



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica

Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica

**Análisis y ventaja del uso de aceite vegetal en la
fabricación de un transformador de potencia de 15mva
para la mina Quellaveco**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista

AUTOR

Wilfredo Alexander BUSTAMANTE FLORES

ASESOR

Mg. Alfredo ROCHA JARA

Lima, Perú

2023



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Bustamante, W. (2023). *Análisis y ventaja del uso de aceite vegetal en la fabricación de un transformador de potencia de 15mva para la mina Quellaveco*. [Trabajo de suficiencia profesional de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, Escuela Profesional de Ingeniería Eléctrica]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Wilfredo Alexander Bustamante Flores
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47176601
URL de ORCID	No Aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Alfredo Rocha Jara
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08645523
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0006-9684
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Teresa Nuñez Zuñiga
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08006778
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Nicanor Raúl Benites Saravia
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10189914
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Edy Roman Ccorahua
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06767696
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.2.2 Tecnologías para mitigar los impactos ambientales de las actividades industriales
Grupo de investigación	No Aplica
Agencia de financiamiento	No Aplica

Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Minera Quellaveco País: Perú Departamento: Moquegua Provincia: Mariscal Nieto Distrito: Torata Latitud: -17.1044 Longitud: -70.6236
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2017 - 2018
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería eléctrica, Ingeniería Electrónica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.01 Sistemas de automatización, Sistemas de control https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03 Ingeniería de materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
Teléfono 619-7000 Anexo 4226
Calle Germán Amezaga 375 – Lima 1 – Perú



UNMSM

Firmado digitalmente por ROMAN
CCORAHUA Edy Alberto FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.02.2023 17:51:11 -05:00



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL Nº 046/FIEE-EPIE/2023

Los suscritos Miembros del Jurado, nombrados por la Comisión Ejecutiva del Programa de Perfeccionamiento Profesional de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica, reunidos en la fecha, bajo La Presidencia de la **Dra. TERESA ESTHER NUÑEZ ZUÑIGA**, integrado por el **Dr. NICANOR RAUL BENITES SARAVIDA**, el **Mg. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA** y como Miembro Asesor el **Mg. ALFREDO ROCHA JARA**.

Después de escuchar la Sustentación de Trabajo de Suficiencia Profesional del **Bach. WILFREDO ALEXANDER BUSTAMANTE FLORES** con código Nº **11190216** que para optar el Título Profesional de Ingeniero Electricista sustentó el Trabajo de Suficiencia Profesional titulado **ANÁLISIS Y VENTAJA DEL USO DE ACEITE VEGETAL EN LA FABRICACIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 15MVA PARA LA MINA QUELLAVECO**.

El jurado examinador procedió a formular las preguntas reglamentarias y, luego de una deliberación en privado, decidió aprobar otorgándole el calificativo de quince (15).

Ciudad Universitaria, 24 de enero de 2023

Dra. TERESA ESTHER NUÑEZ ZUÑIGA

Presidente de Jurado

Mg. EDY ALBERTO ROMAN CCORAHUA

Miembro Jurado

Dr. NICANOR RAUL BENITES SARAVIDA

Miembro de Jurado

Mg. ALFREDO ROCHA JARA

Miembro Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Facultad de Ingeniería Electrónica y Eléctrica.
2. Escuela Profesional de Ingeniería de Eléctrica.
3. Emisor del Informe el director de la Escuela Profesional de Ingeniería de Electrónica.
4. Operador del programa informático de similitudes: Rejis Renato Paredes Peñafiel.
5. Documento evaluado: Trabajo de Suficiencia Profesional para título de (pregrado) ANALISIS Y VENTAJA DEL USO DE ACEITE VEGETAL EN LA FABRICACIÓN DE UN TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 15MVA PARA LA MINA QUELLAVECO.
6. Auto de la tesis: Bustamante Flores Wilfredo
Fecha de aplicación de recepción del documento: 30-11-2022
7. Fecha de aplicación del programa informático de similitudes: 30-11-2022
8. Software utilizado: Turnitin.
9. Configuración del programa detector de similitudes:
 - Excluye citas.
 - Excluye bibliografía.
 - Excluye cadenas menores de 40 palabras
10. Porcentaje de similitudes según programa detector: Siete por ciento – 7%
11. Fuentes originales de las similitudes encontradas.

1. hdl.handle.net	2% Fuente de Internet
2. idoc.pub	1% Fuente de Internet
3. docplayer.es	1% Fuente de Internet
4. ri.ues.edu.sv	1% Fuente de Internet
5. guzlop-editoras.com	1% Fuente de Internet
6. slideplayer.es	1% Fuente de Internet
7. www.biblioteca.usac.edu.gt	<1% Fuente de Internet
12. Observaciones: Ninguna
13. Calificación de originalidad
 - Documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones.
14. Fecha del informe: 22 de febrero del 2023.

Atentamente,

MG. PAREDES PEÑAFIEL, REJIS RENATO DIRECTOR DE LA EPIE

Dedicatoria

A mis padres Marina Flores y Wilfredo Bustamante, por la confianza y enseñanza que me convirtieron en quien soy hoy en día.

A mi hermana por su eterna preocupación y a mi compañera de vida por su apoyo.

RESUMEN

En la actualidad las empresas energéticas buscan desarrollar un futuro sostenible y libre de contaminación ya sea en cualquier proceso del ciclo energético estas buscan o emplean nuevas tecnologías para reducir el impacto que estas generan de manera negativa al medio ambiente y posibles pérdidas económicas innecesarias. En el sector minero, uno de los principales equipos y activos más importantes es el transformador.

La mina Quellaveco se encuentra en proceso de construcción y requieren de transformadores de potencia de diferentes potencias que le brinden confiabilidad en su producción y que no afecte al medio ambiente.

La gran mayoría de los equipos de nuestro territorio peruano emplea aceite mineral ocasionando impactos negativos tanto ambientales como económicos, por esta razón una de las soluciones es sustituir ese fluido por el aceite vegetal.

El tema del presente trabajo consiste en analizar las ventajas técnicas - económicas y medio ambientales del uso del fluido a base de ésteres naturales, conocidos también como aceite vegetal en la fabricación de un equipo de potencia de 15MVA para la mina Quellaveco.

Las principales características del aceite vegetal es un fluido de clase k, biodegradable y un recurso renovable, asegurando aspectos como seguridad contra incendios, confiabilidad en la instalación, desempeño técnico y capacidad de sobrecarga.

Palabras clave: Transformadores, aceite vegetal, futuro sostenible, técnico-económico, renovable.

ABSTRACT

Currently, energy companies seek to develop a sustainable and pollution-free future, whether in any process of the energy cycle, they seek or use new technologies to reduce the negative impact they generate on the environment and possible unnecessary economic losses. In the mining sector, one of the most important equipment and assets is the transformer.

The Quellaveco mine is under construction and requires power transformers of different powers that provide reliability in its production and that do not affect the environment.

the vast majority of the equipment in our Peruvian territory uses mineral oil, causing negative environmental and economic impacts, for this reason one of the solutions is to replace that fluid for vegetable oil.

The subject of this paper is to analyze the technical, economic and environmental advantages of using a fluid based on natural esters, also known as vegetable oil, in the manufacture of 15MVA power equipment for the Quellaveco mine.

The main characteristics of vegetable oil is a class K fluid, biodegradable and a renewable resource, ensuring aspects such as fire safety, installation reliability, technical performance and overload capacity.

Keywords: Transformers, vegetable oil, sustainable future, technical-economic, renewable.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
CAPÍTULO I INTRODUCCION	1
CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD	3
2.1 Institución donde se desarrolló la actividad	3
2.2 Periodo de duración de la actividad	3
2.3 Finalidad y objetivos de la entidad.....	3
2.4 Razón Social.....	3
2.5 Dirección Postal	4
2.6 Correo electrónico del profesional a cargo.....	4
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
3.1 Organización de la Actividad	5
3.2 Finalidad y objetivos de la actividad.....	5
3.2.1 Finalidad	5
3.2.2 Objetivos.....	5
3.3 Problemática.....	6
3.3.1 Fallas en los transformadores de potencia al usar aceite mineral.....	6
3.3.2 Problema general	9
3.3.3 Problema específicos.....	9
3.3.4 Justificación e Importancia de la Investigación	10
3.4 Metodología	11
3.4.1 Bases teóricas.....	11
3.4.2 Marco conceptual.....	12
3.4.2.1 Sistema eléctrico de potencia.....	12
3.4.2.2 Transformador eléctrico.	13

3.4.2.3	<i>Sistema de aislamiento en transformadores de potencia</i>	15
3.4.2.4	<i>Evolución del aceite vegetal</i>	24
3.4.2.5	<i>Impacto ambiental del aceite vegetal</i>	25
3.4.2.6	<i>Aumento de la vida del papel aislante al usar aceite vegetal</i>	27
3.4.2.7	<i>Disminución de riesgos de incendio</i>	32
3.4.2.8	<i>Disminución de los costos asociados a la instalación y montaje del transformador</i>	36
3.5	PROCEDIMIENTO	42
3.5.1	<i>Procedimiento esquematizado del proceso de fabricación de un transformador de potencia</i>	42
3.5.1.1	<i>Flujograma comercial</i>	43
3.5.1.2	<i>Flujograma de ingeniería</i>	44
3.5.1.3	<i>Flujograma de pruebas de transformadores</i>	44
3.5.2	<i>Compatibilidad de material con el aceite vegetal</i>	45
3.5.3	<i>Cronograma de fabricación</i>	46
3.5.4	<i>Procedimiento de secado y envasado con aceite vegetal</i>	46
3.5.5	<i>Criterios de aceptación del aceite en transformadores nuevos</i>	49
3.5.6	<i>Resultado de la implementación al usar aceite vegetal</i>	50
CAPÍTULO IV		52
CONCLUSIONES		52
4.1	Justificación e importancia del trabajo	52
4.1.1	<i>Evaluación económica</i>	52
4.2	Conclusiones	53
CAPÍTULO V		55
RECOMENDACIONES		55
CAPÍTULO VI		56
BIBLIOGRAFÍA		56
CAPÍTULO VII ANEXOS		58
ANEXO 1: ANALISIS FISICO QUIMICO DE ACEITE VEGETAL		58
ANEXO 2: ANALISIS CROMATOGRÁFICO DE ACEITE VEGETAL		59
ANEXO 3: CERTIFICADO DE ANALISIS DE PROVEEDOR CARGILL		60
ANEXO 4: HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE ACEITE VEGETAL		61
ANEXO 5: CERTIFICADO DEL USO DE ACEITE DIELECTRICO EN TRANSFORMADORES		71

ANEXO 6: CERTIFICADO APROBADO POR FM.....	72
ANEXO 7: CERTIFICADO APROBADO UL	74
ANEXO 7: CERTIFICADO ISO 18001:2007 RHONA.....	76
ANEXO 8: CERTIFICADO DE PRUEBAS ELECTRICAS AL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 15MVA.....	77
ANEXO 9: DETALLE DE PRUEBAS ELECTRICAS	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mina Quellaveco. Extraído de: https://peru.angloamerican.com/es-es/medios/un-vistazo-a-quellaveco	2
Figura 2 Distribución gráfica de fallas en transformadores de potencia. Bartley, 2003	8
Figura 3 Distribución de fallas en Transformadores de Potencia. Fuente: S. Tenbohlen, 2014.....	9
Figura 4.Sistema eléctrico de potencia, Fuente McGraw-Hill, 1993	13
Figura 5.Transformador de distribución, Extraído de: https://rhona.cl/seccion/32/distribucion.html	14
Figura 6.Partes de un transformador de potencia, Fuente: Propia	15
Figura 7. Celulosa de transformador de potencia, extraída: http://www.britransformadores.com/2018/04/03/evaluacion-de-las-condiciones-internas-de-los-transformadores-y-su-tiempo-de-vida-remanente/	17
Figura 8. Causas del envejecimiento del papel aislante, Fuente: Evaluación térmica de los transformadores de potencia, 2014.....	18
Figura 9. Variación del punto de combustión e inflamación del aceite vegetal y aceite mineral, Fuente: Guía de almacenamiento, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores en aceite vegetal, 2017.	20
Figura 10. Saturación de humedad versus temperatura para el aceite mineral y el fluido FR3, Fuente: Guía de almacenamiento, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores en aceite vegetal, 2017.	22
Figura 11. Evolución del fluido FR3 Cargill, Fuente: Aplicación de aceite vegetal FR3 en transformadores, 2019.....	24
Figura 12. Biodegradación acuática aerobia, Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.....	25

Figura 13. Diferencia de remediación del aceite mineral y aceite vegetal Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.	27
Figura 14. Envejecimiento acelerado, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	28
Figura 15. Humedad de aceite mineral vs aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	29
Figura 16. Comportamiento linear de la rigidez dieléctrica y la cantidad de humedad, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	30
Figura 17. Secado de papel de aceite mineral y aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	30
Figura 18. Deterioro del papel, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	31
Figura 19. Deterioro del papel, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	31
Figura 20. Tubería en acero carbono después de 2000h a 170°C, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	32
Figura 21. Incendio de un transformador de potencia en aceite mineral, Subestación Oroya, 2010 Nueva Fuente: COES informe de perturbaciones del SEIN	33
Figura 22. Punto de inflamabilidad y combustión de los aceites, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	34
Figura 23. Puntos de inflamación e ignición dependiendo de la pureza del aceite vegetal, Fuente: Guia de almacenamiento y manipulación FR3 Cargill- Agosto 2020.Pdf.	34
Figura 24. Prueba de ignición e inflamabilidad a aceite mineral, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	35
Figura 25. Prueba de ignición e inflamabilidad a aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	35
Figura 26. Antes y después de la falla del Transformador de potencia Brasil 2002 , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	36

Figura 27. Después de la falla del Transformador de potencia en aceite vegetal, Sudafrica 2006 , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	36
Figura 28. Comparativa de distancias mínima de seguridad al usar aceite vegetal , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	38
Figura 29. Esquema de instalación de un transformador de potencia en aceite mineral, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	38
Figura 30. Esquema de instalación de un transformador de potencia en aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	39
Figura 31. Sistema de contención típico para aceite mineral , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.....	39
Figura 32. Sumidero simplificado para aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf	40
Figura 33. Sellado con aire o nitrógeno, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	41
Figura 34. Sellado con bolsa o diafragma, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en41	
Figura 35. Herméticamente sellado, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	42
Figura 36. Flujograma comercial parte 1de 2, Fuente: Propia.....	43
Figura 37. Flujograma comercial parte 2 de 2, Fuente: Propia.....	43
Figura 38. Flujograma de ingeniería, Fuente: Propia.....	44
Figura 39. Flujograma de pruebas de transformadores, Fuente: Propia	44
Figura 40. Proceso de vacío y envasado a transformador de potencia 15MVA, Fuente: propia	48
Figura 41. Esquema de llenado de un transformador de potencia, Fuente: Propia....	49
Figura 42. Pruebas eléctricas, Fuente: propia	49
Figura 43. Liberación del equipo para despacho Fuente: propia	51
Figura 44. Instalación en terreno de transformadores de potencia en aceite vegetal Fuente: propia	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Pérdidas económicas por tipo de aplicación. Fuente: Bartley, 2003	7
Tabla 2 Categoría de fallas en transformadores de potencia. Tabla tomada y modificado de Bartley 2003	7
Tabla 3 Normas aceite vegetal, Fuente: Aplicación aceite vegetal en transformadores, cargill 2019.	23
Tabla 4 Atributos ambientales del aceite vegetal, Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.....	26
Tabla 5 Fin de vida del papel aislante del transformador (horas), Fuente: Aplicación de aceite vegetal FR3 en transformadores, 2019.	28
Tabla 6 Parámetros de alta temperatura en transformadores según IEEE C57.154, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	32
Tabla 7 Distancia mínima de seguridad entre transformadore sal usar aceite mineral y vegetal, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	37
Tabla 8 materiales probados y aprobados para uso en contacto con aceite vegetal, fuente: instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores inmersos en fluido FR3, 2017, Carguill	45
Tabla 9 Cronograma de fabricación, Fuente: Propia	46
Tabla 10 Tiempos de secado para un transformador, Fuente: Propia	47
Tabla 11 Valores de aceptación del aceite mineral, Fuente: Propia	50
Tabla 12 Valores de aceptación del aceite vegetal, Fuente: Propia	50
Tabla 13 Valores de aceptación del aceite silicona, Fuente: Propia	50
Tabla 14 Análisis de costos al usar aceite mineral a un transformador de potencia, Fuente: propia	52
Tabla 15 Análisis de costos al usar aceite vegetal a un transformador de potencia, Fuente: propia	53

Tabla 16 Diferencia de las propiedades del aceite, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.	54
--	----

CAPÍTULO I INTRODUCCION

La construcción de la mina Quellaveco conlleva a la exigencia de emplear la mejor tecnología y un desarrollo sostenible con el fin de generar una producción estable y confiable sin que perjudique a la población. EL transformador es uno de los principales equipos en una subestación para la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

A través de los años, los transformadores han pasado por varios diseños en su fabricación con el fin de obtener un equipo más competitivo a nivel técnico y económico, uno de los principales componentes es el fluido dentro del transformador, se empezó a usar aceite derivado de petróleo (aceite mineral) quien ha sido el elemento más utilizado como medio aislante y refrigerante en los transformadores eléctricos. El aceite dieléctrico ayuda a reducir el calor generado por la operación, así como ayuda al aislamiento de los elementos internos del transformador. Debido a las exigencias y mejoramiento tecnológico y buen uso de recursos naturales, no es aprobado como un equipo ecológico.

Se desarrollaron otros tipos de aceite como la silicona, permitiendo tener grandes beneficios como superar el punto de combustión y de inflamabilidad, pero estos seguían siendo no ecológicos con el medio ambiente. En 1990 se empezó a desarrollar derivados de semillas como girasol, colza, soja entre otros, obteniendo resultados positivos a nivel técnico y medio ambientales a diferencia del aceite mineral y sintético.

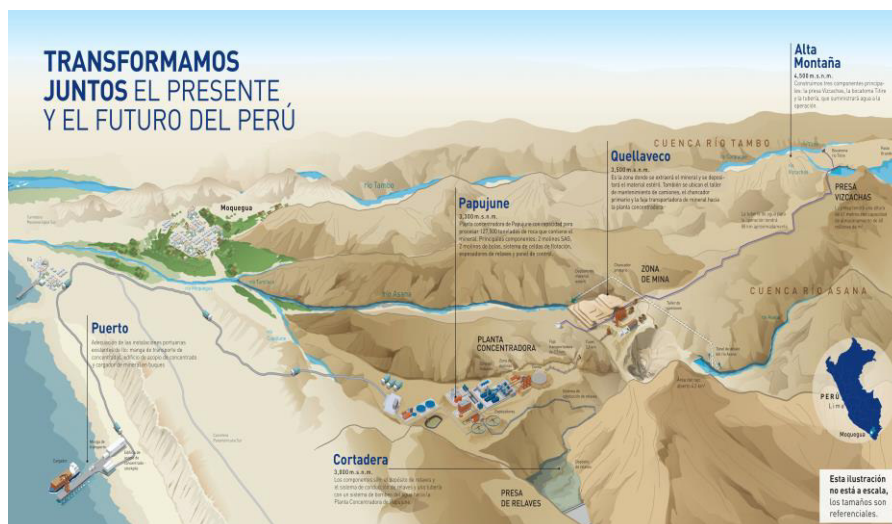


Figura 1 Mina Quellaveco. Extraído de: <https://peru.angloamerican.com/es-es/medios/un-vistazo-a-quellaveco>.

CAPÍTULO II INFORMACIÓN DEL LUGAR DONDE SE DESARROLLÓ LA ACTIVIDAD

2.1 Institución donde se desarrolló la actividad

Las actividades desarrolladas en el presente trabajo se ejecutaron en la empresa de fabricación de transformadores Rhona S.A.

2.2 Periodo de duración de la actividad

La fabricación del transformador que se toca en el presente trabajo se desarrolló durante los años 2017 y 2018.

2.3 Finalidad y objetivos de la entidad

La entidad tiene como finalidad entregar productos de buena calidad, rigiéndose bajo las normativas actuales, actualizándose a nuevas tecnologías y apoyando al medio ambiente con nuevos recursos que no afecte a la ecología, cuenta con un entusiasta grupo de profesionales y trabajadores capacitados y comprometidos, que constantemente buscan mejorar, para entregar un servicio de calidad a los clientes. Su objetivo es ser referente y líder a nivel global que le da a sus clientes, equipos de calidad a través de innovación y mejoramiento constante.

2.4 Razón Social

RHONA PERU S.A.C.

2.5 Dirección Postal

Av. Argentina 2201, Cercado de Lima, Lima.

2.6 Correo electrónico del profesional a cargo

Claudio Silva: Claudio.silva@rhona.pe

CAPÍTULO III

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

3.1 Organización de la Actividad

La organización implementa esta solución y el profesional a cargo durante este desarrollo es Claudio Silva, se analizó la aplicación de este nuevo fluido y se observó las realidades actuales nacionales e internacionales.

3.2 Finalidad y objetivos de la actividad

3.2.1 Finalidad

Implementar el uso de aceite vegetal en todos los transformadores de potencia, mejorando la vida útil del equipo, no afectando el medio ambiente y beneficiando económicamente al cliente.

3.2.2 Objetivos

a) Objetivo General

Analizar el uso del aceite vegetal en la fabricación de un transformador de potencia.

b) Objetivos Específicos

1. Reducir el impacto ambiental a la ecología al usar aceite vegetal.
2. Incrementar la vida útil del equipo al usar aceite vegetal
3. Disminuir los riesgos de incendio por una falla externa o interna al transformador.

4. Disminuir los costos asociados a la instalación y montaje del transformador.

3.3 Problemática

3.3.1 Fallas en los transformadores de potencia al usar aceite mineral

Los transformadores es uno de los elementos principales de la energía que determina en gran medida la confiabilidad del suministro eléctrico. La detección de las fallas es crucial ya que proporciona un patrón de preparación, reduce las interrupciones y los costos de reparación, así como prolonga la vida útil del transformador.

El análisis de las estadísticas de fallas es de gran relevancia en la vida útil de un transformador de potencia, el proceso de degradación de un transformador debido a fallas conceptuales y fallas aleatorias causan serios daños durante el paso de los años, la vida útil de un transformador de potencia es alrededor de 30 años en condiciones óptimas dependiendo del fabricante, por lo tanto, una falla de un transformador de potencia son gastos en el futuro para recuperar.

Los transformadores son activos de alto costo de capital y un largo tiempo de fabricación y entrega, es necesario tener una base de datos históricos de fallas en transformadores en la cual se pueda tener un control cabe mencionar que esto no sería aplicable para un transformador de potencia que presente fallas por desgaste y/o envejecimiento.

William H. Bartley (2003) elaboró un análisis de falla de transformadores de potencia. En el alcance de su investigación abarco transformadores de potencia de 25 MVA y superiores durante el periodo de 1997 hasta el 2001. La información requerida comprendía el año de falla, potencia en MVA, edad, aplicación en el sector eléctrico (generación, transmisión, distribución, industrias), causa de la falla, daños a la propiedad, interrupción de la producción.

Tabla 1 Pérdidas económicas por tipo de aplicación. Fuente: Bartley, 2003

Year	Generator Step Up		Industrial		Utility Substations		unknown		Annual Totals	
1997	\$ 29,201,329	3	\$ 2,239,393	4	\$ 5,243,075	11	\$ 4,095,710	1	\$ 40,779,507	19
1998	\$ 15,800,148	8	\$ 3,995,229	6	\$ 5,136,858	11			\$ 24,932,235	25
1999	\$ 3,031,433	4	\$ 24,922,958	4	\$ 6,116,535	6	\$ 3,320,665	1	\$ 37,391,591	15
2000	\$ 123,417,788	10	\$ 24,724,182	4	\$ 2,039,810	6			\$ 150,181,779	20
2001	\$ 32,082,501	11			\$ 1,261,199	4			\$ 33,343,700	15
Totals	\$ 203,533,199	36	\$ 55,881,762	18	\$ 19,797,476	38	\$ 7,416,375	2	\$ 286,628,811	94

En la tabla 2 se muestra las probabilidades de falla según su categoría, este estudio abarca a transformadores de potencia de diferentes aplicaciones. Se puede observar que aproximadamente el 71% de las fallas pueden ser prevenidas, pues al producirse alguna de estas provocaría el incremento de temperatura en el interior del transformador.

Tabla 2 Categoría de fallas en transformadores de potencia. Tabla tomada y modificado de Bartley 2003

Causas de Falla	Cantidad	Costo de Falla	Proporción	Evitable
Falla de Aislamiento	24	\$149,967,277.00	26%	Sí
Errores en diseño y fabricación	22	\$64,696,051.00	23%	Sí
Desconocido	15	\$29,776,245.00	16%	No
Contaminación del Aceite	4	\$11,836,367.00	4%	Sí
Sobrecarga	5	\$8,568,768.00	5%	Sí
Fuego / Explosión	3	\$8,045,771.00	3%	No
Sobretensiones	4	\$4,959,691.00	4%	No
Inapropiado Mantenimiento y Operación	5	\$3,518,783.00	5%	Sí
Huacos	2	\$2,240,198.00	2%	No
Malas conexiones	6	\$2,186,725.00	6%	Sí
Rayos	3	\$657,935.00	3%	No
Humedad	1	\$175,000.00	1%	Sí
Total	94	\$286,628,811.00		71%

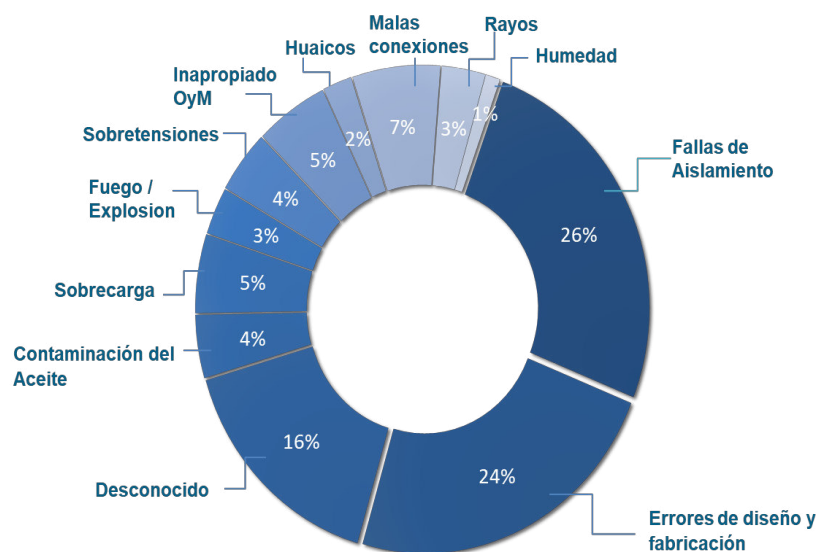


Figura 2 Distribución gráfica de fallas en transformadores de potencia. Bartley, 2003

De la Tabla N°2 se observa además que las fallas en el aislamiento y los errores de diseño y fabricación son los que originan más impacto económico en la producción, esto debido en caso de ocurrir el transformador estaría fuera de operación en su totalidad lo que imposibilita la venta de energía generada en caso de centrales eléctricas o la utilización de la energía para el funcionamiento de las máquinas de producción en caso de industrias, a esto se le añade el costo asociado a la reparación o reemplazo del transformador que usualmente es elevado.

Complementando a lo anterior, en la figura 3 se observa la distribución de fallas elaborada por S. Tenbohlen en la cual las categoriza por: fallas en el núcleo, bobinas, bornes de conexión, conmutador OLTC, bushings y otros.

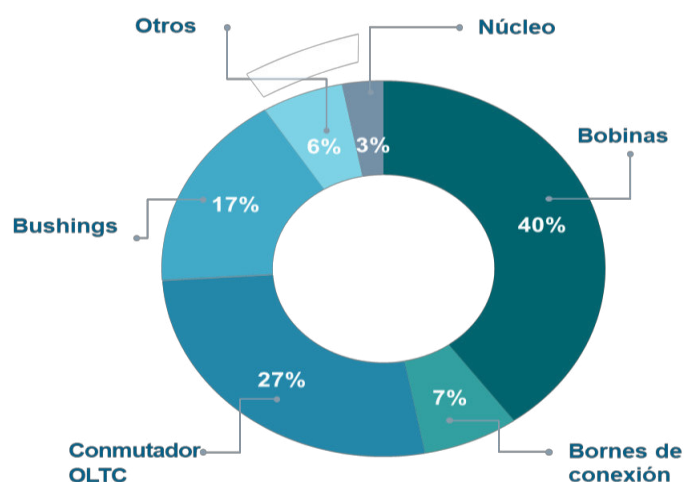


Figura 3 Distribución de fallas en Transformadores de Potencia. Fuente: S. Tenbohlen, 2014

En base a los estudios estadísticos realizados por Bartley y S. Tenbohlen, se puede concluir que, al usar aceite vegetal, es posible reducir el riesgo de falla pues permite aumentar la vida útil del equipo al mejorar considerablemente el aislamiento tanto del papel como del aceite, protegiendo también contra cualquier desastre y evitando la pérdida total del equipo.

3.3.2 Problema general

¿Cómo analizar el uso del aceite vegetal en la fabricación de un transformador de potencia?

3.3.3 Problema específicos

1. ¿Reducirá el impacto ambiental a la ecología al usar aceite vegetal?
2. ¿Incrementar la vida útil del equipo al usar aceite vegetal?
3. ¿Disminuirá los riesgos de incendio por una falla externa o interna al transformador?
4. ¿Disminuirá los costos asociados a la instalación y montaje del transformador?

3.3.4 Justificación e Importancia de la Investigación

El transformador de potencia es una máquina estática sumamente importante y esencial en todo sistema eléctrico, puesto que eleva y disminuye las tensiones para la transmisión y distribución de la energía eléctrica.

El transformador de potencia utiliza los aceites dieléctricos para cumplir dos roles importantes en el proceso de transformación de la energía eléctrica: “aislante” y “refrigerante”; es por esta razón que los aceites empleados en estas máquinas deben poseer exigentes especificaciones técnicas para que cumplan estas funciones con amplia seguridad.

En los inicios de la industria eléctrica los transformadores de potencia utilizaban los aceites PCB que tenían excelentes cualidades dieléctricas, pero se dejaron de usar por ser altamente contaminantes.

El aceite dieléctrico mineral es el que se usa universalmente en la actualidad; sin embargo, el aceite dieléctrico mineral no es biodegradable y es contaminante pudiendo producir severos daños ambientales ante situaciones de derrame y fallas graves. Es por esta razón que los organismos reguladores de la actividad eléctrica ponen mucho énfasis en el control, revisión y mantenimiento de los transformadores de potencia. En el presente trabajo se desarrolla el uso del aceite vegetal en la fabricación de un transformador de potencia dando a conocer las ventajas y beneficios con el fin de promover el uso en la industria eléctrica nacional e internacional para reducir los inconvenientes de seguridad y medio ambiente.

Justificación teórica

La investigación planteada permitirá conocer la importancia y las ventajas competitivas del uso del aceite vegetal en transformadores de potencia.

Justificación social

La investigación planteada contribuirá al medio ambiente, ya que el uso de este fluido es natural, biodegradable, renovable y tiene un menor impacto en la huella de carbono.

Justificación técnica

La investigación planteada da a conocer los beneficios del uso de aceite vegetal y su impacto de manera positiva al prolongar la vida útil del transformador.

Justificación económica

La investigación planteada analiza los costos de un transformador en aceite vegetal versus los costos asociados de un transformador en aceite mineral convencional, se añadirán costos de instalación, montaje y seguridad, obteniendo como resultados favorables al aceite vegetal.

3.4 Metodología

3.4.1 Bases teóricas

1. Amigdael Osmir Calderón Cerna, Juan Ernesto Pérez Lúe, Ramiro Moisés Pérez Mendoza (2020), en su tesis de titulación, titulado “Análisis Comparativo del uso de Aceite Mineral y Aceite Vegetal en Transformadores de Distribución”.

La tesis realiza un análisis de comparativa entre el aceite mineral y el aceite vegetal en transformadores de distribución, teniendo como objetivo la transmisión de calor en cada una de ellas.

Según los resultados se observó que existe una relación de 113% de diferencia de temperatura respecto del aceite mineral al aceite vegetal.

Los fabricantes de aceites vegetales presentan puntos de inflamación e ignición mayores comparados con los que presentan los fabricantes de aceite mineral, es decir, que permiten alcanzar elevadas temperaturas sin que se dé la combustión, esto significa que los aceites vegetales son más seguros e idóneos para su aplicación en ambientes encerrados o que se requiera una alta seguridad contra incendios.

2. Javier Esaú Hernández Arévalo, Diego Fernando Guidos Espinoza (2020), en su tesis de Ingeniero Electricista, titulado “Análisis de Fallas en Transformadores de Potencia y su Prevención”.

La tesis tiene la finalidad estudiar la normativa referente al diagnóstico de falla en transformadores de potencia, basándose en el STD IEEE C57-125

Evaluar estadísticamente la naturaleza de fallas más frecuentes en los transformadores de potencia, analizar de las especificaciones técnicas para la adquisición de transformadores de potencia, estudiar las diferentes pruebas de verificación de parámetros del transformador basándose en estadísticas de fallas, desarrollar un análisis de prevención de las fallas eléctricas en el transformador de potencia. Concluyendo que, la norma IEEE Std C57-125 ayuda enormemente y acorta significativamente los tiempos de diagnóstico y reparación de transformador de potencia, el envejecimiento es un factor a considerar para diagnosticar las fallas.

3. Mario Andres Mejía Taboada (2020), Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables Barranquilla, titulada “Estudio de Factibilidad Técnico-económica para la Implementación de Transformadores de Distribución con Aceite Vegetal en Redes Eléctricas situadas en Climas Cálidos”.

En la presente tesis, el objetivo es evaluar la factibilidad técnico-económica de la implementación de transformadores de distribución que utilizan aceite vegetal como medio aislante y refrigerante en zonas de clima cálido.

Concluyendo que, los transformadores que usan aceite vegetal como medio aislante y refrigerante operan en regímenes de temperaturas más bajas, en condiciones de operación normal, y reducen el impacto ambiental ante posibles fallas de los equipos, a diferencia de los transformadores de distribución con aceites minerales o sintéticos.

3.4.2 Marco conceptual

3.4.2.1 Sistema eléctrico de potencia.

“El sistema eléctrico de potencia es un conjunto de elementos que tiene como finalidad generar, transformar, transmitir, distribuir y consumir la energía eléctrica de tal forma que se logre la mayor calidad al menor costo posible”. En el Perú se le denomina “Sistema Eléctrico Interconectado Nacional y este comprende todas las instalaciones y actividades dentro del sector eléctrico que se encuentra conectada a través de líneas de transmisión”; así mismo, en el sistema eléctrico de potencia se encuentran niveles de tensiones como, por ejemplo, 13.2 kV, 10kV, estos para media tensión, también para baja tensión están los niveles de 220 V, 380 V, 440V.

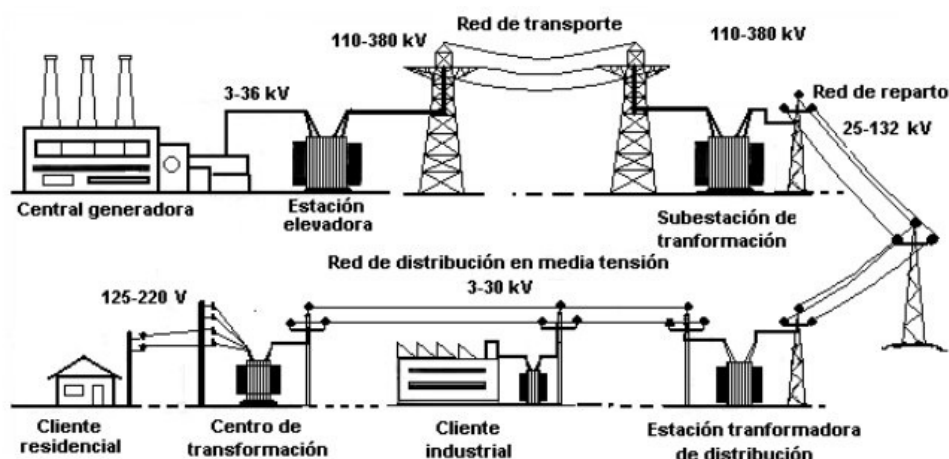


Figura 4. Sistema eléctrico de potencia, Fuente McGraw-Hill, 1993

3.4.2.2 Transformador eléctrico.

El transformador es un dispositivo electromagnético (eléctrico y magnético) que permite aumentar o disminuir el voltaje y la intensidad de una corriente alterna manteniendo constante la potencia. Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética; la inducción electromagnética, es la generación de corriente eléctrica inducida en un conductor por medio de un campo magnético.

Un transformador está formado por dos bobinas de conductores con espiras enrolladas (devanado) sobre un núcleo cerrado de hierro (núcleo magnético). Estos conjuntos de vueltas se denominan: Bobina o Devanado Primario al que recibe el voltaje de entrada y Bobina secundaria o Secundario a aquella que entrega el voltaje transformado o de salida.

Clasificación de los transformadores

Transformadores de distribución, suministra la última etapa de transformación en la red de distribución de energía eléctrica, al reducir la tensión usada en los circuitos de distribución al nivel de tensión usado por el cliente, utilizado en sistemas urbanos y rurales.

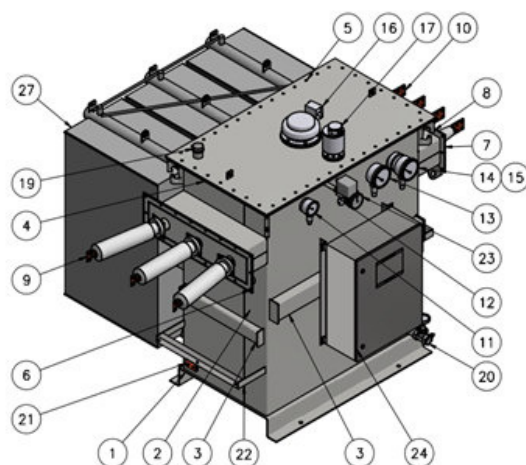
Son fabricados principalmente para uso intemperie, montados en uno o 2 postes con aisladores y pintura especial apta para zonas costeras, húmedas y corrosivas.



Figura 5. Transformador de distribución, Extraído de:
<https://rhona.cl/seccion/32/distribucion.html>

Transformadores de potencia, están en una cubierta llamada cuba que en su interior se encuentra la parte activa del transformador que se encuentra cubierto de aceite mineral o aceite vegetal, los cuales actúan de aislante eléctrico y refrigerante. El calor generado por la parte activa (núcleo) del transformador se transmite al aceite y este evacua el calor al ambiente a través de la superficie externa de la cuba. Para disipar el calor en algunos casos la cuba posee aletas o radiadores que aumenta la superficie externa.

Partes del sistema de un transformador de potencia



Nº	COMPONENTE
1	BASE OMEGA
2	MANTO FRONTAL
3	REFUERZO MANTO
4	MARCO
5	TAPA ESTANQUE
6	FLANGE IZQUIERDO
7	FLANGE DERECHO
8	GANCHO DE IZAR
9	BUSHING-AISLADOR ALTA TENSION
10	BUSHING-AISLADOR BAJA TENSION
11	NIVEL DE LIQUIDO
12	CAMBIADOR DE TAPS
13	TERMOMETRO DE LIQUIDO
14	TERMOMETRO DE IMAGEN TERMICA
15	PROTECTOR TERMICO IMAGEN TERMICA DEVANADO
16	VALVULA SOBREPRESION
17	RELE PRESION SUBITA
18	PLACA DE CARACTERISTICAS
19	TAPON DE LLENADO
20	VALVULA DE DRENAJE Y MUESTREO
21	PLACA A TIERRA
22	SOPORTE CAJA PROTECCION
23	MANOVACUOMETRO
24	CAJA DE CONEXIONES
25	CAJA PROTECCION B.T.
26	CAJA PROTECCION A.T.
27	RADIADOR

Figura 6. Partes de un transformador de potencia, Fuente: Propia

3.4.2.3 Sistema de aislamiento en transformadores de potencia

El transformador de potencia mientras más grande sea, generará mayores corrientes y para que estas puedan ser transportadas es necesario que tengan un buen sistema de aislamiento, cuya misión principal es aislar eléctricamente los elementos del transformador sometidos a distinto potencial eléctrico.

La vida de un transformador de potencia depende en gran medida del buen funcionamiento del aislamiento y de la calidad que ellos tengan, la cual determina la confiabilidad de servicio de la máquina, puesto que los sistemas aislantes son los elementos más sensibles a las elevadas temperaturas.

Los transformadores están constituidos principalmente por dos sistemas de aislamiento, el sólido y el líquido. El aislamiento líquido actúa como elemento refrigerante conduciendo el calor desde la parte activa del transformador, núcleo y arrollamiento, hacia el exterior. Sin embargo, el aislamiento sólido es el encargado de

recubrir el material conductor del interior del transformador, por lo que no es pensable la sustitución de este o tratarlo.

El conocimiento de la vida de un transformador no es algo simple ya que la pérdida de vida depende de muchos factores tal como la calidad de fabricación, calidad de mantenimiento, temperatura ambiente, grado de carga, etc.

Es importante conocer el estado de transformador y a sus aislantes, especialmente al aislante líquido, ya que a través de él nos podemos dar cuenta del buen o mal funcionamiento que presente el transformador, y así poder prevenir futuras fallas o perturbaciones a los usuarios, también así poder prever el reemplazo de este.

A) Aislamiento solido

El sistema de aislamiento solido de los transformadores de potencia sumergidos en aceite está constituido por papel Kraft y Carton Prensado (o pressboard), y debido a su función es considerada la parte más importante del sistema de aislamiento ya que separa los devanados en la parte activa, si estos sufren degradación reducen considerablemente la vida útil del transformador.

Su función en la operación del transformador es aislar las partes metálicas con tensión, dividir los espacios de aceite en volúmenes más pequeños aptos para soportar mayores gradientes de campo y soportar mecánicamente los conductores y arrollamientos con el resto de la estructura. El aislamiento sólido también se utiliza para formar sistemas de barreras divisorias en el aceite, dividiendo el espacio entre arrollamientos en canales y aumentando así la rigidez dieléctrica del aceite en los canales.



Figura 7. Celulosa de transformador de potencia, extraída:

<http://www.britransformadores.com/2018/04/03/evaluacion-de-las-condiciones-internas-de-los-transformadores-y-su-tiempo-de-vida-remanente/>

Envejecimiento del papel aislante

El proceso de envejecimientos del papel es esencialmente una despolimerización. Cuando los vínculos entre las unidades en las cadenas de celulosa se rompen, el grado de polimerización y la resistencia mecánica se reducen.

En un transformador de potencia se producen muchos procesos de envejecimiento debido a factores internos que se dan cuando el transformador está en servicio. El aislamiento sufre principalmente por reacciones químicas tales como pirolisis (degradación térmica), la oxidación (oxígeno en el aislante) y la hidrólisis (humedad).

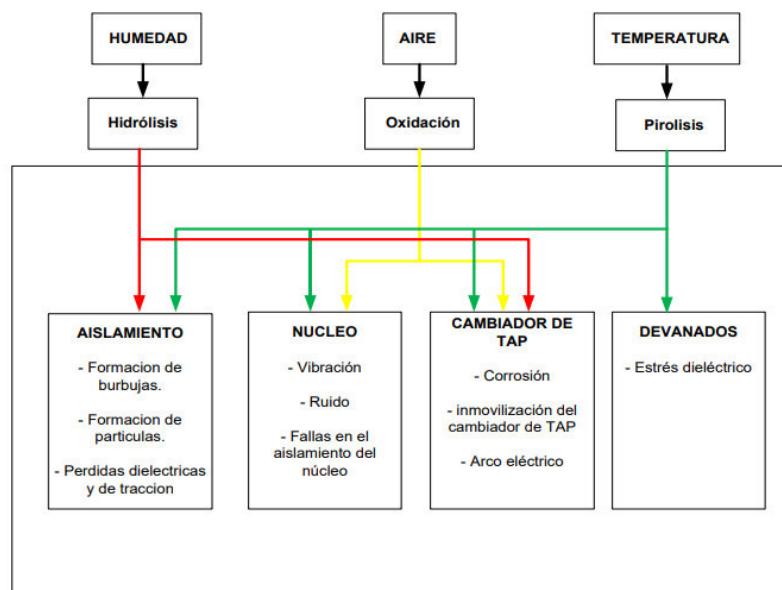


Figura 8. Causas del envejecimiento del papel aislante, Fuente: Evaluación térmica de los transformadores de potencia, 2014

B) Aceite dieléctrico

Los aceites dieléctricos cumplen distintas funciones en los transformadores y otros equipos eléctricos, siendo principales la de aislamiento y la de refrigeración. El envejecimiento o deterioro de aislamiento de un transformador es una función temporal de la temperatura, contenido de humedad y contenido de oxígeno. Con modernos sistemas de preservación de aceite, la humedad y el oxígeno, el deterioro del aislamiento puede reducirse al mínimo.

Los aceites dieléctricos deben tener una alta calidad dieléctrica, una baja viscosidad, para facilitar la formación de corrientes de convección entre las fuentes de calor y las paredes frías, y alta capacidad térmica que le proporcionaría en conjunto excelente capacidad refrigerante.

B.1 aceite mineral

Los aceites dieléctricos de origen mineral se obtienen de un derivado secundario del petróleo en cuya composición predominan los hidrocarburos nafténicos.

Las propiedades de un buen aceite de transformador no son propias o no están presentes, en forma exclusiva, en un determinado tipo de hidrocarburo, sino que por el contrario se encuentran repartidas entre varios (Nafténicos, parafínicos y aromáticos). Una composición típica de un buen aceite dieléctrico responde a las siguientes proporciones:

- Hidrocarburos Aromáticos: 4 a 7%
- Hidrocarburos Isoparafínicos: 45 a 55%
- Hidrocarburos Nafténicos: 50 a 60%

Los aceites minerales representan el 90% del volumen de ventas de aceites dieléctricos a nivel mundial, casi todo usado en transformadores e interruptores de potencia. Una cantidad menor es usada en capacitores y cables.

B.2 Aceite siliconado

Este tipo de aceite es a base de silicona dimetílica (polímero de dimetil siloxano compuesta por cadenas alternadas de átomos de silicio y oxígeno y grupos de metilo unidos a los átomos de silicio), en la actualidad es uno de los compuestos menos peligrosos y uno de los mejores sustitutos de los PCB's.

Estos fluidos de silicona se han diseñado especialmente para uso en transformadores; después de rigurosos ensayos se ha comprobado su alta estabilidad térmica y eléctrica, también actúa como disipador de tensión de arco.

. Una de sus principales características es su resistencia a la flamabilidad debido a su alto punto de inflamación e ignición. Tienen buenas propiedades dieléctricas y capacidades de funcionamiento en una amplia gama de temperatura. Estos fluidos no son biodegradables, ya que en un periodo de 28 días solo se degrada menos del 5% .

B.3 Aceite dieléctrico de origen vegetal

Está basado en semillas oleaginosas y aditivos de mejoría de desempeño de clase comestible. Es un refrigerante dieléctrico que se degrada rápido y totalmente en el suelo y en ambientes acuáticos. Es de color verde para destacar su perfil ambiental favorable, y distinguirlo del aceite mineral.

Los ésteres son una amplia clase de compuestos orgánicos, sintetizados químicamente a partir de precursores orgánicos (ésteres sintéticos) o disponibles a partir de productos agrícolas (ésteres naturales).

Propiedades del aceite dieléctrico de origen vegetal según IEEE C57-147

Punto de inflamación y combustión

El punto de inflamación de un líquido inflamable es la temperatura más baja a la cual la presión de vapor es suficiente para formar una mezcla inflamable con aire cerca de la superficie del líquido. El punto de combustión es la temperatura más baja a la que se calienta un líquido en un recipiente abierto y obtiene suficientes vapores combustibles para encender y mantener un fuego durante 5s. En la figura 9 se puede observar la tendencia del aceite mineral a comparación del aceite vegetal.

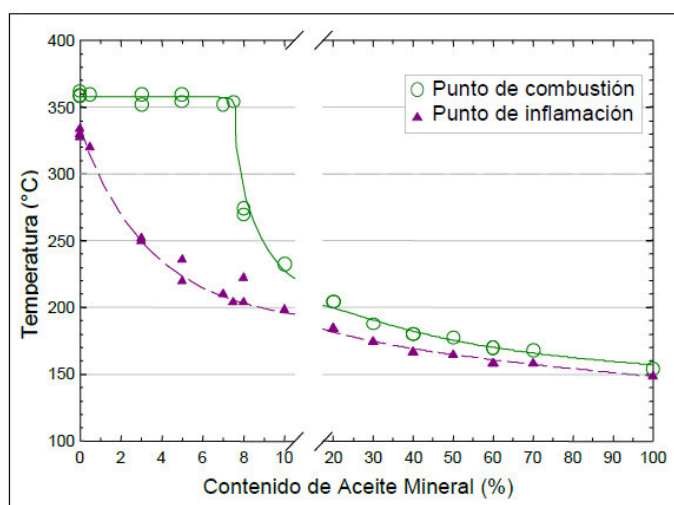


Figura 9. Variación del punto de combustión e inflamación del aceite vegetal y aceite mineral, Fuente: Guía de almacenamiento, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores en aceite vegetal, 2017.

Densidad relativa

La densidad relativa (gravedad específica) de un líquido aislante es la relación de los pesos de volúmenes iguales de líquido y agua a 15 ° C (60 ° F). La densidad relativa no es significativa para determinar la calidad de un líquido; se puede usar para

determinar la idoneidad para el uso en aplicaciones específicas. En ciertos climas fríos, se puede formar hielo en equipos expuestos a temperaturas bajo cero ($<0^{\circ}\text{C}$) y pueden flotar en líquidos que tienen densidades superiores a 0.91. Aunque las mediciones de densidad son demasiado insensibles para ser útiles para detectar muchos problemas de contaminación, cuando los resultados son significativamente.

Estabilidad a la oxidación

Los ésteres naturales no son tan resistentes a la oxidación como los aceites minerales. Por esta razón, no se recomienda su aplicación en transformadores de respiración libre y otros equipos (por ejemplo, diseño de conservador sin cámara). Se deben tomar todas las medidas prácticas para evitar la exposición continua a largo plazo al intercambio de aire ilimitado, especialmente a temperaturas de funcionamiento.

La oxidación se produce esencialmente solo en la superficie del líquido expuesto al aire, por lo que la exposición a una película delgada es más preocupante que el líquido en el tanque del transformador.

Número ácido (ASTMD664 y ADTMD974)

El número de ácido (neutralización) para esteres contiene de manera natural cantidades pequeñas de ácidos grasos libres que resultan en índices de neutralización mayores que aquellos vistos típicamente en los aceites minerales. Mientras el fluido FR3 envejece, este reacciona con el agua (hidrólisis), generando ácidos grasos de cadena larga adicionales. Los ácidos grasos de cadenas largas son neutros y no corrosivos comparados con los ácidos orgánicos de cadenas cortas encontrados en el aceite mineral.

Tensión interfacial (ASTM D971)

La tensión interfacial entre los líquidos de aislamiento eléctrico y el agua es una medida indirecta del contenido de surfactante del líquido aislante que migra bajo la atracción de carga en el agua en la interfaz. Los surfactantes son productos polares o iónicos de contaminación soluble o deterioro de líquidos que disminuyen el valor de la tensión interfacial. Las moléculas de agua se atraen fuertemente entre sí y requieren una cierta fuerza para romper su tensión interfacial. A medida que los surfactantes en

el aceite se atraen a través de la interfaz de agua y aceite, obstruyen algunas de las atracciones de agua a agua que debilitan las fuerzas de tracción de la interfaz de agua.

Contenido de agua

La saturación del agua versus temperatura es mostrada en la figura 10. La saturación del agua, a la temperatura ambiente, del fluido FR3 es de aproximadamente 1000 mg/kg, y 55 mg/kg para aceite mineral. Esta gran capacidad para el agua es uno de los atributos importantes del fluido Envirotemp FR3, y un factor preponderante en la mayor vida útil del papel Kraft aislante comparado a su vida inmerso en aceite mineral.

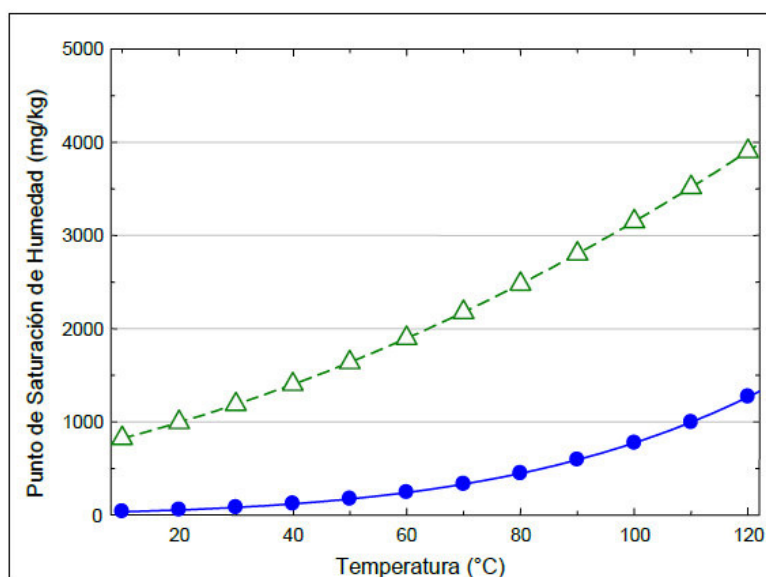


Figura 10. Saturación de humedad versus temperatura para el aceite mineral y el fluido FR3, Fuente: Guía de almacenamiento, instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores en aceite vegetal, 2017.

Bifenilos policlorados (PCB) (ASTM D4059)

Los líquidos de ésteres naturales utilizados no contienen PCB de acuerdo con ASTM D4059.

Tensión de ruptura dieléctrica (ASTM D1816)

La tensión de ruptura dieléctrica de un líquido aislante es importante como una medida de su capacidad para soportar tensiones eléctricas. Es la tensión a la que se produce la ruptura entre dos electrodos bajo las condiciones de prueba prescritas. Sirve principalmente para indicar la presencia de agentes contaminantes (por ejemplo, agua, suciedad y partículas conductoras en el líquido), uno o más de los cuales pueden estar presentes cuando se encuentran bajos valores de ruptura dieléctrica en la prueba.

Punto de vertido (ASTM D97, ASTM D5949 y ASTM D5950)

La temperatura más baja a la que fluye un líquido aislante en las condiciones prescritas se conoce como punto de fluidez.

El punto de fluidez de un líquido aislante es importante porque indica la temperatura por debajo de la cual la circulación del líquido puede ser difícil e incluso imposible, incluso por encima de la temperatura del punto de vertido, la circulación del líquido puede estar limitada por la viscosidad. Los líquidos de ésteres naturales tienen viscosidades más altas que el aceite mineral convencional y viscosidades más bajas que los líquidos dieléctricos de silicona a temperaturas normales de operación. Para transformadores utilizando ésteres naturales con accesorios internos operativos (particularmente mecánicos), puede requerirse una temperatura mínima más alta antes de la operación que la requerida para el aceite mineral.

Tabla 3 Normas aceite vegetal, Fuente: Aplicación aceite vegetal en transformadores, cargill 2019.

	IEEE	IEC	NBR
Aceite Nuevo	IEEE C57.147	IEC 62770	NBR 15422
Uso y Mantenimiento	IEEE C57.147	IEC 62975 (draft)	NBR 16518
Gases Dissueltos	IEEE C57.155	---	NBR 16788
Transformadores	IEEE C57.12.00 IEEE C57.154	IEC 60076 series	NBR IEC 60076 series
Riesgo al Fuego	FM Global Propiedad Prevención, 5-4	IEC 61936	NBR 13231
Compatibilidad de Materiales	---	---	NBR 16431

3.4.2.4 Evolución del aceite vegetal

Los ésteres son una amplia clase de compuestos orgánicos, están disponible como productos agrícolas naturales o químicamente sintetizado a partir de precursores orgánicos. Los ésteres naturales de aceite de semilla junto con aditivos fluidos son adecuados aplicación como fluido dieléctrico.

Utilizado principalmente en alimentos, estos productos agrícolas, los aceites están ampliamente disponibles y, a diferencia del aceite mineral, se derivan de recursos renovables. Los ésteres a base de semillas, incluidas las grasas y aceites líquidos, se derivan del glicerol y se conocen como triglicéridos.

Fluidos alternativos reemplazo de PCB (alto punto de combustión)

- 1ra gen = HMWH (R-Temp) Mediados de los años 70
- La Producción de Hidrocarburos de alto peso molecular se suspendió en 2003.
- 2da gen = Esteres Sintéticos (SE) Inicio de los años 80
- Esteres Sintéticos= aplicaciones específicas
- 3era gen = Esteres Naturales (NE) Inicio de los años 90
- Ester Natural= Últimos desarrollos, mayor cuota de participación de mercado

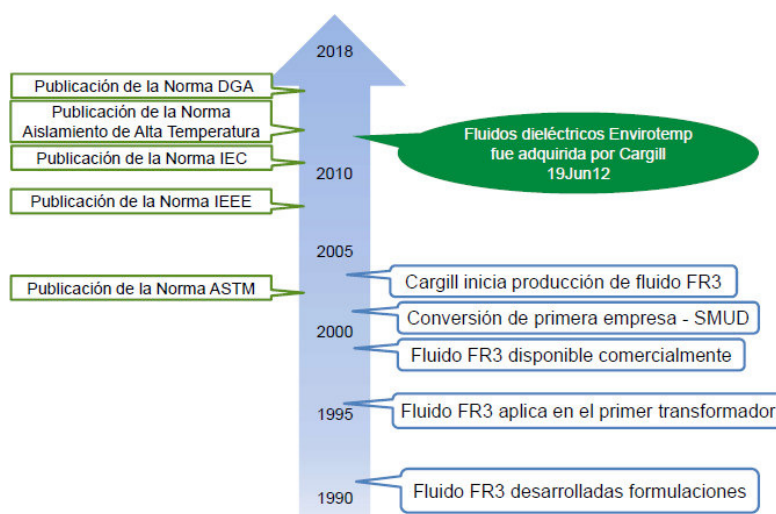


Figura 11. Evolución del fluido FR3 Cargill, Fuente: Aplicación de aceite vegetal FR3 en transformadores, 2019.

3.4.2.5 *Impacto ambiental del aceite vegetal*

El fluido vegetal es formulado específicamente para minimizar riesgos ambientales y de salud. Los aceites básicos provienen de fuentes renovables – semillas oleaginosas – siendo fácilmente reciclables y reutilizables.

Las Agencias de Protección Ambiental de EE.UU. y California publicaron un Reporte de Verificación de Tecnología Ambiental del fluido vegetal. El proceso de verificación incluye pruebas de biodegradación y toxicidad y los resultados de las pruebas de biodegradación acuática acuda confirman que la tasa de biodegradación del fluido FR3 es tan buena como el material de referencia de la norma. Cuando se prueba según ensayo de toxicidad oral aguda, el fluido vegetal resulta no toxico.

Método EPA Biodegradabilidad

El aceite vegetal FR3 se clasifica como "máximo biodegradable", en virtud de alcanzar el 60% de la conversión máxima teórica del total de carbono en dióxido de carbono (ThCO₂) dentro de 28 días.

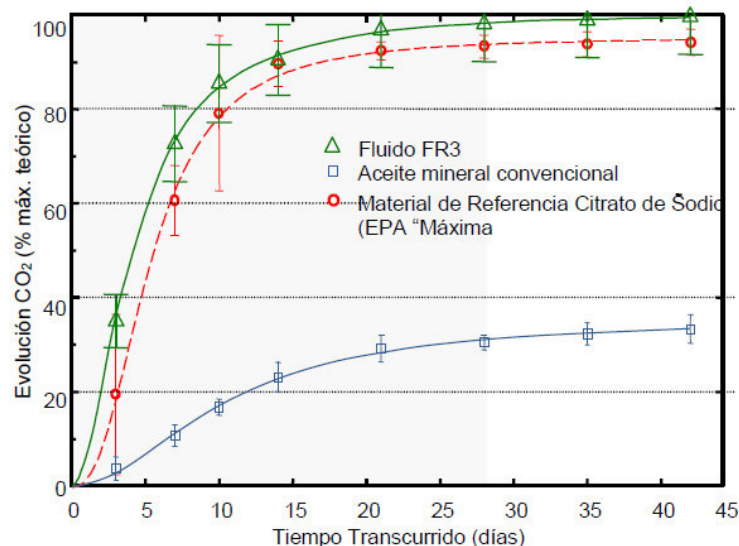


Figura 12. Biodegradación acuática aerobia, Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.

El Acto Regulatorio de Aceites Comestibles (Ley Pública EE.UU. 104-55, 1995), hace del fluido FR3 elegible para atenuaciones regulatorias actuales y futuras. Las opciones de procedimientos alternativos de respuesta y remediación de derrames, tales como la bio-remediación natural, están ahora disponibles. La inherente viscosidad del fluido FR3 y tendencia a la polimerización de sus capas finas en un ambiente externo, ayudan a evitar la migración del fluido a lo largo de la superficie al subsuelo.

Tabla 4 Atributos ambientales del aceite vegetal, Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.

Atributos	Resultados	Métodos
Biodegradación Acuática	>99%	EPA OPPTS 835.3100
Fácil Biodegradación	>99%	EPA OPPTS 835.3110 o OECD 301B, C o F
Toxicidad Acuática Aguda	No Tóxico	OECD 203
Toxicidad Oral Aguda	No Tóxico	OECD 420
Contenido de Material Biológico	>98.5%	USDA Biopreferred program
Emisión de Carbono en el Ciclo de Vida Total	Carbono neutro	Departamento de Comercio NIST BEES V4.0
Impacto Ambiental Total	1/4 del Impacto del aceite mineral	Departamento de Comercio NIST BEES V4.0

El fluido FR3 es catalogado como no peligroso y su índice del Sistema de Informaciones de Materiales Peligrosos es cero tanto para salud como para reactividad. El fluido FR3 es clasificado como no bioacumulador o mutagénico, y está catalogado como no carcinógeno por el National Toxicology Program (NTP).

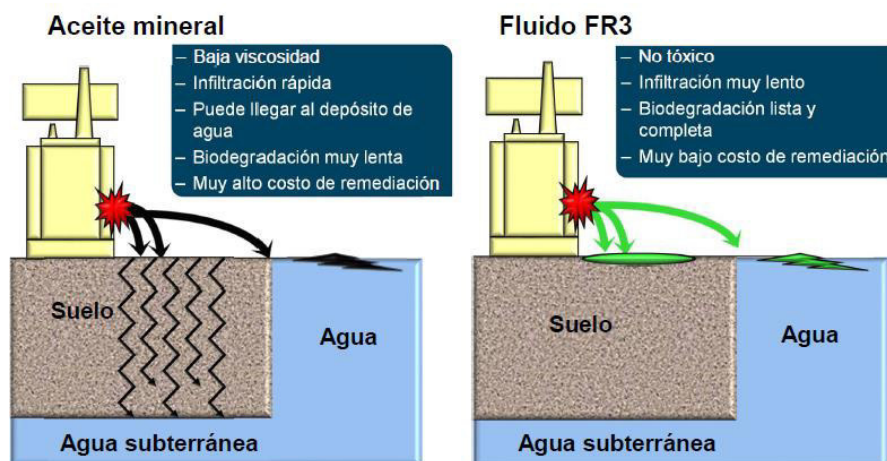


Figura 13. Diferencia de remediación del aceite mineral y aceite vegetal

Fuente: Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3 2017.Pdf.

3.4.2.6 ***Aumento de la vida del papel aislante al usar aceite vegetal***

La exclusiva estructura química del fluido FR3 provee un desempeño superior del sistema aislante comparado con otros fluidos dieléctricos. Las propiedades térmicas del fluido FR3 lo hacen un refrigerante más eficiente que los refrigerantes dieléctricos de alto peso molecular basados en silicona e hidrocarburos.

El fluido FR3 tiene una excepcional habilidad para remover el agua generada por el envejecimiento del papel. Esto le permite al fluido reducir significativamente la tasa de envejecimiento del papel aislante del transformador. Las Pruebas de envejecimiento acelerado según la guía IEEE C57.100, muestran que el papel Kraft térmicamente mejorado (TUK) envejecido en el fluido FR3 toma 5-8 veces más tiempo para alcanzar el mismo punto de fin de vida que el papel TUK envejecido en aceite mineral convencional.

La Tabla 5 compara el tiempo para alcanzar el final de la vida del aislamiento en papel TUK envejecido en el fluido FR3 y aceite mineral convencional. El tiempo hasta el final de la vida del aislamiento calculado según la guía de carga de transformador IEEE C57.91, se incluye como comparación. Ensayos de envejecimiento acelerado muestran mejoras similares en el envejecimiento térmico del papel Kraft regular.

Tabla 5 Fin de vida del papel aislante del transformador (horas), Fuente: Aplicación de aceite vegetal FR3 en transformadores, 2019.

Base Fin de Vida	150°C			170°C			
	Aceite Mineral	FR3	Base IEEE	Aceite Mineral	FR3	Base IEEE	
Resistencia a la Tracción	50%	3100	>4000*	1602	240	1300	323
	25%	400	>4000*	3327	490	4000	671
GP	200	3200	>4000*	3697	480	3400	746

*El papel no alcanzó el fin de vida en la duración del ensayo



Figura 14. Envejecimiento acelerado, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

Degradación de los materiales celulósicos

- Pirolisis: es la "quema" del papel, cuando se expone a temperaturas muy altas. Alto nivel de energía de activación ($> 400^{\circ}\text{C}$)
- Oxidación de la Celulosa: es la degradación debido a la presencia de oxígeno, a baja temperatura. La principal razón para no utilizar transformadores de respiración libre
- Hidrólisis de la Celulosa: el agente principal de la degradación de los materiales celulósicos es agua

Cambios al usar aceite vegetal

- Mantiene el papel aislante seco
- Extrae mucha más agua (H₂O) del papel aislante para alcanzar misma saturación relativa del aceite mineral.
- Punto de saturación mucho mayor (1057ppm) respecto al mineral 60ppm Equilibrio de Humedad es movido en dirección del fluido.

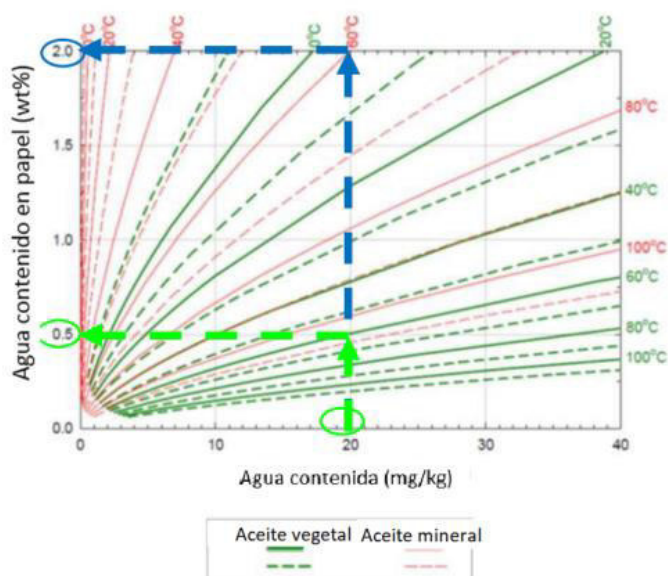


Figura 15. Humedad de aceite mineral vs aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Rigidez dieléctrica es proporcional a la humedad relativa, de acuerdo con la figura 16 la tendencia es casi lineal.

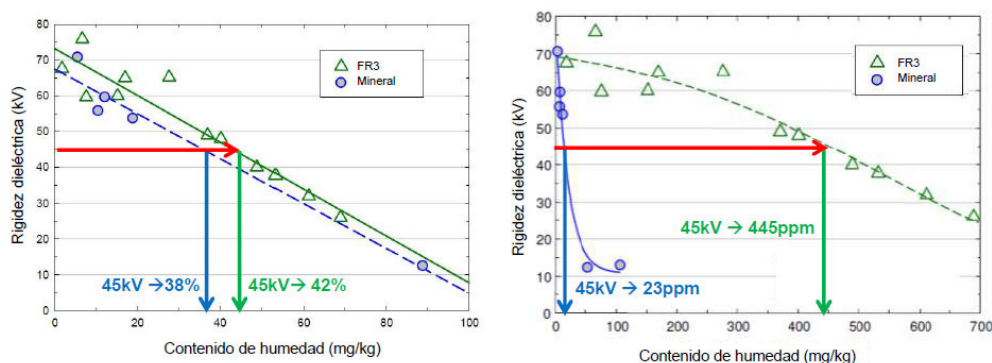


Figura 16. Comportamiento lineal de la rigidez dieléctrica y la cantidad de humedad, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Las moléculas de agua liberadas del papel reaccionan con el fluido natural, reduciendo la humedad relativa en el aceite y permitiendo la continuación de extracción de humedad.
- El aceite vegetal seca el papel aislante continuamente, de la figura 17 se observa que en el aceite vegetal la cantidad de ppm tiende a disminuir.

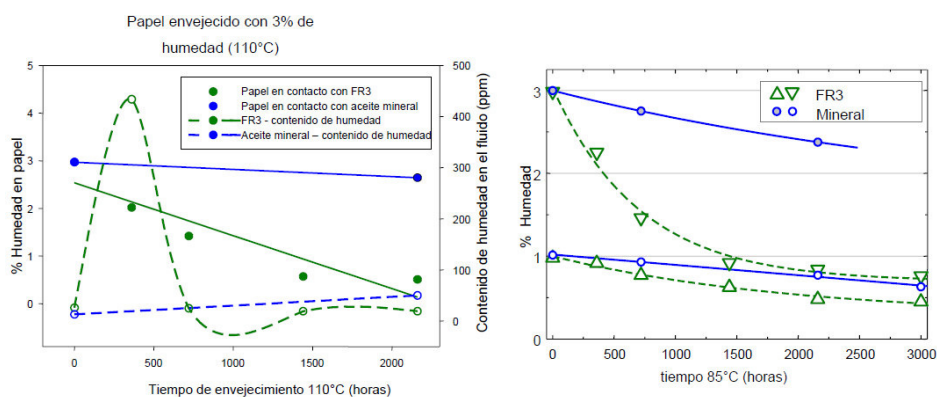


Figura 17. Secado de papel de aceite mineral y aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Mejora la vida del papel 7 a 8 veces más tiempo para papel (2001 IEEE/PES)

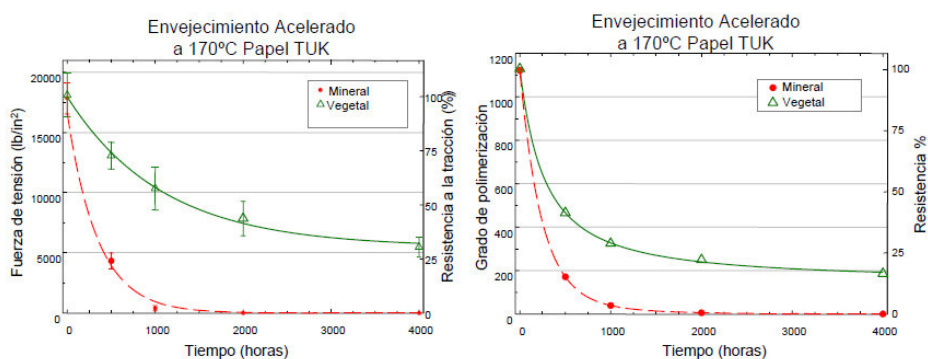


Figura 18. Deterioro del papel, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Mayor potencia sin pérdida de vida útil, por lo tanto, mayor desempeño en ambientes de alta temperatura. Notamos en la figura X que el aceite vegetal puede ser ejecutado con 20°C más caliente sin pérdida de vida útil mientras que el aceite mineral su punto más caliente viene a ser 110°C (65°C)

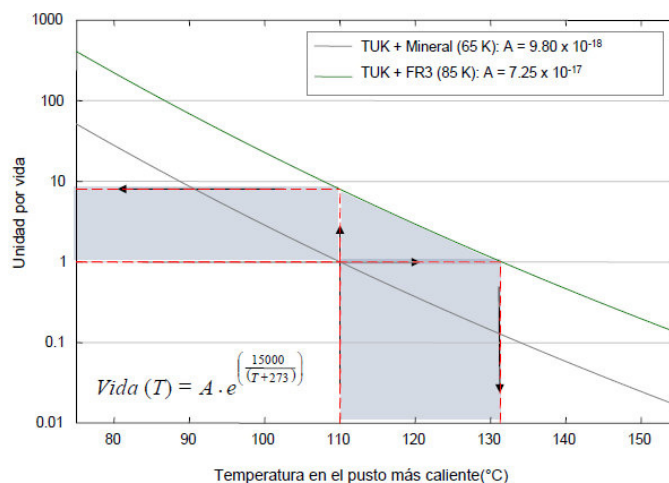


Figura 19. Deterioro del papel, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

Tabla 6 Parámetros de alta temperatura en transformadores según IEEE C57.154, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

Liquid type	Ester			
Minimum required high-temperature solid insulation thermal class ^e	130	140	155	180
Top liquid temperature rise, (°C)	90	90	90	90
Average winding temperature rise, (°C)	75	85	95	115
Hottest spot temperature rise, (°C)	90	100	115	140
	Constant <i>a</i>	Temperature <i>T</i> (°C)	Thermal index	Thermal class
IEEE mineral oil/thermally upgraded kraft paper	9.80×10^{-18}	110.0	110	120
Natural ester liquid/thermally upgraded kraft paper	7.25×10^{-17}	130.6	130	140
IEEE mineral oil/cellulose-based paper	2.00×10^{-18}	95.1	95	105
Natural ester liquid/cellulose-based paper	1.06×10^{-17}	110.8	110	120

- Corrosividad de los ácidos formador o bien llamados lodos que son generador por el fluido que entra en contacto con el material del transformador, en la figura 20, se observa que a comparación del fluido mineral, el aceite vegetal genera muy poca corrosividad, esto también es muy importante ya que el exceso de este puede generar interrupciones o atascos en el circuito del aceite.

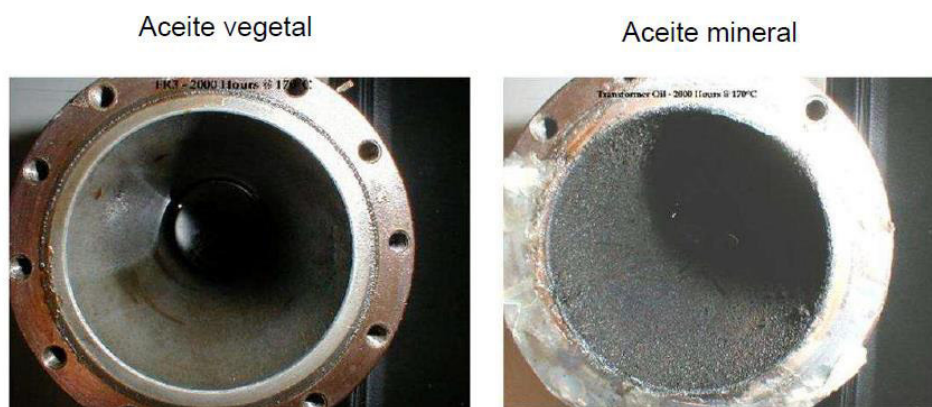


Figura 20. Tubería en acero carbono después de 2000h a 170°C, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

3.4.2.7 Disminución de riesgos de incendio

La falla de un transformador puede originarse por 2 motivos:

- Falla interna: Las causas de estas fallas son generalmente por una mala construcción, algún mal cálculo de diseño, o el equipo está operando con una sobrecarga por encima de su nominal.
- Falla externa: Las causas son ajenas al transformador ya sea factores ambientales o factores de protección que no han actuado y la falla fue directa al transformador.

Al producirse la falla, origina el arco eléctrico que origina el fuego y el transformador termina incendiándose, resultando una pérdida total del equipo y si este tiene equipos a los costados también terminan perjudicados.



Figura 21. Incendio de un transformador de potencia en aceite mineral, Subestación Oroya, 2010 Nueva Fuente: COES informe de perturbaciones del SEIN

El aceite vegetal FR3 está clasificado como fluido clase K debido a su punto alto de inflamabilidad y combustión.

De la figura 22, se observa que el punto de combustión en el aceite vegetal está por encima de los 300°C que son fluidos clasificados como resistentes al fuego.

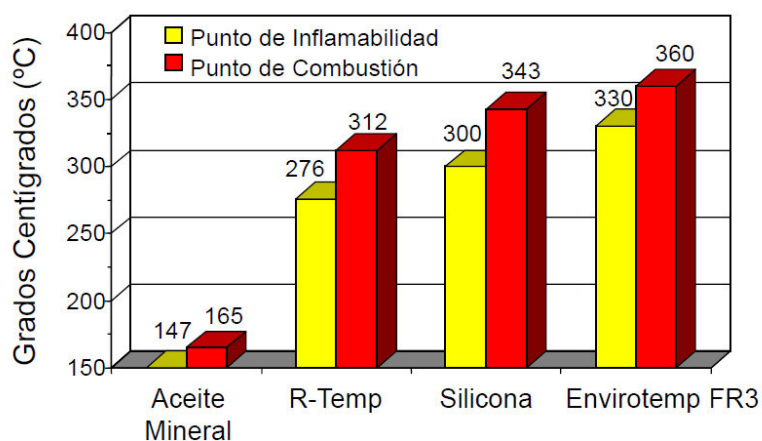


Figura 22. Punto de inflamabilidad y combustión de los aceites, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

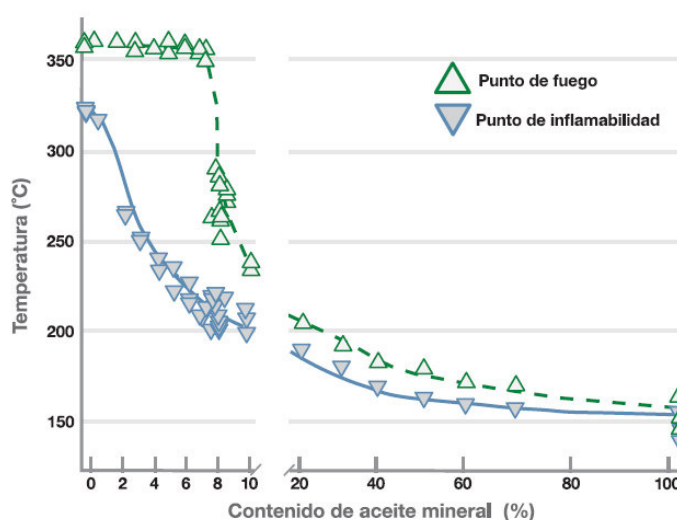


Figura 23. Puntos de inflamación e ignición dependiendo de la pureza del aceite vegetal, Fuente: Guia de almacenamiento y manipulación FR3 Cargill- Agosto 2020.Pdf.

Prueba de ignición e inflamación

En la figura 24 se observa una prueba donde en un tanque se llena aceite mineral y se precalienta a 130°C ,e introducimos una placa de acero al rojo vivo a 750°C (simulando un corto circuito)

Resultado: El aceite se prende en fuego inmediatamente y también genera gran cantidad de humo (combustión)



Figura 24. Prueba de ignición e inflamabilidad a aceite mineral, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

En la figura 25 se realiza la misma prueba una prueba donde en un tanque se llena aceite vegetal y se precalienta a 130°C , e introducimos una placa de acero al rojo vivo a 750°C (simulando un corto circuito)

Resultado: El aceite vegetal no llega a generar fuego, genera pocos gases y vapores.



Figura 25. Prueba de ignición e inflamabilidad a aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

Proceso de falla de arco eléctrico en un fluido vegetal

El proceso que pasaría el transformador al presentarse una falla sería el siguiente:

- Una falla de baja energía calienta el fluido en el transformador.
- La falla produce la apertura de la válvula de alivio y el escape del fluido caliente.
- El fluido se deposita alrededor del transformador sobre el suelo.

- Ninguna ignición de fuego.



Figura 26. Antes y después de la falla del Transformador de potencia Brasil 2002 ,
Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.



Figura 27. Después de la falla del Transformador de potencia en aceite vegetal,
Sudafrica 2006 , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill -
Agosto 2019.Pdf.

3.4.2.8 *Disminución de los costos asociados a la instalación y montaje del transformador*

En el presente informe daremos a conocer los beneficios y reducción de costos de instalación al usar aceite vegetal.

De acuerdo con la IEC 61936 y FM Datos de prevención de pérdidas, se estableció los siguientes puntos:

- Reducción de las distancias de separación de los transformadores a otro edificio y equipamiento.
- Eliminación de las paredes cortafuegos, ya no habrá fuego.
- Debido a la misma razón los sistemas de extensión de incendios no son necesarios para instalaciones con fluido clase k.
- Construcción más simple y menos costosa para la contención de líquidos.
- Reducción de longitud de área, por lo tanto, menor terreno adquirido, se puede reducir hasta un 30% de terreno.

De la Figura 47 se observa que la distancia de separación entre un transformador que usa aceite mineral y que cuenta con paredes cortafuegos debe ser mayor a 50cm.

De la misma figura 47 si quisiéramos eliminar la pared cortafuego de un transformador en aceite mineral la distancia X1 y X2 depende de la cantidad de volumen de aceite (tabla 8) llegando hasta 15.2 metros en cada separación.

Para el caso del transformador que usa aceite vegetal la distancia del edificio al transformador X1 es desde los 1.5 metros hasta 4.6 metros dependiendo de la cantidad de volumen (tabla 8). Al no generar fuego se elimina las paredes cortafuegos.

Tabla 7 Distancia mínima de seguridad entre transformadore sal usar aceite mineral y vegetal, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

Fluido	Volumen del fluido (litros)	Distancias mínimas de separación		
		Del equipo a la edificación X1		Entre equip X2
		Resistente al fuego durante 2h	No combustible	
Aceite mineral	< 1.900	1,5 m	4,6 m	1,5 m
	≥ 1.900 ≤ 19.000	4,6 m	7,6 m	7,6 m
	> 19.000	7,6 m	15,2 m	15,2 m
FR3	≤ 38.000	1,5 m		1,5 m
	> 38.000	4,6 m		7,6 m

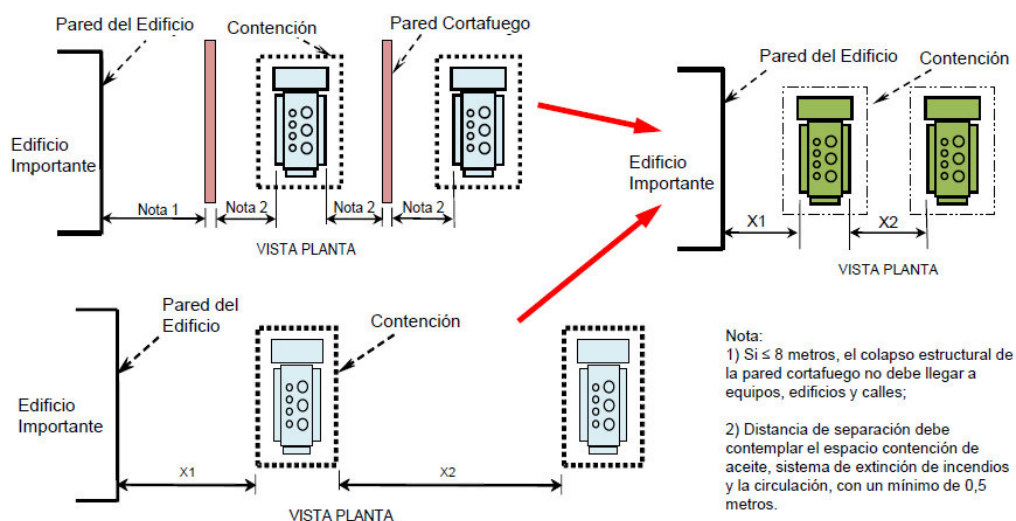


Figura 28. Comparativa de distancias mínima de seguridad al usar aceite vegetal ,
Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

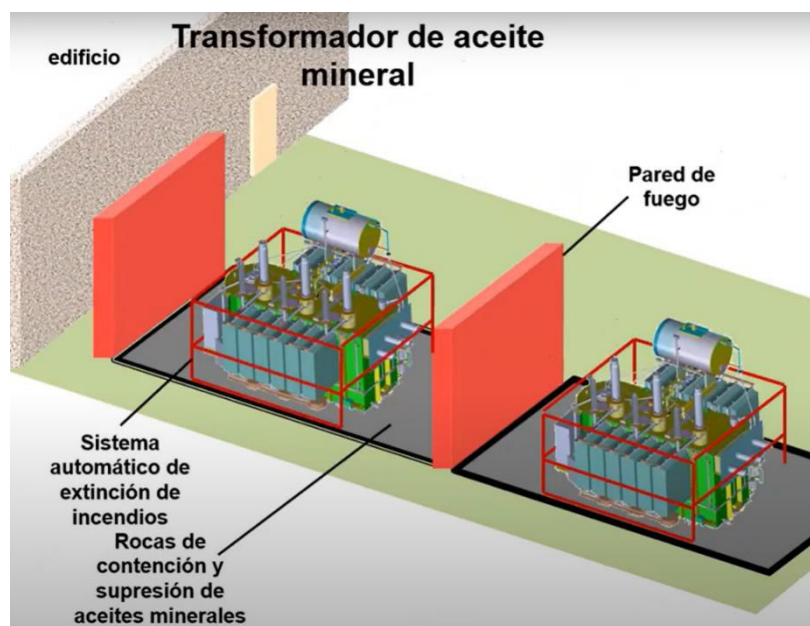


Figura 29. Esquema de instalación de un transformador de potencia en aceite mineral, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

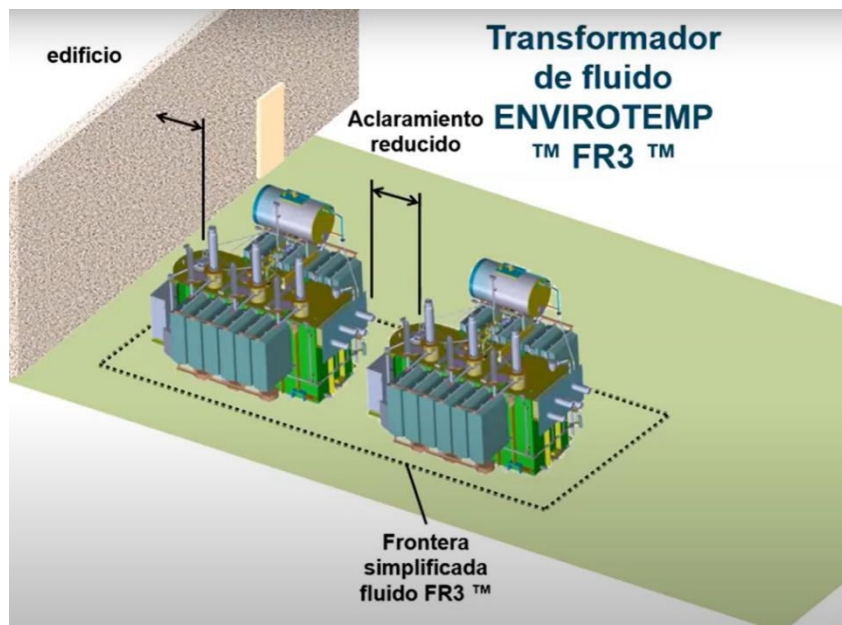


Figura 30. Esquema de instalación de un transformador de potencia en aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

De la Figura 31 el sistema de contención típico para aceite mineral es diseñado para el 110% del mayor volumen de aceite del equipo, más el agua de lluvia, más el sistema contra incendios.

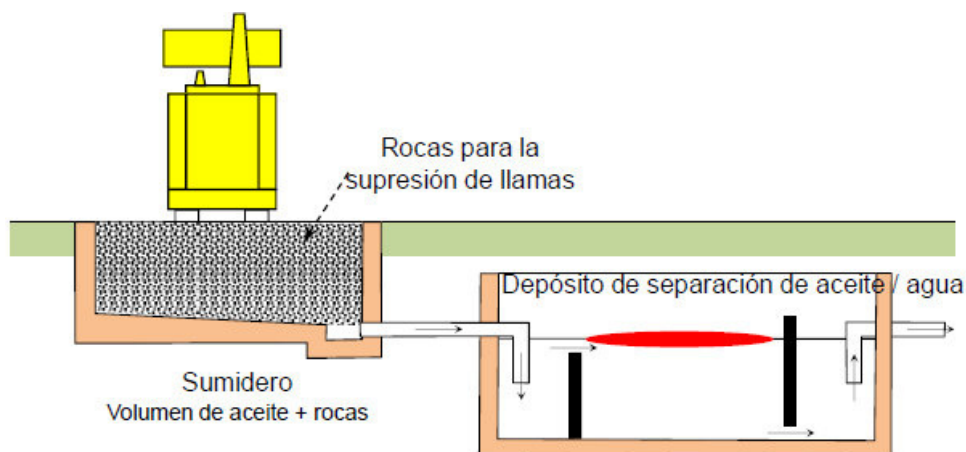


Figura 31. Sistema de contención típico para aceite mineral , Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

De la Figura 32 el sistema de contención típico para aceite vegetal es diseñado para equipos de mayor volumen de aceite más agua de lluvia, es un diseño más simple y menos costoso al no tener efecto negativo ambiental al contacto con el suelo.

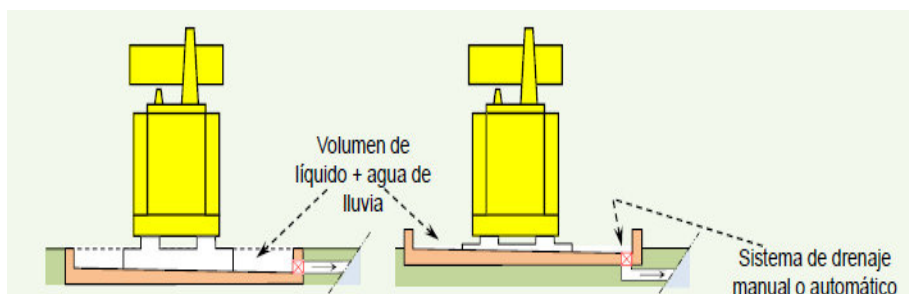


Figura 32. Sumidero simplificado para aceite vegetal, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf

Sistema de sellados aprobados para el uso de aceite vegetal

- Un transformador que no respira libremente no es necesariamente un transformador sellado.
- El proceso de renovación continua del aire no es adecuado, ya que mantiene el aire en contacto con el aceite en equilibrio con el ambiente.
- Las fugas pequeñas y el contacto no son críticos y pueden identificarse fácilmente mediante análisis de aceite.
- Aceite vegetal es una solución robusta para todas las aplicaciones excepto la respiración libre.

A continuación, sistemas de sellados aprobados para el uso de aceite vegetal:

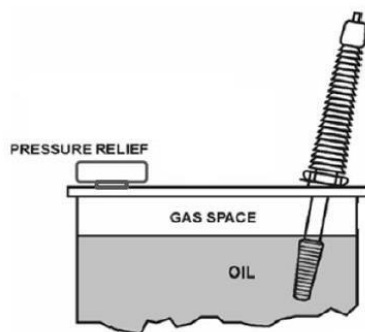


Figura 33. Sellado con aire o nitrógeno, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

En el presente trabajo el tipo de diseño que se usó fue sellado hermético, ya que este es ideal para potencias entre 7.5MVA y 20MVA, para lograr una mejor refrigeración en el aceite vegetal es necesario un sistema de radiadores.

- Estándar para pequeños transformadores de distribución.
- Espacio de cabeza con aire (la mayoría de los casos) o nitrógeno (N₂ seco).
- El oxígeno del aire se consumirá y la velocidad de oxidación se reducirá.

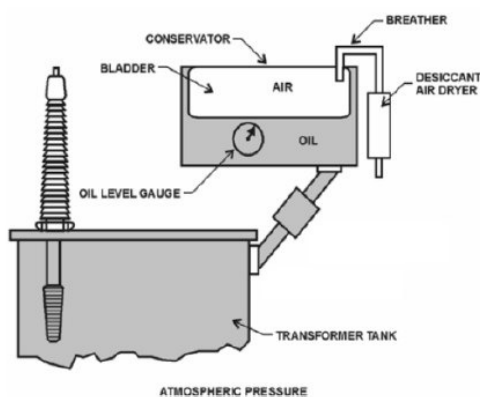


Figura 34. Sellado con bolsa o diafragma, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Estilo atmosférico para transformadores de poder
- La bolsa de goma es una barrera para el O₂ del aire.
- Cuenta con diafragma.
- Con o sin secador de aire.
- Se recomiendan bolsas de goma multicapa y de baja permeabilidad al gas.
- Sin necesidad de detección de rotura de bolsa.

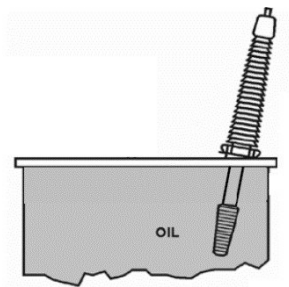


Figura 35. Herméticamente sellado, Fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

- Sistema con radiadores expansibles / tanque corrugado.
- Solución disponible hasta cierta potencia de transformador

3.5 PROCEDIMIENTO

3.5.1 Procedimiento esquematizado del proceso de fabricación de un transformador de potencia

El proceso de fabricación de un transformador conlleva en el desarrollo de diferentes áreas divididos en diferentes etapas, a continuación, los siguientes esquemas de flujogramas de cada área involucrada:

- Flujograma comercial
- Flujograma de ingeniería

- Flujograma de pruebas de transformadores

3.5.1.1 Flujograma comercial

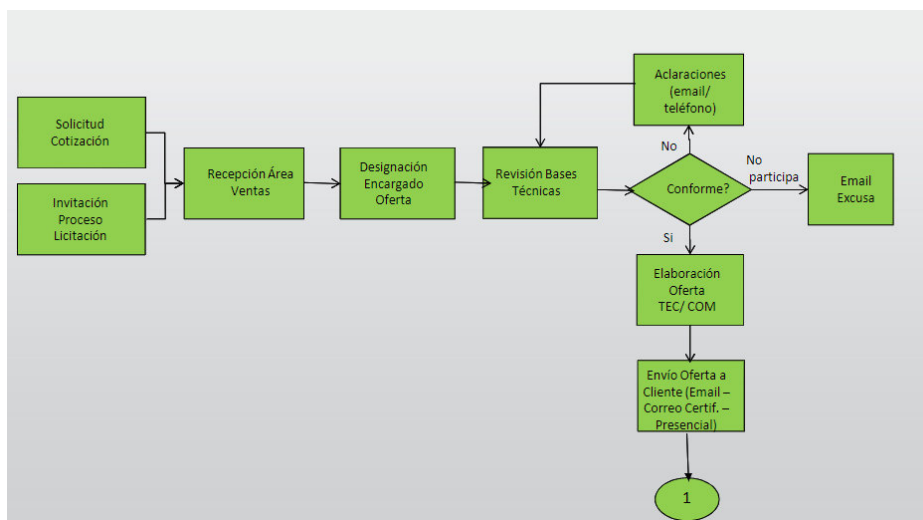


Figura 36. Flujograma comercial parte 1 de 2, Fuente: Propia

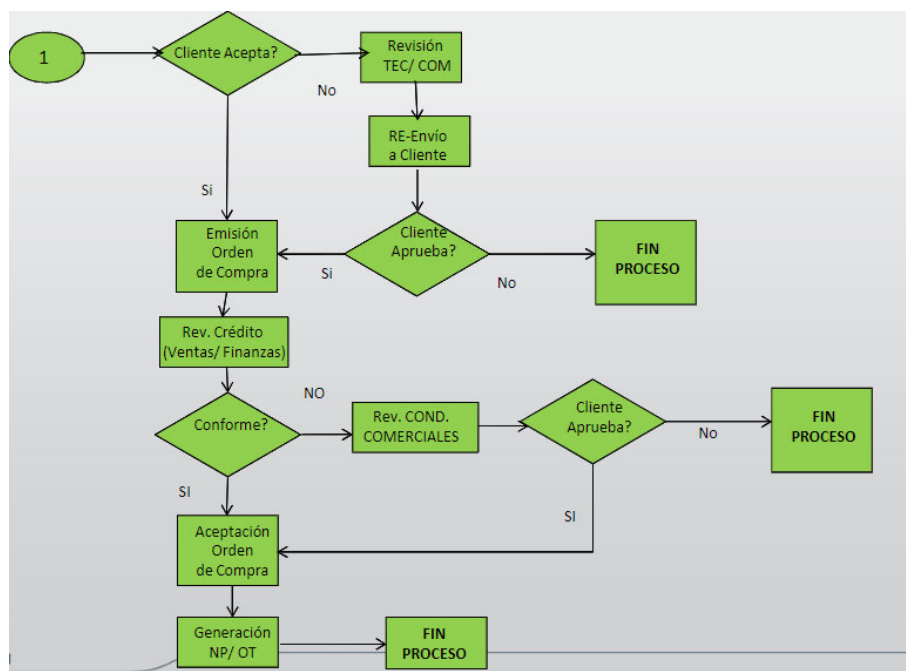


Figura 37. Flujograma comercial parte 2 de 2, Fuente: Propia

3.5.1.2 Flujograma de ingeniería

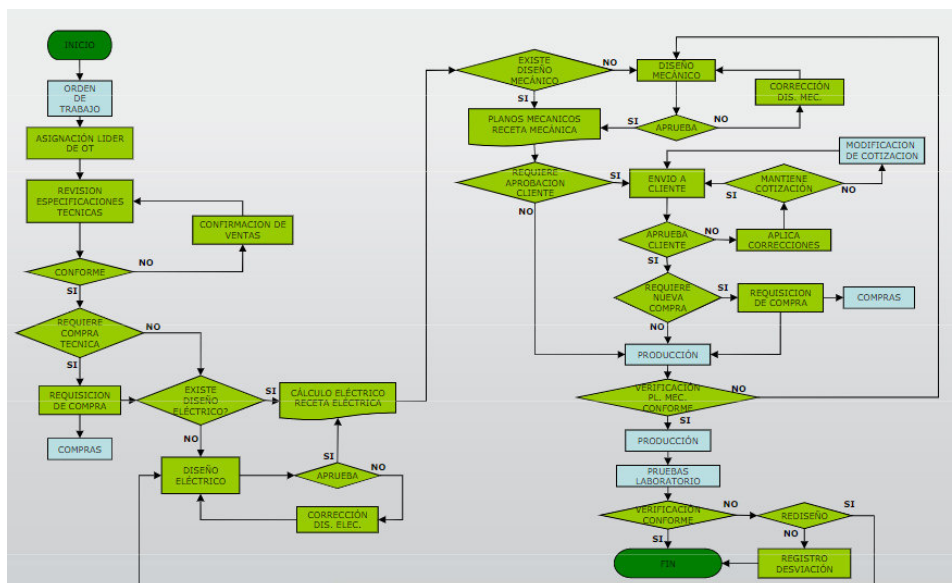


Figura 38. Flujograma de ingeniería, Fuente: Propia

3.5.1.3 Flujograma de pruebas de transformadores

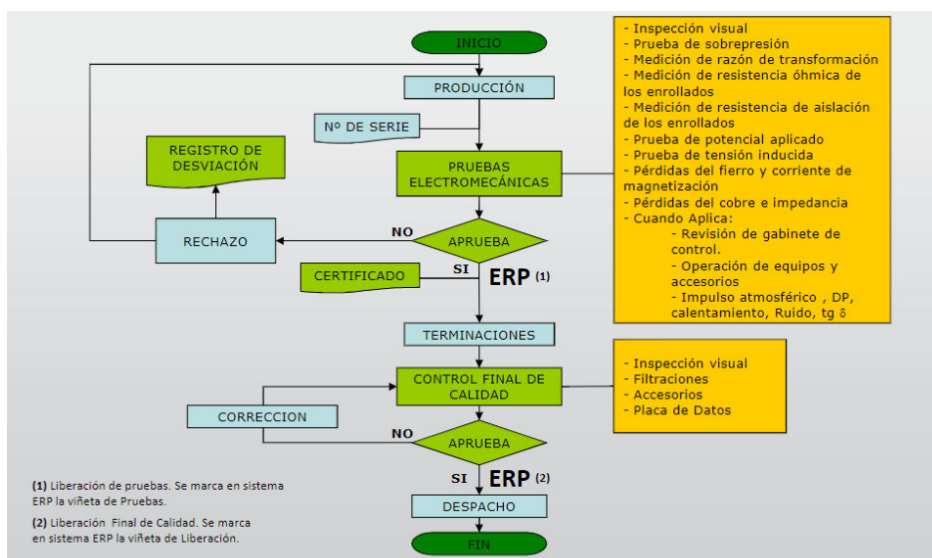


Figura 39. Flujograma de pruebas de transformadores, Fuente: Propia

3.5.2 Compatibilidad de material con el aceite vegetal

La compatibilidad de los materiales con el aceite vegetal es un requisito recurrente para los clientes que lo utilizan en sustitución del aceite mineral aislante. Los datos y resultados de compatibilidad suministrados en este documento fueron resumidos de sesenta y siete diferentes estudios separados sobre materiales de transformadores y fluido FR3, desde 1995. Este documento refleja la información más reciente disponible. La Tabla 8 presenta una lista de materiales probados y aprobados.

En general, los resultados muestran que el fluido FR3 es compatible con la mayoría de los elastómeros, polímeros y otros materiales comúnmente utilizados en la fabricación de equipos eléctricos. Estos mismos materiales también son, en general, compatibles con aceite mineral aislante y éster sintético. Las compatibilidades aquí indicadas se basan en nuevos materiales, sin uso.

Tabla 8 materiales probados y aprobados para uso en contacto con aceite vegetal, fuente: instalación, puesta en servicio y mantenimiento de transformadores inmersos en fluido FR3, 2017, Carguill

Materiales Probados y Aprobados para Uso en Contacto con Fluido FR3.

Materiales de Núcleo y Bobina Acero Silicio Cobre Desnudo Aluminio Desnudo Formvar polivinilo Alambre magnético de cobre Alambre magnético de aluminio Mandril cónico Papel Termo Estabilizado Papel Kraft Pressboard Papel diamantado Papel plano Tubería Tubos de crepé Lámina de fibras vulcanizadas Cinta de poliamida sin epoxi Adhesivo de acetato de polivinilo Bandas de Núcleo Vidrio / poliéster Dacron / epoxi Banda poliéster verde Banda nylon negro	Materiales Grupo A Epoxi termoestable Rynite 530 (PET) Nylon alta temperatura Poliéster Termoestable Rostone Fibra de vidrio / epoxi Poliéster GPO3 / laminado de vidrio Polyphthalamide Amodel 1133 Película de mylar (PET) Masonite Porcelana vitrificada Banda de sujeción de Nylon Materiales Grupo B Rosite 3250 Chaqueta alambre PVC Alambres y revestimientos epoxi Bloque de pino Sellador Locktite PST592 sellador de tubería Locktite Vibra-Seal Compuesto Permatex 51D	Elastómeros Buna-N Nitrilo NBR Nitrilo HNBR Epiclorhidrina ECO Viton Neopreno (usada) Cork/neopreno (usada) Componentes Equipos de Switchero Barra de bus estañado Barra de bus plateado Bandas de sujeción de Nylon Cuerda de fibra de vidrio Buje de botella Protector de TC Junta de la tapa y buje Poliéster GPO3 Ventana de semáforo Llaves auxiliares Sellos O-Ring Junta de semáforo Disco de botella Conector del tanque Junta del conector de tanque TC con alambres	Adhesivos PVA Caseína Epoxi Cianoacrilato Traba Rosca Anaeróbico Acrílicos (cintas) Cintas Poliéster/vidrio con adhesivo de caucho termoestable Adhesivo acrílico termoestable Papel Kraft c/ adhesivo de goma de trigo Misceláneas Polietileno Naftalato (PEN) Rynite 350 Buje primario HTN Conmutador Fusible Bay-O-Net Pintura epoxi (dos componentes) Núcleo epoxi Fenólico (DETC) Termo retráctil (poliéster) Madera laminada TX material de bloco (HDLP) Banda envoltorio de Nylon (6/6) Cita Aislante Yoke Liga CTC
--	---	---	--

3.5.3 Cronograma de fabricación

El proceso de fabricación fue aproximadamente 32 semanas.

Tabla 9 Cronograma de fabricación, Fuente: Propia

TRANSFORMADOR 3f 15 MVA 22.9/4.16 kV	Dic-19				Ene-20				Feb-20				Mar-20				Abr-20				May-20				Jun-20				Jul-20			
Actividades	49	50	51	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Ingeniería																																
Aprobación de planos																																
Bobinas																																
Núcleo																																
Armado de parte activa																																
Estanque																																
Secado parte activa																																
Envasado																																
Pruebas																																
Terminaciones y despacho																																

3.5.4 Procedimiento de secado y envasado con aceite vegetal

1. Ingresar el equipo al horno y aplicar el procedimiento de secado respectivo

SSE = Secado de la parte activa en horno sin estanque

SCV= Secado de parte activa con estanque sometido a vacío en el horno

REA= Reapriete de parte activa, después de primera etapa de secado o secado grueso

VPO= Vacío en estanque, posterior a secado, previo llenado, con radiadores y conservador montados, en caso aplique.

VPE= Vacío en estanque, posterior a envasado, lleno de aceite

Para la presentación en la tabla 10 los equipos se clasificarán de la siguiente forma:

ECM= Equipo compacto de medida

DIS= Transformador hasta 500 KVA

SSEE= Transformador mayor de 500 KVA, menor o igual a 5000 KVA

PM= Transformador tipo Pad Mounted

PO= Transformador de Potencia

Tabla 10 Tiempos de secado para un transformador, Fuente: Propia

POT. BASE [kVA]	DESCRIPCION	CLASE [kV]	SSE T°=120°C [HR]	SCV 1 T°=90°C [HR]	REA	SCV 2 T°=90°C [HR]	VPO [HR]	VPE [HR]
-	ECM	15-34.5	36	NA	NA	NA	3	2
<= 500	DIS	15-34.5	36	NA	NA	NA	6	2
501-1.500	SSEE y PM	15-34.5	48	NA	NA	NA	6	2
1.501-3.000	SSEE y PM	15-34.5	72	NA	NA	NA	6	4
3.001-5.000	SSEE	15-44	96	NA	(2)	NA	12	4
5.001-12.000	PO	15-44	96 (1)	NA	(2)	NA	18	6
12.001-30.000	PO	15-44	72 (1)	48	SI	24	24	6
5.001-12.000	PO	66-154	72 (1)	48	SI	48	24	6
12.001-50.000	PO	66-154	72 (1)	72	SI	48	24	6
50.001-70.000	PO	66-154	72 (1)	96	SI	72	24	6

(1) Estos equipos usualmente serán secados en horno al vacío.

(2) Solo cuando el sistema de sujeción de bobinas lo requiera.

- Una vez terminado el proceso de secado se mide el factor de potencia, todos los valores debe ser menor a 0.5%
- Se instala aisladores faltantes
- Se introducen los radiadores, sin tapa, al horno de secado atmosférico de poder, por 3 horas como mínimo a 90°C
- Montar radiadores y abrir válvulas
- Cerrar el transformador y realizar vacío menor o igual a 1 (mbar) por 24 horas, como mínimo.
- Una vez transcurrido el tiempo, romper vacío con aire seco y dejar a presión atmosférica.
- Medir nuevamente factor de potencia, debe ser menor a 0.5%.
- Presurizar con aire extra puro a 4 psi (aprox.) por 24 horas.
- Cumplido el tiempo de presurización con aire seco, realizar medición de Dew Point (punto de rocío). El valor medido debe ser menor a 0.5%
- Una vez terminada la medición de Dew Point aplicar vacío por 2 horas.
- Estando el transformador en vacío se realiza llenado con aceite vegetal, el cual debe estar a una temperatura mayor a 10°C, esto hasta que el fluido alcance 30cm bajo la tapa del transformador.
- Terminado el llenado, se cierran todas las válvulas y se deja el transformador con alto vacío por 6 horas como mínimo, para impregnación de la aislación.
- Romper vacío con nitrógeno o aire extra puro.

15. Con el transformador armado trasladar al laboratorio de pruebas, donde se conectará para la prueba de calentamiento. Cerrar las válvulas inferiores de los radiadores para evitar la circulación del aceite vegetal.
16. Energizar y subir la tensión hasta alcanzar las pérdidas totales máximas teórica del transformador y mantener hasta que la temperatura media del aceite llegue a 80°C. Tiempo aprox de llegar a la temperatura indicada es de 4 horas.
17. Después de llegar a la temperatura indicada y en el menor tiempo posible, cerrar todas las válvulas y dejar el transformador con alto vacío por 24 horas como mínimo.
18. Realizar una muestra de aceite desde la válvula inferior y medir:
 - Humedad
 - Factor de potencia
 - Rigidez dieléctrica
 - Tensión interfacial

Laboratorio no debe hacer pruebas dieléctricas hasta verificar que los resultados de las pruebas anteriores sean satisfactorios.

19. Realizar análisis cromatográfico y asegurar que se encuentre dentro de los valores permitidos.



Figura 40. Proceso de vacío y envasado a transformador de potencia 15MVA,

Fuente: propia

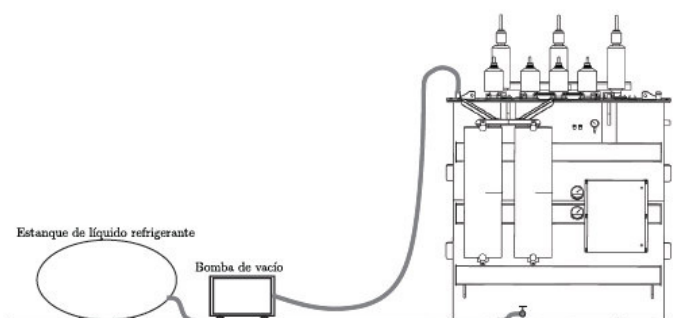


Figura 41. Esquema de llenado de un transformador de potencia, Fuente: Propia



Figura 42. Pruebas eléctricas, Fuente: propia

3.5.5 Criterios de aceptación del aceite en transformadores nuevos

Los fluidos homologados para el uso de la empresa deben cumplir con una serie de parámetros indicados en las normas IEEE Y ASTM.

A continuación, se indican los valores de aceptación para los parámetros a controlar en los fluidos, cada lote debe ser proporcionada con el certificado de pruebas donde se verifica el cumplimiento de los parámetros garantizados.

En todo transformador de poder, mayor o igual a 5MVA se realiza la prueba de rigidez dieléctrica y humedad previo a la realización de las pruebas con tensión.

En los procesos internos de Rhona se usa como referencia la columna IEEE C57.106-2015, a excepción de la humedad, no se debe envasar ningún transformador con humedad mayor a 25 ppm. En transformador mayores o iguales a 5MVA, no se debe usar aceite con humedad mayor a 10 ppm. Si el aceite tiene una humedad mayor, debe tratarse antes de llenar el equipo.

Tabla 11 Valores de aceptación del aceite mineral, Fuente: Propia

ACEITE MINERAL, VALORES DE ACEPTACIÓN						
Parámetro	Método	Unidad	Recepción		En TR. Antes de pruebas	
			IEEE C57.106-2015	ASTM 3487	IEEE C57.106-2015	
					V < 60 kV	60 ≤ V < 220 kV
Humedad **	ASTM D 1533 ⁽¹⁾	ppm	< 35	< 35	< 20	< 10
Rigidez Dieléctrica	ASTM D 1816, 1 mm	kV	≥ 20	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	ASTM D 1816, 2 mm ⁽¹⁾	kV	≥ 35	≥ 35	≥ 45	≥ 55
	ASTM D 877	kV		≥ 30	≥ 30	≥ 30
Tensión Interfacial	ASTM D 971 ⁽²⁾	mN/m	≥ 40	≥ 40	≥ 38	≥ 38
Color	ASTM D 1500	ASTM	0.5	0.5	1	1
Número de Acidez	ASTM D 974	mg KOH/g	< 0.03	< 0.03	< 0.03	< 0.03
Densidad	ASTM D 1298	g/mL 15°C	0.91	0.91	0.91	0.91
Factor de Potencia	ASTM D 924 25°C ⁽³⁾	%	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.05
	ASTM D 924 100°C ⁽⁴⁾	%	≤ 0.3	≤ 0.3	≤ 0.4	≤ 0.4

Tabla 12 Valores de aceptación del aceite vegetal, Fuente: Propia

ACEITE VEGETAL, VALORES DE ACEPTACIÓN						
Parámetro	Método	Unidad	Recepción		En TR. Antes de pruebas	
			IEEE C57.147-2018	ASTM D 6871	IEEE C57.147-2018	
					V < 60 kV	60 ≤ V < 220 kV
Humedad	ASTM D 1533 ⁽¹⁾	ppm	< 200	< 200	< 300	< 150
Rigidez Dieléctrica	ASTM D 1816, 1 mm	kV	≥ 20		≥ 25	≥ 30
	ASTM D 1816, 2 mm ⁽¹⁾	kV	≥ 35	≥ 30	≥ 45	≥ 55
Color	ASTM D 1500	ASTM	1	1	1	1
Número de Acidez	ASTM D 974	mg KOH/g	≤ 0.06	≤ 0.06	< 0.06	< 0.06
Densidad	ASTM D 1298	g/mL 20°C	0.96	0.96	0.96	0.96
Factor de Potencia	ASTM D 924 25°C ⁽²⁾	%	≤ 0.2	≤ 0.2	≤ 0.5	≤ 0.5
	ASTM D 924 100°C ⁽⁴⁾	%	≤ 4			

Tabla 13 Valores de aceptación del aceite silicona, Fuente: Propia

SILICONA, VALORES DE ACEPTACIÓN						
Parámetro	Método	Unidad	Recepción		En TR. Antes de pruebas	
			IEEE C57.111-1989	ASTM D 4652-92	IEEE C57.111-1989	
Humedad	ASTM D 1533 ⁽¹⁾	ppm	< 50	< 50	< 50	
Rigidez Dieléctrica	ASTM D 877 ⁽¹⁾	kV	≥ 35	≥ 35	≥ 30	
Color	ASTM D 2129	ASTM	15	15	15	
Número de Acidez	ASTM D 974	mg KOH/g	< 0.01	< 0.01	< 0.01	
Densidad	ASTM D 1298	g/mL 20°C	0.96	0.96	0.96	
Factor de Potencia	ASTM D 924 25°C ⁽²⁾	%	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.1	

3.5.6 Resultado de la implementación al usar aceite vegetal

Luego de realizar el procedimiento adecuado de secado y envasado del transformador y realización de pruebas eléctricas de fábrica con resultados dentro del rango de la norma permitida, se realiza el despacho del equipo e inspección final del transformador lista para ser instalada en terreno.



Figura 43. Liberación del equipo para despacho Fuente: propia



Figura 44. Instalación en terreno de transformadores de potencia en aceite vegetal
Fuente: propia

Item	Descripcion	Unidad	cantidad	Costo (USD)	Sub total (USD)	Total (USD)
1	Equipamiento					\$ 220,000.00
1.1	Transformador de potencia de 15MVA 4.16KV/0.48KV 3600msnm (en aceite mineral)	und	1	\$ 220,000.00	\$ 220,000.00	
2	Seguridad contra incendios					\$ 30,000.00
2.1	Paredes corta fuegos	und	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	
2.2	Sistema contra incendios	global	1	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00	
3	Obras civiles					\$ 315,000.00
3.1	Sumidero para deposito de aceite y rocas	global	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	
3.2	Deposito de separación de agua y aceite	globla	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	
3.3	Terreno adquirido y usado	global	1	\$ 300,000.00	\$ 300,000.00	
TOTAL EQUIPAMIENTO+ ACONDICIONAMIENTO PARA INSTALACION (ACEITE MINERAL)						\$ 565,000.00

Tabla 15 Análisis de costos al usar aceite vegetal a un transformador de potencia,

Fuente: propia

Item	Descripción	Unidad	cantidad	Costo (USD)	Sub total (USD)	Total (USD)
1	Equipamiento					\$ 250,000.00
1.1	Transformador de potencia de 15MVA 4.16KV/0.48KV 3600msnm (en aceite vegetal)	und	1	\$ 250,000.00	\$ 250,000.00	
2	Seguridad contra incendios (NO APLICA)					\$ -
2.1	Paredes corta fuegos (NO APLICA)	und	0	\$ -	\$ -	
2.2	Sistema contra incendios (NO APLICA)	global	0	\$ -	\$ -	
3	Obras civiles					\$ 224,000.00
3.1	Sumidero para deposito de aceite y rocas	global	1	\$ 4,000.00	\$ 4,000.00	
3.2	Deposito de separación de agua y aceite	global	1	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00	
3.3	Terreno adquirido y usado	global	1	\$ 210,000.00	\$ 210,000.00	
TOTAL EQUIPAMIENTO+ ACONDICIONAMIENTO PARA INSTALACION (ACEITE VEGETAL)						\$ 474,000.00

4.2 Conclusiones

De acuerdo con el análisis del uso del aceite vegetal en aplicaciones a transformadores de potencia, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- 1) El fluido vegetal cuenta con una biodegradación rápida y completa hasta en menos de 28 días, es reciclable y fácilmente descartable.
- 2) El aceite vegetal es un derivado de recursos naturales y es renovable, no considerado peligroso ni en el agua ni en el suelo por agencias de salud y medioambientales (EPA/OSHA)
- 3) El procedimiento de fabricación de un transformador de potencia es casi similar al del aceite mineral.
- 4) El elemento más importante de la vida de un transformador es su celulosa, es decir los materiales de aislamiento como el papel o cartón que enrolla la bobina, con el uso del aceite vegetal prolonga la vida del aislamiento de 5 a 8 veces más que el aceite mineral.
- 5) La corrosividad de los ácidos formados por el uso de aceite mineral se disminuye significativamente al usar aceite vegetal, permitiendo una vida más extensa de los accesorios y todo material que entre en contacto con este.
- 6) Con el aceite vegetal mejora y aumenta la capacidad de sobrecarga hasta un 20% y puede ser operado con 20°C más caliente sin pérdida de vida útil.
- 7) Debido a su clasificación como clase K, no es necesario la implementación de paredes cortafuegos ni sistemas contraincendios ya que este fluido no se

incendia, cuenta con un histórico “0” incendios por más de 25 años desde su primer transformador con éster natural

- 8) Si consideramos los costos asociados al acondicionamiento para la instalación del transformador se obtiene un ahorro aproximado de 19.1%.

En resumen, de la tabla 16 las diferentes propiedades de cada tipo de aceite

Tabla 16 Diferencia de las propiedades del aceite, fuente: Aplicación de Aceite Vegetal en Transformadores-cargill - Agosto 2019.Pdf.

	Aceite Mineral	Esteres naturales (Fluido FR3)	Ester Sintético	Silicona
Fluido Base	aceite de petróleo	Aceite vegetal	Hidrocarburos	Polidimetilsiloxanos
Capacidad de diagnóstico	Si	Si	Si	Bajo
Punto de incendio	160°C	360°C	310°C	340°C
Biodegradabilidad	Bajo	Completamente	Fácilmente	No
Base natural	No	Si	No	No
Oxidación	Buena	Muy Buena (non-free breathing)	Muy Buena	Muy Buena
Envejecimiento	Promedio	Mejor	Mejor	Promedio
Costo	\$	\$\$	\$\$\$	\$\$\$

CAPÍTULO V

RECOMENDACIONES

- 1) El uso de este recurso natural es renovable ya que su origen son las semillas vegetales, se recomienda a las organizaciones y proveedores de este tipo de aceite, llevar un control adecuado para la no sobre explotación de este recurso, en la actualidad solo representa una pequeña parte que se da en el uso a transformadores.
- 2) En la actualidad, a nivel global están optando por el uso del fluido vegetal, el país solo cuenta con un 10% de transformadores en aceite vegetal, se recomienda impulsar y concientizar a las empresas a usar este tipo de fluido y dar a conocer los beneficios y ventajas que ofrece.
- 3) Para el control del aceite vegetal, este se realiza de la misma forma que uno en aceite mineral, se recomienda realizar un análisis de aceite físico químico y cromatográfico cada 6 meses teniendo en cuenta las normativas del tipo de aceite.
- 4) Se recomienda no sobrecargar constante el transformador, este debe ser solicitado a sus valores nominales.
- 5) Para la conservación y almacenamiento de aceite vegetal, el proveedor de aceite recomienda almacenar en envases y contenedores en sectores internos, secos, fuera de la luz solar directa y con un ambiente por encima de los 10°C.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- Amigdael Osmir Calderón Cerna, Juan Ernesto Pérez Lúe, Ramiro Moisés Pérez Mendoza (2020). Análisis comparativo del uso de aceite mineral y aceite vegetal en transformadores de distribución. El Salvador.
- Javier Esaú Hernández Arévalo, Diego Fernando Guidos Espinoza (2020). Análisis de fallas en transformadores de potencia y su prevención. El Salvador.
- Mario Andres Mejía Taboada (2020). Estudio de factibilidad técnico-económica para la implementación de transformadores de distribución con aceite vegetal en redes eléctricas situadas en climas cálidos. Colombia.
- ABB S.A. (2015). Fluidos esterres una solución innovadora para transformadores de potencia. Perú. Extraído de:
<https://new.abb.com/docs/librariesprovider78/chile-documentos/novenas-jornadas-tecnicas-2015/pp/jose-pi%C3%B1eros---fluidos-esterres.pdf?sfvrsn=2>
- ABB S.A. (2014). Nuevos materiales usados en la fabricación de transformadores ABB . Lima Perú .
- Electricidad la revista energética de Chile (2018). Aceite mineral es el más usado para los transformadores de alta tensión. Chile. Extraído de:
<http://www.revistaei.cl/reportajes/aceite-mineral-mas-usado-los-transformadores-alta-tensaceite-mineral-es-el-mas-usado-para-los-transformadores-de-alta-tension-ion/#>
- William Salvador (2014). Evaluación térmica en transformadores de potencia, cargabilidad y efectos en la vida del sistema de aislamiento. El Salvador.
- Reynaldo Villanueva Ure (2011) XIX CONIMERA. Alternativas ecológicas para transformadores de potencia. Perú.
- Depuroil S.A (1999), Presentación sobre tratamientos de reciclaje de aceites eléctricos. Ecuador.

- Daniel Brambila Tello, Lluxil Viridiana Gijon Olivares (2015). Predicción de fallas en los transformadores de potencia mediante la técnica de cromatografía de gases. Mexico.
- Universidad, Ciencia y Tecnología. (2013) Metodología para estimar la vida útil del autotransformador de 4MVA, 700 MVA de la subestación guayana debido a sobrecargas. Venezuela. Extraído de:
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212013000200001
- IEEE (1995) Std C57.91-1995 "IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Transformers".
- IEEE (1999) Std C57.12.90-1999 "IEEE Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers".
- Gallo M, E. (2005) "Diagnóstico y Mantenimiento de Transformadores en Campo". Primera Edición. Asociación Colombiana de Ingenieros. Bogotá- Colombia.
- Flores, W. (2007) "Vida de transformadores de potencia sumergidos en aceite: Situación Actual. Parte I. Correlación entre la vida y la temperatura. IEEE Latin America Transactions. Vol 5, N° 1. Argentina.
- Cargill (2013) Aplicación de los fluidos dieléctricos.
- Cargill (2016) Guía de ensayos de fluido FR3
- Cargill (2017) Fluido Envirotamp FR3 Guía de Almacenamiento, Instalación, Puesta en Servicio y Mantenimiento de Transformadores Inmersos en Fluido FR3.
- Cargill (2016) Guía para Relleno de Transformadores de Poder > 7500kVA.
- Cargill (2020) Guía de almacenamiento y manipulación del fluido FR3.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1: ANALISIS FISICO QUIMICO DE ACEITE VEGETAL



Laboratorio de Aceites

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE ACEITE

N° Certificado	: LAB-FQ-990
Tipo de Muestra	: Aceite FR3 Vegetal
Cliente	: RHONA PERU S.A.C.
Ubicación	: RHONA S.A.
Tipo de Equipo	: Hermético con Colchón de Aire
Voltaje	: 22.9/4.16 kV
Potencia	: 15 MVA
Marca	: RHONA
N° de Serie/TAG	: 70124
Fecha de muestreo	: 28/04/2020
Fecha Informe	: 29/04/2020
Año fabricación	: 2020

RESULTADOS

	Método	Unidad	Resultados	Limite Aceite Nuevo Voltaje ≤ 69 kV
Humedad	: ASTM D 1533	ppm	22.5	< 300
Rigidez Dieléctrica	: ASTM D 1816 a 2 min	kV	58.2	> 45
Factor de potencia 25° C	: ASTM D924	%	0.075	< 0.5
Resistividad Volumétrica 25°C	: ASTM D1169	ohm*cm	20.85 X 10 ¹²	
Numero neutralización	: ASTM D974	mg KOH/g	0.004	< 0.06
Densidad	: ASTM D1298	25°C	0.913	
Color	: ASTM D1500	ASTM Unidad	< 1	1
Aspecto Visual	: ASTM D1524		Verde Brillante	Claro y Brillante

Diagnóstico

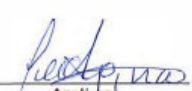
Parámetros dentro de límites.

Recomendaciones

Aceite apto para servicio.
Volver analizar dentro de un año.

Observaciones

Muestra con descarte inmediato.
Muestra tomada por Manuel Gálvez, RHONA S.A.
Bibliografía: IEEE Std C57.147-2008 "IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Natural Ester Fluids in Transformers"



Analista
Georgina Guzmán
Supervisor Laboratorio Aceite



Aprobado por
Enzo Barrera
Jefe de Servicios

www.rhona.cl

Vina del Mar
Vintero Agua Santa #2011
Tel: +56 22 252 06 00
vinom@rhona.cl

Santiago - Ejército
Ejército Libertador #120
Tel: +56 22 5 00 87 00
santiago@rhona.cl

Santiago - Panamericana
Avenida Salvador Pri Mollino #2050
Tel: +56 22 207 37 00
santiago@rhona.cl

Antofagasta
Nicolás Briceño 100 oficina 10 3080
Tel: +56 55 228 62 00
antofagasta@rhona.cl

Concepción
Cerro Huéque #2000
Tel: +56 41 284 01 00
concepcion@rhona.cl

ANEXO 2: ANALISIS CROMATOGRÁFICO DE ACEITE VEGETAL



RHONA

Laboratorio de Aceites

ANALISIS DE GASES DISUELTOS EN ACEITE

N° Certificado	: LAB-CR-831
Tipo de Muestra	: Aceite FR3 Vegetal
Cliente	: RHONA PERU S.A.C.
Ubicación	: RHONA S.A.
Tipo de Equipo	: Hermético con Colchón de Aire
Voltaje	: 22.9/4.16 kV
Potencia	: 15 MVA
Marca	: RHONA
N° de Serie/TAG	: 70124
Fecha de muestreo	: 28/04/2020
Fecha Informe	: 29/04/2020
Año fabricación	: 2020

RESULTADOS

	Unidad	Resultado	Límite
Nitrógeno (N ₂)	: ppm (v/v)	4843	< 100000
Oxígeno (O ₂)	: ppm (v/v)	689	< 5000
Dióxido de Carbono (CO ₂)	: ppm (v/v)	48	< 4000
Monóxido de Carbono (CO)	: ppm (v/v)	9	< 400
Hidrógeno (H ₂)	: ppm (v/v)	2	< 50
Metano (CH ₄)	: ppm (v/v)	1	< 50
Etano (C ₂ H ₆)	: ppm (v/v)	4	< 50
Etileno (C ₂ H ₄)	: ppm (v/v)	0	< 50
Propano (C ₃ H ₈)	: ppm (v/v)	0	< 25
Propileno (C ₃ H ₆)	: ppm (v/v)	0	< 25
Acetileno (C ₂ H ₂)	: ppm (v/v)	0	< 1
TGC*	: ppm (v/v)	16	< 1201

Diagnóstico

Parámetros dentro de límites.

Recomendaciones

Aceite apto para servicio.
Volver analizar dentro de un año.

Observaciones

Muestra con descarte inmediato.
Muestra tomada por Manuel Gálvez, RHONA S.A.
TGC* = CO+H ₂ +CH ₄ +C ₂ H ₆ +C ₂ H ₄ +C ₃ H ₈
Método ASTM D3612, Procedimiento RHONA, Duval.



Analista
Georgina Guzmán
Supervisor Laboratorio Aceite



Aprobado por
Enzo Barrera
Jefe de Servicios

www.rhona.cl

Vina del Mar
 Valdivia Apdo. Sur 1100
 Tel: +56 61 22 00 00
 info@rhona.cl

Santiago - Ejército
 Geopark, Balmaceda 110
 Tel: +56 22 800 87 00
 santiago@rhona.cl

Santiago - Panamericana
 Avenida Vicuña 770, Maipo 11000
 Tel: +56 22 501 71 00
 santiago@rhona.cl

Antofagasta
 Huachaca 1100, La Granja 1100
 Tel: +56 55 26 60 00
 antofagasta@rhona.cl

Concepción
 Comandante Barrios 1100
 Tel: +56 41 244 81 00
 concepcion@rhona.cl

ANEXO 3: CERTIFICADO DE ANALISIS DE PROVEEDOR CARGILL



Certificado de Análisis

Producto: ENVIROTEMP FR3 FLUIDO

Fecha de Fabricación: 20/12/2019

Lote: PB4489

"Si el producto se recibe o se utiliza después de un año de la "fecha de fabricación", póngase en contacto con el fabricante antes de su uso."

Parámetros Analizados	Especificación	Resultados	Método ASTM D6871	IEC 62770
Humedad, ppm	Max 200	15,3	D 1533	IEC 60814
Acidez, mgKOH/g	Max 0,08	0,024	D 974	-
Punto de inflamación COC, °C	Min 275	320	D 92	ISO 2592
Punto de combustión COC, °C	Min 300	358	D 92	ISO 2592
Viscosidad cinemática @ 40°C, cSt	Max 50	33,45	D 445	-
Viscosidad cinemática @ 100°C, cSt	Max 15	7,98	D 445	-
Apariencia	Claro	Claro	D 1524	Visual
Punto de fluidez, °C	Max -10	-18	D 97	ISO 3016
Factor de disipación @ 25°C, %	Max 0,20	0,04	D 924	IEC 60247
Factor de disipación @ 90°C, %	Max 4,0	0,53	-	IEC 60247
Factor de disipación @ 100°C, %	Max 4,0	0,62	D 924	IEC 60247
Rigidez dieléctrica, 2mm, kV	Min 35	57,7	D 1816	IEC 60156
Rigidez dieléctrica 2,5mm, kV	Min 42	72,2	-	IEC 60156
Color, ASTM	Max 1,0	0,4	D1500	-

Propiedad típica	Especificación	Resultados	Método ASTM D6871	Método
Contenido de PCB, ppm	No se detecta	No se detecta	D 4059	IEC 61619
Azufre corrosivo	No Corrosivo	No Corrosivo	D 1275	-
Densidad @20°C, g/ cm3	Max 0,96	0,92001	D 4052	ISO 12185

Resultados que parecen en el certificado de análisis como típico no fueran analizados en cada lote, no han sido analizados para este lote y representan valores o rangos normalmente encontrados en este material.









Dalane Nascimento
CONTROLE DE QUALIDADE
CRQ IV: 04266451

Cargill Especialidade Industriais
Av. Antonio de Oliveira Santos, s/nº - Vila Sorocabana - Mairinque / SP - Brasil - CEP: 18120-000
+55 (11) 5099-3477/3458 customer_service_cis@cargill.com

ANEXO 4: HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE ACEITE VEGETAL



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIAL

1. IDENTIFICACIÓN

Fluido Envirotemp® FR3®

El fluido Envirotemp FR3 es un fluido dieléctrico destinado al uso como medio aislante y refrigerante en equipos eléctricos tales como transformadores de distribución y potencia.

Cooper Power Systems
1900 East North Street
Waukesha, Wisconsin 53188-3899 USA
Teléfono: +01 262 524 3300
Internet: www.cooperpower.com
Teléfono de Emergencia (Chemtrec)
En el EE.UU.: 800 424 9300
Afuera de EE.UU.: +01 703 527 3887

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

El fluido Envirotemp FR3 es una formulación patentada usando aceites vegetales de clase comestible combinado con aditivos de mejora de desempeño. Todos los componentes están listados en el inventario de EINECS.

Componente	Proporción (wt%)
Aceite Vegetal	> 98.5
Aditivo antioxidante	< 1.0
Aditivo reductor punto de fluidez	< 1.0
Colorante	< 1.0

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

El fluido Envirotemp FR3 es un preparado no clasificado como peligroso por la Directiva 1999/45/EC. No se espera que o mismo cause peligros severos de emergencia.

Vías de entrada

Ojos: Puede ocurrir contacto debido a salpicadura o exposición a las condiciones de niebla. Puede causar irritación y rojez.

Piel: Típicamente no irritante. En algunos casos, una sensibilización a aceites vegetales puede causar rojez localizada.

Ingestión: Puede causar irritación al aparato gástrico.

Inhalación: Exposición puede ocurrir debido a la exposición a la niebla. Puede causar irritación a las vías respiratorias.

Signos y síntomas de exposición: ninguno conocido

Condiciones médicas generalmente agravadas por exposición: Hay un riesgo muy pequeño de reacción alérgica al aceite de soja en personas alérgicas a la soja.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Si hubo inhalación, remover la persona afectada de la exposición a nieblas.

Contacto con los ojos: Para contacto con los ojos, lavar inmediatamente con mucho agua con los párpados mantenidos alejados del ojo para asegurar un enjuague completo.

Contacto con la piel: Para contacto con la piel, remover lavando con abundante agua y jabón. Consultar a un médico si la irritación persiste.

Ingestión: Se ingerido, observar señales de incomodidad estomacal o náusea. Si los síntomas persistir, procure por ayuda médica. No inducir el vómito.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIO

Medios de Extinción: CO₂ o espuma química seca

Procedimientos Especiales de Lucha contra Incendio: Usar aparato de respiración autónomo aprobados y equipo de protección completo en áreas confinadas. Usar agua para enfriar envases expuestos al fuego. Se puede usar agua rociada para alejar los derrames de la fuente de ignición. La aplicación de agua al aceite inflamado puede causar su esparcimiento.

Peligros de explosión e incendio inusual: Leves al ser expuestos a la llama. Pueden reaccionar con materiales oxidantes. Materiales de arcilla (tierra Fuller, productos para secado de aceite) saturados con fluido Envirotemp FR3 pueden, bajo ciertas condiciones, sufrir una lenta oxidación que suelta calor. Si el calor suelto no puedes escapar, es posible que la temperatura pueda aumentar e incendiar materiales combustibles en contacto próximo.

6. MEDIDAS DE DERRAMAMIENTO ACCIDENTAL

Medidas a Ser Tomadas en Caso de Derramamiento o Escape del Producto: Contener y controlar escapes o derramamientos con materiales absorbentes no-combustibles, como arena, tierra, vermiculite o tierra diatomácea, en envases para descarte de residuos. Impida cualquier material de entrar en contacto con desagües o canales de agua. Si el producto contaminar canales de agua, ríos o desagües, alerte las autoridades responsables de acuerdo con los procedimientos estatuidos.

En el EE.UU., derramamiento en aguas navegables debe ser reportado al *National Response Center*, 800-424-8802.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAJE

Precauciones a Adoptar en la manipulación y Almacenaje: Evitar temperaturas extremas en el almacenaje. Almacenar el fluido Envirotemp FR3 en envases rotulados, herméticamente cerrados en áreas frescas, secas, aisladas y bien ventiladas, lejos de fuentes de ignición o calor. Para mantener el fluido para la utilización prevista, como fluido aislante eléctrico, eliminar la exposición al oxígeno y a la humedad.

Contenedor intermediario de almacenamiento (Envase 1000 litros): Exposición prolongada a la radiación ultravioleta (luz solar) puede afectar el color.

8. CONTROLES A LA EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Valores límites de exposición:

	TWA (mg/m ³)	
	OSHA ¹ PEL	ACGIH ² TLV
Nieblas de aceite vegetal	–	10
Nieblas de aceite vegetal: polvo total	15	–
Nieblas de aceite vegetal: fracción respirable	5	–

Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos (HMIS):	Salud	Inflamabilidad	Peligros Físicos
	0	1	0

Protección respiratoria: La vaporización en temperaturas ambientes no es esperada. Así, no se prevé la necesidad de protección respiratoria bajo condiciones normales de uso, y con ventilación adecuada. Si previsto aerotransporte de concentraciones arriba de los niveles aplicables a la área de trabajo, debe ser usado respirador con filtro para vapor orgánico equipado con prefiltro de polvo/niebla, aprobada por NIOSH. Factores de protección varían conforme el tipo de respirador utilizado. Los respiradores deben ser usados en conformidad con OSHA (29 CFR 1910.134). Para casos extremos, puede ser necesario el uso de protección respiratoria aprobadas con suprimiendo de aire.

¹ U.S. Occupational Health and Safety Administration

² American Conference of Governmental Industrial Hygienists

Ventilación: Ventilación mecánica general puede ser usada para controlar o reducir concentraciones de aceite llevadas por el aire.

Guantes de protección: Se esperado contacto frecuente o prolongado, usar guantes fabricadas con materiales resistentes a productos químicos como neopreno o goma de nitrilo grossa. Usar guantes resistentes al calor cuando manipular el producto en temperaturas elevadas.

Protección de los ojos: Usar anteojos protectores o antiparras para evitar contacto con los ojos. Debe haber fuentes para el lavado de ojos disponibles en las áreas donde sea manipulado el fluido Envirottemp FR3.

Otros Equipamientos o Ropas de Protección: Usar regularmente trajes de faena o delantales limpios para minimizar la exposición a la piel.

Prácticas de higiene en el local de trabajo: Lavar con jabón y agua después de contactos. Evitar a exposición a nieblas.

Control de exposición ambiental: Poseer materiales absorbentes de aceite fácilmente disponibles.

9. PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS

Aspecto y olor: líquido verde claro limpio con leve olor de aceite vegetal	pH: neutro
Punto de inflamación vaso cerrado: 310 – 320 °C	Temperatura de auto-ignición: 401 – 404 °C
Punto de ebullición: >360 °C	Densidad relativa (H₂O = 1): 0,92
Presión de vapor (mm Hg): < 0,01 @ 20 °C	Punto de fluidez: -18 a -24 °C
Densidad del vapor (aire = 1): n/a	Tasa de evaporación (acetato de butilo = 1): cero
Solubilidad en agua: Despreciable; < 0,1%	Compuestos orgánicos volátiles: < 0,001 g/L
Viscosidad: 33 – 35 mm ² /s a 40 °C	Miscibilidad: mezcla con otros fluidos dieléctricos excepto silicona

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: El fluido Envirottemp FR3 es estable en condiciones normales de uso.

Incompatibilidad (materiales a ser evitados): Evitar contactos con materiales fuertemente oxidantes.

Descomposición o subproductos peligrosos: ningún

Polymerización peligrosa: no ocurrirá

Estabilizadores: no requerido

Reacción exotérmica peligrosa: Leves al ser expuestos a la llama. Pueden reaccionar con materiales oxidantes. Líquido clase III B. Materiales de arcilla (tierra Fuller, productos para secado de aceite) saturados con fluido Envirottemp FR3 pueden, bajo ciertas condiciones, sufrir una lenta oxidación que suelta calor. Si el calor suelto no puedes escapar, es posible que la temperatura pueda aumentar e incendiar materiales combustibles en contacto próximo.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Carcinogenicidad: ninguna **NTP:** no **Monografías IARC:** no **Reglamentado por OSHA:** no

Los aceites básicos del fluido Envirottemp FR3 son "generalmente reconocidos como seguros" (GRAS) por la FDA (U.S. Food and Drug Administration) y autorizados para consumo humano como alimento y como componente de alimento humano.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Toxicidad oral aguda (OECD 420 - ratones): LD ₅₀ >2000 mg/kg	
Toxicidad acuática aguda (OECD 203 - truchas): LC ₅₀ >1000 mg/kg; NOAEC >1000 mg/kg	
Biodegradación Acuática (OPPTS 835.3110): fácilmente biodegradable, >99%	
Demanda bioquímica de oxígeno (5-Días SM5210B): 250 ppm	
Demanda química de oxígeno (SM5220D): 560 ppm	Tasa BOD/COD: 45%
Contenido de hidrocarburos de petróleo: ningún	

Peligros físicos ambientales: El fluido Envirotemp FR3 comparte de los peligros físicos comunes a todos los aceites como tales como cobertura de plumas, pelaje y agallas.

13. CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Reciclaje: Consultar recicladores locales de aceites usados o grasas de restaurante, compañías de procesamiento de grasa o productores de biodiesel.

Residuos peligrosos: Cuando descartado, el fluido Envirotemp FR3 no es un residuo peligroso. El fluido Envirotemp FR3 proveniente de equipos eléctricos rellenos puede contener residuos de fluido(s) anterior(es) en tal cantidad que pueden calificarlo como residuo peligroso.

Disposición: Incineración o basurero conforme reglamentos locales. No derramar en desagües o canales de agua.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Sistema Harmonizado de Clasificación Tarifaria (Schedule B): 1518.00.0000

EE.UU. National Motor Freight Classification (NMFC): 155250

Euro Tariff: 15 18 00 00 00

15. INFORMACIÓN NORMATIVA

Cuando descartado, el fluido Envirotemp FR3 no es listado como residuo peligroso por 40 CFR 261 y no es un aceite usado por 40 CFR 279. El fluido Envirotemp FR3 es un preparado que no es clasificado como peligroso por la Directiva 1999/45/EC.

16. OTRAS INFORMACIONES

Información técnica disponible en el sitio de Cooper Power Systems: www.cooperpower.com

Esta Hoja de Datos de Seguridad de Material fue preparada para auxiliar a los usuarios del fluido Envirotemp FR3. Las informaciones aquí descritas son consideradas precisas en la fecha de preparación de este documento.

Este documento es una traducción adaptada de su original en inglés, Material Safety Data Sheet 98082 – June 19, 2008.

Fecha de entrada en vigor: 19 de Junio de 2008.

Data de la traducción elaborada por Cooper Power Systems: 15 de Enero de 2010.



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUTO: Fluido Envirottemp FR3

Revisão: 3

Mar/16

Pag.: 1 de 6

1 – IDENTIFICACIONE DE LA EMPRESA Y DEL PRODUCTO

Identificación del producto:	Fluido Envirottemp FR3
Usos recomendados:	El fluido dieléctrico es destinado a ser utilizado como medio aislante y refrigerante en equipos eléctricos.
Nombre de la empresa:	CARGILL INDUSTRIAL SPECIALTIES
Dirección:	Av. Antônio de Oliveira Santos, s/nr., Distrito Industrial, CEP: 18120-000, Mairinque - SP - Brazil
Teléfono de contacto:	(+55 11) 4718-8198
Teléfono de emergencia:	Brasil: (+55 11) 4718-1619/ 0800-707-7022 USA: 1 800-255-3924-Chem Tel
E-mail:	-cis-brazil-customerservice@exch.cargill.com

2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación del producto:	No clasificado como peligroso en el sistema de clasificación utilizado.
Sistema de clasificación	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), Naciones Unidas.
Clasificación de peligros, NFPA:	Salud: 0 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0
Clasificación de peligros, HMIS:	Salud : 0 Inflamabilidad: 1 Peligros Físicos: 0
Otros peligros:	El producto no tiene otros peligros
Elementos de la etiqueta:	
Recomendaciones de precaución :	Lávese las manos después de manipular el producto . Mientras se manipula el producto no beber , comer o fumar . Se recomienda el uso de PPE apropiados durante el manejo del producto Obtener información sobre el producto antes de su uso . Almacenar el producto en un lugar adecuado . En caso de emergencia proceda de la ficha de seguridad.



3- COMPOSICIÓN E IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Nombre:	Mezcla
CAS#	8001-22-7
Ingredientes o impurezas que contribuyen al peligro:	Producto no contribuye al peligro.

4- MEDIDAS DE PRIMEROS AUXÍLIOS

Inhalación:	Llevar a la víctima al aire libre.
Contacto con los ojos:	Enjuague bien con agua durante varios minutos. En el caso de las lentes de contacto, quitarlas, si es fácil. Continúe enjuagando. Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico. Tome este HDS.
Ingestión:	No inducir el vómito. Enjuagar la boca de la víctima con agua. Si no se siente bien, llame a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o un médico. Tome este HDS.
Contacto con la piel:	Lavar la piel expuesta con agua suficiente para eliminar el material.
Síntomas y efectos más importantes:	No se esperan efectos y síntomas después de la exposición al producto.



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUTO: Fluido Envirotemp FR3

Revisión: 3	Mar/16	Pág.: 2 de 6
-------------	--------	--------------

Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente:

Si es necesario, proveer tratamiento sintomático.

5- MEDIDAS DE COMBATE AL INCENDIO

Medios de extinción:	Adecuado: Compatible con dióxido de carbono (CO ₂), espuma, agua rociada y polvo químico seco. No recomendado: Chorros de agua directamente. No use agua en el equipo activo.
Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla:	La combustión del producto químico o de sus recipientes puede formar gases tóxicos e irritantes, tales como monóxido y dióxido de carbono. Pueden reaccionar con materiales oxidantes. Materiales de arcilla (tierra Fuller, productos para secado de aceite) saturados con fluido Envirotemp FR3 pueden, bajo ciertas condiciones, sufrir una lenta oxidación que suelta calor. Si el calor suelto no puedes escapar, es posible que la temperatura pueda aumentar e incendiar materiales combustibles en contacto próximo.
Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios:	Equipo de protección respiratoria del tipo autónomo (SCBA) con presión positiva y ropa protectora completa. Contenedores y depósitos implicados en el incendio deben enfriarse con agua rociada.

6- MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO

Precauciones personales, Para las personas que no forman parte del equipo de emergencia : Para el personal de servicios de emergencia : Precauciones con el medio ambiente: Métodos y materiales para contención y limpieza:	Aislar el derrame de fuentes de ignición. No fume. No toque los recipientes dañados o el material derramado sin el uso de vestimenta adecuada. Utilice el equipo de protección individual conforme el descrito en la sección 8, si necesario. Evite que el derrame llegue a los cursos de agua y red de alcantarillado.
Diferencias de acción en caso de derrames grandes y chicos:	Use barreras naturales o de contención de derrames. Absorber el material derramado con arena u otro material inerte y colocarlo en un recipiente para su eliminación adecuada. Para su eliminación, proceder de acuerdo con la Sección 13 de esta FDS No hay distinción entre acciones de grandes y pequeños vertidos para ese producto.

7- MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Medidas técnicas apropiadas para la manipulación:

Prevención para exposición y manipulación:	Manipular en un área ventilada o un sistema de ventilación general/escape local. Evitar el contacto con materiales incompatibles. Evitar el contacto con la piel, ojos y ropa. Evite respirar los vapores o neblina de este producto.
Medidas de higiene:	Observar las buenas prácticas de higiene industrial, no comer, beber o fumar durante la manipulación del producto.

Medidas técnicas apropiadas para el almacenamiento:

Condiciones de almacenamiento seguro:	Almacene en local ventilado y protegidos del calor. Mantener alejado de materiales incompatibles. Mantenga el recipiente cerrado. Mantener almacenado a una temperatura ambiente que no ultrapase 35°C. No es necesario añadir estabilizadores y antioxidantes para asegurar la durabilidad del producto.
Condiciones que deben ser evitadas:	Altas temperaturas. Fuentes de ignición. Materiales incompatibles. (Agentes oxidantes fuertes.)



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUTO: Fluido Envirotemp FR3

Revisão: 3	Mar/16	Pag.: 3 de 6
------------	--------	--------------

Materiales de embalaje: Semejante a embalaje original.

Ambientes confinados: Ambientes confinados tienen restricción de la ventilación por no ser una ocupación humana continua de la zona, la atmósfera ambiental no puede tener la cantidad de oxígeno necesaria para el trabajador para respirar, pero también puede contener sustancias volátiles disueltos en el aire.

Recomendaciones de seguridad : Si el producto ha sido almacenado o transportado en un camión cisterna y es necesaria después de vaciar el medio ambiente, que implica el acceso de las personas al tanque de limpieza, es obligatorio seguir los procedimientos de acceso que se NR 33- Seguridad y Salud en el Trabajo en Los espacios confinados, utilizando un equipo de respiración portátil.

8- CONTROL DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Parámetros de control

Límites de exposición ocupacional: No establecido.
Indicadores biológicos: No establecido.

Medidas de control de ingeniería: Promover el sistema de ventilación y de escape directamente al exterior. Estas medidas ayudan a reducir la exposición al producto. Medios para el lavado de ojos deben estar fácilmente disponibles en el área de trabajo.

Medidas de protección individual, como equipos de protección personal:

Protección para los ojos/cara: Gafas con protección lateral.
Protección para la piel y el cuerpo: Zapatos cerrados, ropa de seguridad para la protección de todo el cuerpo.
Protección respiratoria: Con base a los límites de exposición ocupacional de los productos, una evaluación de riesgos se debe realizar para definir la protección respiratoria adecuada a la vista de las condiciones de uso del producto.

Riesgos térmicos: No presenta riesgos térmicos.

El acceso en ambientes confinados : Aparato portátil de respiración, con la batería, o enviado por mangueras de aire conectados a la máscara

9- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto : Líquido limpio verde
Olor: Suave
pH: Neutro
Punto de fusión / punto de congelación: No disponible
Punto inicial de ebullición e intervalo de ebullición: >360°C.
Punto de inflamación, recipiente cerrado): >310°C
Tasa de evaporación : No disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas) : No disponible.
Límites superior/inferior de inflamabilidad o de explosividad: No disponible
Presión del vapor: < 1.3 x 10⁻² mmHg a 20°C
Densidad de vapor (Aire = 1): No disponible
Densidad relativa: 0,92
Solubilidad: Inmiscible en agua.
Coefficiente de reparto n-octanol/agua No disponible
Temperatura de autoinflamación: 401°C ASTM E659



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUCTO: Fluido Envirottemp FR3

Revisión: 3	Mar/15	Pag.: 4 de 6
-------------	--------	--------------

Temperatura de descomposición: No disponible
Viscosidad: 33-35 mm² @ 40° C.

10- ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Estable en condiciones normales de temperatura y presión.
Posibilidad de reacciones peligrosas: No hay reacciones peligrosas con respecto al producto.
Condiciones que deben evitarse: Altas temperaturas (>240°C). Materiales incompatibles.
Materiales incompatibles: Basándose en los datos de los ingredientes, se espera que el producto es incompatible con: agentes oxidantes.
Productos de descomposición peligrosos: No son conocidos productos de descomposición peligrosos.
Los productos utilizados en los procedimientos de limpieza: Se recomienda verificar el producto MSDS para ser utilizado para la limpieza si tiene cualquier incompatibilidad química con el material a limpiar.

11- INFORMAÇÕES TOXICOLÓGICAS

Toxicidad aguda: Producto no clasificado como tóxico agudo por vía oral. (OECD 420)
Corrosión/irritación cutáneas: No es clasificado para corrosión/irritación de la piel. El contacto prolongado o repetido con la piel puede causar resequeza, agrietamiento y la irritación.
Lesiones oculares graves/irritación ocular: No es clasificado para lesiones oculares graves/irritación ocular.
Sensibilización cutánea o respiratoria: No es esperado que el producto provoque sensibilización cutánea o respiratoria.
Mutagenicidad en células germinales: No es clasificado para mutagenicidad en células germinales. La información relativa
Carcinogenicidad: No clasificado carcinógeno para los humanos (Grupo 3 - IARC).
Toxicidad para la reproducción: No es esperado que el producto presente toxicidad en la reproducción.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposición única: No es clasificado para toxicidad específica de órganos diana para una exposición única. Puede causar irritación del tracto respiratorio en altas concentraciones puede causar tos y estornudos.
Toxicidad sistémica específica de órganos diana - Exposiciones repetidas: No es esperado que el producto presente toxicidad específica de órganos diana para una exposición repetida.
Peligro por aspiración: No es esperado que el producto presente peligro por aspiración.
Ambientes confinados: La condición de la atmósfera en ambientes confinados puede presentar riesgos para el sitio y exponer a los trabajadores a los riesgos de muerte, incapacidad, limitación de habilidades para el auto-rescate, lesión o enfermedad.

12- INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Efectos ambientales, comportamientos y destino del producto

Ecotoxicidad: Producto no clasificado como tóxico para el medio acuático.
Toxicidad acuática: no hay efectos adversos observados.
>10000 mg/kg (ASTM D608, OECD 203)
Toxicidad oral aguda: no hay efectos adversos observados.
>2000 mg/kg (OECD 420)
CL50 (Oncorhynchus mykiss, 96h): > 1000 mg/L
NOEC (Oncorhynchus mykiss,): > 1000 mg/L
Persistencia y degradabilidad: Fácilmente biodegradable.
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días): 250 ppm
la demanda química de oxígeno (SM5220D): 560ppm
BOD / COD: 45 %
Potencial bioacumulativo: No se espera potencial de bioacumulación en los organismos acuáticos.
Movilidad en el suelo: El producto tiene baja movilidad.



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUTO: Fluido Envirotemp FR3

Revisão: 3	Mar/16	Pag.: 5 de 6
------------	--------	--------------

Resultados de PBT e vPvB	No aplicable
Otros efectos adversos	El fluido Envirotemp FR3 comparte riesgos físicos comunes a todos los aceites, como cobertura de plumas, pelaje y agallas.

13- CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación del producto químico, los residuos del producto y/o envase contaminados y/o en el envase:	
Producto:	Cuando descartado, el fluido Envirotemp FR3 no es un residuo peligroso. Debe desecharse según la normativa local. Leyes federales, estatales y locales deben ser consultadas.
Residuos del producto:	Mantenga el resto del producto en su envase original y debidamente precintadas. La eliminación debe realizarse según lo previsto para el producto.
Embalaje usada:	No reutilizar los envases vacíos. Ellos pueden contener restos del producto y debe ser cerrado y enviado para su disposición apropiada como se requiere para el producto.

14 INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Reglamentaciones internacionales	
Terrestre, UN - "United Nations" Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS. Model Regulations.	No clasificado como peligroso
Marítimo: IMO - "International Maritime Organization" (Organização Marítima Internacional) International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code).	No clasificado como peligroso
Aéreo: IATA - "International Air Transport Association" (Associação Internacional de Transporte Aéreo) Dangerous Goods Regulation (DGR).	No clasificado como peligroso
Nº ONU:	No clasificado como peligroso para el transporte en los distintos modos.

15- INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Lista SARA:	
SARA 355 (Substâncias extremamente perigosas)	Ingredientes não listados
SARA 313 (Relato específicos de prod. Quím. tóxicos)	Ingredientes não listados
TSCA (Toxic Substances Control Act)	Ingredientes listados
Preposição 65 (California)	
Produtos Químicos causadores de Câncer	Ingredientes não listados
Produtos Químicos Que podem causar toxicidade à Reprodução em mulheres	Ingredientes não listados
Produtos Químicos Que podem causar toxicidade à Reprodução em homens :	Ingredientes não listados
Produtos Químicos que podem causar toxicidade ao desenvolvimento:	Ingredientes não listados
Categoria carcinogênicos:	
EPA(Environmental Protection Agency)	Ingredientes não listados



HDS

GHS

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

PRODUTO: Fluido Envirottemp FR3

Revisão: 3	Mar/16	Pag.: 6 de 6
------------	--------	--------------

IARC (International Agency for Research on Cancer)	Ingredientes não listados
TLV (Threshold Limit Value established by ACGIH)	Ingredientes não listados
MAK (German Maximum Workplace Concentration)	Ingredientes não listados
NIOSH-Ca (National Institute for Occupational Safety and Health)	Ingredientes não listados
OSHA-Ca (Occupational Safety & Health Adm.)	Ingredientes não listados
State Right to Know Listings:	Ingredientes não listados
Canadian substance listings	
Canadian Domestic Substances:	Ingredientes listados
Canadian Ingredient Disclosure list (limit 0,1%)	Ingredientes não listados
Canadian Ingredient Disclosure list (limit 1%)	Ingredientes não listados

Regulaciones específicas para el producto químico:

Convention concerning Safety in the use of Chemicals at Work (Convention 170) - International Labour Organization, 1990.
International Organization for Standardization - ISO 11014:2009.

16- OTRA INFORMACIÓN

Esta HDS fue preparada con base en los conocimientos actuales del producto y proporciona información relativa a la protección, la seguridad, la salud y el medio ambiente. Es advertido que la manipulación de cualquier sustancia química requiere el conocimiento previo de sus peligros por parte del usuario. Cabe a la empresa usuaria del producto promover el entrenamiento de sus empleados y contratados con relación a los posibles riesgos provenientes del manejo del producto químico.

Legendas e abreviaturas:

CAS - Chemical Abstracts Service, NR - Norma Regulamentadora, ONU - Organização das Nações Unidas

Referências bibliográficas:

SDS Enviromtemp FR3 Fluid, Cargill USA Revisão em 03/04/2014.
Global Safety management, Inc. - www.globalsafetynet.com

ANEXO 5: CERTIFICADO DEL USO DE ACEITE DIELECTRICO EN TRANSFORMADORES



California Environmental Technology Certification



Pursuant to the provisions of Section 25200.1.5 of the California Health and Safety Code

Cooper Power Systems
Envirotemp® FR3™ Vegetable Oil-Based Dielectric Fluid
 is hereby recognized as a
CERTIFIED TECHNOLOGY

The Envirotemp® FR3™ Vegetable Oil-Based Insulating Dielectric Fluid (Envirotemp® FR3™) is hereby certified as a pollution prevention technology. The technology is certified for use as an insulating dielectric fluid in transformers. Field test results show that the Envirotemp® FR3™ Vegetable Oil-Based Insulating Dielectric Fluid is a readily biodegradable, vegetable oil-based dielectric fluid with a flash and fire point above 300°C. The product has dielectric breakdown voltages comparable to mineral oils, silicone oils, synthetic esters, and high molecular weight hydrocarbons. Envirotemp® FR3™ samples from in-service transformers had flash and fire points above 300°C. Based on limited results performed on virgin product, the spent Envirotemp® FR3™ fluid may exhibit a hazardous characteristic per California's hazardous waste regulations. The end-user must characterize the spent Envirotemp® FR3™ fluid at the time of disposal since changes may occur to the oil due to use, storage, or age. This certification is subject to the specific conditions, limitations, and disclaimer set forth in the Certification Notice as published in the California Regulatory Notice register on January 10, 2003, Register No. 2003, Volume No. 2-Z, pages 43-55.

Certificate Number 03-01-040 became effective on February 8, 2003, for a period of three (3) years unless revoked in accordance with Section 68070 of Title 22 of the California Code of Regulations.



Winston H. Hickox
 Winston H. Hickox
 Agency Secretary
 California Environmental Protection Agency

ANEXO 6: CERTIFICADO APROBADO POR FM

Approval Guide		FM Approvals
Transformer Fluids These fluids are FM Approved as components for use in FM Approved liquid-insulated transformers. Use of a less-flammable or nonflammable transformer fluid, by itself, does not render a transformer Approvable. Approval Standard 3990 describes the other required criteria for Approval of a transformer assembly.		
Less Flammable Transformer Fluids Less flammable transformer fluids are used in the cooling and insulating of liquid-cooled transformers. They have a fire point greater than 572°F (300°C) when tested per ASTM D-92.		
Envirotemp® FR3™ Envirotemp® FR3™ Natural Ester-Based Transformer Insulating Fluid.		
Company Name:	Cargill	
Company Address:	13400 15th Ave N, Suite B, MS 103, Plymouth, Minnesota 55441, USA	
Company Website:	http://www.cargill.com	
New/Updated Product Listing:	No	
Listing Country:	United States of America	
Certification Type:	FM Approved	

	Certificate of Compliance
	This certificate is issued for the following:
	Envirotemp FR3 Natural Ester-Based Less-Flammable Transformer Insulation Fluid
	Prepared for:
	Cargill Industrial Specialties 12201 S. Torrence Avenue Chicago, IL 60617 United States
	FM Approvals Class: 6933
	Approval Identification: 2D0A4-AF Approval Granted: 01/21/1998
	To verify the availability of the Approved product, please refer to www.approvalguide.com
	Said Approval is subject to satisfactory field performance, continuing Surveillance Audits, and strict conformity to the constructions as shown in the Approval Guide, an online resource of FM Approvals.
 Member of the FM Global Group	 _____ Cynthia Frank Asst. Vice President - Group Manager, Materials FM Approvals 1151 Boston-Providence Turnpike Norwood, MA 02062

ANEXO 7: CERTIFICADO APROBADO UL



MR. CHARLES TANGER
CARGILL INCORPORATED
MS-66-4-9320
9320 EXCELSIOR CROSSINGS BLVD
HOPKINS MN 55343

Date: 2013/04/16
Subscriber: 100586942
PartySite: 2751100
File No: MH10678
Project No: 13SR9847766
PD No: 13MI6351
Type: R
PO Number:

Subject: Procedure And/Or Report Material

The following material resulting from the investigation under the above numbers is enclosed.

Issue

<u>Date</u>	<u>Vol</u>	<u>Sec</u>	<u>Pages</u>
1998/06/03	1	2	Cert of Compliance

Revised Date

Please file revised pages and illustrations in place of material of like identity. New material should be filed in its proper numerical order.

NOTE: Follow-Up Service Procedure revisions DO NOT include Cover Pages, Test Records and Conclusion Pages. Report revisions DO NOT include Authorization Pages, Indices, Section General Pages and Appendixes.

Please review this material and report any inaccuracies to UL's Customer Service Professionals. Contact information for all of UL's global offices can be found at <http://www.ul.com/global/eng/pages/corporate/contactus>.

If you'd like to receive updated materials FASTER, UL offers electronic access and/or delivery of this material. For more details, contact UL's Customer Service Professionals as shown above.

This material is provided on behalf of UL LLC(UL) or any authorized licensee of UL.

NEK File

CERTIFICATE OF COMPLIANCE

Certificate Number 20130416-MH10678
Report Reference MH10678-19980603
Issue Date 2013-APRIL-16

Issued to: CARGILL INCORPORATED
 MS-66-4-9320
 9320 EXCELSIOR CROSSINGS BLVD
 HOPKINS MN 55343

This is to certify that DIELECTRIC MEDIUMS; TRANSFORMER FLUIDS
representative samples of Model: Dielectric medium, "Envirotemp® FR3."

Have been investigated by UL in accordance with the Standard(s) indicated on this Certificate.

Standard(s) for Safety: UL 340, Tests for Comparative Flammability of Liquids
Additional Information: See the UL Online Certifications Directory at www.ul.com/database for additional information

Only those products bearing the UL Classification Mark should be considered as being covered by UL's Classification and Follow-Up Service.

The UL Classification Mark includes: UL in a circle; with the word "CLASSIFIED" (as shown); a control number (may be alphanumeric) assigned by UL; a statement to indicate the extent of UL's evaluation of the product; and the product category name (product identity) as indicated in the appropriate UL Directory.

Look for the UL Classification Mark on the product.

William R. Carney

William R. Carney, Director, North American Certification Programs
 UL LLC

Any information and documentation involving UL Mark services are provided on behalf of UL LLC (UL) or any authorized licensee of UL. For questions, please contact a local UL Customer Service Representative at www.ul.com/contactus.



ANEXO 7: CERTIFICADO ISO 18001:2007 RHONA

	
RHONA S.A. RUT: 92.307.000-1 Agua Santa N°4211 – Viña del Mar CHILE	
<i>Bureau Veritas Certification Chile S.A., certifica que el Sistema de Gestión de la organización mencionada ha sido evaluado y se muestra acorde con los requerimientos de las normas detalladas a continuación.</i>	
OHSAS 18001:2007 NCh 18001. Of. 2009 ALCANCE DEL SISTEMA	
DISEÑO, FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE TRANSFORMADORES Y ACCIONAMIENTOS ELÉCTRICOS EN PLANTA INDUSTRIAL RHONA S.A., AGUA SANTA N°4211, VIÑA DEL MAR.	
Fecha inicio del ciclo original:	30 Noviembre 2012
Fecha expiración del ciclo anterior:	NA
Fecha de auditoría de Certificación / Recertificación:	NA
Fecha inicio de ciclo de Certificación / Recertificación:	30 Noviembre 2018
Sujeto al funcionamiento satisfactorio continuo del Sistema de Gestión de la organización, este certificado vence el:	
11 Marzo 2021	
Número de Registro INN: C- 1016 Certificado Serie N°: BVCSG9995	Versión Número: 00 Fecha de Revisión: <u>Noviembre 28, 2018</u>
	
Firmado En Nombre De Bureau Veritas Certification Chile S.A.	
	
Gestión e Inspección Bureau Veritas Certification Chile S.A., Av. Maruthun 2643 Maipú, Santiago - Chile Puntos de locuciones en cuanto al alcance de este certificado y la aplicabilidad del Sistema de Gestión se pueden obtener consultando a la organización. Para verificar la validez de este certificado, llamar al teléfono 0566204859067. Plantilla de certificado para normas series 3045 J° 1 Junio 05, 2018	

ANEXO 8: CERTIFICADO DE PRUEBAS ELECTRICAS AL TRANSFORMADOR DE POTENCIA 15MVA

CERTIFICADO DE PRUEBAS							
N° CERTIFICADO	: 0000070425	N°SERIE	: 70124	CLIENTE	: RHONA PERU S.A.C		
O.C.N°	: 100-1	N° OT	: OT002780-18	FECHA DE EMISIÓN	:		
FABRICANTE	: RHONA S.A	N° TAG	: 1130-TF-001	TIPO	: PODER		
PRODUCTO	: TRANSFORMADOR 3f 15 MVA 22.9/4.16 kV						
POTENCIA [kVA]	: 15000	REFRIGERACIÓN	: OA	ELEVACIÓN DE T°	: 65 [°C]		
TENSIÓN AT [V]	: 22900	DERIVACIONES	: 24045 - 23473 - 22900 - 22328 - 21755	TENSIÓN BT [V]	: 4160		
POLARIDAD	: Dyn1	FLUIDO AISLANTE	: Aceite Vegetal	FRECUENCIA	: 60 [Hz]		
ALT DE OPERACIÓN	: 4400 [msnm]	FASES	: 3	PESO TOTAL	: 28900 [kg]		
PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN							
		I1 [A]	I2 [A]	I3 [A]	CORRIENTE EXCITACIÓN [A]	%	PÉRDIDAS EN VACÍO [W]
		6.01	4.24	5.55	5.27	0.25	16471
PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA							
ALIMENTACIÓN DERIVACIÓN [V]		I NOMINAL [A]		TEMP° ENSAYO [°C] : 18.35		A T° [°C] : 75	
				Vcc [%]		PÉRDIDAS EN CARGA [W]	
22900		378.18		4.11		54272	
						70743	
RESISTENCIA DE BOBINA AT EN OHM X 10E -3							
DERIVACIÓN	RESISTENCIA EN AT: 18.6 [°C]				PROM. A:		
N°	TENSIÓN [V]	H1 - H2	H2 - H3	H3 - H1	75 [°C]		
1	24045	94.090	95.050	93.780	115.32		
2	23473	92.030	92.960	91.710	112.79		
3	22900	89.980	90.890	89.660	110.27		
4	22328	87.550	88.440	87.230	107.29		
5	21755	85.430	86.280	85.110	104.68		
RAZÓN DE TRANSFORMACIÓN Y POLARIDAD							
H1-H2 X0-X2	H2-H3 X0-X3	H3-H1 X0-X1	I NOMINAL [A]				
			AT	BT			
10.003	10.003	9.9997	360				
9.7772	9.7773	9.7761	369				
9.5511	9.5517	9.5509	378				
9.2929	9.2936	9.2935	388				
9.0671	9.0672	9.0677	398	2081.8			
RESISTENCIA DE BOBINA BT EN OHM X 10E -3							
Medido a:	X1-X2	X2-X3	X3-X1	PROM. A: 75 [°C]			
18.6 [°C]	2.0410	2.0160	2.0330	2.4820			
RESISTENCIA DE AISLACIÓN							
REALIZADA CON MEGOHMETRO 5 [kV]		TEMP: 23.3 [°C] HUM: 37.5%					
		AT-BT [MΩ]	AT-MASA [MΩ]	BT-MASA [MΩ]			
		3530	4210	3070			
ENSAYOS DIELECTRICOS							
VOLTAJE APLICADO	kV	Seg.					
AT	50	60					
BT	19	60					
VOLTAJE INDUCIDO	V	Seg.					
EN LADO : BT	8320	36					
LÍQUIDO AISLANTE							
TIPO :	Envirotemp FR3						
RIGIDEZ :	> 10 ASTM 877						
VOLUMEN:	5448 [L]						
- El líquido aislante no contiene Bifenilos Policlorados (PCB)							
PRUEBA DE SOBREPRESIÓN : OK							
OBSERVACIONES							




ANEXO 9: DETALLE DE PRUEBAS ELECTRICAS

		LABORATORIO DE PRUEBAS						HT.		
		MEDICIÓN DE RAZÓN DE TRANSFORMACIÓN PRIM. - SEC.						PG.		
								REV.		
CLIENTE		PROYECTO QUELLAVECO								
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]		CONEXIÓN	N° SERIE			
2780-18	15	3	22.9	4.16		Dyn1	70124			
A.- MEDICIONES Y RESULTADOS:										
AT			BT			RAZÓN TEÓRICA	VALORES MEDIDOS			
TAP	DENOM.	TENSIÓN [V]	TAP	DENOM.	TENSIÓN [V]		H3-H1	H1-H2	H2-H3	MAX. ERR. %
							X0-X1	X0-X2	X0-X3	
1	PRIM.	24045	1	SEC.	4160	10.0113	9.9997	10.0030	10.0030	0.12
2	PRIM.	23473	1	SEC.	4160	9.7732	9.7761	9.7772	9.7773	0.04
3	PRIM.	22900	1	SEC.	4160	9.5346	9.5509	9.5511	9.5517	0.18
4	PRIM.	22328	1	SEC.	4160	9.2964	9.2935	9.2929	9.2936	0.04
5	PRIM.	21755	1	SEC.	4160	9.0579	9.0677	9.0671	9.0672	0.11
RELACIÓN VECTORIAL Y GRUPO DE CONEXIÓN										
Al efectuar la medición de razón de transformación, se obtuvieron las siguientes relaciones vectoriales:										
H3-H1 en fase con: X0-X1 H1-H2 en fase con: X0-X2 H2-H3 en fase con: X0-X3										
Por lo tanto se concluye que el grupo de conexión es Dyn1										
OBSERVACIONES:										
ELABORADO POR		APROBADO POR		INSPECCIÓN		FECHA		HOJA		
Cristian Villalón		Leonardo Ruiz		Claudio Salas		28-04-2020		3		

	LABORATORIO DE PRUEBAS						HT.	
	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS ENROLLADOS DEL PRIMARIO						PG.	
	PROYECTO QUELLAVECO						REV.	
	CLIENTE							
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]		CONEXIÓN	N° SERIE	
2780-18	15	3	22.9	4.16		Dyn1	70124	
A.- DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO EMPLEADO En esta prueba se emplea el equipo SAMGOR modelo SG5002, el que realiza una medición directa con alta precisión del valor de la resistencia, garantizando la calidad de la lectura y la confiabilidad de los datos registrados.								
B.- RESISTENCIA DE ENROLLADOS DE AT								
TAP	H1 - H2 [Ω]	H2 - H3 [Ω]	H3 - H1 [Ω]	Promedio [Ω]				
1	0.09409	0.09505	0.09378	0.0943				
2	0.09203	0.09296	0.09171	0.0922				
3	0.08998	0.09089	0.08966	0.0902				
4	0.08755	0.08844	0.08723	0.0877				
5	0.08543	0.08628	0.08511	0.0856				
CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO								
Temperatura ambiente [°C]	Temp. aceite superior [°C]	Temp. aceite inferior [°C]	Temperatura TOP OIL [°C]	Temperatura de medición [°C]				
22.8	18.1	17.1	19.1	18.6				
OBSERVACIONES: 								
ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA				
Cristian Villalon	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	28-04-2020	4				

	LABORATORIO DE PRUEBAS																											
	MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE LOS ENROLLADOS DEL SECUNDARIO																											
	HT. PG. REV.																											
CLIENTE	PROYECTO QUELLAVECO																											
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]	CONEXIÓN	N° SERIE																						
2780-18	15	3	22.9	4.16	Dyn1	70124																						
C.- RESISTENCIA DE ENROLLADOS DE BT (4.16 [kV]): <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>X1-X2</td> <td>X2-X3</td> <td>X3-X1</td> <td>Promedio</td> </tr> <tr> <td>[mΩ]</td> <td>[mΩ]</td> <td>[mΩ]</td> <td>[mΩ]</td> </tr> <tr> <td>2.0410</td> <td>2.0160</td> <td>2.0330</td> <td>2.0300</td> </tr> </table> CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>Temperatura ambiente [°C]</td> <td>Temp. aceite superior [°C]</td> <td>Temp. aceite inferior [°C]</td> <td>Temperatura TOP OIL [°C]</td> <td>Temperatura de medición [°C]</td> </tr> <tr> <td>22.8</td> <td>18.1</td> <td>17.1</td> <td>19.1</td> <td>18.6</td> </tr> </table>							X1-X2	X2-X3	X3-X1	Promedio	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]	2.0410	2.0160	2.0330	2.0300	Temperatura ambiente [°C]	Temp. aceite superior [°C]	Temp. aceite inferior [°C]	Temperatura TOP OIL [°C]	Temperatura de medición [°C]	22.8	18.1	17.1	19.1	18.6
X1-X2	X2-X3	X3-X1	Promedio																									
[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]	[mΩ]																									
2.0410	2.0160	2.0330	2.0300																									
Temperatura ambiente [°C]	Temp. aceite superior [°C]	Temp. aceite inferior [°C]	Temperatura TOP OIL [°C]	Temperatura de medición [°C]																								
22.8	18.1	17.1	19.1	18.6																								
OBSERVACIONES:																												
ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA																								
Cristian Villalón	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	28-04-2020	5																								

	LABORATORIO DE PRUEBAS						HT.	
	MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLACIÓN						PG.	
							REV.	
CLIENTE	PROYECTO QUELLAVECO							
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]	CONEXIÓN	N° SERIE		
2780-18	15	3	22.9	4.16	Dyn1	70124		
A.- RESISTENCIA DE AISLACIÓN ANTES DE PRUEBAS DIELECTRICAS:								
Tensión megóhmetro [kV]		Temperatura ambiente [°C]		Temperatura aceite sup. [°C]		Humedad relativa %		
5		23.3		20.1		37.5		
DEV. / Tiempo		15"	30"	1'	2'	3'		
P - S		1.67	2.24	3.53	7.41	13.22		
P - M		3.81	4.05	4.21	4.42	4.55		
S - M		1.66	2.18	3.07	4.73	6.04		
(*Valores en GΩ)								
B.- RESISTENCIA DE AISLACIÓN DESPUÉS DE PRUEBAS DIELECTRICAS:								
Tensión megóhmetro [kV]		Temperatura ambiente [°C]		Temperatura aceite sup. [°C]		Humedad relativa %		
5		21.3		20.8		37.6		
DEV. / Tiempo		15"	30"	1'	2'	3'		
P - S		1.46	2.05	3.38	7.90	14.07		
P - M		3.25	3.47	3.64	3.85	3.98		
S - M		1.47	1.99	2.92	4.56	5.74		
(*Valores en GΩ)								
OBSERVACIONES:								
ELABORADO POR		APROBADO POR		INSPECCIÓN		FECHA		
Cristian Villalon		Leonardo Ruiz		Claudio Salas		28-04-2020		
						HOJA		
						6		

	LABORATORIO DE PRUEBAS										
	TENSIÓN APLICADA						HT.				
							PG.				
							REV.				
CLIENTE	PROYECTO QUELLAVECO										
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]		CONEXIÓN	N° SERIE				
2780-18	15	3	22.9	4.16		Dyn1	70124				
A. ENROLLADO PRIMARIO											
Tensión nominal : 22.9 [kV] Tensión de prueba : 50 [kV] Corriente de Prueba : 100 [A] Duración de la prueba : 60 [s] Frecuencia : 50 [Hz] TAP : 3 [-] Resultado : Sin anomalías											
CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura ambiente [°C]</th> <th>Humedad [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.5</td> <td>35.2</td> </tr> </tbody> </table>								Temperatura ambiente [°C]	Humedad [%]	23.5	35.2
Temperatura ambiente [°C]	Humedad [%]										
23.5	35.2										
B. ENROLLADO SECUNDARIO											
Tensión nominal secundario : 4.16 [kV] Tensión de prueba : 19 [kV] Corriente de Prueba : 55 [A] Duración de la prueba : 60 [s] Frecuencia : 50 [Hz] TAP : 1 [-] Resultado : Sin anomalías											
CONDICIONES DURANTE EL ENSAYO											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura ambiente [°C]</th> <th>Humedad [%]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>23.5</td> <td>35.2</td> </tr> </tbody> </table>								Temperatura ambiente [°C]	Humedad [%]	23.5	35.2
Temperatura ambiente [°C]	Humedad [%]										
23.5	35.2										
OBSERVACIONES:											
ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA							
Cristian Villalón	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	29-04-2020	7							

		LABORATORIO DE PRUEBAS																													
		TENSIÓN INDUCIDA					HT.																								
							PG.																								
CLIENTE		PROYECTO QUELLAVECO																													
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]		CONEXIÓN	N° SERIE																								
2780-18	15	3	22.9	4.16		Dyn1	70124																								
A. DESCRIPCIÓN: La prueba de tensión inducida es realizada excitando con tensiones trifásicas de 200 [Hz] el lado de 4160 [V] del transformador en prueba. La tensión fue incrementada lentamente hasta alcanzar 45.8 [kV], que corresponde a 2 veces la tensión máxima del enrollado primario del transformador en prueba. Dicha magnitud se mantuvo durante 36 [s] (7200 ciclos), según lo exigido por la norma ANSI C57.12. B. PARÁMETROS DE PRUEBA: <table> <tr> <td>Tensión nominal</td> <td>:</td> <td>22.9</td> <td>[kV]</td> </tr> <tr> <td>Tensión máxima Vm</td> <td>:</td> <td>24</td> <td>[kV]</td> </tr> <tr> <td>Tensión de prueba</td> <td>:</td> <td>45.8</td> <td>[kV]</td> </tr> <tr> <td>Duración de la prueba</td> <td>:</td> <td>36</td> <td>[s]</td> </tr> <tr> <td>Frecuencia</td> <td>:</td> <td>200</td> <td>[Hz]</td> </tr> <tr> <td>TAP</td> <td>:</td> <td>3</td> <td>[-]</td> </tr> </table> C. RESULTADO DE LA PRUEBA No se detectan anomalías durante la prueba. OBSERVACIONES:								Tensión nominal	:	22.9	[kV]	Tensión máxima Vm	:	24	[kV]	Tensión de prueba	:	45.8	[kV]	Duración de la prueba	:	36	[s]	Frecuencia	:	200	[Hz]	TAP	:	3	[-]
Tensión nominal	:	22.9	[kV]																												
Tensión máxima Vm	:	24	[kV]																												
Tensión de prueba	:	45.8	[kV]																												
Duración de la prueba	:	36	[s]																												
Frecuencia	:	200	[Hz]																												
TAP	:	3	[-]																												
ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA																											
Cristian Villalon	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	29-04-2020	8																											

	LABORATORIO DE PRUEBAS						HT.	
	MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN CARGA E IMPEDANCIA						PG.	
							REV.	
CLIENTE	PROYECTO QUELLAVECO							
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]	CONEXIÓN	N° SERIE		
2780-18	15	3	22.9	4,16	Dyn1	70124		
A. MEDICIONES:								
Alimentando por Primario con Secundario Cortocircuitado								
TAP AT	1	3	5					
TAP BT en Cortocircuito	1	1	1					
Inom del tap AT	360.2	378.2	398.1				[A]	
Inom del tap BT	2081.8	2081.8	2081.8				[A]	
Vnom del tap AT	24045	22900	21755				[V]	
Vnom del tap BT	4160	4160	4160				[V]	
Potencia Base	15.0	15.0	15.0				[MVA]	
Constante del TP	1	1	1					
Constante del TC	1	1	1					
Corriente de prueba	360.169	378.177	398.081				[A]	
Corriente fase 1	360.320	378.920	400.000				[A]	
Corriente fase 2	362.190	380.160	400.350				[A]	
Corriente fase 3	358.220	375.460	396.000				[A]	
Potencia fase 1	15965.0	16972.0	17795.0				[W]	
Potencia fase 2	14715.0	15301.0	16076.0				[W]	
Potencia fase 3	13002.0	13463.0	14351.0				[W]	
Tensión RMS 1	966.25	943.33	916.44				[V]	
Tensión RMS 2	960.11	935.10	907.95				[V]	
Tensión RMS 3	965.16	942.50	916.33				[V]	
T° ensayo	18.4	18.4	18.4				[°C]	
T° Top oil	19.1	19.1	19.1				[°C]	
T° Superior	18.0	18.0	18.0				[°C]	
T° Inferior	16.5	16.5	16.5				[°C]	
RAT α: 18.6 [°C]	0.09431	0.09018	0.08661				[C]	
RBT α: 18.6 [°C]	2.03000	2.03000	2.03000				[mΩ]	
B. CÁLCULOS Y CORRECCIONES A Inom								
TAP AT:	1	3	5					
TAP BT en cortocircuito:	1	1	1					
Tensión medida:	964	940	912				[V]	
Corriente medida:	360.17	378.18	398.08				[A]	
Pérd a Inom [°C]	43684	45735	48052				[W]	
I² x RAT	18332	19326	20329				[W]	
I² x RBT	13184	13184	13184				[W]	
Total de I² x R	31516	32510	33512				[W]	
Perd. Parasitas	12168	13226	14540				[W]	
Voc a Inom	4.008	4.106	4.192				[V]	
Roc a Inom	0.291	0.306	0.320				[V]	
Xoc a Inom	3.997	4.096	4.180				[V]	
C. CÁLCULOS Y CORRECCIONES A: 75 °C								
Total de I² x R	35577	39793	41021				[W]	
Perd parasitas	13321	14478	15917				[W]	
Roc	0.346	0.362	0.380				[V]	
Xoc	4.796	4.914	5.016				[V]	
D. RESULTADOS A: 75°C								
Alimentando por Primario con Secundario Cortocircuitado								
TAP AT	1	3	5					
TAP BT en cc	1	1	1					
Potencia base	15.0	15.0	15.0				[MVA]	
Tensión base	24045	22900	21755				[V]	
Pérd Totales	51898	54272	56938				[W]	
Impedancia	4.81	4.93	5.03				%	
OBSERVACIONES:								
ELABORADO POR		APROBADO POR		INSPECCIÓN		FECHA		
Cristian Villalón		Leonardo Ruiz		Claudio Salas		29-04-2020		
						HOJA		
						9		



LABORATORIO DE PRUEBAS

MEDICIÓN DE LAS PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORRIENTE DE EXCITACIÓN ANTES DE PRUEBAS DIELECTRICAS

HT.

PG.

REV.

CLIENTE

PROYECTO QUELLAVECO

PROYECTO QUELLAVECO						
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]	CONEXIÓN	N° SERIE
2780-18	15	3	22.9	4.16	Dyn1	70124

A. MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN VACÍO

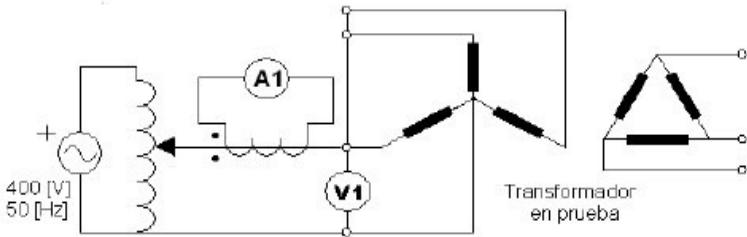
[illegible]

OBSERVACIONES:

ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA
Cristian Villalon	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	29-04-2020	10

		LABORATORIO DE PRUEBAS					
		MEDICIÓN DE LA IMPEDANCIA DE SECUENCIA CERO					
		HT.					
CLIENTE		PROYECTO QUELLAVECO					
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]	CONEXIÓN	N° SERIE	
2780-18	15	3	22.9	4,16	Dyn1	70124	

A. CIRCUITO DE MEDICIÓN:



$$V1 = V_0 [V]$$

$$A1 = 3 I_0 [A]$$

B. MEDICIONES:

Tap AT	V_0 [V]	$3I_0$ [A]	Z_0 [Ω]
1	2.357	150	0.047
3	2.402		0.048
5	2.434		0.049

C. RESULTADOS A 60 [Hz]:

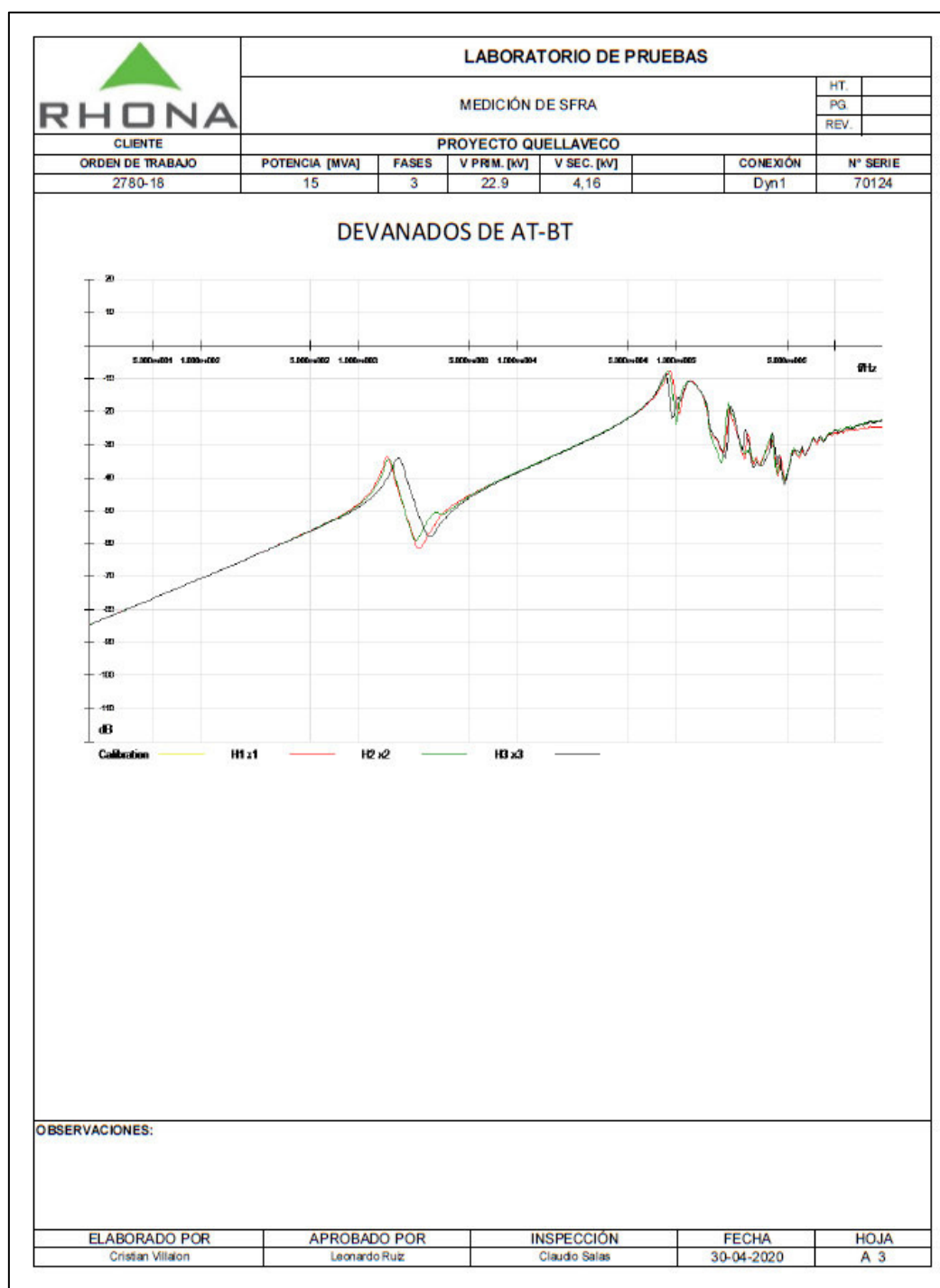
Potencia base = 15.0 [MVA]
 Tensión base = 4.2 [kV]
 Z base = 1.2 [Ω]

Tap AT	Z_0 %
1	4.90
3	5.00
5	5.06

OBSERVACIONES:

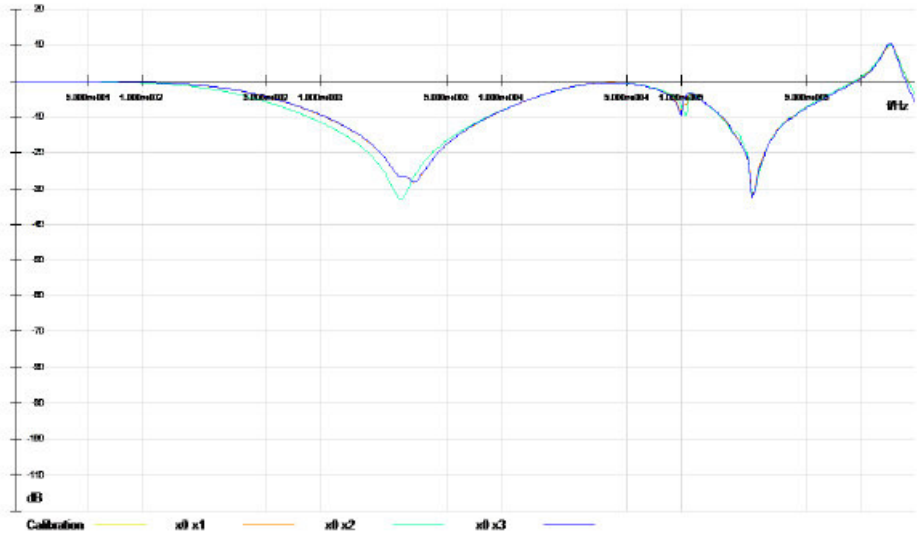
ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA
Cristian Villalon	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	29-04-2020	12





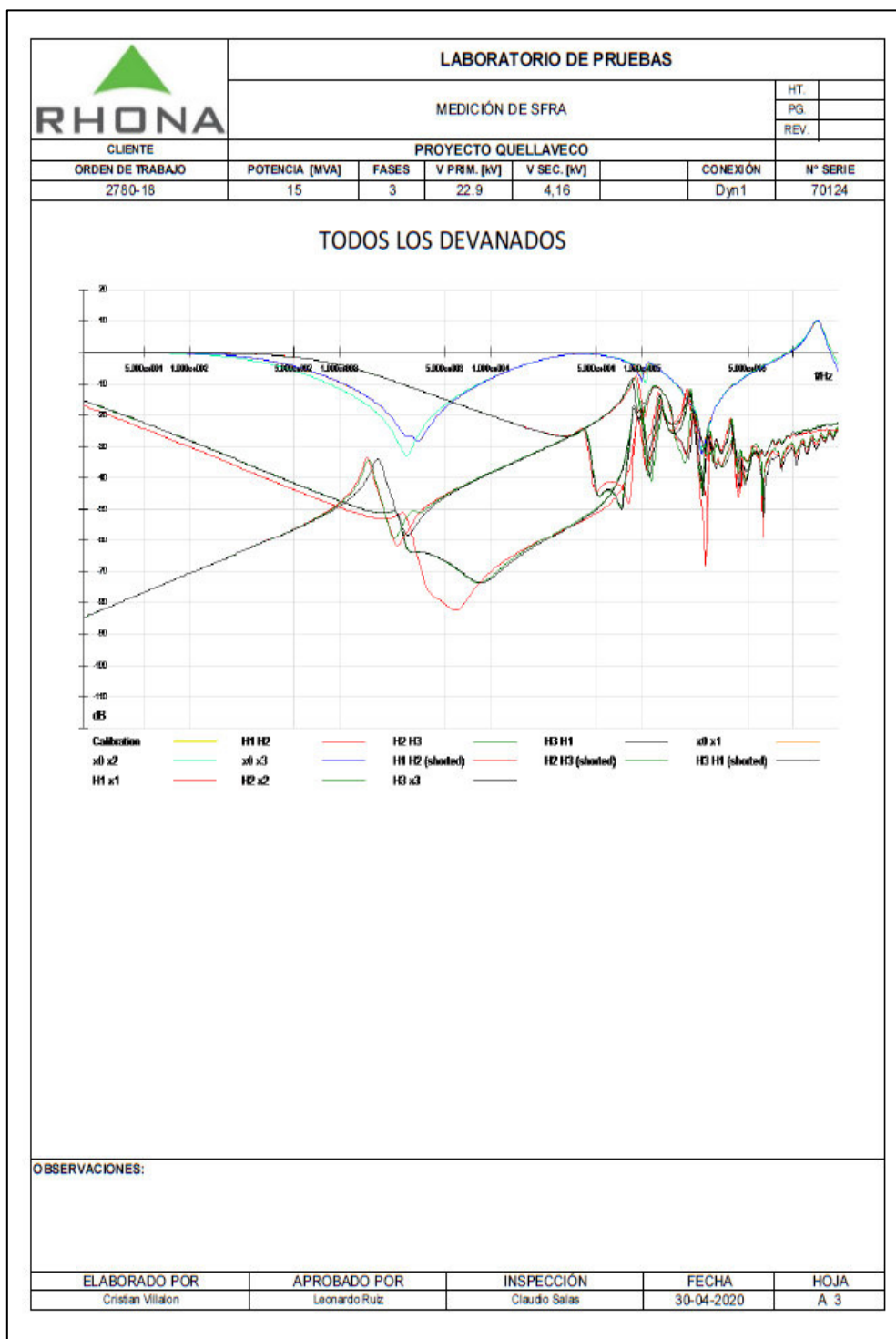
		LABORATORIO DE PRUEBAS							
		MEDICIÓN DE SFRA						HT.	
								PG.	
CLIENTE		PROYECTO QUELLAVECO						REV.	
ORDEN DE TRABAJO	POTENCIA [MVA]	FASES	V PRIM. [kV]	V SEC. [kV]		CONEXIÓN	N° SERIE		
2780-18	15	3	22.9	4.16		Dyn1	70124		

DEVANADOS DE BT



OBSERVACIONES:

ELABORADO POR	APROBADO POR	INSPECCIÓN	FECHA	HOJA
Cristian Villalón	Leonardo Ruiz	Claudio Salas	30-04-2020	A 3



\\CPC 2020\TGD EN PRUEBA\IOT 2780-18 70124 ADPD 28-04-2020.xml:

Dispositivo de prueba: CPC
 Número de serie: PB863V (V1)
 Fecha/hora: 04/28/2020 16:12:28
 Evaluación final: n/a

Vista general de pruebas:

Tarjeta de prueba	Tipo	Fecha/hora	Resultado	Evaluación	Sobrecarga
CH+CHL	TanDelta	04/28/2020 15:51:18	si	n/a	no
CH	TanDelta	04/28/2020 15:52:05	si	n/a	no
CHL	TanDelta	04/28/2020 15:52:51	si	n/a	no
CL+CHL	TanDelta	04/28/2020 15:59:49	si	n/a	no
CL	TanDelta	04/28/2020 16:00:45	si	n/a	no
CLH	TanDelta	04/28/2020 16:01:41	si	n/a	no
C_ex_H1-H2	TanDelta	04/28/2020 16:08:22	si	n/a	no
C_ex_H2-H3	TanDelta	04/28/2020 16:09:43	si	n/a	no
C_ex_H3-H1	TanDelta	04/28/2020 16:11:12	si	n/a	no

Pruebas

CH+CHL:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/28/2020 15:51:18
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k: 1.00
 T aceite: 19.9 °C
 T ambiente: 23.8 °C
 Hum. rel.: 36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	10002 V	37.656 mA	*50.00 Hz	11.981 nF	0.2418 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)
 * = Supresión de frecuencia de la red

CH:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/28/2020 15:52:05
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST g-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k: 1.00
 T aceite: 19.9 °C
 T ambiente: 23.8 °C
 Hum. rel.: 36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	10001 V	8.6846 mA	*50.00 Hz	2.7611 nF	0.1779 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CHL:

Tipo: TanDelta

Fecha/hora: 04/28/2020 15:52:51

Sobrecarga: no

Evaluación: n/a

CPTD: KK576S

Nº Calibración: 12.3

Por: CAL_IDUR

Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42

Modo: UST-A

Ancho de Banda : 5 Hz

Media: 1

Comp. Temp.: k:1.00

T aceite:19.9 °C

T ambiente:23.8 °C

Hum. rel.:36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	10000 V	28.964 mA	*50.00 Hz	9.2197 nF	0.2611 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CL+CHL:

Tipo: TanDelta

Fecha/hora: 04/28/2020 15:59:49

Sobrecarga: no

Evaluación: n/a

CPTD: KK576S

Nº Calibración: 12.3

Por: CAL_IDUR

Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42

Modo: GST

Ancho de Banda : 5 Hz

Media: 1

Comp. Temp.: k:1.00

T aceite:19.9 °C

T ambiente:23.8 °C

Hum. rel.:36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	10.838 mA	*50.00 Hz	17.247 nF	0.2663 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CL:

Tipo: TanDelta

Fecha/hora: 04/28/2020 16:00:45

Sobrecarga: no

Evaluación: n/a

CPTD: KK576S

Nº Calibración: 12.3

Por: CAL_IDUR

Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42

Modo: GST g-A

Ancho de Banda : 5 Hz

Media: 1
 Comp. Temp.: k: 1.00
 T aceite: 19.9 °C
 T ambiente: 23.8 °C
 Hum. rel.: 36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	5.0462 mA	*50.00 Hz	8.0276 nF	0.2731 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CLH:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/28/2020 16:01:41
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: UST-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k: 1.00
 T aceite: 19.9 °C
 T ambiente: 23.8 °C
 Hum. rel.: 36.0 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	5.7943 mA	*50.00 Hz	9.2206 nF	0.2586 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

C_ex_H1-H2:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/28/2020 16:08:22
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: UST-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k: 1.00
 T aceite: 19.9 °C
 T ambiente: 22.5 °C
 Hum. rel.: 38.5 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	PF	Evaluación
10000.00 V	10002 V	173.74 mA	*50.00 Hz	n/a	76.7404 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

C_ex_H2-H3:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/28/2020 16:09:43
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a

CPTD: KK576S
N° Calibración: 12.3
Por: CAL_IDUR
Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
Modo: UST-A
Ancho de Banda : 5 Hz
Media: 1
Comp. Temp.: k:1.00
 T aceite:19.9 °C
 T ambiente:22.5 °C
 Hum. rel.:38.5 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	PF	Evaluación
10000.00 V	10004 V	236.49 mA	*50.00 Hz	n/a	75.5530 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

C_ex_H3-H1:

Tipo: TanDelta
Fecha/hora: 04/28/2020 16:11:12
Sobrecarga: no
Evaluación: n/a
CPTD: KK576S
N° Calibración: 12.3
Por: CAL_IDUR
Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
Modo: UST-A
Ancho de Banda : 5 Hz
Media: 1
Comp. Temp.: k:1.00
 T aceite:19.9 °C
 T ambiente:22.5 °C
 Hum. rel.:38.5 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	PF	Evaluación
10000.00 V	10002 V	229.94 mA	*50.00 Hz	n/a	76.8219 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

\\CPC 2020\TGDD EN PRUEBA\OT 2780-18 70124 DDPD 29-04-2020.xml:

Dispositivo de prueba: CPC
 Número de serie: PB863V (V1)
 Fecha/hora: 04/29/2020 17:05:13
 Evaluación final: n/a

Vista general de pruebas:

Tarjeta de prueba	Tipo	Fecha/hora	Resultado	Evaluación	Sobrecarga
CH+CHL	TanDelta	04/29/2020 16:58:22	si	n/a	no
CH	TanDelta	04/29/2020 16:59:09	si	n/a	no
CHL	TanDelta	04/29/2020 16:59:51	si	n/a	no
CL+CHL	TanDelta	04/29/2020 17:02:32	si	n/a	no
CL	TanDelta	04/29/2020 17:03:26	si	n/a	no
CLH	TanDelta	04/29/2020 17:04:23	si	n/a	no

Pruebas

CH+CHL:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/29/2020 16:58:22
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k:0.99
 T aceite:20.4 °C
 T ambiente:21.8 °C
 Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	9999 V	37.567 mA	*50.00 Hz	11.957 nF	0.2387 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CH:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/29/2020 16:59:09
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST g-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k:0.99
 T aceite:20.4 °C
 T ambiente:21.8 °C
 Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	10002 V	8.6673 mA	*50.00 Hz	2.7554 nF	0.1828 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CHL:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/29/2020 16:59:51
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: UST-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k:0.99
 T aceite:20.4 °C
 T ambiente:21.8 °C
 Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
10000.00 V	10002 V	28.913 mA	*50.00 Hz	9.2012 nF	0.2558 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CL+CHL:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/29/2020 17:02:32
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k:0.99
 T aceite:20.4 °C
 T ambiente:21.8 °C
 Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	10.817 mA	*50.00 Hz	17.212 nF	0.2636 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CL:

Tipo: TanDelta
 Fecha/hora: 04/29/2020 17:03:26
 Sobrecarga: no
 Evaluación: n/a
 CPTD: KK576S
 N° Calibración: 12.3
 Por: CAL_IDUR
 Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
 Modo: GST g-A
 Ancho de Banda : 5 Hz
 Media: 1
 Comp. Temp.: k:0.99

T aceite:20.4 °C
T ambiente:21.8 °C
Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	5.0356 mA	*50.00 Hz	8.0110 nF	0.2731 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red

CLH:

Tipo: TanDelta
Fecha/hora: 04/29/2020 17:04:23
Sobrecarga: no
Evaluación: n/a
CPTD: KK576S
N° Calibración: 12.3
Por: CAL_IDUR
Fecha Calibración: 06/07/2018 12:14:42
Modo: UST-A
Ancho de Banda : 5 Hz
Media: 1
Comp. Temp.: k:0.99
T aceite:20.4 °C
T ambiente:21.8 °C
Hum. rel.:39.6 %

Resultado:

V prueba	V salida	I salida	Frecuencia	Cp	DF	Evaluación
2000.00 V	2000 V	5.7809 mA	*50.00 Hz	9.2021 nF	0.2531 %	n/a

! = V reducida; ? = Precisión Reducida (baja tensión o descarga parcial)

* = Supresión de frecuencia de la red