



**Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de
la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA LTDA**

Guaraca Pumacuro, Milton Augusto

Departamento de Seguridad y Defensa SEGD.

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales.

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior
en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Ing. Saavedra Acosta, Galo Roberto Mtr

18 de Agosto del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



Plagiarism and AI Content Detector Report

CORRECCIONES GUARACA MILTON mi...

Scan details

Scan time:
August 14th, 2023 at 19:41 UTC

Total Pages:
36

Total Words:
8820

Plagiarism Detection



7.8%

Types of plagiarism		Words
Identical	2.7%	240
Minor Changes	1.1%	101
Paraphrased	3.9%	345
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



39.5%

Text coverage		Words
AI text	39.5%	3480
Human text	60.5%	5340

[Learn more](#)

🔍 Plagiarism Results: (54)

🌐 51035_1.pdf

1.8%

<https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/5376/1/...>

CALIDAD

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL "DISEÑO DE UN SISTEMA...

🌐 Microsoft Word - Tesis Maestría Seguridad, Cecilia ...

1.6%

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6402/1/mutc-...>

ccmeza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI DIRECCIÓN DE POSGRADOS PROGRAMA DE MAestrÍA EN SEGURIDAD Y PREVENCIÓN DE RIESGOS DEL...

🌐 Microsoft Word - Gestión de Riesgos Mayores en la ...

1.6%

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3069/1/unach-i...>

IDC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL "Trabajo de grado previo a la obtención...

Ing. Galo Roberto, Saavedra Acosta
C.C.: 1802731115

Certified by
 Copyleaks

About this report
help.copyleaks.com

copyleaks.com



Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA LTDA”** fue realizada por el señor **Guaraca Pumacuro, Milton Augusto**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga , 14 de Agosto del 2023

Ing. Galo Roberto, Saavedra Acosta

C.C.: 1802731115



Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Guaraca Pumacuro, Milton Augusto**, con cédula de ciudadanía N°1750009209, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA LTDA.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga ,14 de Agosto del 2023

Guaraca Pumacuro, Milton Augusto

C.C.: 1750009209



Departamento de Seguridad y Defensa

Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales

Autorización de Publicación

Yo, **Guaraca Pumacuro, Milton Augusto** con cédula de ciudadanía N°1750009209, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular “**Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA LTDA.**” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga ,14 de Agosto del 2023

Guaraca Pumacuro, Milton Augusto

C.C.: 1750009209

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo apoyo constante ha sido la base de mi educación y desarrollo. Su ejemplo de dedicación y perseverancia me ha inspirado en cada paso de mi trayectoria académica.

Mi director de tesis Roberto Saavedra Le agradezco sinceramente su orientación, dedicación y paciencia a lo largo de todo el proceso. Su experiencia y conocimientos han sido inestimables para el desarrollo de este trabajo.

A mis profesores, cuya guía y sabiduría han sido fundamentales en mi formación académica y en la realización de este proyecto.

A Mauricio León por la oportunidad de superación brindada y Paul Hidalgo, cuya amistad y apoyo contribuyo para continuar con la carrera. Gracias por estar a mi lado en alegrías y dificultades.

A RVR Transformadores y Josué Bonilla por proporcionarme las herramientas y el entorno necesarios para crecer y aprender. Esta tesis es un testimonio del valor de la educación y de la oportunidad de crecimiento que se me brindó.

A dos personas muy importantes, la que me motivó a estudiar y la que me complementó para terminar mi carrera han dejado huella en mi vida y han contribuido a mi crecimiento personal y profesional.

Agradecimiento

Ahora que esta etapa de mi carrera académica llega a su fin, deseo expresar mi sincera gratitud a todos aquellos que han contribuido significativamente a la realización de este proyecto.

En primer lugar, deseo expresar mi profunda gratitud a mi asesor de proyecto, Roberto Saavedra, cuya experta orientación y dedicación fueron esenciales en la dirección de este trabajo. Sus comentarios críticos contribuyeron en gran medida a la calidad y el enfoque de esta investigación.

No puedo dejar de expresar mi agradecimiento a los participantes en este estudio, cuya disposición a compartir sus conocimientos y experiencias fue decisiva para obtener datos significativos. Sus contribuciones han aportado una perspectiva realista a esta investigación.

Doy las gracias a Josué Bonilla por facilitarme el acceso a la información del RVR Transformadores, que ha sido crucial para la realización de este trabajo.

Mi más sincero agradecimiento a mi familia por su constante apoyo emocional y por creer en mí a lo largo de este viaje.

Por último, deseo expresar mi gratitud a todos aquellos que, de un modo u otro, han contribuido a este proyecto y no han sido mencionados específicamente. Sus esfuerzos y buena voluntad no pasaron desapercibidos y han dejado una huella positiva en este trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
Índice de Tablas	13
Índice de figuras	14
Resumen.....	15
Abstract	16
Capítulo I: Tema	17
Antecedentes	17
Planteamiento del Problema.....	22
Justificación.....	22
Objetivos	23
<i>Objetivo General.....</i>	23
<i>Objetivo específico</i>	23
Alcance.....	24
Capítulo II: Marco teórico	25

Marco legal	25
<i>Constitución de la República del Ecuador:</i>	25
<i>La Decisión 584 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo</i> ..	25
<i>La Resolución 957</i>	25
<i>Decreto 2393</i>	26
<i>Código de Trabajo</i>	26
<i>CD 513 Reglamento de Seguro General de Riesgos del Trabajo</i>	26
<i>Acuerdo Ministerial 013</i>	26
<i>Acuerdo Ministerial 1257</i>	26
Marco Teórico	27
<i>Analizador industrial</i>	27
<i>Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA)</i>	27
<i>Cables de prueba</i>	27
<i>Devanado de un transformador</i>	27
<i>Disrupción Eléctrica</i>	27
<i>Fuente de voltaje regulable</i>	27
<i>Kilovoltmetro</i>	28
<i>Medidor de Rigidez Dieléctrica (Chispómetro)</i>	28
<i>Megger</i>	28
<i>Multímetro</i>	28
<i>Plan de prevención de riesgos</i>	28

Resistencia eléctrica.....	28
Resistencia de aislamiento.....	28
Rigidez Dieléctrica	29
Transformador Eléctrico.....	29
Energía.....	29
Potencia.....	29
Tensión.....	29
Corriente.....	29
Resistencia.....	29
Conductor.....	30
Circuito.....	30
Vatio.....	30
Kilovatio-hora.....	30
Voltio.....	30
Amperio.....	30
Umbral de percepción.....	30
Corriente límite o umbral de auto desconexión.....	31
Contacto directo.....	31
Contacto indirecto.....	31
Parte activa.....	31
Cuadro eléctrico.....	31

<i>Software Aloha</i>	31
<i>Explosión</i>	32
<i>Incendio</i>	32
<i>Reacción en cadena</i>	32
<i>Comburente</i>	32
<i>Combustible</i>	32
Capítulo III: Desarrollo	33
Descripción de la empresa	33
Proceso productivo	34
Descripción metodológica	38
<i>Desarrollo del tema</i>	39
<i>Identificar los peligros presentes en el laboratorio de pruebas.</i>	39
<i>Interpretación de Matriz Riesgos Laboratorio IPER</i>	41
<i>Aplicar el método NFPA</i>	44
<i>Método NFPA Carga Combustible</i>	45
<i>Aplicación del Método NFPA</i>	46
<i>Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 25 MVA.</i>	47
<i>Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 10 / 12,5 MVA.</i>	47
<i>Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 3 MVA.</i>	47
<i>Medidas de control:</i>	47
<i>Aplicación del Software ALOHA:</i>	48

<i>Zonas de amenaza:</i>	48
<i>Aplicación del Software ALOHA. Transformador Trifásico de 25 MVA.</i>	49
<i>Aplicación del Software ALOHA. Transformador de 10 / 12,5 MVA.</i>	50
<i>Aplicación del Software ALOHA. Transformador Trifásico de 3 MVA.</i>	50
<i>Proponer un plan de prevención de riesgos</i>	51
<i>Plan de prevención Elaborar un manual de procedimientos</i>	53
<i>Plan de formación a los trabajadores</i>	53
<i>Plan de Emergencia</i>	54
<i>Análisis Costo Beneficio</i>	55
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	58
Conclusiones	58
Recomendaciones	59
Bibliografía	60
Anexos	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Tabla resumen de evaluación de riesgos y controles.....</i>	<i>40</i>
Tabla 2	<i>Tabla resumen de porcentajes de Evaluación de Riesgos.....</i>	<i>42</i>
Tabla 3	<i>Tabla resumen de porcentajes de niveles de riesgos en el Laboratorio.</i>	<i>43</i>
Tabla 4	<i>Escala de nivel de Riesgo.....</i>	<i>46</i>
Tabla 5	<i>Aplicación de Software ALOHA.</i>	<i>49</i>
Tabla 6	<i>Análisis Costo Beneficio.</i>	<i>49</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Transformador en la Nave industrial.....</i>	33
Figura 2.	<i>Organigrama Laboratorio de pruebas.....</i>	34
Figura 3.	<i>Transformador de potencia de 3000 KVA.....</i>	35
Figura 4.	<i>Ingreso de Transformador de potencia de 7MVA.</i>	35
Figura 5.	<i>Realización de pruebas de resistencia.</i>	36
Figura 6.	<i>Transformador de 3150 KVA.....</i>	36
Figura 7.	<i>Matriz de Riesgos IPER del área de Laboratorio de Pruebas.....</i>	41
Figura 8.	<i>Gráfico del Pastel de porcentajes de Factores de Riesgos.....</i>	43
Figura 9.	<i>Gráfico del Pastel en base a los Niveles de Riesgos en el Laboratorio.</i>	44
Figura 10.	<i>Formulas para el calculo de la Carca combustible.....</i>	45
Figura 11.	<i>Evaluación de incendios. Metodología NFPA.....</i>	46
Figura 12.	<i>Magnitud gráfica de explosión de un transformador trifásico de 25 MVA...49</i>	
Figura 13.	<i>Magnitud gráfica de explosión de un transformador de 10 / 12,5 MVA.....</i>	50
Figura 14.	<i>Magnitud gráfica de explosión de un transformador trifásico de 3 MVA.....</i>	51

Resumen

Este trabajo se desarrollará en la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA. LTDA. Los riesgos eléctricos están presentes en el laboratorio de pruebas a transformadores de la empresa RVR Transformadores. Los riesgos eléctricos son muy relevantes porque son una de las principales causas de muerte en el trabajo a nivel mundial, por lo tanto, en el laboratorio de ensayos a transformadores de distribución, se propone realizar procedimientos de ensayos eléctricos en transformadores, identificación de peligros y evaluación de riesgos eléctricos en el laboratorio de ensayos de la empresa. Los transformadores son elementos muy fiables y seguros dentro de una red eléctrica de potencia. Sin embargo, en los transformadores que utilizan aislantes líquidos altamente inflamables, como el aceite mineral, el riesgo de incendio es elevado, debido a la gran cantidad de elementos combustibles que están en contacto con las partes activas. La evaluación de los riesgos de incendio y explosión en transformadores de potencia en laboratorios de ensayo es una cuestión importante para el manejo seguro de estos equipos. Los transformadores de potencia que utilizan aislamiento líquido altamente inflamable presentan un mayor riesgo de incendio. Aunque el riesgo de que un fallo del transformador provoque un incendio es bajo, no es despreciable. Para reducir el riesgo de incendios en las subestaciones eléctricas, se pueden implantar sistemas de prevención de explosiones e incendios en los transformadores de potencia. La evaluación del riesgo de incendio y explosión en transformadores de potencia en laboratorios de ensayo es importante para tomar medidas preventivas y de seguridad que minimicen los riesgos. La metodología a utilizar es básicamente bibliográfica, documental, de campo mediante el software ALOHA y de observación en el momento en que se están realizando las pruebas eléctricas de los transformadores.

Palabras Clave: Software ALOHA, Transformador NFPA, Evaluación de Riesgos, Materiales inflamables.

Abstract

This work will be developed at RVR TRANSFORMADORES CIA. LTDA. Electrical risks are present in the transformer testing laboratory of RVR Transformadores. Electrical risks are very relevant because they are one of the main causes of death at work worldwide, therefore, in the distribution transformer testing laboratory, it is proposed to perform electrical testing procedures in transformers, identification of hazards and evaluation of electrical risks in the company's testing laboratory. Transformers are very reliable and safe elements within a power electrical network. However, in transformers that use highly flammable liquid insulators, such as mineral oil, the risk of fire is high, due to the large amount of combustible elements that are in contact with the active parts. The evaluation of fire and explosion risks in power transformers in test laboratories is an important issue for the safe handling of this equipment. Power transformers using highly flammable liquid insulation present an increased risk of fire. Although the risk of a transformer failure causing a fire is low, it is not negligible. To reduce the risk of fires in electrical substations, explosion and fire prevention systems can be implemented in power transformers. The evaluation of fire and explosion risk in power transformers in testing laboratories is important to take preventive and safety measures to minimize risks. The methodology to be used is basically bibliographic, documentary, field using the ALOHA software and observation at the moment when the electrical tests of the transformers are being carried out.

Key words: ALOHA Software, Transformer, National Fire Protection Association, Risk Assessment, Flammable materials.

Capítulo I

Tema

Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de la empresa RVR Transformadores CIA LTA

Antecedentes

La evaluación de los riesgos de incendio y explosión en laboratorios de pruebas, incluyendo aquellos dedicados a transformadores, se basa en una combinación de buenas prácticas de seguridad, normativas y regulaciones específicas para garantizar la protección de las personas y los activos. (El-Harbawi & Al-Mubaddel, 2020)

Los laboratorios de ensayo de transformadores son instalaciones esenciales para verificar el rendimiento y la seguridad de estos dispositivos críticos antes de su despliegue en la red eléctrica. Sin embargo, a lo largo de los años se han producido incidentes preocupantes relacionados con incendios y explosiones en estos laboratorios. Estos incidentes han puesto de relieve la necesidad de una evaluación exhaustiva de los riesgos de incendio y explosión en estas instalaciones. (*Seguridad en transformadores de distribución*, s. f.)

Algunos incidentes notables son:

Incidente en Australia de un transformador que sufrió un incendio catastrófico que causó daños importantes a la infraestructura y a equipos costosos. Se descubrió que la causa fue una falla en el sistema de refrigeración, lo que resultó en un sobrecalentamiento del aceite aislante del transformador. Este suceso demuestra la importancia de realizar una evaluación exhaustiva de los sistemas de refrigeración y tomar medidas preventivas. (Dehbonei, 2016)

Debido a la presencia de materiales inflamables cerca del equipo de pruebas, un laboratorio en Estados Unidos que realizaba pruebas en transformadores sufrió un incendio que se propagó rápidamente. El incidente puso de relieve la importancia de establecer

protocolos de prevención de incendios y mantener un entorno de trabajo seguro, aunque no hubo víctimas humanas. (*riesgo_en_transformadores.pdf*, s. f., p. 3)

Ha habido varios casos registrados de incendios y explosiones de transformadores a lo largo de los años en varios países europeos. Desde fallas en el equipo y mantenimiento deficiente hasta condiciones ambientales adversas y errores humanos, estos incidentes han sido causados por una variedad de factores. (*Transformadores_INTECAP.pdf*, s. f., p. 32)

Los cortocircuitos, las sobrecargas eléctricas, las fugas de aceite aislante, las fallas en los sistemas de refrigeración y los problemas en los sistemas de protección y disyuntores son algunas de las muchas causas que pueden causar incendios en los transformadores. Estos eventos pueden provocar la acumulación de calor y la ignición del aceite aislante, que puede propagarse rápidamente y causar incendios en el transformador y su entorno circundante. (Villalba, s. f.)

Sin embargo, las explosiones de transformadores provocan la liberación repentina de energía y la acumulación de gases inflamables o explosivos dentro del dispositivo. Esto puede ser el resultado de una falla catastrófica en el transformador, como un cortocircuito interno o una falla en el sistema de contención del gas aislante. Las explosiones que resultan pueden ser muy peligrosas, generando ondas de presión destructivas y esparciendo escombros metálicos a grandes distancias. (*Protección de Transformadores*, s. f., p. 10)

Las consecuencias de los incendios y explosiones de transformadores en Europa han despertado un mayor interés en la prevención, detección y reducción de estos peligros. Las normas y estándares de seguridad eléctrica se han actualizado y fortalecido, lo que requiere la instalación de sistemas de protección contra incendios, sistemas de monitoreo y detección de fugas de aceite y la creación de planes de emergencia y respuesta ante estos eventos. (*Evaluación Del Riesgo De Incendio De Un Transformador*, s. f., p. 47)

Además, se han realizado mejoras en el diseño y la tecnología de los transformadores para reducir los riesgos asociados con los incendios y explosiones de transformadores, y se

han realizado investigaciones y estudios para comprender mejor las causas subyacentes de los incendios y explosiones de transformadores. La capacitación del personal, la educación sobre los procedimientos de seguridad y la inspección regular de los equipos son medidas importantes para prevenir estos incidentes. (*Protección de Transformadores*, s. f.)

En resumen, los incendios y explosiones de transformadores son un problema en Europa que pueden causar graves daños. Sin embargo, se están tomando medidas para reducir estos riesgos y garantizar la confiabilidad y la seguridad del suministro eléctrico en la región a través de una combinación de regulaciones más estrictas, mejoras en diseño y tecnología, y una mayor concientización sobre la seguridad.

Los incendios y explosiones de transformadores son un problema significativo para la seguridad de la infraestructura eléctrica en los Estados Unidos. Estos incidentes pueden tener consecuencias graves, como interrupciones en el suministro de energía, daños materiales y riesgos potenciales para la vida humana. (Suarez Valentín 2009 s. f., p. 13)

Ha habido muchos incendios y explosiones de transformadores en varios países de Estados Unidos a lo largo de los años. Desde fallas en el equipo y mantenimiento deficiente hasta condiciones ambientales adversas y errores humanos, estos incidentes han sido causados por una variedad de variables. (*Protección de Transformadores*, s. f.)

Los incendios en los transformadores pueden ser provocados por cortocircuitos, sobrecargas eléctricas, fallas en los sistemas de refrigeración, fugas de aceite aislante y problemas en los sistemas de protección y disyuntores. Estos eventos pueden generar acumulación de calor e ignición del aceite aislante, lo que a su vez puede propagarse rápidamente y provocar incendios tanto en el transformador como en su entorno circundante. (*Riesgos en Transformadores de Potencia*, s. f., p. 3)

Las explosiones de transformadores, por otro lado, están asociadas con una liberación súbita de energía y la acumulación de gases inflamables o explosivos en su interior. Estas explosiones pueden ocurrir debido a un fallo catastrófico en el transformador, como un

cortocircuito interno o una falla en el sistema de contención del gas aislante. Las explosiones resultantes pueden ser extremadamente peligrosas, generando ondas de presión destructivas y esparciendo escombros metálicos a distancias considerables. (*Evaluación Del Riesgo De Incendio De Un Transformador*, s. f., p. 21)

Los efectos de los incendios y explosiones de transformadores en los Estados Unidos han llevado en un mayor énfasis en la prevención, detección y reducción de estos peligros. Se han establecido nuevas regulaciones y estándares de seguridad eléctrica que requieren planes de emergencia y respuesta, instalación de sistemas de protección contra incendios, sistemas de monitoreo y detección de fugas de aceite y creación de sistemas de asistencia. (*José María S. (2010) s. f., p. 71*)

Además, se han realizado investigaciones y estudios para comprender mejor las causas subyacentes de los incendios y explosiones en transformadores, y se han mejorado el diseño y la tecnología de los transformadores para reducir los riesgos asociados. La capacitación del personal, la educación sobre los procedimientos de seguridad y la inspección regular de los equipos son medidas importantes para prevenir estos incidentes.

(*riesgo_en_transformadores.pdf*, s. f.)

En resumen, los incendios y explosiones de transformadores representan un desafío importante en los Estados Unidos, ya que tienen la capacidad de causar daños significativos. Sin embargo, se están tomando medidas para reducir estos riesgos y garantizar la confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico en la región a través de la implementación de regulaciones más estrictas, mejoras en diseño y tecnología y una mayor conciencia de la seguridad. (Farina, s. f.)

Los ataques a transformadores constituyen una amenaza significativa para la estabilidad de la infraestructura eléctrica de Ecuador. Estos sucesos pueden tener graves consecuencias, como interrupciones del suministro eléctrico, daños materiales y riesgos potenciales para la vida humana.

En diferentes regiones de Ecuador se han registrado incendios y explosiones de transformadores a lo largo de los años. Estos incidentes pueden deberse a diversas causas, desde fallos en los equipos y un mantenimiento inadecuado hasta condiciones ambientales desfavorables y errores humanos. (Gutiérrez Chávez & Montes de Oca-Ramírez, 2021)

Los cortocircuitos, las sobrecargas eléctricas, las fugas de aceite aislante y los problemas con los sistemas de protección y los disyuntores pueden provocar incendios en los transformadores. Estos sucesos pueden provocar la acumulación de calor y la ignición del aceite aislante, que puede propagarse rápidamente y causar incendios en el transformador y su entorno. (*sobretensiones de origen atmosférico*, s. f., p. 10)

Por otro lado, un fallo catastrófico del equipo, como un cortocircuito interno o un fallo del sistema de contención del gas aislante, puede provocar explosiones en el transformador. Esto puede provocar una liberación repentina de energía y la acumulación de gases inflamables o explosivos en el transformador. Las explosiones resultantes pueden ser muy peligrosas, ya que generan ondas de presión destructivas y esparcen restos metálicos a grandes distancias. (*Riesgo en Transformadores - español*, s. f.)

Los incendios y explosiones de transformadores en Ecuador pueden tener graves repercusiones en el suministro eléctrico y daños materiales en las infraestructuras cercanas. Además, las personas que se encuentran cerca de los incidentes y el personal que trabaja en la reparación y el mantenimiento de los transformadores corren el riesgo de sufrir lesiones. (*El transformador y el incendio.pdf*, s. f.)

Es fundamental aplicar medidas de prevención y mitigación adecuadas para hacer frente a estos riesgos. Esto incluye el cumplimiento de los reglamentos y normas de seguridad eléctrica, así como la inspección periódica de los transformadores para detectar posibles problemas y realizar un mantenimiento adecuado. La formación del personal en procedimientos de seguridad, el fomento de una cultura de prevención de incendios y explosiones, y la

disponibilidad de equipos de protección adecuados son otras medidas importantes para reducir los riesgos relacionados. (*Explosiones de transformadores*, s. f.)

En resumen, las descargas y explosiones de transformadores en Ecuador suscitan gran preocupación por la seguridad y fiabilidad del suministro eléctrico. El objetivo es reducir estos riesgos y garantizar un suministro eléctrico seguro y fiable para la población ecuatoriana mediante la aplicación de medidas preventivas, la formación del personal y el cumplimiento de la normativa de seguridad.

Planteamiento del Problema

El problema de evaluar los riesgos de incendio y explosión en los laboratorios de ensayo de transformadores radica en la importancia de garantizar la seguridad de las personas y las instalaciones. Los laboratorios de ensayo de transformadores son lugares donde se realizan ensayos eléctricos de transformadores y se manipulan materiales y equipos potencialmente explosivos. El problema radica en que pueden producirse accidentes mortales si no se evalúan adecuadamente los riesgos y no se aplican medidas de prevención y control. Por lo tanto, para garantizar la seguridad de las personas y las instalaciones, es necesario desarrollar metodologías de evaluación de riesgos específicas para los laboratorios de ensayos de transformadores y establecer medidas de prevención y control adecuadas.

Se pueden aplicar medidas eficaces de prevención y control para garantizar un entorno de trabajo seguro y proteger los activos del laboratorio abordando esta cuestión.

Justificación

Los siguientes puntos sirven de base para la evaluación de los riesgos de incendio y explosión en los laboratorios de ensayo de transformadores:

Seguridad de las personas: la evaluación de los riesgos de incendio y explosión en los laboratorios de ensayo de transformadores es esencial para garantizar la seguridad de los empleados. Si no se toman las medidas adecuadas para prevenir y controlar incendios y

explosiones, la manipulación de materiales y equipos eléctricos puede suponer un riesgo importante.

Proteja las instalaciones: Los laboratorios de ensayo de transformadores suelen albergar equipos y sistemas caros y sensibles. Un incendio o una explosión pueden causar daños importantes a las instalaciones, provocando pérdidas económicas y retrasando las pruebas y el desarrollo de los transformadores.

Prevención de accidentes: La evaluación de riesgos ayuda a identificar posibles escenarios de incendio y explosión y a tomar medidas preventivas para evitar accidentes. Esto incluye el uso de equipos de protección personal, procedimientos de emergencia y sistemas de extinción de incendios.

En resumen, la justificación de este tema se basa en la necesidad de cumplir las normas de seguridad y prevenir accidentes en los laboratorios de ensayo de transformadores. La evaluación de los riesgos de incendio y explosión es esencial para alcanzar estos objetivos y promover un entorno de trabajo seguro.

Objetivos

Objetivo General

Evaluación de los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio de pruebas de la empresa RVR TRANSFORMADORES CIA LTDA

Objetivo específico

- Identificación de peligros en el laboratorio de pruebas.
- Evaluar riesgos de incendios y explosiones en las pruebas eléctricas aplicando el método NFPA y Software ALOHA.
- Proponer un plan de prevención de riesgos.

Alcance

La identificación completa de los diversos peligros presentes en el laboratorio de pruebas de transformadores de la empresa formará parte del alcance de la evaluación. Se analizarán las fuentes de energía, los equipos de prueba, los materiales inflamables y los productos químicos utilizados.

La evaluación de riesgos incluirá el cálculo de la probabilidad de que se produzcan incendios y explosiones, así como las posibles repercusiones que puedan derivarse. Para evaluar la gravedad de los riesgos identificados, se utilizarán técnicas y herramientas conocidas en el ámbito de la evaluación de riesgos, como el análisis de riesgos cualitativo y cuantitativo.

En los laboratorios de ensayo de transformadores, la evaluación de riesgos de incendio y explosión abarca desde la identificación y evaluación de los riesgos hasta la aplicación de medidas de prevención y control, pasando por la creación de un plan de emergencia. El objetivo de este proceso es garantizar la seguridad tanto de las instalaciones como de las personas que trabajan en el laboratorio de ensayos de transformadores.

Capítulo II

Marco teórico

Marco legal

El marco legal ecuatoriano para la evaluación de riesgos de incendio y explosión en los laboratorios de ensayo de transformadores incluye varias leyes, reglamentos y normas sobre seguridad laboral, prevención de riesgos y protección contra incendios. A continuación, se enumeran algunas de las leyes y reglamentos más relevantes:

Constitución de la República del Ecuador:

La Constitución del Ecuador en el Título II "De los Derechos", Capítulo Primero, Sección Octava - Trabajo y Seguridad Social, Art. 33, garantiza a los trabajadores el derecho a un ambiente de trabajo saludable, respaldado por la legislación vigente.

Según el artículo 326, número 5 del Título VI "Régimen de Desarrollo", Capítulo Sexto, Sección Tercera - Formas de Trabajo y su Remuneración, "Toda persona tendrá derecho a desempeñar su trabajo en un ambiente saludable"..(Ecuador 2008, s. f., p. 101)

La Decisión 584 Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

El principal objetivo es mejorar las condiciones de salud y seguridad en el trabajo en los países miembros. Para garantizar un entorno laboral seguro y saludable, la región andina busca armonizar la normativa y establecer normas comunes de salud y seguridad en el trabajo. (Decisión 584.pdf, s. f.)

La Resolución 957 Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

El principal objetivo es mejorar las condiciones de salud y seguridad en el trabajo en los países miembros. Para garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable, la región andina

busca armonizar las regulaciones y establecer estándares comunes de seguridad y salud ocupacional.(CAN 2005, s. f.)

Decreto 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y el mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo.

El Reglamento de seguridad e higiene industrial se aplica a toda la actividad laboral con el objetivo de prevenir, reducir o eliminar los riesgos del trabajo y mejorar el medio ambiente de trabajo. (*Decreto Ejecutivo 2393, s. f.*)

Código de Trabajo

El Código de Trabajo de Ecuador establece disposiciones generales para garantizar la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores. En el marco de la evaluación de riesgos, este código establece la responsabilidad del empleador de identificar y controlar los riesgos en el lugar de trabajo y adoptar medidas preventivas adecuadas.(*Código de Trabajo 2012, s. f.*)

CD 513 Reglamento de Seguro General de Riesgos del Trabajo

Es una normativa que suele establecer los requisitos y procedimientos para la implementación de un sistema de seguro de riesgos laborales en un país específico. Este tipo de regulación tiene como objetivo proteger a los trabajadores en caso de accidentes laborales, enfermedades profesionales u otros riesgos relacionados con el trabajo.(*IESS_Normativa.pdf, s. f.*)

Acuerdo Ministerial 013 Reglamento de riesgos de trabajo en instalaciones eléctricas:

Regula las medidas de seguridad y prevención de riesgos laborales en instalaciones eléctricas, con el fin de proteger la salud y seguridad de los trabajadores involucrados en actividades relacionadas con la electricidad.(*Acuerdo Ministerial 13, s. f.*)

Acuerdo Ministerial 1257 reglamento de prevención, mitigación y protección contra incendios:

Este reglamento, establece las normas y procedimientos para la prevención y control de incendios en instalaciones industriales y comerciales. Contiene disposiciones relacionadas con

la clasificación de los riesgos de incendio, los sistemas de protección contra incendios y las medidas de seguridad para prevenir y responder a emergencias.(*Acuerdo Ministerial 1257*, s. f.)

Marco Teórico

Analizador industrial.

Es un Equipo avanzado de visualización de medidas eléctricas más completas como: el consumo de potencias, voltajes y corrientes consumidas etc. (Folch, s. f.)

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA)

Proporciona pautas y estándares para la evaluación de riesgos de incendio y explosión. Este método considera factores como la probabilidad de ignición, la propagación del fuego, los materiales inflamables presentes y las medidas de control existentes.(*Standards_guide_ESP.pdf*, s. f.)

Cables de prueba.

Cables que se conectan entre los aparatos de medida y el equipo que será sometido a medición, cada equipo posee cables diferentes pues estos cables poseen características especiales respecto al aislamiento y material del cual están elaborados para asegurar una medición más exacta. (*TestLeads_5kV-10kV_DS_US_ES_V04.pdf*, s. f.)

Devanado de un transformador.

Conjunto de bobinas de un mismo nivel de tensión.(Pozueta, s. f., p. 85)

Disrupción Eléctrica.

Es el desarrollo completo de un arco, entre los extremos de un aislamiento; es la ruptura del aislamiento que se encuentra sometido a una diferencia de potencial, se lo puede llamar también cortocircuito.(Angel, s. f., p. 1)

Fuente de voltaje regulable.

Una fuente de energía construida a base de un transformador de taps variables que permite obtener varios valores de voltajes según las posiciones.(*Guía docente Fuentes de alimentación reguladas.pdf*, s. f., p. 13)

Kilovoltmetro

Instrumento de medición de voltajes superiores a los 1000 voltios (Gibraltar & Amaro, s. f.)

Medidor de Rigidez Dieléctrica (Chispómetro)

Equipo utilizado para medir la disrupción o la rigidez dieléctrica que tienen los aceites minerales y biodegradables. (*Ensayos y Calibraciones.pdf*, s. f.)

Megger

Equipo que mide nivel de resistencia de aislamiento entre bobinas de un transformador, este valor esta dado en Megohmios. (*Catalogo.pdf*, s. f.)

Multímetro

Equipo de usos múltiples eléctrico y electrónico, que sirve para medir valores de bajo voltaje y corriente, además de medir otras magnitudes utilizadas en el campo de la electricidad. (*Multimetro.pdf*, s. f., p. 1)

Plan de prevención de riesgos

Tiene como objetivo reducir o eliminar los peligros identificados y minimizar los riesgos asociados. (*Modelo-Plan-Mínimo-Prevencion-de-Riesgos.pdf*, s. f.)

Resistencia eléctrica

Es la oposición que presenta un material al paso de la corriente eléctrica. (*Resistencia eléctrica*, s. f., p. 1)

Resistencia de aislamiento

Resistencia que el material aislante impone al paso de la corriente de fuga que puede fluir a través de la masa o superficie del aislante. (*Medición de la Resistencia de Aislación 2019*, s. f., p. 1)

Rigidez Dieléctrica

Es el valor límite de la intensidad del campo eléctrico en el que un material se convierte en conductor después de perder su propiedad aislante. (Pinto-Salamanca & Castro-Galeano, 2017, p. 1)

Transformador Eléctrico

Es una maquina eléctrica estática que sirve para transferir potencia entre dos niveles distintos de tensión. (Helms, s. f.)

Energía

La capacidad de un sistema o cuerpo para realizar una tarea. La unidad de medida utilizada para medir la energía eléctrica es el kilovatios-hora (kWh). (*conceptos_energia.pdf*, s. f., p. 2)

Potencia

El poder eléctrico del cuerpo. Cuando un conductor conecta dos puntos, la diferencia de voltaje entre ellos conduce corriente eléctrica. Se mide en vatios (W) o kilovatios (kW). (*Energía, trabajo y potencia.pdf*, s. f., p. 12)

Tensión

Potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando hay un conductor que los une. Se mide en Voltios (V), y se denomina comúnmente voltaje. (LUIS et al., 2012, p. 63)

Corriente

Los electrones fluyen a través de un conductor. El grado de intensidad se calcula en Amperios. (A). (Brihuega, s. f.-a, p. 15)

Resistencia

La capacidad de un material para resistir la corriente eléctrica. (Brihuega, s. f.-b, p. 38)

Conductor

Material que opone una resistencia mínima a una corriente eléctrica. Los materiales que no poseen esta cualidad se denominan aislantes.(Brihuega, s. f.-a, p. 91)

Circuito

Camino o recorrido de una corriente eléctrica, formado por conductores, que transporta la energía eléctrica entre las fuentes (por ejemplo, las centrales eléctricas) y las cargas (por ejemplo, los consumidores).(José, 2011, p. 32)

Vatio

unidad que mide la potencia. Se abrevia W y debe su nombre al físico inglés James Watt. También se denomina vatio.(ANGEL et al., 2012, p. 83)

Kilovatio-hora

Unidad de energía utilizada para registrar el consumo. Equivale al consumo de un aparato de 1.000 W de potencia durante una hora.(Cervera et al., 2021, p. 17)

Voltio

El voltio, también conocido como unidad de medición de voltaje Su sigla es V. El kilovoltio también se utiliza en la industria eléctrica. (kV), que equivale a 1.000 V.(Utrillas, s. f., p. 32)

Amperio

Una unidad utilizada para medir la fuerza de una corriente eléctrica. Su abreviatura es A. También se denomina amperio. (Patricia, 2012, p. 60)

Umbral de percepción

Es el valor de la corriente de contacto que el experimentador puede soportar cuando al sostener un electrodo vivo en sus manos sólo percibe cierto hormigueo, sin sensaciones desagradables, daño físico o dolor muscular.(Robledo, 2014a, p. 19)

Corriente límite o umbral de auto desconexión

Es la intensidad que un individuo puede soportar sin perder la capacidad de liberarse a voluntad del electrodo que sostiene en sus manos. (Robledo, 2014b, p. 62)

Contacto directo

Contacto de las personas con las partes activas de los materiales y componentes de los equipos de una instalación eléctrica.(Farina, s. f., p. 147)

Contacto indirecto

Contacto de las personas con masas que han pasado a estar bajo tensión accidentalmente.(Farina, s. f., p. 153)

Parte activa

El conjunto de conductores y partes conductoras que están bajo tensión permanente durante el servicio normal.(G. T. JOSE, 2020, p. 353)

Cuadro eléctrico

Equipo de una instalación o aparato eléctrico en el que se ubican los dispositivos de protección (interruptor magnetotérmico, fusibles, interruptor diferencial, conector de tierra) y los de maniobra (interruptores, seccionadores). Según su función y ubicación, se clasifican en cuadros generales (cuadro de mando de toda la instalación) y cuadros de distribución (cuadros de mando de los diferentes circuitos en que se divide la instalación eléctrica).

Inducción de arco eléctrico: descarga eléctrica recibida a través del aire sin entrar en contacto con la instalación o el aparato eléctrico. (Fernández, 2015, p. 97)

Software Aloha

Genera estimaciones de zonas de amenaza para diversos tipos de peligros, como nubes tóxicas, nubes inflamables, explosiones de vapor de líquido en ebullición, incendios y explosiones de nubes de vapor.(*Manual Practico ALOHA | Catehe Tienda*, s. f.)

Explosión

Es una rápida liberación de energía en forma de gases, calor y sonido. Se produce cuando ocurre una reacción química exotérmica rápida y violenta. (Jesús, 2013, p. 93)

Incendio

Es una reacción química de combustión que oxida rápidamente un combustible y otras sustancias. (Falcón & Jiménez, 2021, p. 20)

Reacción en cadena

Se refiere a la retroalimentación de calor que se produce durante la combustión sostenida de un combustible. (Ríos, 2010, P. 225)

Comburente

Es el componente oxidante de la reacción de combustión. Normalmente, se refiere al oxígeno presente en el aire. (*Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)*, 2003, p. 61)

Combustible

Es cualquier sustancia capaz de arder. Puede estar en estado sólido, líquido o gaseoso. (*Naturaleza del Fuego*, s. f., p. 4)

Capítulo III

Desarrollo

Descripción de la empresa

La compañía RVR Transformadores CIA LTDA tiene más de 30 años de experiencia fabricando, reparando, manteniendo y probando transformadores. La empresa se destaca por satisfacer las necesidades de sus clientes y tiene un sistema de gestión aprobado por las políticas corporativas.

RVR Transformadores se comprometen a brindar los recursos necesarios para implementar su política y cumplir con las normas de calidad y seguridad laboral.

Figura 1

Transformador en la Nave industrial



Nota. RVR Transformadores. Cía. Ltda. Planta Calacalí.

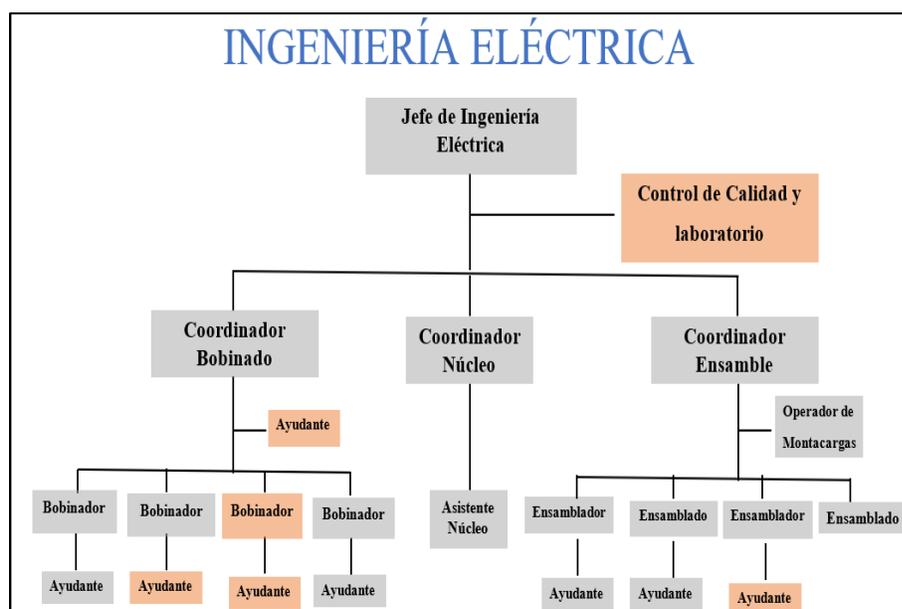
En cuanto a las normas que adaptaron para someter a pruebas a los transformadores, se menciona la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) INEN 2111, que establece las pruebas

eléctricas para transformadores de distribución. Además, existe una norma que describe los métodos de ensayo eléctrico para transformadores de potencia y distribución.

RVR Transformadores es una empresa con amplia experiencia en el mercado de transformadores, comprometida con la calidad y la seguridad laboral. Ofrece una variedad de productos y cumple con las normas establecidas para pruebas eléctricas en transformadores, para esto cuenta con el organigrama del laboratorio de pruebas. Ver Anexo A. Organigrama del área del Laboratorio de Pruebas

Figura 2

Organigrama Laboratorio de pruebas



Nota. Organigrama de laboratorio (formado por las áreas de bobinados, núcleos y ensamble)

Proceso productivo

RVR Transformadores se dedica a la fabricación, reparación, mantenimiento y pruebas de transformadores. A continuación, se indican algunas de las actividades de la empresa:

- Fabricación de transformadores de potencia, distribución, minería y aceite, de pedestal y secos de baja tensión.

Figura 3

Transformador de potencia de 3000 KVA



Nota. RVR Transformador. Cía. Ltda. Área de ensamble.

- Reparación y mantenimiento de transformadores

Figura 4

Ingreso de Transformador de potencia de 7MVA.



Nota. RVR Transformadores. Cía. Ltda. Calacalí. Área de descarga de Transformadores.

- Ensayos de transformadores.

Figura 5

Realización de pruebas de resistencia.



Nota. RVR Transformadores. Cia. Ltda. Calacalí. Área de pruebas de Laboratorio.

- Utilización de aceite dieléctrico biodegradable FR3™ en sus transformadores para ser respetuosos con el medio ambiente.

Figura 6

Transformador de 3150 KVA.



Nota. RVR Transformadores. Cía. Ltda. Área de Filtrado de Aceite.

El proceso de producción de RVR Transformadores Cia Ltda. consta de varias etapas, desde el diseño y la fabricación de los transformadores hasta las pruebas y la entrega final. A continuación, se presenta una descripción general del proceso de producción de la empresa:

Diseño y especificaciones: En esta etapa, los ingenieros de RVR Transformadores trabajan junto con los clientes para determinar las especificaciones técnicas y los requisitos del transformador. Se realiza un análisis detallado de las necesidades energéticas y las características eléctricas del cliente.

Selección del material: Una vez definidas las especificaciones, se seleccionan los materiales adecuados para la fabricación del transformador. Esto incluye núcleos magnéticos, bobinas de cobre o aluminio, aislantes, aceites dieléctricos, entre otros componentes.

Montaje y fabricación: En esta etapa se ensamblan los componentes seleccionados según el diseño y las especificaciones establecidas. Se enrollan las bobinas primarias y secundarias, se instala el núcleo magnético y se realizan las conexiones eléctricas necesarias.

Procesos de montaje: Una vez finalizado el montaje del transformador, se llevan a cabo procesos de montaje adicionales, como la instalación de sistemas de refrigeración, sistemas de protección y control, y dispositivos de seguridad.

Pruebas y calidad: Antes de la entrega final, los transformadores se someten a rigurosas pruebas de calidad y rendimiento. Estas pruebas incluyen pruebas de resistencia, pruebas de aislamiento, pruebas de carga y descarga, pruebas de cortocircuito, entre otras. Estas pruebas garantizan que los transformadores cumplen las especificaciones técnicas y las normas de calidad.

Entrega y puesta en servicio: Una vez que los transformadores han superado las pruebas de calidad, se preparan para su entrega al cliente. Se coordinan los aspectos logísticos y el transformador se instala y se pone en servicio en el lugar designado por el cliente.

Es importante señalar que cada transformador puede requerir procesos adicionales o personalizados según las necesidades específicas del cliente. RVR Transformadores se centra en adaptar su proceso de producción para satisfacer los requisitos particulares de cada proyecto, garantizando la calidad, fiabilidad y eficiencia energética de sus transformadores.

Descripción metodológica

Este trabajo de integración curricular se centrará en la evaluación de riesgos de incendio y explosión específicos del laboratorio de ensayos de transformadores. Se utilizarán metodologías reconocidas y herramientas de evaluación de riesgos, como la National Fire Protection Association (NFPA), reglamentos internacionales y normas relacionadas con la seguridad eléctrica.

Los principales objetivos de este trabajo de integración curricular son los siguientes

Identificación de riesgos en el laboratorio de pruebas: El primer objetivo es identificar y analizar los diferentes peligros presentes en el laboratorio de ensayos de transformadores. Se examinarán los elementos y procesos implicados, identificando los posibles puntos críticos y las zonas con mayor riesgo de incendios y explosiones.

Evaluación del riesgo de incendio y explosión:

Este objetivo es evaluar minuciosamente los riesgos en el laboratorio de ensayos. Para determinar la probabilidad de que se produzcan incendios y explosiones, así como sus posibles consecuencias, se utilizarán técnicas como el análisis de riesgos cualitativo y cuantitativo. Además, se considerarán aspectos como el tipo de materiales utilizados, las fuentes de calor y los sistemas de seguridad existentes.

Desarrollo de medidas preventivas y atenuantes:

El tercer objetivo se centrará en proponer un conjunto de medidas preventivas y atenuantes específicas para reducir los riesgos detectados en el laboratorio de pruebas. Estas medidas pueden incluir mejoras en el diseño y las infraestructuras, la implantación de sistemas

de protección contra incendios y explosiones, la formación del personal en prácticas seguras y el establecimiento de procedimientos de emergencia y planes de contingencia.

Al final de este trabajo de integración curricular, se espera obtener un enfoque integral y basado en evidencias para la evaluación de riesgos de incendio y explosión en un laboratorio de pruebas de transformadores. Los resultados y recomendaciones pueden ser utilizados por organizaciones e instituciones relacionadas con la industria eléctrica para fortalecer sus medidas de seguridad y garantizar un ambiente de trabajo seguro y confiable en los laboratorios de pruebas de transformadores.

Desarrollo del tema

Identificar los peligros presentes en el laboratorio de pruebas de transformadores mediante el uso de la Matriz IPERC.

La Matriz IPERC (Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Control) es una herramienta utilizada para identificar y evaluar los peligros presentes en un entorno de trabajo, como un laboratorio de ensayos de transformadores. Los peligros presentes en un laboratorio de pruebas de transformadores utilizando la Matriz IPERC ver anexo B, podemos inferir algunos peligros potenciales comunes en este tipo de entorno basándonos en el conocimiento general sobre los riesgos asociados a la manipulación de equipos eléctricos y químicos. Algunos peligros potenciales son.

Peligros eléctricos: debido a la naturaleza de los transformadores y a la manipulación de equipos eléctricos, existe riesgo de descargas eléctricas, cortocircuitos y arcos voltaicos. Éstos pueden causar lesiones graves o incluso la muerte.

A continuación, se genera una tabla con la identificación de peligros existentes en el área de laboratorio de pruebas de transformadores detallando peligros, riesgos, control y acciones.

Tabla 1

Tabla resumen de evaluación de riesgos y controles.

No.	Peligro	Riesgo	Exposición	Medidas de Control
1	Descarga eléctrica	Alto	Moderado	- Uso de equipos de protección personal (EPP) - Verificación de sistemas de puesta a tierra - Capacitación en seguridad eléctrica
2	Exposición a sustancias químicas	Moderado	Moderado	- Manipulación en áreas bien ventiladas - Uso de EPP adecuado para productos químicos - Etiquetado claro de productos químicos
3	Lesiones por objetos punzantes	Bajo	Bajo	- Uso de guantes de seguridad - Prohibición de consumo de alimentos en área de trabajo
No.	Peligro	Riesgo	Exposición	Medidas de Control
4	Caídas al mismo nivel	Moderado	Moderado	- Mantenimiento regular de pisos y pasillos - Uso de calzado antideslizante - Diseño ergonómico de estaciones de trabajo
5	Ergonomía inadecuada	Moderado	Alto	- Rotación de tareas para reducir la exposición prolongada - Capacitación en ergonomía laboral

Nota. Identificación de riesgos y Evaluación de peligros del Área del Laboratorio.

El peligro de manipulación de equipos eléctricos tiene un riesgo medio debido a la baja identificación, pero a la alta exposición.

La exposición química tiene un riesgo bajo debido a la baja probabilidad y exposición.

El riesgo eléctrico es alto debido a su elevada identificación, probabilidad y exposición.

Las posturas forzadas y el levantamiento de cargas pesadas presentan un riesgo bajo debido a su baja identificación y exposición.

A continuación, se analizará este aspecto para el puesto de trabajo.

con esta matriz estimamos y priorización del riesgo. Para ver el tipo de riesgo al que están expuestos los técnicos de laboratorio, evaluamos las principales tareas más comunes que realizan, entre las tareas que los trabajadores realizan habitualmente fueron:

- Realizar la ejecución de ensayos eléctricos en equipos basados en las normas IEEE57.12, NTC, INEN.
- Realizar el control de calidad de los equipos en cada fase del proceso.
- Despachar los equipos
- Realizar informes de diagnóstico de los equipos para su reparación y mantenimiento
- reparación y mantenimiento

Interpretación de Matriz Riesgos Laboratorio IPER

Figura 7

Matriz de Riesgos IPER del área de Laboratorio de Pruebas.

SITIO:		MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, EVALUACIÓN DE RIESGOS Y CONTROLES						
CÓDIGO:	PROYECTO:	SECTOR:	FECHA:					
AREA:	POBLACIÓN EXPUESTA:							
SUBPROYECTO:	NOMBRES EXPUESTOS:							
PUERTO DE TRABAJO:	Medios expuestos:							
ACTUALIZADO:	Coordinador/Asistente Dna:							
ACTIVIDAD	IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO		IDENTIFICACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO		ANÁLISIS DE RIESGO		VALORACIÓN DE RIESGO	
	SITUACIÓN	PELIGRO	FACTOR DE RIESGO	FACTOR DE RIESGO	PROBABILIDAD	CONSECUENCIA	PUNTAJE	NIVEL DE RIESGO
<p>1. Trabajo de la casa a la empresa</p> <p>2. Realizar la aplicación de pruebas eléctricas en los equipos con base en las normas IEEE618, IEC, NTC, IEEE</p> <p>3. Realizar control de la calidad del equipo en cada fase de proceso</p> <p>4. Controlar la estabilidad de los procesos de los equipos a desarrollar</p> <p>5. Realizar informes de diagnóstico de los equipos para reparación y mantenimiento</p> <p>6. Asignar el trabajo de acuerdo a la carga de trabajo</p> <p>7. Realizar seguimiento de los estándares asignados</p>	Rubrica	Trajete del domicilio al sitio de trabajo y viceversa	Accidente In Sane	Físico	Baja	Definito	2 x 15	Modificado
		1. Manipular equipo y herramientas (desarmado o despiece) (Trípode de Voltaje)	Electrocución/Exposición	Mecánico	Baja	Definitamente Definito	2 x 15	Modificado
		Objetos en manipulación	Manipulación inadecuada de objetos	Mecánico	Baja	Definito	2 x 15	Modificado
	Objetos correspondientes	Placas sobre objetos correspondientes	Baja		Definito	5 x 8	Tolerable	
	Presencia de cables en áreas de trabajo y áreas de circulación (cables o cables sueltos)	Cable de potencia al mismo nivel	Baja		Definito	2 x 15	Modificado	
	Falta de orden y limpieza	Herramientas, cables, cables, cables	Baja		Ligeramente Definito	5 x 8	Tolerable	
	Carga en suspensión (Puentes aéreos)	Cable de objetos en suspensión	Ergonómico	Baja	Definitamente Definito	2 x 15	Modificado	
	Actividades repetitivas de levantado	Posturas inadecuadas (Puentes)		Baja	Definito	2 x 15	Modificado	
	Actividades con movimientos repetitivos	Movimiento corporal repetitivo	Físico	Baja	Definito	2 x 15	Modificado	
	Uso de las herramientas (Cambio de la batería de estos)	Exposición a ruido		Baja	Definito	2 x 15	Modificado	
	Exceso de iluminación	Rangos relacionados con iluminación		Baja	Ligeramente Definito	4	Total	
	Uso de máquinas (puente)	Exposición a radiaciones no ionizantes		Baja	Definito	2 x 15	Modificado	
	Presión, aprieto de tiempo	Edicita laboral		Baja	Definito	5 x 8	Tolerable	
	Supervisión y participación	Edicita laboral		Psicossocial	Baja	Definito	5 x 8	Tolerable
	Monitoreo / Rubrica	Edicita laboral		Baja	Definito	5 x 8	Tolerable	
Uso de escala dieléctrica	Presencia de sustancias volátiles (gases, vapores)	Químico		Baja	Definito	5 x 8	Tolerable	
Trabajo con fleagra eléctrico (puente de trípode, etc.)	Electrocución, quemaduras, cortocircuitos	Eléctrico		Baja	Definitamente Definito	17-24	Importante	

Nota. Identificación de peligros y Evaluación de Riesgos del Laboratorio de Pruebas.

Tabla 2

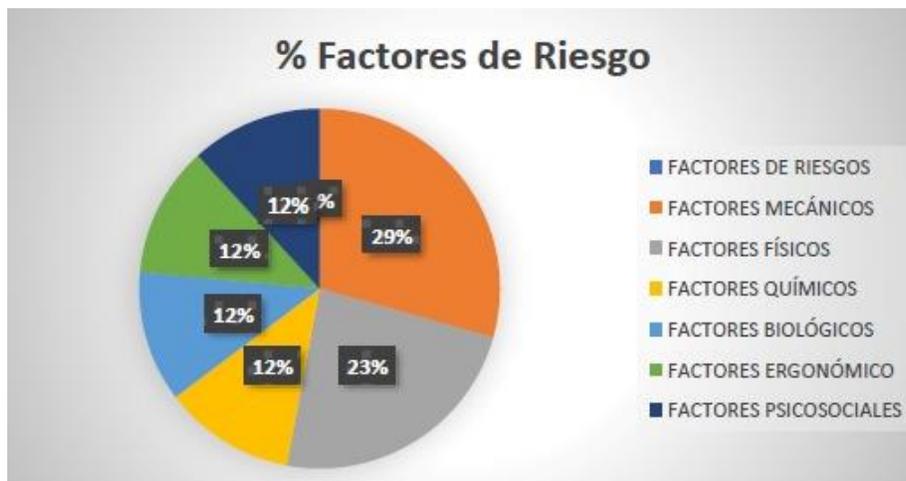
Tabla resumen de porcentajes de Evaluación de Riesgos.

FACTORES DE RIESGOS	PRIORIZACIÓN DE FACTORES	
MECÁNICOS	5	29,41%
FÍSICOS	4	23,53%
QUÍMICOS	2	11,76%
BIOLÓGICOS	2	11,76%
ERGONÓMICO	2	11,76%
PSICOSOCIALES	2	11,76%
Total	17	100,00%

Nota. Porcentajes de factores de riesgos, de la Evaluación de Riesgos IPER

Figura 8

Gráfico del Pastel de porcentajes de Factores de Riesgos.



Nota. Porcentajes de factores de riesgos, obtenido de la Matriz de Riesgos IPER

En base a la evolución en el laboratorio de pruebas nos arroja que tiene un total de 17 riesgos durante las actividades. Donde se destaca con un 29% los riesgos físicos y riesgos mecánico con un 23%, esto se considera mejorar el sistema de seguridad.

Tabla 3

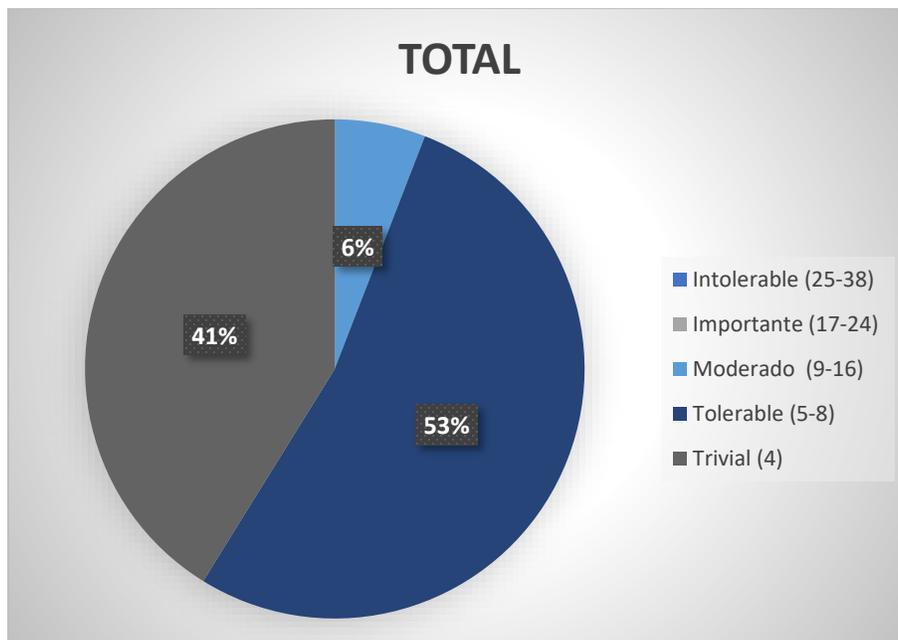
Tabla resumen de porcentajes de niveles de riesgos en el Laboratorio.

	ESTIMACIÓN	TOTAL	%
IN	Intolerable (25-38)		0,00%
I	Importante (17-24)		0,00%
MO	Moderado (9-16)	1	5,88%
TO	Tolerable (5-8)	9	52,94%
T	Trivial (4)	7	41,18%
	TOTAL RIESGOS	17	100%

Nota. Resultados en porcentajes de Niveles de Riesgos, tomado de Matriz Riesgos IPER.

Figura 9

Gráfico del Pastel en base a los Niveles de Riesgos en el Laboratorio.



Nota. Porcentajes de los Niveles de Riesgos, en base a la Matriz IPER

Para estimar el riesgo de los 17 riesgos existentes, es aceptable que un trabajador trabaje y continúe con sus funciones si el riesgo es trivial (T), tolerable (TO) o moderado (MO).

En caso de riesgo importante (I) e intolerable (IN), el trabajo debe suspenderse de inmediato porque el trabajador está poniendo en peligro su vida. En este caso, el trabajo puede continuar con normalidad, ya que se encuentra dentro de los límites permitidos ya que se encuentran en las siguientes estimaciones: T (7), TO (9) y MO (1) lo que salvaguarda la integridad física y la vida de los técnicos.

Evaluar riesgos de incendios y explosiones en las pruebas eléctricas aplicando el método NFPA y Software ALOHA

Aplicar el método NFPA

(National Fire Protection Association) para evaluar y clasificar los riesgos de incendios y explosiones en las pruebas eléctricas de transformadores, y proponer medidas de control adecuadas.

Evaluar riesgos de incendios y explosiones en las pruebas eléctricas aplicando el método NFPA y Software ALOHA. busca combinar las ventajas de ambos enfoques para lograr una evaluación más sólida y efectiva de los riesgos presentes en el laboratorio de pruebas de transformadores. La integración del método NFPA y el Software ALOHA permitirá analizar tanto los riesgos eléctricos específicos como la propagación de sustancias peligrosas, brindando una visión completa de los peligros potenciales y sus posibles consecuencias.

Método NFPA Carga Combustible

Limitar la carga de combustible es una buena opción para reducir el riesgo de incendio y mantener estos espacios en niveles de seguridad aceptables porque este método nos da lineamientos efectivos para los depósitos de gran tamaño y nos permite controlar la carga de combustible.

La carga de combustible es el poder calórico por unidad de área, que varía según el tipo de material combustible, la cantidad de material combustible, el tamaño del área, el poder calórico y la ubicación del material combustible en el puesto de trabajo estudiado.

Valor de la carga combustible

Figura 10

Fórmulas para el cálculo de la Carca combustible.

$$Q_c = \frac{C_c \times M_g}{4500 \times A} ; Q_c = \# \frac{Kg.madera}{m^2}$$

Nota. Revisión de las fórmulas de Qc, Tomado de la Metodología NFPA.

En donde:

Qc = Carga combustible

Cc = Calor de combustión de cada producto en Kcal. /Kg.

A = Área en metros cuadrados del local

Mg = Peso de cada producto en Kg.

4500 = Kilocalorías generadas por un kilogramo de madera seca

El valor obtenido de la fórmula debe ser evaluado mediante la escala establecida para identificar el nivel del riesgo como se clasifica en la Tabla

Tabla 4

Escala de nivel de Riesgo

Riesgo Bajo	Hasta 35 Kg / m ²
Riesgo medio	De 35 a 75 Kg / m ²
Riesgo Alto	Más de 75 Kg / m ²

Nota. Niveles de riesgos. Metodología de Evaluación IPER

Aplicación del Método NFPA

El área del laboratorio no almacena en si productos químicos, pero para la realización de pruebas eléctricas se ingresan los transformadores en el área, cada transformador con distintas características dependiendo de las necesidades del cliente. Por esa razón la cantidad total que ingresa en el laboratorio de pruebas depende de la potencia del transformador.

A continuación, se muestra una figura. Resumen de la evaluación a los transformadores dependiendo de su capacidad de potencia. Ver Anexo C

Figura 11

Evaluación de incendios. Metodología NFPA.

EVALUACIÓN DE INCENDIOS - METODOLOGÍA NFPA						
AREA DEL LABORATORIO (M2)	289			CONSTANTE:	4500	
POTENCIA DE TRANSFORMADORES	TRIFÁSICO 25 MVA	TRIFÁSICO 10 / 12,5 MVA	TRIFÁSICO 3 MVA	TRIFÁSICO 25 MVA	TRIFÁSICO 10 / 12,5 MVA	TRIFÁSICO 3 MVA
MATERIALES DE COMPOSICIÓN	Mg= Peso de cada producto (Kg)			Qc= Carga Combustible (Kg/m ²)		
Ácete Dielectrico Biodegradable	22.700	6.050	1.000	79	21	3
Nitrogeno	16	5	0,9	8,7214E-07	2,7255E-07	4,906E-08
Carton crespá diamantado	570	250	157	1,75317186	0,76893502	0,4828912
Papel crepe	230	83	45	0,70742022	0,25528643	0,1384083
Cauchos	5	2	1	0,00230681	0,00092272	0,0004614
Cobre	23.700	6000	885	0,2175024	0,0550639	0,0081219
Acero laminado	33.100	9530	1909	1,01806997	0,29311803	0,0587159
Silicio	340	150	150	0,00312029	0,0013766	0,0013766
Madera (Palet de madera)	39	16	12	0,00299885	0,0012303	0,0009227
PESO TOTAL:	80.700	22.086	4.160	82,50	22,38	4,16

Nota. Evaluación de incendios en base a las potencias de los transformadores.

Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 25 MVA.

Los resultados de la evaluación de Transformador Trifásico 25 MVA, nos dieron un valor de 82,50, este representando un Nivel de Riesgos Alto, lo que indica que se debe tener los debidos cuidados para la realización de las pruebas de laboratorio con este tipo de transformadores.

Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 10 / 12,5 MVA.

Los resultados obtenidos de la evaluación del transformador Trifásico de 10 / 12,5 MVA, nos dieron un valor de 22,38 que indica un Nivel de Riesgo Bajo, en el cual es incendio no sería de gran magnitud, pero si provocaría perdidas por su expansión, y para lo cual de igual manera.

Evaluación de incendios. Transformador Trifásico de 3 MVA.

Por último, en los resultados obtenidos en base al Transformador Trifásico de 3 MVA. Nos indica un valor de 4,16. Lo que indica un Nivel de Riesgo Bajo, pero al darnos un valor bajo indica que, si se ocasionara un incendio en el laboratorio de pruebas eléctricas, este no sería de gran magnitud y se podría pagarlo con los recursos de emergencias adecuados.

Medidas de control:

Esto debido a la gran cantidad aceite dieléctrico que contiene, ya que este puede desatar un incendio de gran magnitud, aunque por otro lado el aceite dieléctrico es una sustancia con grado de inflamabilidad 1, lo cual indica según en cuanto al uso de rombo NFPA 704 que puede llegar a inflamarse sobre los 93°C.

Pero por otra parte en la composición del cuerpo interno del transformador, tenemos las bobinas estas cuentan con un recubrimiento de papel, que puede llegar a ser un buen comburente al momento de incendiarse, si no se tienen los debidos cuidados en la elaboración de las bobinas ya que si el recubrimiento de esta parte interna no es el adecuado al realizarse

las pruebas eléctricas y tocar metal con metal ocasionaría una chispa o una fuente de calor que en contacto con el aceite dieléctrico ocasionaran un incendio.

Otras medidas podrían ser revisar que no hallan fugas a través de válvulas, manómetros, válvulas y otras partes que contienen los transformadores.

Por último, se debe procurar tener los recursos de emergencias necesarios para mitigar el fuego en caso de que se diera el incendio. Y teniendo en consideración el agente extintor necesario y que estos equipos (Transformadores), representan un gran valor económico por lo tanto requieren de un agente extintor que no deje residuos.

El extintor de CO₂, es un muy buen agente extintor que apaga el fuego de tipo B y C. Pero que una de sus ventajas es que no deja residuos.

Aplicación del Software ALOHA:

En la aplicación del software ALOHA, se realizó al igual que en la aplicación de la metodología NFPA, una comparativa con los mismos tres transformadores. De tal manera que nos indique las zonas de amenaza en base a la peligrosidad que se ocasionaría debido a una explosión por en el laboratorio de pruebas y su magnitud en cuanto a la expansión.

Zonas de amenaza:

- Rojo: representa el área con mayor peligrosidad y afectación.
- Naranja y Amarillo: representan un área de peligro decreciente.

De acuerdo a la onda expansiva se puede notar cual sería la afectación total de darse una detonación y que tanta sería su magnitud, es decir hasta donde alcanzaría la afectación de llegado el caso, se diera una explosión.

En la siguiente tabla se establece los valores de afectación en cuanto a la exposición que tendría una explosión en base al tamaño de los transformadores y al lugar.

Se detalla la distancia que abarcaría esta detonación.

Tabla 5

Aplicación de Software ALOHA.

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO:	PESO TOTAL	ZONA DE PELIGROSIDAD	DISTANCIA
25 MVA	80.700	Rojo:	97 yardas
		Naranja	128 yardas
		Amarillo	183 yardas
10 / 12,5 MVA	22.086	Rojo:	76 yardas
		Naranja	103 yardas
		Amarillo	158 yardas
3 MVA	4.160	Rojo:	52 yardas
		Naranja	75 yardas
		Amarillo	93 yardas

Nota. Resumen de resultados de zonas de peligro por distancia en yardas, del software ALOHA

A continuación, se presentarán las figuras resultadas obtenidos de la aplicación del software, en base a tipo de transformador usado en esta aplicación.

Aplicación del Software ALOHA. Transformador Trifásico de 25 MVA.

Figura 12

Magnitud gráfica de explosión de un transformador trifásico de 25 MVA.



Nota. Aplicación de Software ALOHA, en un Transformador de 25 MVA.

Como se visualiza en la figura, la zona de peligrosidad que abarca es en su totalidad la planta Calacalí y una parte más que sería en sus alrededores unos terrenos de siembra por otra parte en las otras zonas de peligro de decrecimiento se puede notar que seguiría afectando a los terrenos de los alrededores y una pequeña parte de un invernadero.

Aplicación del Software ALOHA. Transformador Trifásico de 10 / 12,5 MVA.

Figura 13

Magnitud gráfica de explosión de un transformador trifásico de 10 / 12,5 MVA.



Nota. Aplicación de Software ALOHA, en un Transformador de 10 / 12,5 MVA.

Se visualiza en la figura, la zona de peligrosidad que abarca casi en su totalidad la planta y una parte más un terreno en la parte derecha de la Empresa, en cuanto a las otras zonas de peligro de decrecimiento se puede notar que seguiría afectando a dos terrenos uno ubicados a los lados de la Planta.

Aplicación del Software ALOHA. Transformador Trifásico de 3 MVA.

Figura 14

Magnitud gráfica de explosión de un transformador trifásico de 3 MVA.



Nota. Aplicación de Software ALOHA, en un Transformador de 3 MVA.

En la figura se puede observar en la zona de peligrosidad que abarca casi la mitad de la planta y una mínima parte de un terreno, en cuanto a las otras zonas de peligro de decrecimiento se puede notar que seguiría afecta uno de los terrenos de alado.

Proponer un plan de prevención de riesgos

Proponer un plan de prevención de riesgos de incendios y explosiones en el laboratorio de pruebas de transformadores" se centra en desarrollar un plan integral que aborde los riesgos identificados y establezca medidas de prevención efectivas. Este plan proporcionará pautas claras y acciones concretas para reducir los riesgos de incendio y explosión en el laboratorio, protegiendo así al personal, los equipos y las instalaciones. Ver Anexo D

Definición de medidas preventivas: Se establecerán medidas específicas para prevenir la aparición de incendios y explosiones en el laboratorio. Esto puede incluir acciones como el cumplimiento de normas y regulaciones de seguridad, inspecciones regulares de equipos,

capacitación adecuada del personal, y mantenimiento preventivo de los sistemas eléctricos y de protección contra incendios.

Implementación de medidas de protección: Se propondrán acciones para proteger al personal y las instalaciones en caso de incendio o explosión. Esto puede incluir la instalación y el mantenimiento de sistemas de detección de incendios y alarmas, sistemas de supresión y extinción de incendios, rutas de evacuación claras y señalización adecuada, y la provisión de equipos de protección personal.

Desarrollo de un plan de emergencia: Debe elaborarse un plan detallado que incluya procedimientos de respuesta a incidentes, asignación de funciones y responsabilidades, puntos de reunión designados y comunicación eficaz en caso de que se produzca una situación de emergencia. Este plan debe ser informado e instruido al personal del laboratorio.

Concienciación y formación: Se desarrollará un programa de concienciación para la prevención de incendios y explosiones. Se formará al personal en la manipulación segura de equipos eléctricos, sustancias peligrosas y productos químicos, así como en la identificación de situaciones de riesgo y el uso adecuado de equipos de protección individual.

Revisión y mejora continuas: Para encontrar oportunidades de mejora, el plan de prevención de riesgos se revisará y evaluará periódicamente. Para garantizar que las medidas de prevención son eficaces y se adaptan a los cambios en el entorno del laboratorio, se realizarán auditorías periódicas y se recabará la opinión del personal.

Para el laboratorio de ensayos de transformadores, la consecución del tercer objetivo se traducirá en un plan de prevención de riesgos de incendio y explosión sólido y completo. Con el fin de mantener un entorno de trabajo seguro y productivo en el laboratorio, este plan establecerá medidas concretas y eficaces para proteger la seguridad del personal y reducir los riesgos.

Plan de prevención

Elaborar un manual de procedimientos en las pruebas de los transformadores

El objetivo de crear un manual de seguridad para ensayos de transformadores en laboratorios eléctricos es garantizar la seguridad de los trabajadores que realizan los ensayos y prevenir accidentes o incidentes. Ver Anexo E

Otros objetivos importantes son:

- Crear procedimientos de trabajo seguros para los ensayos de transformadores
- Identificar y analizar los peligros eléctricos relacionados con los ensayos de transformadores.
- Determinar las medidas preventivas apropiadas para cada peligro identificado.
- Establecer responsabilidades y funciones claras para todos los participantes en las pruebas.
- Dar al personal que realizará las pruebas la formación adecuada.
- Cumplir con las regulaciones relacionadas con la prevención de riesgos laborales.
- Establecer un sistema de monitoreo y control para asegurarse de que se sigan los procedimientos y se realicen pruebas seguras.

El manual de seguridad para ensayos de transformadores en laboratorios eléctricos debe adaptarse a las necesidades y características particulares de la empresa o laboratorio. El manual de seguridad para ensayos de transformadores en laboratorios eléctricos es una herramienta completa que proporcionará una guía precisa y fiable para realizar ensayos de transformadores de forma segura y eficaz. Este manual mejorará las prácticas de ensayo y análisis de transformadores y protegerá a los trabajadores y los equipos.

Plan de formación a los trabajadores (capacitaciones en temas relevantes)

Un plan de formación de los empleados proporciona a nuestros empleados las habilidades, conocimientos y competencias necesarios para desempeñar sus funciones con

eficacia, seguridad y eficiencia. Al contribuir al éxito de la empresa y al crecimiento personal, este plan pretende fomentar el desarrollo profesional y personal. Algunos de los principales objetivos de este plan de formación son informar a los empleados sobre los riesgos laborales asociados a su trabajo y cómo evitarlos. Ver Anexo F

- Formar a los trabajadores en el uso adecuado de los equipos de protección individual y otros dispositivos de seguridad.
- Proporcionar formación específica sobre procedimientos de trabajo seguros para cada tarea.
- Fomentar una cultura preventiva en la empresa y promover la participación activa de los trabajadores en la identificación y prevención de los riesgos laborales.
- Formar a los trabajadores en la identificación y evaluación de los riesgos laborales.
- Impartir formación en primeros auxilios y medidas de emergencia.
- Es importante que el plan de formación se adapte a las necesidades y características específicas de la empresa o laboratorio.

Además, se recomienda que los empleados reciban formación continua y actualizaciones periódicas para garantizar que están al día de los riesgos laborales y las medidas preventivas. Nuestro objetivo es mejorar las competencias, la seguridad y la eficacia de nuestros empleados mediante una formación de alta calidad y centrada en las necesidades. Al mismo tiempo, promovemos una cultura de aprendizaje continuo y crecimiento profesional.

Plan de Emergencia

El Laboratorio de Ensayos de Transformadores cuenta con un plan de emergencia para proteger a los empleados, proteger los activos y garantizar la continuidad de las operaciones en caso de emergencia. Dado que un laboratorio eléctrico puede enfrentarse a peligros relacionados con la electricidad, los productos químicos y los equipos especializados, es

fundamental contar con un plan detallado para prevenir, prepararse y responder a las emergencias. Algunos de los objetivos son: Ver anexo G

- Para proteger la vida y el bienestar de los empleados.
- Establecer procedimientos claros y detallados sobre cómo actuar en caso de emergencia.
- Definir las responsabilidades y funciones de cada persona implicada en el plan de emergencia.
- Proporcionar formación adecuada al personal sobre los procedimientos de emergencia y la identificación de peligros.
- Establecer un sistema de comunicación eficaz para informar a todo el personal sobre las emergencias y coordinar las acciones necesarias.
- Mantenimiento regular de los equipos de seguridad y pruebas periódicas del plan de emergencia para garantizar su eficacia.

En resumen, mediante el establecimiento de estrategias de prevención, preparación, respuesta y recuperación específicas para las operaciones de laboratorio, la organización puede reducir los riesgos y disminuir los efectos negativos de las emergencias, garantizando al mismo tiempo la continuidad de las operaciones de ensayo de transformadores. El plan debe revisarse y actualizarse periódicamente para garantizar que se adapta a los cambios de la organización y su entorno.

Análisis Costo Beneficio

En un laboratorio de ensayos de transformadores, la aplicación de medidas de prevención de incendios puede tener costes importantes, pero los beneficios en términos de reducción de riesgos de incendio y daños materiales son significativos. Además, la formación del personal y el mantenimiento preventivo pueden reducir los costes de reparación y sustitución de los equipos dañados y mejorar la capacidad de respuesta en caso de

emergencia. Además, es importante tener en cuenta la reducción de la productividad y los gastos asociados a los seguros contra incendios en el análisis coste-beneficio.

Tabla 6

Análisis costo-beneficio

Nota. Resumen de resultados del análisis costo-beneficio

Concepto	Costo	Beneficio	Neto de Beneficios
Equipamiento contra incendios (extintores)	\$100	Reducción de daños materiales y equipo de \$200,000	\$200,000
Formación en seguridad contra incendios para el personal	\$630	Prevención de lesiones y posibles muertes	Beneficio intangible
Mejoras en instalaciones eléctricas	\$3.000	Reducción del riesgo de incendios eléctricos	Beneficio intangible
Evacuación y entrenamiento en respuesta a incendios	\$500	Rápida evacuación y respuesta efectiva	Beneficio intangible
Plan de Evacuación y Respuesta a Emergencias	\$1,500	Evacuación segura y rápida en caso de incendio. Minimiza riesgo de lesiones.	Beneficio intangible
Total Costos	\$4.232	-	
Total Beneficios	-	-	200000
Neto de Beneficios	\$195.769		

Nota. Realización de cuadro de análisis costo – beneficio.

Los gastos directos e indirectos que pueden surgir como resultado de un incendio en un laboratorio de ensayos de transformadores incluyen:

Costos inmediatos:

- Costos de limpieza y restauración del laboratorio. • Costos de reparación y sustitución de equipos y bienes dañados.

- Los costos de atención médica para los empleados heridos.

- Los costos asociados con la extinción de incendios, incluido el uso de extintores y otros dispositivos de extinción

Costos indirectos:

- Pérdida de productividad como resultado de interrupciones de operaciones

- Costos relacionados con la disminución de la producción y los ingresos.

- Los gastos asociados con el seguro contra incendios.

- El impacto negativo en la reputación y las relaciones públicas.

Los beneficios incluyen una reducción de los daños materiales en caso de incendio, una mejor preparación y seguridad del personal, un menor número de interrupciones de las operaciones debidas a incendios, una reducción del riesgo global de daños, el cumplimiento de la normativa y un aumento de la confianza del cliente.

Se puede calcular el beneficio neto restando los costes totales de los beneficios totales, lo que da como resultado un beneficio neto de \$195.769.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se identificó los peligros en el laboratorio de ensayos mediante un análisis exhaustivo de las instalaciones y los procedimientos de ensayo, se han identificado los siguientes riesgos: mecánico 29%, físico, 23%, químicos 11%, biológicos 11% y ergonómico en 11%. Estos resultados subrayan la importancia de aplicar medidas de seguridad estrictas y la necesidad de una formación continua del personal de laboratorio.

Se evaluó los riesgos de incendio y explosión en las pruebas eléctricas mediante el método NFPA y el software ALOHA lo que ha proporcionado información relevante sobre escenarios peligrosos. La aplicación de la metodología NFPA permitió conocer los factores de riesgos como la carga eléctrica, la presencia de sustancias inflamables, lo que arrojó un resultado de 82,50 kg/m², que nos da un riesgo alto. Mientras que el uso del software ALOHA nos permitió simular posibles escenarios y calcular la dispersión de sustancias químicas en caso de explosión con los siguientes resultados: con un transformador de 25 MVA el rango de peligrosidad es de 86 metros, la zona de riesgo decreciente es de 167 metros. Con estas evaluaciones se debe contar con información sobre medidas de respuesta y mitigación de emergencias.

Para garantizar la seguridad, la eficacia y la respuesta efectiva ante situaciones imprevistas en un entorno industrial o energético, es necesario crear un plan de prevención de riesgos, un manual de procedimientos de ensayo de transformadores y un plan de emergencia. Estos componentes forman un enfoque integral que aborda la prevención y preparación ante incidentes.

Recomendaciones

Se recomienda realizar una evaluación periódica de riesgos y peligros con un equipo multidisciplinario expertos en seguridad, personal de laboratorio y profesionales de la salud laboral para identificar de forma exhaustiva las posibles fuentes de peligro. Esta evaluación debe incluir inspecciones periódicas para garantizar que se abordan los posibles peligros actuales y emergentes.

En este contexto se sugiere que el laboratorio tenga barreras divisorias, sistema de incendios automáticos, detectores de humos y calor para detectar emergencia para garantizar una respuesta eficaz.

Se implementará un sistema de retroalimentación del plan de prevención de riesgos. Se establecerá un mecanismo para recoger comentarios y sugerencias del personal sobre la eficacia del plan. Organizar reuniones para realizar ajustes en función de los comentarios recibidos y de los cambios en las operaciones del laboratorio.

Bibliografía

Acuerdo Ministerial 13. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/AM-13.-Reglamento-De-Riesgos-De-Trabajo-En-Instalaciones-Electricas.pdf?x42051>

Acuerdo Ministerial 1257. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de <https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2019-11/REGLAMENTO%20DE%20PREVENCIÓN%2C%20MITIGACIÓN%20Y%20PROTECCI%C3%93N%20CONTRA%20INCENDIOS.pdf>

Ángel, C. H., Miguel, Miguel, G. E., Luis, & Jorge, N. A. (2012). *Instalaciones eléctricas básicas*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Angel, C. S. (s. f.). *Disrupción De La Red Eléctrica*.

Brihuega, D. A. (s. f.-a). *Electricidad Básica*. Grupo Editorial RA-MA.

Brihuega, D. A. (s. f.-b). *Electricidad Básica*. Grupo Editorial RA-MA.

CAN 2005. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de <https://www.cip.org.ec/attachments/article/112/ReglamentoI-Instrumento-Andino-de-Seguridad-y-Salud-en-el-Trabajo.pdf>

Catalogo.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <https://www.elinstaladorelectricista.es/img/cms/PDFs/Megger/Catalogo.pdf>

Cervera, C. G.-C., Gómez-Ferrer, J. M. J., & Jiménez, R. T. (2021). *Regulación del sistema eléctrico*. Aranzadi / Civitas.

Código de Trabajo 2012. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/11/C%C3%B3digo-de-Tabajo-PDF.pdf>

Conceptos_energia.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de agosto de 2023, de https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/conceptos_energia.pdf

Decisiòn 584.pdf. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de <https://oiss.org/wp-content/uploads/2018/12/decision584.pdf>

Decreto Ejecutivo 2393. (s. f.).

Dehbonei, H. (2016). Earthing – substation fire and station transformer customers supply transfer voltage issue. *2016 Down to Earth Conference (DTEC)*, 1-7. <https://doi.org/10.1109/DTEC.2016.7731286>

Ecuador 2008. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf

El transformador y el incendio.pdf. (s. f.).

El-Harbawi, M., & Al-Mubaddel, F. (2020). Risk of Fire and Explosion in Electrical Substations Due to the Formation of Flammable Mixtures. *Scientific Reports*, *10*(1), 6295. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63354-4>

Energía, trabajo y potencia.pdf. (s. f.). Recuperado 11 de agosto de 2023, de <https://www.uv.es/jmarques/documentos/Energ%C3%ADa,%20trabajo%20y%20potencia.pdf>

Ensayos y Calibraciones.pdf. (s. f.).

Evaluación Del Riesgo De Incendio De Un Transformador. (s. f.). Recuperado 14 de agosto de 2023, de https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/9061/PFC_Valentin_Martin_Suarez.pdf?isAllowed=y&sequence=1

Explosiones de transformadores. (s. f.). Recuperado 14 de agosto de 2023, de <https://sergi-tp.com/es/transformadores/item/102-consecuencias-de-las-explosiones-de-transformadores>

Falcón, P. C. G., & Jiménez, P. R. (2021). *Prevención y control de incendios*. Alpha Editorial.

Farina, A. L. (s. f.). *Riesgo eléctrico*. Tecnibook Ediciones.

Fernández, M. J. G. (2015). *MF1161_3—Electrotécnia para instalaciones térmicas*. Editorial Elearning, S.L.

Folch, R. (s. f.). *Departamento de Ingeniería Eléctrica*.

Gibraltar, R., & Amaro, S. (s. f.). *MEGABRAS IND. ELETRÔNICA LTDA*.

Guia docente Fuentes de alimentacion reguladas.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de https://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/12574/mod_resource/content/1/Guia%20docente%20Fuentes%20de%20alimentacion%20reguladas.pdf

Gutiérrez Chávez, B. A., & Montes de Oca-Ramírez, G. (2021). Determinación de fallas en transformadores de potencia inmersos en aceite mineral aislante basándose exclusivamente en el DGA y mediante la evaluación del NEI. *REVISTA DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS*, 4(3), 208-223. <https://doi.org/10.37636/recit.v43208223>

Helms, B. (s. f.). *Proceso de Prevención en La Explosión*.

IESS_Normativa.pdf. (s. f.). Recuperado 8 de agosto de 2023, de https://sart.iess.gob.ec/DSGRT/norma_interactiva/IESS_Normativa.pdf

Jesús, T. M. (2013). *Desarrollo de redes eléctricas y centros de transformación*. Ediciones Paraninfo, S.A.

José, F. M. (2011). *Teoría de circuitos. Teoría y problemas resueltos*. Ediciones Paraninfo, S.A.

José, G. T. (2020). *Instalaciones eléctricas en media y baja tensión 8.ª edición 2020*. Ediciones Paraninfo, S.A.

José María S. - *Seguridad industrial en plantas químicas y energéticas _ fundamentos, evaluación de riesgos y diseño*. (2010)c.pdf. (s. f.).

Luis, B. A., José, Rodolfo, D. L., Daniel, M. P., & María, Y. L., José. (2012). *Trabajos y maniobras en alta tensión*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Manual Practico ALOHA | Catehe Tienda. (s. f.). Recuperado 9 de agosto de 2023, de <https://catehe.com.mx/tienda/producto/manual-practico-aloha/>

Medición de la Resistencia de Aislación 2019. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/maquinasyaccionamientos/subir/1.Teoria_apuntes_de_catedra/mae_2019_apunte_catedra3_resistencia_de_aislacion.pdf

Modelo-Plan-Mínimo-Prevencion-de-Riesgos.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/Modelo-Plan-M%C3%ADnimo-Prevencion-de-Riesgos.pdf>

Multimetro.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de <https://www.famaf.unc.edu.ar/~anoardo/Multimetro.pdf>

Naturaleza del Fuego. (s. f.). Recuperado 11 de agosto de 2023, de <https://www.cej.es/portal/asesoramientopr/pdf/p4.pdf>

Patricia, A. R. G., Gladys. (2012). *Conceptos básicos de electricidad y magnetismo*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Pinto-Salamanca, C. E., & Castro-Galeano, J. C. (2017). Prueba de rigidez dieléctrica a elementos de protección para trabajos con tensión TCT. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 17(2), 83-92. <https://doi.org/10.19053/1900771X.v17.n2.2017.7189>

Pozueta, M. A. R. (s. f.). *Máquinas Eléctricas II. Tema 1. Transformadores*.

Protección de Transformadores. (s. f.). Recuperado 13 de agosto de 2023, de <https://tasc.es/wp-content/uploads/2018/01/GA-108-Protección-Transformadores-Y-Máquinas-Eléctricas.pdf>

Resistencia eléctrica. (s. f.).

Riesgo en Transformadores—Español. (s. f.). Recuperado 18 de abril de 2023, de <https://www.transproco.com/es/riesgo-en-transformadores>

Riesgo_en_transformadores.pdf. (s. f.). Recuperado 13 de agosto de 2023, de https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/4_riesgo_en_transformadores.pdf

Riesgos en Transformadores de Potencia. (s. f.). Recuperado 18 de abril de 2023, de https://www.lea-global.com/uploads/circulares/2015/09/4_riesgo_en_transformadores.pdf

Ríos, M. G. (2010). *Riesgos Ambientales En La Industria.* Editorial UNED.

Robledo, F. H. (2014a). *Riesgos eléctricos y mecánicos.* Ecoe Ediciones.

Robledo, F. H. (2014b). *Riesgos eléctricos y mecánicos.* Ecoe Ediciones.

Seguridad en transformadores de distribución. (s. f.). Recuperado 13 de agosto de 2023, de <https://richardcoleon.files.wordpress.com/2011/12/paper-seminario-seguridad-de-transformadores.pdf>

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). (2003). United Nations Publications.

Sobretensiones de origen atmosférico. (s. f.). Recuperado 18 de abril de 2023, de https://www.mat.ucm.es/~aelices/publications/Elices_1999_Estudio_sobretensiones_origen_atmosferico_transferidas_baja_tension_transformadores_poste.pdf

Standards_guide_ESP.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de https://www.nvfc.org/wp-content/uploads/2015/09/Standards_guide_ESP.pdf

TestLeads_5kV-10kV_DS_US_ES_V04.pdf. (s. f.). Recuperado 1 de agosto de 2023, de https://portalvhds963slh4m3fqg2.blob.core.windows.net/megger-products/TestLeads_5kV-10kV_DS_US_ES_V04.pdf

Transformadores_INTECAP.pdf. (s. f.).

Utrillas, C. (s. f.). *Sistemas de Medida y Regulación.* Grupo Editorial RA-MA.

Villalba, F. (s. f.). *Consecuencias de las explosiones de transformadores*. Recuperado 14 de agosto de 2023, de <https://sergi-tp.com/es/transformadores/item/102-consecuencias-de-las-explosiones-de-transformadores>

Anexos