asesorías)	120	124	127	131	135
-	-	-	-	-	-
Total Ingresos	2,743	2,825	2,910	2,997	3,087
Egresos					
Gastos de operación	-	-	-	-	-
Sueldos	1,152	1,267	1,394	1,533	1,687
Alquileres de Oficina	120	126	132	139	146
Gastos administrativos	60	63	66	69	73
Sueldos Extraordinarios	228	239	251	264	277
Amortización préstamo	-	-	-	-	-
Total Egresos	1,560	1,696	1,844	2,006	2,183
Flujo neto de caja	1,183	1,129	1,066	991	904
Saldo Final de caja	2,366	2,312	3,378	4,370	5,274

Fuente: elaboración propia.

Los supuestos del flujo proyectado sin inversión son los siguientes: en los ingresos se contempla un incremento del 3% interanual y un incremento en gastos del 5%.

Los supuestos para el flujo proyectado con inversión se contempló un incremento inmediato en las ventas ya que se reducen las cantidades de horas hombre en la eficiencia de los proyectos, adicionalmente se incrementan los gastos administrativos ya que se consumen más recursos (teléfono, combustible, entre otros) y en el interanual se contempla un incremento en los

ingresos del 10% ya que su disponibilidad de atención al cliente le permite tener este crecimiento, del mismo modo se incrementan los gastos. Es importante mencionar que las amortizaciones al préstamo se incluyen considerando el financiamiento bancario del equipo propuesto (CPC100).

Tabla XVIII. **Flujo de efectivo proyectado mensual con inversión**

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.													
EN13 a DIC13 / 2013 a 2017													
EN MILES DE QUETZALES													
DESCRIPCION	ene-13	feb-13	mar-13	abr-13	may-13	jun-13	jul-13	ago-13	sep-13	oct-13	nov-13	dic-13	Total anual
Saldo Inicial	-	115	(526)	(395)	(262)	(127)	(9)	40	90	140	260	400	541
Ingresos													
Servicios de Mantenimientos	200	200	220	220	220	200	130	130	130	200	220	220	2,290
Servicios de Pruebas	50	50	50	50	50	51	51	51	51	52	52	52	609
Otros Ingresos (asesorías)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
													-
Total Ingresos	260	260	280	280	280	261	191	191	191	262	282	282	3,019
Egresos													
Gastos de operación													
Sueldos	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	1,152
Alquileres de Oficina	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	120
Gastos administrativos	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	78
Sueldos Extraordinarios	14	14	18	14	12	10	8	8	8	8	8	8	132
Amortización préstamo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	240
Equipo especializado CPC100	-	756	-										756
Total Egresos	145	901	149	147	145	143	141	141	141	141	141	141	2,478
Flujo neto de caja	115	(641)	131	133	135	118	49	50	50	120	140	141	541
Saldo Final de caja	115	(526)	(395)	(262)	(127)	(9)	40	90	140	260	400	541	1,082

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Flujo de efectivo proyectado anual con inversión**

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.

EN13 a DIC13 / 2013 a 2017

EN MILES DE QUETZALES

DESCRIPCION	Total 2013	2014	2015	2016	2017	Total anual
Saldo Inicial	541	541	2,005	3,640	5,461	541
Ingresos						
Servicios de Mantenimientos	2,290	2,519	2,771	3,048	3,353	13,981
Servicios de Pruebas	609	670	737	811	892	3,719
Otros Ingresos (asesorías)	120	132	145	160	176	733
-	-	-	-	-	-	-
Total Ingresos	3,019	3,321	3,653	4,018	4,420	18,432
Egresos						
Gastos de operación	-	-	-	-	-	-
Sueldos	1,152	1,267	1,394	1,533	1,687	5,881
Alquileres de Oficina	120	132	145	160	176	613
Gastos administrativos	78	86	94	104	114	398
Sueldos Extraordinarios	132	132	145	160	176	613
Amortización préstamo	240	240	240	240	240	960
Equipo especializado CPC100	756	-	-	-	-	-
Total Egresos	2,478	1,857	2,019	2,197	2,392	8,464
Flujo neto de caja	541	1,464	1,634	1,822	2,028	9,967
Saldo Final de caja	1,082	2,005	3,640	5,461	7,489	10,509

Fuente: elaboración propia.

Teniendo ambos escenarios se contempla que la diferencia entre ambos representa un incremento en las utilidades netas en un plazo de 5 años del 42%.

Analizando los flujos futuros con la nueva inversión utilizando una tasa de descuento del 19% se obtienen los siguientes valores:

Tabla XX. **Flujo de efectivo proyectado anual con inversión y valores futuros**

Transformadores, Asesoría y Mantenimiento, S.A.						
EN13 a DIC13 / 2013 a 2017						
EN MILES DE QUETZALES						
DESCRIPCION	Total 2013	2014	2015	2016	2017	Total anual
Saldo Inicial	541	541	2,005	3,640	5,461	541
Ingresos						
Servicios de Mantenimientos	2,290	2,519	2,771	3,048	3,353	13,981
Servicios de Pruebas	609	670	737	811	892	3,719
Otros Ingresos (asesorías)	120	132	145	160	176	733
-	-	-	-	-	-	-
Total Ingresos	3,019	3,321	3,653	4,018	4,420	18,432
Valores futuros	2,537	2,345	2,168	2,004	1,852	10,906
Egresos						
Gastos de operación	-	-	-	-	-	-
Sueldos	1,152	1,267	1,394	1,533	1,687	5,881
Alquileres de Oficina	120	132	145	160	176	613
Gastos administrativos	78	86	94	104	114	398
Sueldos Extraordinarios	132	132	145	160	176	613
Amortización préstamo	240	240	240	240	240	960
Equipo especializado CPC100	756	-	-	-	-	-
Total Egresos	2,478	1,857	2,019	2,197	2,392	8,464
Valores futuros	2,082	1,311	1,198	1,095	1,002	6,689
Flujo neto de caja	541	1,464	1,634	1,822	2,028	9,967
Saldo Final de caja	1,082	2,005	3,640	5,461	7,489	10,509

Fuente: elaboración propia.

Del cual se realiza la relación beneficio/costo, con lo cual su relación es mayor a 1, teniendo un beneficio superior a los costos en los que se incurren para la realización de la estandarización. Teniendo los siguientes datos:

$$\frac{10,906}{6,689} = 2$$

4.3. Programa de capacitación a personal

El programa de capacitación incluye objetivos, contenidos, inversión, participantes y duración, fecha, horario y requisitos. En la siguiente tabla se resumen los 8 puntos que se mencionan.

Tabla XXI. **Programa de capacitación**

OBJETIVO	Dotar al personal con los conocimientos de la estandarización de los procesos de puesta en operación de transformadores de potencia
CONTENIDO	Introducción a conceptos básicos de Seguridad Industrial, Equipo de protección personal y permisos de trabajo
	Proceso propuesto de traslado de transformadores
	Proceso propuesto de arribo a sitio de transformadores
	Proceso propuesto de montaje de transformadores
	Proceso propuesto de mantenimiento preventivo anual de transformadores
	Proceso propuesto de mantenimiento preventivo semestral de transformadores
	Proceso propuesto de mantenimiento preventivo mensual, semanal y diario de transformadores
	Proceso propuesto de mantenimiento correctivo de transformadores
	Proceso propuesto de pruebas fisicoquímicas
Proceso propuesto de Pruebas eléctrica.	
INVERSIÓN	Q. 450 por persona
PARTICIPANTES	7 técnicos, 2 supervisores y 3 gerentes (general, técnico, administrativo y financiero)
DURACION	El programa tiene una duración de 11 días donde se trabajaran 5 horas, haciendo un total de 55 horas
FECHA	8/4/13 inicia el primer grupo
HORARIO	7am a 12pm
REQUISITOS	El programa está diseñado para personal del área técnica de la empresa, por lo que los involucrados deberán conocer y manejar en términos generales tecnicismos relacionados a la actividad de la empresa (servicios eléctricos)

Fuente: elaboración propia.

4.3.1. Importancia de la capacitación

La capacitación es el mecanismo de comunicación en el cual se busca brindarle a los empleados las habilidades y conocimientos necesarios para que desarrolle sus tareas asignadas de una forma óptima. De igual forma si una entidad busca certificarse bajo la norma ISO 9001-2008 debe asegurarse de la eficacia de las operaciones y de su control así como medir y analizar los procesos para su mejora continua.

Los puntos básicos de la capacitación son: seguridad del personal, instructivos de trabajo, manejo de instrumentos y de herramientas informáticas los cuales se irán vinculando a lo largo de la capacitación.

La capacitación posee varios beneficios que son:

- Crecimiento personal: a través de la capacitación se busca favorecer la confianza y desarrollo personal, ayudando al técnico a lograr sus metas individuales formando líderes.
- Crecimiento profesional: desarrollar en el técnico mejores habilidades de comunicación y resolución de conflictos mediante la disminución de temores de incompetencia o ignorancia para tener un progreso en el trabajo. Adicionalmente favorecer la promoción hacia puestos de mayor responsabilidad.
- Eficiencia en la institución: con el programa de capacitación se busca aumentar el nivel de satisfacción con el puesto y hacer sentir más útil al trabajador mediante la mejora del desempeño por lo que su rendimiento incrementa.

- Imagen institucional: la estandarización y capacitación de los procesos de puesta en operación brindará a la institución una imagen de seriedad, calidad, eficiencia y responsabilidad en el medio en el cual ofrece sus servicios por lo que incrementa la fidelización de los clientes por medio de un servicio estandarizado y de calidad.

4.3.2. Contenido programático de la capacitación

El contenido programático está dividido por proceso en el cual se busca trasladar al técnico los conocimientos básicos de cada uno. En el siguiente cuadro se determinan los días programados en los cuales se profundizará en los temas indicados:

Tabla XIV. **Contenido programático**

Día	Fecha	Contenido	Descripción
1	08-abr	Objetivos, alcance y generalidades	Misión, visión, historia.
2	09-abr	Proceso 1	Traslado de transformadores
3	10-abr		Arribo de transformadores a sitio
4	11-abr		Montaje de transformadores
5	12-abr	Proceso 2	Mantenimiento preventivo diario, semanal y mensual de transformadores
6	15-abr		Mantenimiento preventivo semestral de transformadores
7	16-abr		Mantenimiento preventivo anual de transformadores
8	17-abr	Proceso 3	Mantenimiento correctivo de transformadores
9	18-abr		Mantenimiento correctivo de transformadores
10	19-abr	Proceso 4	Pruebas físico químicas
11	22-abr		Pruebas eléctricas

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA DEL MODELO

La mejora continua de la estandarización de procesos busca mantener actualizada la información conforme a la práctica y las exigencias a nivel internacional, la metodología utilizada involucra las siguientes etapas:

- Paso 1: analizar el modo de falla de los equipos y de las instalaciones en su conjunto, estableciendo las acciones de control para su gestión.
- Paso 2: normalizar tareas y procedimientos, asignando los recursos necesarios y adecuados.
- Paso 3: establecer un plan de estandarización que permita alcanzar los objetivos de calidad en forma eficiente.
- Paso 4: ejecutar el plan de estandarización conforme a las metas que se establezcan cumpliendo el presupuesto asignado.
- Paso 5: registrar, analizar y gestionar el proceso de estandarización mediante un sistema de apoyo informático corporativo.

Con estos 5 pasos la retroalimentación de la funcionalidad de los procesos propuestos fluirá hacia la entidad competente para su actualización.

5.1. Programa de supervisión en la ejecución de los procesos

Para el programa de supervisión se procedió a realizar un formulario que contiene cada una de las partes de cada uno de los cuatro procesos.

Proceso 1: armado de transformadores de potencia, en la siguiente tabla se nombran los componentes de un transformador de potencia y las inspecciones que se deben de realizar cuando se está armando para lograr una buena instalación del equipo.

Tabla XXIII. **Componentes de un transformador de potencia e inspecciones a realizar en su instalación**

COMPONENTE	INSPECCION Y/O PRUEBAS
Devanados	Resistencia DC Relación de transformación Corriente de excitación en todos los taps Resistencia de aislamiento Factor de potencia del aislamiento
Pasatapas	Factor de potencia del aislamiento Temperatura (termografía infrarroja) Nivel de aceite Inspección visual (rajaduras-limpieza)
Aceite dieléctrico	Cromatografía de gases Rigidez dieléctrica Tensión interfacial Número de neutralización Inspección visual Color Contenido de agua Factor de potencia Gravedad específica Sedimentos
Cambiador de taps bajo carga	Temperatura (termografía infrarroja) Relación de transformación en todos los taps Corriente del motor de accionamiento Inspección a contactos Rigidez dieléctrica del aceite
Cambiador de taps - desenergizado	Inspección a contactos- continuidad Relación de transformación en todos los taps Temperatura
Núcleo	Resistencia de aislamiento del núcleo al tanque Núcleo a tierra

Continuación de la tabla XXIII.

COMPONENTE	INSPECCION Y/O PRUEBAS
Tanque y equipos asociados	Medidores de presión/temperatura/vacío Calibración Temperatura (termografía infrarroja) Inspección visual (fugas y corrosión)
Tanque conservador	Inspección visual (fugas y corrosión)
Respirador deshidratante	Color característico Válvulas de posición correcta
Valvula de sobrepresión Rele Buchholz	Inspección visual Correcto desempeño
Núcleo	Temperatura Inspección visual

Fuente: BERMUDEZ, Gustavo. Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia. p.7.

Proceso 2: mantenimiento preventivo de transformadores de potencia: el mantenimiento de un transformador de potencia lo podemos realizar por intervalos de tiempos especificando las actividades a desarrollar dependiendo del intervalo de duración como se observa en la siguiente tabla:

Tabla XXIV. **Actividades que se realizan en el mantenimiento preventivo en Intervalos de tiempo**

INTERVALO	ACTIVIDADES A REALIZAR
Diariamente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tome lecturas de las corrientes y de los voltajes de carga 2. Tome lecturas de la temperatura del aceite y de la temperatura de devanados (si el transformador tuviere medidor de temperatura de devanados) 3. Tome lecturas de las temperaturas del aceite entrante y saliente (ventilación por aceite forzado). Tome lecturas de las temperaturas del agua entrante y saliente (refrigeración por agua) 4. Tome lecturas de la presión del colchón de nitrógeno (variara bajo las condiciones de carga y temperatura del ambiente) 5. Sonidos inusuales 6. Observe las bombas de circulación y los ventiladores (deberían estar operando a esas temperaturas?)
Semanalmente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fugas (especialmente en aceites con PCB) 2. Nivel de aceite en el tanque y en los pasatapas (si estos fueren en aceite) 3. Revise los tubos de ventilación; note cambios de temperatura
Mensualmente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccione todos los medidores que posea el transformador junto con los pasatapas tanto de alta como de baja tensión. Revise la existencia de fugas de aceite del tanque, uniones y tuberías. 2. Realice una inspección general del transformador. Tome nota del numero de operaciones del cambiador de tap bajo carga (si el transformador estuviere equipado con uno) 3. Revise las alamas de protección. Revise el medidor de presión/vacío. Compare las lecturas con las del fabricante 4. Revise el estado del respirador deshidratante (esta saturado de humedad?)
3 meses	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las nueve pruebas al aceite dielectrico.Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite (>90°C <100°C)*2 2. Revise si la válvula de sobrepresion ha operado (indicador de color amarillo o azul) 3. Realice una cromatografía de gases del aceite*2 4. Revise la existencia de fugas de aceite o agua
Semestralmente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite; rango 80° *2 2. Realice una inspección visual de los pasatapas/aisladores y pararrayos en busca de rajaduras, grado de limpieza, contaminación o existencia de fogoneo. 3. Revise el sistema de puesta a tierra en busca de malos contactos, conexiones rotas o corroídas 4. Realice una cromatografía de gases del aceite* 2

Fuente: BERMUDEZ, Gustavo. Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia. p. 9.

Proceso 3: mantenimiento correctivo de transformadores de potencia, se debe considerar las actividades que se realizan en un transformador de potencia, con las cuales se pretende detectar los elementos que están fallando en el equipo eléctrico.

Tabla XXV. **Actividades por intervalo de tiempo de actividades de mantenimiento correctivo**

Anualmente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite < 80° *2 2. Limpieza de los pasatapas/aisladores. 3. Realice una prueba de termografía infrarroja en busca de "puntos calientes", conexiones malas, porcelana rota, etc. 4. Inspeccione los puentes del transformador a las barras o equipos en busca de deformación y/o envejecimiento 5. Revise los circuitos de control 6. Realice la medición de la resistencia de puesta a tierra del sistema (< 5 ohms) *3 7. Revise la calibración de los reles *3 8. Realice una cromatografía de gases del aceite* 2
Anualmente (Opcional)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspeccione los equipos de desconexión del transformador. Lubrique los mecanismos 2. Inspeccione la tapa principal del transformador en busca de humedad, polvo, oxido, fugas de aceite y depósitos de lodo 3. Realice una inspección visual de los pararrayos; realice una limpieza de los mismos 4. Inspeccione los equipos del sistema de refrigeración (ventiladores, bombas, etc.) 5. Realice pruebas de factor de potencia de aislamiento al aceite y a los pasatapas 6. Inspeccione el cambiador de taps bajo carga en busca de fugas de aceite, desgaste, corrosión o malos contactos 7. Realice reparaciones menores (cambio de pernos en mal estado, cambio de empaquetaduras en mal estado, ajuste de conexiones y pernos, etc.) 8. Efectúe las pruebas eléctricas básicas al transformador (incluyendo factor de potencia y resistencia de aislamiento)

Fuente: BERMUDEZ, Gustavo. Guía para el mantenimiento de transformadores de potencia, p. 10.

Proceso 4: las pruebas eléctricas que hacen parte del análisis del comportamiento del transformador y de las cuales se pueden llevar una trazabilidad en el tiempo son:

- Factor de potencia y capacitancia de los devanados: esta prueba es regida por la norma ANSI/IEEE Std. 62-1995.

- Relación de transformación: el estándar ANSI/IEEE C57.12.91 hace una descripción de la prueba y los métodos de evaluación de la misma. Impedancia: se rige por ANSI/IEEE Std. 62-1995.
- Resistencia de aislamiento: se mide la resistencia de aislamiento en cada devanado, de acuerdo al estándar ANSI/IEEE C57.12.91.
- Resistencia de devanados: los valores obtenidos deben compararse con los valores de fábrica corregidos a la misma temperatura. Los valores medidos por fase en un transformador trifásico no deben sufrir una variación mayor del 5% entre fases. Se rige por ANSI/IEEE Std. 62-1995.

5.2. Programa de revisión y actualización de procesos estandarizados

Se creará una comisión dentro de la organización que siendo su función principal el velar por el apego de los manuales creados con los procesos estandarizados a las prácticas actuales que se realicen en los trabajos de campo, así como las nuevas tendencias de tecnología que se creen en el entorno y estará conformada por: 1) dos técnicos uno 2) gerente del proyecto, 3) encargado de seguridad industrial.

Se programarán reuniones de forma trimestral en las cuales se presentará la información recabada en los trabajos realizados. Con los cuales se tomarán medidas de acción.

5.3. Seguimiento al proceso de certificación

Para darle seguimiento a un proceso de certificación podemos tomar en cuenta los siguientes pasos en cualquier institución certificadora

- Paso 1: presentar una solicitud formal a la entidad de certificación.
- Paso 2: realizar una oferta - presupuesto.
- Paso 3: aceptación del presupuesto ofertado.
- Paso 4: estudio por parte de la certificadora de la documentación de su sistema de gestión de la calidad.
- Paso 5: visita previa de auditoría, para conocer la empresa y resolver dudas.
- Paso 6: enviar el plan de auditoría a la organización, indicando fechas, equipo auditor y planning previsto.
- Paso 7: aprobación por parte de la organización del plan de auditoría.
- Paso 8: realización de la auditoria de certificación.
- Paso 9: redacción del informe de auditoría, donde se indican las desviaciones detectadas.
- Paso 10: la organización corrige las desviaciones detectadas y presenta la solución de las mismas a la certificadora.
- Paso 11: concesión del certificado por parte de la certificadora

Cuando la institución da la certificación específica ya solo se deben de realizar auditorías de seguimiento a la acreditación.

6. MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente es vital para la sociedad, y comprende seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos y lo intangible como la cultura.

Si no se conserva puede tener consecuencias como: a) calentamiento global b) extinción de flora y fauna, c) disminución de nivel de agua de ríos y lagos, d) escases de alimentos, e) aumento de enfermedades entre otros.

Los residuos producidos por el desecho de un transformador se pueden mencionar a) metales, b) plásticos, c) cerámica y d) aditivos PCB como los más contaminantes de los residuos de un transformador que son mezclas de hasta 210 compuestos clorados individuales y se ha llegado a contaminar el suelo, aire y agua en los procesos de su fabricación y desecho ya que su proceso de decaimiento en el ambiente es lento y puede permanecer en el por un período muy largo.

Figura 26. **Desechos producidos por la liquidación de transformadores**



Fuente:<http://servicios-llave-en-mano.html&docid=2kR54fOvc78itM&imgurl=http://www.tredi-tratamiento-pcb.com/ckfinder/userfiles/images,i:183>.

Consulta: 23 de diciembre de 2012.

6.1. Manejo de residuos sólidos

Todos los productos para la generación, distribución y transporte de energía eléctrica generan una gran gama de residuos sólidos, líquidos, y gaseosos que pueden ocasionar problemas para la salud humana.

Los residuos sólidos se pueden manejar en cuatro pasos:

Paso 1: Generación: organización o persona cuya acción cause la transformación de un material a un residuo. En este caso sería la utilización de un transformador de potencia.

Figura 27. **Transformador en uso**



Fuente: <http://www.tamsagt.com/2010/inicio.html>

Consulta: 12 de marzo de 2013

Paso 2: Transporte: es el encargado de llevar el residuo, en este caso se considera transporte al desarmado de un transformador que ya no funciona ni tiene reparación y trasladarlo a un lugar donde se le dará el tratamiento adecuado.

Figura 28. **Personal removiendo un transformador**



Fuente: http://www.tamsagt.com/2010/servicio_especial_1.html

Consulta: 12 de marzo de 2013.

Paso 3: Tratamiento: es la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos. Para transformadores de potencia consiste en la reutilización de los materiales (metal y cables) que estén en buenas condiciones, los cuales deben de tener una revisión por un experto.

Figura 29. **Organización de transformadores en desuso previo al reciclaje**



Fuente: http://www.tamsagt.com/2010/servicio_especial_3.html

Consulta: 12 de marzo de 2013.

Paso 4: Disposición final: confina los residuos a un relleno sanitario, los cuales deben de ser tratados ya que el aceite dieléctrico posee componentes dañinos tanto para el medio ambiente y para los seres vivos.

Figura 30. **Disposición final de los desechos de un transformador**



Fuente: http://www.tamsagt.com/2010/servicio_especial_3.html

Consulta: 12 de marzo de 2013.

6.2. Manejo de residuos líquidos

Los residuos líquidos que maneja la empresa son básicamente dos, aceite dieléctrico y agua contaminada. El agua se puede contaminar de PCB que es un hidrocarburo sintético con contenido de cloro, fue desarrollado en la década de transformadores en áreas cerradas o peligrosas debido a su alto punto de inflamación y estabilidad química, conocido comúnmente como askarel o PCB. Durante los años 70's, se determinó que los bifenilos policlorados tenían características tóxicas nocivas para el hombre, por lo que quedó prohibida su fabricación a nivel internacional y se comenzó a establecer la normativa necesaria para su control, manejo y disposición. A pesar de que el BPC no se reproduce, su presencia solamente es detectada mediante análisis de cromatografía de gases, por lo que es fácil contaminar equipos con este compuesto cuando no se toman las precauciones conducentes. El manejo y

disposición de PCB a solamente puede ser realizado por empresas que cuenten con la autorización correspondiente.

El ingreso de los BPC's en los cuerpos de agua se produce a través de fuentes diversas y por deslavado de la atmósfera o arrastrados por las precipitaciones. La vía de llegada de éste contaminante a la atmósfera (aire) es por evaporación que se ve favorecida con las altas temperaturas. Los aroclors, se condensan en partículas de aerosol dispersándose ampliamente. En el suelo, pueden movilizarse a través de la fase de vapor.

Se sabe que aproximadamente el 25% de los BPC's asimilados por el ser humano ingresa al organismo por inhalación y el 75% restante a través de productos alimenticios, siendo los de origen animal la fuente principal; donde el pescado aporta entre el 4-5%. Estudios de Anderson y Cols, reconocen los posibles riesgos generados por la exposición a los BPC's y son los siguientes:

- Afectan el sistema respiratorio
- Son absorbidos a través de la piel
- Daños en el sistema reproductivo de adultos
- Irritación de ojos hasta quemarlos
- Los vapores irritan la nariz y garganta causando tos y hasta dificultades respiratorias
- Salpullido en piel similar al acné (cloracné)
- Daños al sistema nervioso
- Daños hepáticos y deficiencias del sistema enzimático

En general, el manejo del agua contaminada debe ser en base a los técnicos involucrados directamente con el proceso de limpieza de los

transformadores, los cuales deben contar con todo su equipo de protección personal en perfectas condiciones.

Así como el manejo del aceite dieléctrico puede originarse en el cambio de dicho líquido en un transformador, el cual debe ser trasladado en recipientes sellados a un lugar donde se le dé el debido tratamiento para reutilizarlo. Si en determinado momento este aceite ya está muy degradado, se debe consultar a la municipalidad correspondiente sobre la disposición de dicho líquido con su respectiva identificación.

En la mayoría de trabajos realizados por la empresa TAMSA, no se contemplan este tipo de especificaciones, tanto para residuos sólidos y líquidos, ya que son los clientes quienes corren con este tipo de responsabilidad.

CONCLUSIONES

1. Los principales procesos de puesta en operación identificados que se realizan en los trabajos de campo dentro de la empresa son cuatro, los cuales son: armado e instalación, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, pruebas fisicoquímicas y eléctricas a transformadores de potencia que representan el 80% de los ingresos.
2. Los pasos utilizados para la estandarización de los procesos de puesta en operación fueron desde la recopilación de información en los trabajos de campo y relacionarlos a las exigencias de la normativa ISO 9001:2008 con lo cual se realizaron los procesos propuestos.
3. La construcción de los diagramas de flujo de los procesos determinó una secuencia de actividades las cuales se interrelacionan, brindando una imagen visual del proceso, procedimiento e instructivo, siendo una herramienta útil en la interpretación de los pasos que se llevan a cabo en los trabajos de campo.
4. La creación del programa de capacitación contempló objetivos, contenidos, inversión, participantes y duración, fecha, horario y requisitos con el cual se busca el empoderamiento y adiestramiento de los empleados.
5. El impacto económico que presenta la estandarización de los procesos en la organización considerando la compra de equipo, es del 42%

adicional en la disponibilidad neta en el flujo proyectado a 5 años en relación a no realizar la inversión en la estandarización de procesos.

6. La creación del programa de revisión y actualización de procesos estandarizados consiste en una comisión dentro de la organización, el cual estará conformado por dos técnicos, gerente de proyectos y encargado de seguridad industrial, la cual se reunirá una vez cada tres meses; identificando los puntos de mejora.

7. La forma adecuada del manejo de residuos sólidos para los servicios que brinda la empresa a sus clientes, en caso de que estos lo pidan consiste en remover el transformador, trasportarlo hacia un lugar adecuado en el cual se puede dar un tratamiento adecuado, en el cual se retiren los elementos que se puedan reusar y posteriormente trasladarlo a su disposición final, que consiste en rellenos sanitarios controlados.

RECOMENDACIONES

1. Para alcanzar la certificación se recomienda realizar un mapa de procesos con la metodología utilizada, determinando el nivel de operacionalización del sistema, consolidando la información en un manual de procesos y manual de calidad.
2. Se recomienda a la empresa crear sistemas de medición de la satisfacción del cliente para determinar futuras áreas de mejora, como retroalimentación y parte del procesos de sistema de gestión de calidad.
3. Se recomienda el compromiso de la dirección para la gestión del recurso humano con un plan de carrera interna y constante capacitación técnica que proporcione una mano de obra calificada y tecnicada que cumpla con los requerimientos internacionales del servicio que presta la empresa.
4. Se recomienda la revisión de la planeación estratégica de la empresa con énfasis especial en la misión y los valores ya que según su definición teórica no brindan los lineamientos prácticos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALBRECHT, Kart; ZEMKE, Ron. *Gerencia del servicio*. 3ª ed. Bogotá: 3R Editores Ltda, 1999. p. 217.
2. ALISIC, Bob. *ISO 9004: 2009, una guía hacia el éxito sostenido*. Cartagena: Foro Internacional de Calidad del ICONTEC, 2008. p.18.
3. CAMPOS, Falconi. *Controle da qualidade total: no estilo japonés*. Brasil: INDG Tec. 2004. p. 58.
4. DUISBERG GESELLSCHAFT, Carl. *Sistemas de perfeccionamiento profesional*. Organización de los procesos. Medellín- Colombia: Naxos Editores, 1995. vol. 3, p. 192.
5. FONTALVO HERRERA, Tomás José. *La gestión de la calidad en los servicios ISO 9001:2008*. 1a. ed. España: editorial trial llibres, 2010. p. 185.