



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE HERMETICIDAD”**

**Autor:**

**Mija Torres, Cristian**

**Asesor:**

**Tapia Asenjo, Robinson**

**LAMBAYEQUE -PERÚ**

**2022**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“PEDRO RUIZ GALLO”**



**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**

**TESIS**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**“DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE HERMETICIDAD”**

**Autor:**

**Mija Torres, Cristian**

**Aprobado por el jurado Examinador:**

**PRESIDENTE : DR. AGUINAGA PAZ AMADO .....**

**SECRETARIO : MSC. TUMIALAN HINOSTROZA JUAN ANTONIO**

**MIEMBRO : ING. NIÑO VÁSQUEZ PERCY EDWAR .....**

**ASESOR : ING. TAPIA ASENJO ROBINSON .....**

**LAMBAYEQUE – PERU  
2022**



# UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

## TESIS

TITULO:

“DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE HERMETICIDAD”

### CONTENIDOS

- Capítulo I : Planteamiento del Problema  
Capítulo II : Marco Teórico.  
Capítulo III : Metodología de la Investigación.  
Capítulo IV : Resultados y Discusión.  
Capítulo V : Conclusiones y Recomendaciones.  
Capítulo VI : Referencias Bibliográficas  
Anexos.

**Autor: Bach. Mija Torres, Cristian**

---

DR. AMADO PAZ AGUINAGA  
PRESIDENTE

---

MSC. JUAN ANTONIO TUMILIAN HINOSTROZA  
SECRETARIO

---

ING. NIÑO VÁSQUEZ PERCY EDWAR  
MIEMBRO

---

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR

LAMBAYEQUE – PERÚ  
2022



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

---

**DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS  
TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES  
DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO  
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE  
ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE  
HERMETICIDAD**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

**PRESENTADA POR:**

Bach. Cristian Mija Torres

**ASESOR:**

Ing. Robinson Tapia Asenjo

Lambayeque – Perú

2022

## **DEDICATORIA**

A Dios.

por las bendiciones día a día, ser la fuente de mi fortaleza, cuidar e iluminar mi camino.

A mis padres y hermanos.

Por ser mi mayor soporte, motivación y admiración en mi crecimiento personal.

A los docentes.

Con quienes tope en diferentes etapas de mi desarrollo educativo y substancialmente docentes de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, por los conocimientos impartidos con dinamismo y compromiso.

A mis amigos, especialistas y compañeros de trabajo.

Por compartirme su experiencia en el subsector de hidrocarburos y energía.

Cristian Mija Torres

## **AGRADECIMIENTO**

Son muchas personas que han contribuido al proceso y conclusión de este trabajo. Primeramente, doy gracias a Dios, por permitirme la experiencia de vida y brindarme cada bendición del día a día, también quiero agradecer a mis padres, por brindarme la oportunidad de desarrollarme como estudiante y ser mi mayor motivación de crecer como persona y profesional con la seguridad de poder originar un cambio; asimismo, a todos los profesores que tuve la oportunidad de conocer y que tuvieron el carácter y la paciencia de compartir sus experiencias y conocimientos con mi persona.

Finalmente agradezco a quien lee este apartado y demás, por permitir a mis experiencias, investigaciones y conocimiento, incurrir dentro de su repertorio de información académica.

## ÍNDICE

<b>PORTADA.....</b>	<b>1</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>4</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>9</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>13</b>
1.1    Realidad problemática .....	13
1.2    Formulación del problema de investigación .....	14
1.2.1.    Problema General.....	14
1.2.2.    Problemas Específicos .....	14
1.3    Delimitación espacial.....	14
1.4    Objetivos de la investigación .....	18
1.4.1    Objetivo general.....	18
1.4.2    Objetivos específicos .....	18
1.5    Justificación de la investigación .....	19
1.5.1    Justificación teórica .....	19
1.5.2    Justificación socioeconómica.....	19
1.5.3    Justificación medioambiental.....	19
1.5.4    Justificación práctica.....	20
1.6    Formulación de la hipótesis .....	20
1.6.1    Hipótesis .....	20
1.7    Identificación y clasificación de las variables.....	21
1.7.1    Independiente:.....	21
1.7.2    Dependiente: .....	21
1.8    Operacionalización de variables .....	22
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>23</b>
2.1    Antecedentes .....	23
2.1.1    Investigación a nivel internacional .....	23
2.1.2    Investigación a nivel nacional.....	29
2.2    Términos y conceptos .....	33
2.2.1    Ministerio de Energía y Minas.....	33
2.2.2    Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería .....	33

2.2.3	Instituto Nacional de Calidad.....	33
2.2.4	Sistema de Tanques Enterrados (STE).....	33
2.2.5	Tanques enterrados de almacenamiento de combustible .....	34
2.2.6	Diagnóstico .....	34
2.2.7	Fuga de combustible .....	34
2.2.8	Índice de fuga.....	34
2.2.9	Registro de hidrocarburos .....	34
2.2.10	Certificado de hermeticidad .....	35
2.2.11	Corrosión.....	35
2.2.12	Protección catódica .....	37
2.2.13	Riesgo .....	38
2.2.14	Enfoque basado en riesgos.....	38
2.3	Marco conceptual.....	39
2.3.1	Informe de índice de riesgos .....	39
2.3.2	Matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes .....	46
2.3.3	Hermeticidad en tanques.....	47
2.3.1.1	Prueba de hermeticidad en maestranza. ....	47
2.3.1.2	Prueba de hermeticidad en fosa. ....	48
2.3.1.3	Prueba de hermeticidad tanques en operación. ....	49
2.3.4	Detección de una fuga de combustible.....	56
2.3.2.1	Sistema ultrasónico SDT 170 MTT .....	57
<b>CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>61</b>
3.1.	Método de investigación.....	61
3.2.	Configuración de la investigación.....	61
3.3.	Población y Censo.....	62
3.4.	Instrumentos de acopio de datos .....	63
3.4.1.1	<i>Factores de riesgo asociados al tanque enterrado. ....</i>	<i>64</i>
3.4.1.2	<i>Factores de riesgo asociadas al medio circundante.....</i>	<i>64</i>
3.4.1.3	<i>Factores de riesgo asociadas al asociado al impacto al medio ambiente e infraestructura .....</i>	<i>68</i>
3.4.1.4	<i>Inspección de Hermeticidad.....</i>	<i>69</i>
3.5.	Procedimiento de recolección de datos .....	70
3.6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	71
<b>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>		<b>73</b>
4.1	Resultados de la investigación .....	73
4.2	Discusión de Resultados .....	91
<b>CONCLUSIONES .....</b>		<b>100</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>102</b>

**REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA ..... 105**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables.....	22
<b>Tabla 2</b> Matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes .....	46
<b>Tabla 3</b> Ventajas vs. Desventajas.....	50
<b>Tabla 4</b> Comparación de pruebas volumétricas según el líquido de prueba empleado: Agua vs. Combustible .....	52
<b>Tabla 5</b> Matriz de Consistencia.....	72
<b>Tabla 6</b> Cantidad de Tanques Enterrados en EVPC de la provincia de Huancayo. ....	74
<b>Tabla 7</b> Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociadas a los tanques enterrados.....	80
<b>Tabla 8</b> Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociadas al medio circundante.....	81
<b>Tabla 9</b> Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociados al impacto medio ambiental e infraestructura.....	82
<b>Tabla 10</b> Resumen de las matrices de acción de tanques enterrados en la provincia de Huancayo. ....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel nacional. ....	15
<b>Figura 2</b> <i>Vista satelital de la provincia de Huancayo, ubicada en el departamento de Junín, Perú.</i> .....	16
<b>Figura 3</b> Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel regional. ....	17
<b>Figura 4</b> Aplicación de recubriendo de laminado de tanque enterrado de combustible líquido enterrado que presentó fugas, con capas de fibra de vidrio. ....	30
<b>Figura 5</b> Corrosión por picadura en tanque enterrado de combustible líquido, Gasohol 95 plus.....	36
<b>Figura 6</b> Celda de corrosión electroquímica. ....	37
<b>Figura 7</b> Método de protección catódica por ánodos de sacrificio .....	38
<b>Figura 8</b> Placa de fabricación de tanque de combustibles líquidos.....	48
<b>Figura 9</b> Prueba de tanques de combustibles líquidos en fosa.....	49
<b>Figura 10</b> Medición por varillaje de tanque.....	51
<b>Figura 11</b> Medición de presión con manómetro en prueba hidrostática de tanque enterrado de combustible en operación. ....	54
<b>Figura 12</b> <i>Solución de agua jabonosa en tapa de tanque enterrado.</i> .....	55
<b>Figura 13</b> <i>Inspección de hermeticidad de tanque en operación por el método de aplicación de vacío.</i> .....	56
<b>Figura 14</b> <i>Inspección de hermeticidad de tanque en operación por el método de aplicación de vacío.</i> .....	57
<b>Figura 15</b> <i>Principio de control del SDT 170 MTT.</i> .....	59
<b>Figura 16</b> <i>Detección de medidas ultrasónicas.</i> .....	60
<b>Figura 17</b> Ejecución del sondeo para la toma de muestras. ....	64
<b>Figura 18</b> Medida de la resistividad del terreno mediante el uso del telurómetro. ....	65
<b>Figura 19</b> Medidor de pH de Mesa – pH metro Orion Star A211. ....	67
<b>Figura 20</b> Identificación de infraestructura cercana a los Grifos o Estación de Servicios.....	68
<b>Figura 21</b> Realización de prueba de inspección de hermeticidad de tanque enterrado.....	69
<b>Figura 22</b> <i>Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel distrital.</i> .....	73
<b>Figura 23</b> <i>Total de Tanques Enterrados en la provincia de Huancayo por distritos.</i> .....	75
<b>Figura 24</b> Diagrama circular de la edad de tanques enterrados en rangos. ....	76
<b>Figura 25</b> Tanques enterrados con edad menor, mayor o igual a 10 años de fabricación. ....	78
<b>Figura 26</b> Tanques que cuentan con Informe de Índice de Riesgos del STE.....	79
<b>Figura 27</b> Tanques que cuentan con Certificado de Hermeticidad. ....	85
<b>Figura 28</b> Resultados de conformidad de los Certificados de Hermeticidad.....	86
<b>Figura 29</b> Mapa de calor de la provincia de Huancayo mediante un análisis basado en riesgos.....	87

## RESUMEN

En esta investigación se explora la estanqueidad de tanques enterrados en Grifos y EE.SS. en la provincia de Huancayo mediante el análisis de los Informes de Índice de Riesgos y Certificados de Inspección de Hermeticidad, para el diagnóstico general del estado actual del total de los tanques metálicos que almacenan combustibles líquidos. Para ello, se realizó una investigación no experimental transaccional descriptivo de observación directa con el sector estudiado; recabándose información pública y de análisis técnico particular de 88 establecimientos con registro activo, dando un total de 306 tanques metálicos enterrados censados.

Obteniéndose como resultados porcentuales el análisis de datos procesados de los documentos técnicos primordiales de los STE que son inspeccionados por empresas certificadas por INACAL u Osinergmin, demostrando la validez de la información primaria obtenida y la observación directa realizada en el desarrollo de estas. De tal manera, se identificó que por lo menos el 2,0 % de tanques presentan fugas de combustible, donde se estimó pérdidas económicas que ascienden a los S/ 34 103,50; el 47,38% de tanques con una antigüedad entre 15 a 30 años, deben ser monitoreados cada 1 a 3 años, y que, en base a la teoría empírica, presentan un estado de corrosión progresiva; se verificó la existencia del 0,98 % superan los 30 años de antigüedad que deben ser retirados, reemplazados o reparados; y siendo el distrito de El Tambo que representa el mayor nivel de riesgo en la provincia.

El diagnóstico se propone para mejorar la gestión de las supervisiones de Osinergmin y los agentes, esto a fin de adoptar medidas preventivas frente a denuncias, incidentes o posibles accidentes que afecten socioeconómica y medioambientalmente.

**Palabras clave:** tanques metálicos enterrados, combustibles líquidos, índice de riesgos, certificado de hermeticidad, sistema de tanques enterrados.

## ABSTRACT

This investigation explores the tightness of underground storage tanks in Petrol Station and EE.SS. in the province of Huancayo through the analysis of the Risk Index Reports and Airtightness Inspection Certificates, for the general diagnosis of the current state of the total of the metal tanks that store liquid fuels. To this end, descriptive non-experimental cross-sectional research of direct observation was carried out with the studied sector; collecting public information and particular technical analysis from 88 establishments with active registration, giving a total of 306 underground storage metal tanks registered.

Obtaining as percentage results the analysis of processed data from the primary technical documents of the STE that are inspected by companies certified by INACAL or Osinergmin, demonstrating the validity of the primary information obtained and the direct observation made in the development of these. In this way, it was identified that at least 2,0 % of tanks have fuel leaks, where economic losses amounting to S/ 2 086,60 were estimated; 47,38 % of tanks with an age between 15 to 30 years, should be monitored every 1 to 3 years, and based on empirical theory, present a state of progressive corrosion; the existence of 0,98 % exceeds 30 years old that must be removed, replaced or repaired was verified; and being the district of El Tambo that represents the highest level of risk in the province.

The diagnosis is proposed to improve the management of the supervision of Osinergmin and the agents, this in order to adopt preventive measures against complaints, incidents or possible accidents that affect socioeconomic and environmentally.

**Keywords:** buried metal tanks, liquid fuels, risk index, airtightness certificate, underground storage tank system (UST).

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se han venido presentando y cuestionando hechos que han sido denunciados por medios locales o por la misma ciudadanía en cuestión a aspectos como la contaminación de tierras, ríos cercanos o fuentes de agua de consumo, etc. a establecimientos de despacho de combustibles líquidos, presencia de gases en la superficie que se detecta en el aire, además de incidentes que originan incendios o el mismo temor de la ciudadanía por la combustión generada por este tipo de establecimientos, mismos que vienen incrementándose a lo largo de los últimos años; este tipo de establecimientos de venta de combustibles hasta el año 2013 en la región de Junín tan solo se registraban 192 con registro activo, a la actualidad se registran 265 agentes.

Es por ello y por el alcance presencial dentro de la provincia de Huancayo la presente investigación, con el objetivo de tener un diagnóstico del estado de estanqueidad / hermeticidad de los tanques enterrados de almacenamiento de combustibles líquidos en la provincia, realizando un análisis del contenido de documentos técnicos de los agentes suscritos, que son inspeccionados por empresas especializadas y acreditadas por instituciones gubernamentales, que garantizan la validez de las mediciones en campo. De forma que se concluye en la conformidad o no, de si estos tanques presentan problemas, como fugas o corrosiones que al no ser detectadas y atenuadas podrían significar riesgos sociales, ambientales, materiales o económicos.

La investigación muestra en el capítulo I, la exposición de la realidad problemática, donde la población provincial muestra preocupación ante señales de fuga de combustible que produzcan tragedias por su cercanía a estos establecimientos, el planteamiento del problema, sus objetivos y justificaciones; en el capítulo II, se presenta los escasos antecedentes internacionales y nacionales, la definición de

principales términos y conceptos de la investigación; el capítulo III, define la metodología usada en la presente, la delimitación universal de la muestra y el censo poblacional total de los establecimientos evaluados, los instrumentos y procesamiento de los datos obtenidos; en cuanto al capítulo IV, presenta los resultados gráficos y su discusión; finalmente se da las conclusiones y recomendaciones propuestas con fines de posibilitar supervisiones, procedimientos, acciones e información para la población, organismos estatales o futuras investigaciones.

# **CAPITULO I:**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 Realidad problemática**

Los combustibles líquidos que se comercializan en Grifos y Estaciones de Servicios se obtienen de la refinación del crudo del petróleo, estos son productos inflamables, que en ciertos niveles de concentración resultan ser contaminantes para el medio ambiente, explosivos o tóxicos para un ser viviente; estos se almacenan en tanques enterrados los cuales en su mayoría son de acero al carbono, donde los producidos e instalados más antiguos no cuentan con métodos de protección contra la corrosión u otros daños estructurales.

En muchas ciudades del Perú se han suscitados casos denunciados o se han verificado a través de inspecciones, sobre contaminaciones de tierras, aire, pozos de agua, ríos u otros medios de consumo o habitables y medioambientales, que se han originado por fugas de combustible de establecimientos cercanos o expuestas a estas. Y la provincia de Huancayo no es la excepción; estas circunstancias generan preocupación en la población que vive alrededores de estos establecimientos; puesto que dejan fuentes de agua y tierras inutilizables, se presentan riesgos de intoxicación o inhalación de los gases emanados y en casos excepcionales, la sobrexposición a daños materiales, económicos o físicos si se suscitará algún incidente como explosiones, incendios u otros.

Dado a estos hechos fundamentamos la razón de la presente investigación, para lograr recabar información que nos permita realizar un diagnóstico de estanqueidad del total de los tanques enterrados que almacenan combustibles líquidos en los Grifos y Estaciones de Servicio de la provincia de Huancayo.

## **1.2 Formulación del problema de investigación**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el diagnóstico de la estanqueidad de los tanques enterrados de Grifos y Estaciones de Servicios en la provincia de Huancayo mediante el análisis realizado a los informes de índices de riesgo y certificados de inspección de hermeticidad?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

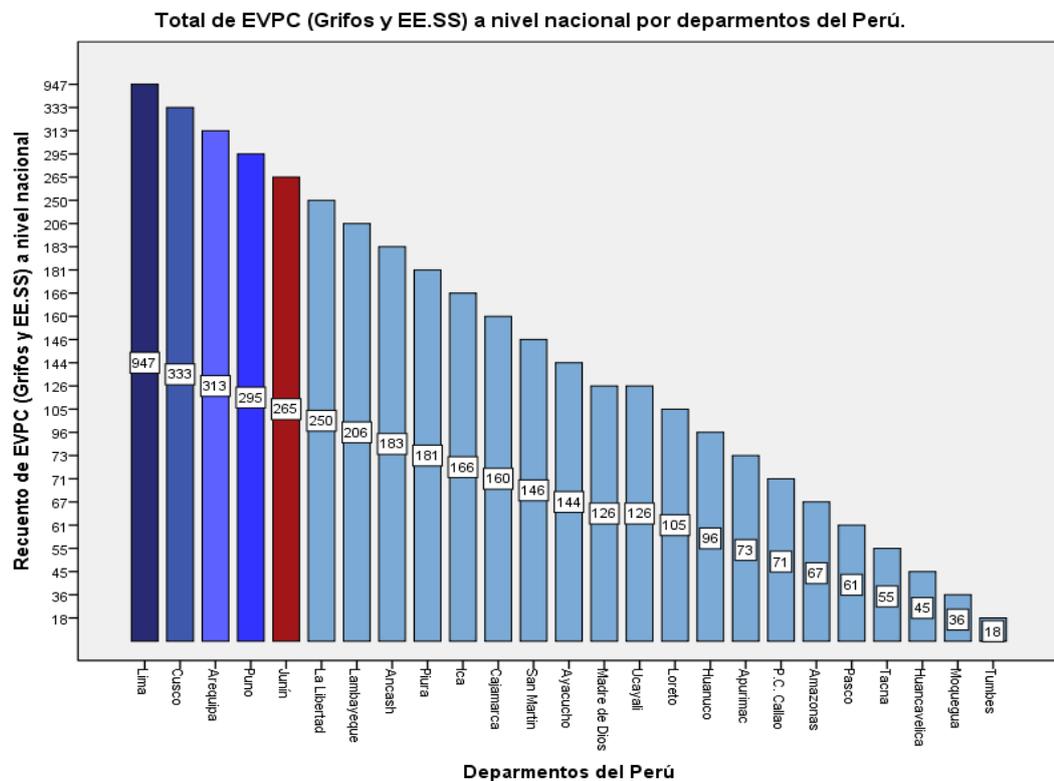
- ¿Cuántos tanques enterrados existen en la provincia de Huancayo?
- ¿Cuál es el estado del tanque enterrado en base al análisis de los factores considerados en el Índice de Riesgos de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo?
- ¿Cuál es el estado del tanque enterrado en base al análisis de los Certificados de Hermeticidad de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo?

## **1.3 Delimitación espacial**

A nivel nacional el total de agentes de venta al público de combustibles líquidos hasta el 2020 son 4 468 establecimientos en funcionamiento y registro activo; teniendo en consideración que un establecimiento podría tener de 1 a 9 tanques y algunos más dado su capacidad territorial, estaríamos hablando de aproximadamente más de 16 000 tanques a nivel nacional.

Como observamos en la figura 1, dentro de los primeros departamentos con más establecimientos, se encuentra la región Junín con 265 grifos y estaciones de servicio, una de las regiones donde se concentra el mayor crecimiento del parqueo automotriz que incentiva la inversión de este tipo de agentes y además de tener en consideración el acceso territorial presencial e informativo, la investigación se destinará en esta región; pero al contar con universo extenso destinaremos un censo a la provincia principal del departamento; la provincia de Huancayo, uno de los centros de acopio, traslado e intersección de embarque entre las regiones del centro como Pasco, Huancavelica, Huánuco, Lima, Ayacucho y Cusco de combustibles, y con entradas hacia otros departamentos de producción de hidrocarburos como refinerías de Ucayali y Lima.

**Figura 1**  
*Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel nacional.*

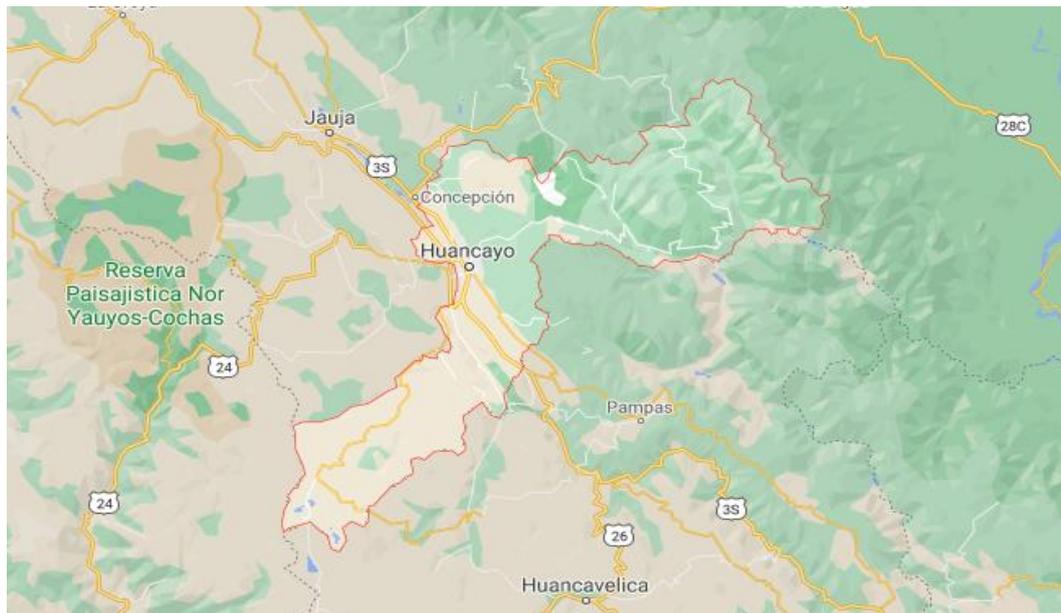


Fuente: *Elaboración propia*, tomando base de datos de OSINERGMIN web, 2020.

La provincia de Huancayo se encuentra ubicada entre los  $10^{\circ}45'55''$  y  $12^{\circ}43'10.5''$  de latitud Sur y entre  $73^{\circ}26'300''$  y  $76^{\circ}30'40.5''$  de longitud Oeste del meridiano de Greenwich a 3 298 m.s.n.m, con una población de 545 615 habitantes, siendo la sexta ciudad más habitada del país (INEI, 2018). Atravesada por la cuenca del río Mantaro, siendo este uno de los más importantes de los andes centrales peruanos; cuenca generadora del 35 % de la energía del país, así como la principal fuente abastecedora de alimentos del centro y capital del país, que involucra una población de aproximadamente 700 000 habitantes (Instituto Geofísico del Perú, 2005).

**Figura 2**

*Vista satelital de la provincia de Huancayo, ubicada en el departamento de Junín, Perú.*

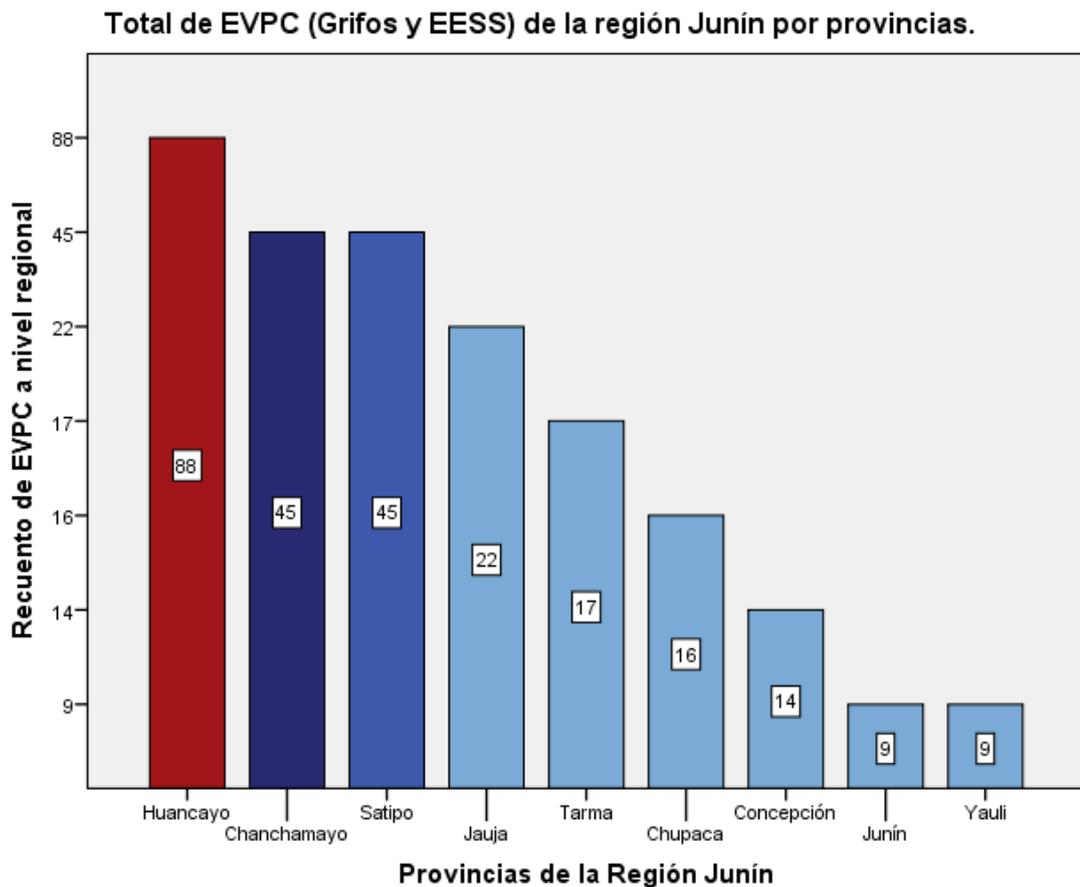


Tomado de Google Maps (2020).

Como se observa en la figura 3, actualmente la provincia de Huancayo cuenta con 88 establecimientos de venta de combustibles, entre Grifos y Estaciones de Servicios (OSINERGMIN, 2020), con un total de 306 tanques de almacenamiento de combustibles líquidos.

**Figura 3**

*Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel regional.*



Fuente: *Elaboración propia*, tomando base de datos de OSINERGMIN web, 2020.

## **1.4 Objetivos de la investigación**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diagnosticar la estanqueidad de los tanques enterrados de Grifos y EE.SS. en la provincia de Huancayo mediante el análisis realizado a los informes de índices de riesgo y certificados de inspección de hermeticidad.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Obtener el número de tanques enterrados de Grifos y EE.SS. en la provincia de Huancayo que presentan fugas o no cumplen con la hermeticidad y los que necesitarían ser renovados.
- Recabar la frecuencia de monitoreo de los establecimientos en la provincia de Huancayo, establecido en la matriz de acción entre la relación de la antigüedad del tanque enterrado y su estado de estanqueidad.
- Mejorar la planificación de las fiscalizaciones por parte del organismo supervisor, mediante la generación de información sobre el estado de estanqueidad de los tanques enterrados.
- Establecer un mapa de calor geográfico, mediante un análisis basado en riesgos, de los distritos de la provincia de Huancayo que representan un mayor riesgo ante una fuga de combustible.
- Estimar el costo de pérdidas económicas generadas por un índice de fuga promedio de 0,3785 l/h, para el período de un mes.

## **1.5 Justificación de la investigación**

### **1.5.1 Justificación teórica**

La investigación se realiza porque se carece de investigaciones respecto a los tanques enterrados, su función, limitaciones y consecuencias a largo plazo en nuestro medio. En tal sentido la presente investigación se realiza para contribuir al avance de conocimientos sobre la problemática en mención y por ende tomar más razón e indagación de lo que podría originar las instalaciones de tanques enterrados al no ser herméticos; todo ello aportando en el ámbito de hidrocarburos y energías no renovables.

### **1.5.2 Justificación socioeconómica**

En caso del deterioro de los tanques enterrados, estos podrían presentar con el tiempo fugas de combustible, que generarían vapores que lleguen a acumularse y formar una atmósfera explosiva en los alrededores del establecimiento, que en su mayoría se encuentran ubicados en zonas clasificadas como urbanas; por ende, pondrían en riesgo una vasta ciudadanía. Sumado a ello, combustibles como el diésel presentan componentes que pueden resultar altamente carcinogénicos para una amplia variedad de organismos vivos, entre ellos los mamíferos superiores (Cavazos, Pérez, & Mauricio, 2014). Por mencionadas causadas, el aporte de la presente investigación es la de componer información que sea base para evitar riesgos a la seguridad pública, disminuyendo la probabilidad de pérdidas sociales y económicas.

### **1.5.3 Justificación medioambiental**

Con la presente investigación se desea aportar información para el cuidado y protección del medio ambiente, como se ha de saber en la

actualidad es de suma importancia originar acciones a favor de nuestro medio ambiente y entre una de estas es evitar contaminaciones en sus diferentes esferas, como aire, agua, o suelo; si se presentaran fugas de combustible de los tanques enterrados infiltrándose al subsuelo, pondrían en riesgo las cualidades del mismo; limitando su permeabilidad, convirtiendo suelos agrícolas en infértiles, así también contaminar aguas subterráneas que en ocasiones son utilizadas para riego y/o consumo tanto humano como para otras especies vivas, afectando no solo de esta manera los cultivos o la existencia de vida en sí, también los recursos abióticos con los cuales coexistimos.

#### **1.5.4 Justificación práctica**

Con el diagnóstico del estado de hermeticidad de los tanques enterrados permitirá a los operadores de los establecimientos de venta al público de combustibles evitar pérdidas de combustible, daño al medioambiente, hacer frente a fiscalizaciones y evitar ser sancionados por organismos supervisores u otros, reduciendo sus afectaciones económicas.

### **1.6 Formulación de la hipótesis**

#### **1.6.1 Hipótesis**

El análisis de los informes de índices de riesgo y certificados de inspección de hermeticidad permite realizar un diagnóstico de la estanqueidad de los tanques enterrados de combustibles líquidos de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo, que demuestra que el 3 % de los tanques presentan fugas de combustible.

## **1.7 Identificación y clasificación de las variables**

### **1.7.1 Independiente:**

- Índice de riesgos del Sistema de Tanques Enterrados
- Certificados de inspección de Hermeticidad

### **1.7.2 Dependiente:**

- Diagnóstico de Estanqueidad

## 1.8 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables.*

Variable	Definición	Dimensiones	Indicadores	Item
Informe de índice de riesgos del Sistema de Tanques Enterrados	Informe donde se calcula un índice a base de factores de riesgos concernientes al tanque y al medio donde está instalado. Define la periodicidad de las inspecciones de hermeticidad.	Factores de riesgo asociadas al tanque enterrado.	• Material de fabricación/mecanismo de protección contra la corrosión.	A
			• Uso del tanque: Nuevo/Usado.	B
			• Antigüedad del tanque.	N
		Factores de riesgo asociadas al medio circundante.	• Existencia de agua a nivel del tanque.	C
			• Resistividad específica.	D
			• Clase de suelo.	E
			• Humedad.	F
			• Valor de PH.	G
			• Contenido de cloruros del suelo	H
			• Contenido de sulfatos del suelo	I
Factores de riesgo asociadas al impacto medio ambiental e infraestructura.	• Existencia de ríos cercano a menos de 1km.	J		
	• Existencia de agua de mar a menos de 200 m.	K		
	• Existencia de pozos de agua potable a menos de 1km.	L		
	• Existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50 m.	M		
Certificados de inspección de hermeticidad	Certificado que valida un STE y si este se encuentra debidamente hermético.	Inspección de hermeticidad	• Resultado de prueba	Resultado Final de CIH STE

*Nota.* Resumen de operacionalización de las variables independientes de la presente investigación. Fuente: *Elaboración propia.*

## **CAPÍTULO II:**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes**

##### **2.1.1 Investigación a nivel internacional**

EPA (1987) elaboró el informe denominado “Causes of reelease from UST Systems”, traducido al español “Causas de escape en sistemas de tanques de almacenamiento subterráneo” consideró como objetivo aclarar las causas de liberación de los sistemas de tanques enterrados (STE), siendo una investigación gubernamental con fines de normar los establecimientos de hidrocarburos de los Estados Unidos. En la cual se obtuvo los resultados de las experiencias y datos de empresas, organismos reguladores y asociaciones nacionales de intereses comunes, demostrando que la principal falla de los tanques de acero sin protección es por corrosión, la cual está ligada a su tiempo de servicio, estableciendo como crítico el periodo de 10 a 15 años, reafirmando esto con los resultados que obtuvo de una muestra de 24 452 tanques, todos de acero, donde el 30,2 % de los tanques cuyas edades eran de 10 a 15 años no eran herméticos, obtuvo también que la proliferación de la corrosión se debe a una mala selección y compactación del relleno con el cual cubren a los tanques, resaltando que muchas veces este relleno está contaminado con madera u otros tipos de suelo; determinó que, tanques viejos o que han presentado perforaciones al aplicarles revestimiento interno extienden su vida útil y presentan un porcentaje menor de fallas por corrosión después de ser revestidos; rescata que las nuevas generaciones de tanques de plástico reforzados con fibra de vidrio (FRP), con ánodos de sacrificio instalados, con cubierta de resina, raramente presentan fallas por corrosión,

y que el uso de éstas a pesar de su elevado costo inicial se ha incrementado debido a la conciencia ambiental que se ha ido generando por parte de los operadores incentivadas por las regulaciones normativas. Concluyó que los tanques de acero instalados sin ningún tipo de protección más antiguos fallan principalmente por corrosión, sin embargo los tanques y tuberías de "nueva generación" de FRP, acero revestido de FRP con protección catódica o tanques revestidos parecen haber eliminado parcialmente la falla inducida por la corrosión externa; también concluyeron que los vertidos y los derrames, algunos por sobrellenos, de las tuberías de entrega de productos son las fuentes más numerosas de fugas, y no ocurren en los tanque como se creía originalmente.

La investigación realizada por la EPA aporta significativamente a la presente tesis, puesto que se utilizó como referencia, dado que la información obtenida en esta investigación es de uso gubernamental; tales como, el periodo en los cuales se presentan fallas de corrosión y fugas de combustible en los tanques enterrados u otros datos que se evaluarán durante el desarrollo de la presente investigación.

Azcuntar, Izquierdo y Sánchez (2011) desarrollaron el artículo denominado "Modelo conceptual de la contaminación del suelo y agua subterránea por hidrocarburos", el cuál su objetivo fue definir los conceptos relacionados a la contaminación del suelo y subsuelo como consecuencia del derrame de hidrocarburos generada por las actividades de la estación de servicio Esso Cavasa. Utilizaron el método científico, descriptivo, teniendo como muestra a la estación de servicio Esso Cavasa a 20 km de Cali, Colombia. Obtuvieron como resultados la identificación de los tanques

enterrados como posible fuente contaminante, acuíferos de 3 a 6 m de profundidad como medios de transporte del contaminante, y los receptores como pozos, viviendas y empresas como los afectados, así también que el nivel freático (a 1,8 m en verano y 3,5 m en invierno) se encontraba superior del nivel de profundidad de los tanques enterrados (4 m) estableciéndose un alto riesgo de contaminación por el contacto directo producto de una fuga entre hidrocarburos y agua subterránea. Así concluyendo, que los resultados sirvieron para tener un panorama general de un sitio contaminado que le permita a la entidad ambiental proponer y tomar acciones correctivas para contrarrestar procesos de contaminación por derrame de hidrocarburos.

La investigación realizada por Azcuntar, Izquierdo y Sánchez aporta a la presente tesis porque demuestra cómo influye el medio donde están instalados los tanques enterrados para la propagación de una fuga de combustibles a través del subsuelo y las consecuencias que causa en las fuentes de agua de uso doméstico e industrial cercanas.

Enamul (2011), en su artículo "The current and future trends of composite materials: an experimental study" traducido al español "Las tendencias actuales y futuras de los materiales compuestos: un estudio experimental", tuvo como objetivo evaluar experimentalmente los usos actuales y potenciales de los materiales compuestos reforzados con fibra de vidrio generalmente empleados para la industria del petróleo, los cuales fueron el vidrio AR, vidrio E sin boro, vidrio C y vidrio E, en ambientes ácidos y alcalinos. De su investigación obtuvo que, en un ambiente ácido (3 M HCl, 25 °C), el vidrio E es atacado rápidamente por la corrosión, presenta una pérdida de peso de 11,5 % en las primeras 100 h, y luego una pérdida

más lenta de 12,5% en 600 h, el vidrio C pierde un 2,1% de material en sus primeras 100 h, no obstante, a un tiempo de 600 h su pérdida es de 4,5 %, por el contrario, los vidrios E y AR presentan una mejor resistencia a la corrosión, de estas la última presenta un mejor resultado para el uso a largo plazo de cualquier aplicación en campo petrolífero, así también obtuvo que las tasas de pérdidas de peso aumentan conforme aumenta la temperatura, siendo el la fibra de vidrio AR la que presentó mejores resultados. Para el ambiente alcalino (5 M NaOH, 25 °C) obtuvo que, no existen diferencias importantes en las pérdidas de peso entre las fibras E, C y E sin boro, resaltando que en el medio alcalino las pérdidas de peso de los materiales de FRP son mayores que en el medio ácido, y que el vidrio AR tiene mayor resistencia a la corrosión que los otros tres materiales de fibra. Como conclusión se obtuvo que, el vidrio AR es resistente a la corrosión a altas temperaturas y en ambientes altamente ácidos y alcalinos. La pérdida de peso debido a la corrosión es menor que la de los otros tres materiales. El vidrio E sin boro también es mejor que el vidrio C y el vidrio E, especialmente en ambientes ácidos.

La investigación realizada por Enamul aporta significativamente a la presente tesis porque aporta con el conocimiento de materiales diferentes al acero al carbono, como son la fibra de vidrio, utilizados comúnmente en la industria de los hidrocarburos, y que estos presentan altos niveles de resistencia contra la corrosión comprobados experimentalmente en medios ácidos y alcalinos.

Vaca (2015) desarrolló la tesis denominada “Diagnóstico de la gestión de derrames de hidrocarburos en gasolineras de la ciudad de Guayaquil”, del que su objetivo fue realizar un diagnóstico de los establecimientos de venta de combustibles en Guayaquil con relación a si estos disponen de medidas preventivas ante derrames de combustibles. El diseño de la investigación fue un enfoque mixto, exploratorio-descriptivo, transversal, no experimental. Donde se obtuvo los resultados mediante entrevistas a expertos de cada sector involucrado en el estudio, donde demostró que el tiempo de operación de los tanques y las características de los materiales empleados en su fabricación son factores principales vinculados a las causas de contaminación del suelo por combustible y que los métodos fisicoquímicos complementados con la acción bacteriana son los más utilizados para remediaciones del sitio contaminado. Concluyó, que a pesar de que los establecimientos de venta de combustibles cuentan con instrumentos de gestión y control de derrames de hidrocarburos, estos no son suficientes y el suelo continúa siendo contaminado, por lo que requiere ser tratado; y que ante esto los operarios de los establecimientos muestran inseguridad ante el plan de remediación, porque de no elegirse los criterios adecuados puede generar daño a la infraestructura interna del establecimiento, por ejemplo, las tuberías, el tanque, etc.

La investigación realizada por Vaca aporta en cuanto a la mención de comentarios y experiencias de forma verbal de los agentes de los establecimientos y especialistas dentro del sector hidrocarburos en Guayaquil, de donde se obtendrá información de primera fuente por entrevistas directas en un panorama similar al nuestro.

Abrigo (2015) desarrolló la tesis titulada “Mantenimiento de tanques enterrados utilizados en el almacenamiento de combustibles líquidos”, del cual su objetivo fue desarrollar un plan de mantenimiento de estos tanques, teniendo como muestra las gasolineras de Ecuador. Los resultados obtenidos fueron; planificar acciones para la detección de fugas como realizar pruebas de hermeticidad anuales realizadas por entidades acreditadas, analizar mensualmente los controles de inventario de combustible, supervisar los pozos de monitoreo y detectores de gases de manera quinquenal, planificar acciones para el sistema de protección catódica como inspecciones semestrales y posteriormente cada tres años, planificar acciones de inspección interna, mediante mediciones de espesores y ensayos no destructivos de acuerdo con los intervalos de la matriz de inspecciones. Concluyó que la aplicación de un correcto plan de mantenimiento, que involucren inspecciones periódicas, alarga la vida útil de los tanques enterrados de combustible.

La investigación realizada por Abrigo nos dará una percepción de acciones de inspección y mantenimientos periódicos de corto plazo, además del uso de recubrimientos a los tanques para prolongar la vida útil de los tanques enterrados de combustibles.

### **2.1.2 Investigación a nivel nacional**

Quincho (2013) desarrolló la tesis titulada “Diagnóstico de antigüedad para evaluar la renovación del parque de tanques enterrados en EE.SS. de la provincia de Lima”, donde su objetivo fue diagnosticar la renovación de los tanques enterrados en las EE. SS. de Lima provincia base la antigüedad del tanque. Empleó la metodología descriptiva simple, teniendo como muestra la población de tanques enterrados que presentaron sus declaraciones juradas al ente regulador Osinergmin en el periodo 2012. En la cual obtuvo los resultados que en la provincia de Lima existe 1 223 tanques que tienen una edad mayor a los 15 años, cuarenta y dos (42) tanques tienen una edad superior a los 28 años. Concluyó que en la provincia estudiada existen tanques que exceden los 30 años de antigüedad diagnosticando su renovación.

La investigación realizada por Quincho aporta significativamente a la presente tesis porque muestra una parte de la problemática de los tanques enterrados en el Perú como es su falta de protección contra la corrosión, su antigüedad y los perjuicios que estos podrían representar.

Mendoza (2020) desarrolló la tesis denominada “Diseño de un tanque subterráneo de 6 000 galones de plástico reforzado con fibra de vidrio para almacenamiento de hidrocarburos líquidos” consideró dentro de sus objetivos presupuestar el diseño y fabricación de un tanque subterráneo de plástico reforzado con fibra de vidrio. Utilizó el método analítico, cuantitativo, nivel descriptivo y no experimental, aplicado para la industria peruana. Obtuvo que el diseño y fabricación de un tanque de 6 000 galones del material en estudio tiene un costo de \$ 12 852,68 dólares americanos,

ocupando una posición intermedia en comparación con los costos para tanques fabricados con otros materiales como el acero A36 (\$ 11 824,00) y el acero inoxidable SS316 (\$ 39 156,00); obtuvo también, una relación de ventajas en relación a un tanque de acero como, excelente resistencia a la corrosión, mantenimiento mínimo y a largo plazo, bajo peso (1/6 del peso de un tanque de acero) y que su fabricación se puede realizar de diversas geometrías y hasta complejas. Concluyó así, con el diseño planteado y su presupuesto en comparación a tanques fabricados con otros materiales.

La investigación realizada por Mendoza aporta significativamente a la presente tesis porque aporta con la consideración de nuevos materiales como el plástico reforzado con fibra de vidrio y sus ventajas en comparación con los tanques fabricados en acero, destacando entre ellas su poca o casi nula afectación por la corrosión de estos nuevos diseños de tanques.

**Figura 4**

*Aplicación de recubriendo de laminado de tanque enterrado de combustible líquido enterrado que presentó fugas, con capas de fibra de vidrio.*



*Nota.* El laminado del tanque consta de 03 capas con fibra de vidrio, a esto le incluimos una capa más, llamada fibra de superficie para la protección final; al final de las 04 capas se realiza un bañado de resina GEL-COAT a todo el tanque para darle mayor durabilidad y protección al laminado. Tomado de *Osinergmin*, tomas fotográficas, 2019.

Celada (2020) desarrolló la tesis titulada “Diseño de un sistema de protección catódica por corriente impresa para incrementar la vida útil de los tanques estacionarios de almacenamiento de 5 000 y 3 000 galones en el grifo “San Juan” - Lambayeque”, donde uno de sus objetivos fue diagnosticar la situación actual de los tanques de combustibles del grifo “San Juan” ubicado en distrito de Chiclayo, en cuanto a fallas que se presentan por corrosión. Se caracterizó su investigación como aplicada, experimental, documentada y explicativa. Se obtuvo los resultados de la situación actual de los tanques de 5 000 y 3 000 galones en referencia a su peso perdido por corrosión, para tres medios electrolíticos Cloruro de Sodio (0,1 N, 50 ml), Hidróxido de Sodio (0,1 N, 50 ml) y Sulfato de Cobre (0,1 M, 50 ml), los cuales fueron 225,1683 kg ( 6,64 %), 2,4443 kg (0,07 %) y 1 551,1445 (45,74 %) respectivamente, se determinó para ello la velocidad promedio de corrosión de una placa de prueba de acero A36 bajo los tres medios electrolíticos indicados, cuyos resultados fueron  $2,29E-11$  m/s,  $2,49E-13$  m/s y  $1,58E-10$  m/s para cada uno respectivamente. Concluyó que los tanques presentaban corrosión y que para el medio electrolítico de sulfato de cobre se dan las mayores pérdidas de masas de los tanques por corrosión en comparación con los otros dos medios.

La investigación realizada por Celada, nos aportará en cuanto a la consideración de métodos de protección contra la corrosión como la protección catódica en tanques enterrados de combustible para que sigan operando por más años. Y, en suma, a tener presente como se experimenta en laboratorio el deterioro o corrosión de los tanques frente a elementos químicos propios del entorno (aire, agua, suelo, etc.), dando una percepción del estado estructural de los tanques al verse propenso a estos componentes.

De Tomás (2018) desarrolló el trabajo de suficiencia profesional denominado “Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento preventivo en el sistema de tanques enterrados de la cadena de estaciones de servicios Petromix S.A.C para garantizar la continuidad en las operaciones”, cuyo objetivo fue proponer un modelo de gestión de mantenimiento preventivo para los tanques y tuberías de las estaciones de servicio de la mencionada empresa, a fin de asegurar su operatividad, teniendo como muestra a 05 establecimientos de esta empresa, las cuáles se ubicaron en la ciudad de Lima. Obtuvo que para la gestión de mantenimiento preventivo de los tanques enterrados se deben realizar sobre estos; pruebas anuales de hermeticidad, limpieza semestral, verificación de las existencias de combustible de manera inter diaria y medición del contenido de agua de forma diaria; concluyendo de que la empresa Petromix al no realizar trabajos de mantenimiento adecuados sobre sus instalaciones, durante 25 años de operación, la llevó a detener sus operaciones en algunas de sus estaciones, a desaprobación de las supervisiones del ente regulador Osinergmin, tener pérdidas económicas derivadas de mantenimientos correctivos y a perder clientes por despachar combustible de calidad no óptima para la venta.

La investigación por De Tomás demostró que la falta de conocimiento del estado actual de los tanques enterrados por los propios agentes y al no contar con un modelo de gestión de mantenimiento preventivo pueden llevar a dejar establecimientos inoperativos, clausurados o con multas por el ente regulador, que generan afecciones no solo económicas o sociales, también medioambientales.

## **2.2 Términos y conceptos**

### **2.2.1 Ministerio de Energía y Minas**

El Ministerio de Energía y Minas del Perú (MINEM), es el ente del gobierno que tiene como finalidad administrar las políticas relacionadas a las actividades mineras y energéticas (Ministerio de Energía y Minas, s.f.).

### **2.2.2 Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería**

El Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), es una institución del estado que fiscaliza, supervisa y regula a las empresas del subsector eléctrico, hidrocarburos y minero con el fin de que estas cumplan con las prácticas legales de correspondiente a sus actividades. Este organismo se encarga de emitir los procedimientos en los sectores mencionados, para que estos desarrollen sus actividades en condiciones seguras y sostenibles (OSINERGMIN, s.f.).

### **2.2.3 Instituto Nacional de Calidad**

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL), es un Organismo Público Técnico Especializado, encargado de normar y regular la acreditación y metrología en base a estándares y normas internacionales. Teniendo como finalidad institucional ser promotor y certificar el cumplimiento de la Política Nacional para la Calidad con el objetivo de que las actividades económicas se desarrollen con competitividad, eficiencia y protección al ciudadano y el medioambiente (INACAL, s.f.).

### **2.2.4 Sistema de Tanques Enterrados (STE)**

Según la normativa peruana, este sistema comprende al tanque, las tuberías y sus conexiones, que se encuentren bajo la superficie del suelo (MINEM, D.S. 064-2009).

### **2.2.5 Tanques enterrados de almacenamiento de combustible**

Estructuras fabricadas generalmente en acero, donde se almacenan productos inflamables, como es el caso del gasohol y diésel. De acuerdo con el Reglamento de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos indica que para ser considerado como tanque de almacenamiento de combustible su capacidad no debe ser menor a  $0,216 \text{ m}^3$  (MINEM, D.S. 054-1993).

### **2.2.6 Diagnóstico**

El diagnóstico puede definirse como un resultado definitivo o transitorio del comportamiento del objeto de estudio que se desea conocer, para unas circunstancias determinadas. Un diagnóstico no solo es descriptivo, sino también es explicativo y base de pronósticos (Vallejos, 2008, p. 13).

### **2.2.7 Fuga de combustible**

Se puede presentar en forma de derrame, goteo, emisión, escape, entre otros, desde una estructura de almacenamiento de combustible (tanque) o transporte (tubería) al medio exterior (MINEM, D.S. 064-2009).

### **2.2.8 Índice de fuga**

Se define como la pérdida de producto desde un tanque o tubería por unidad de tiempo a una razón de  $0,3785 \text{ l/h}$ , siendo esta el mínimo para ser considerado como fuga de combustible (MINEM, *ibíd.*)

### **2.2.9 Registro de hidrocarburos**

Registro donde se encuentran inscritos todas aquellas empresas, personas naturales, consorcios, y demás, que requieran dedicarse en el Perú a actividades del subsector hidrocarburos (OSINERGMIN, D.S. 032-2002).

En este se consignan datos acerca del titular del establecimiento, dirección, especificaciones de las instalaciones técnicas, información técnica, entre otros. La lista de estos registros es de acceso público y gratuito, los cuales pueden ser consultados vía web (apéndice 1).

#### **2.2.10 Certificado de hermeticidad**

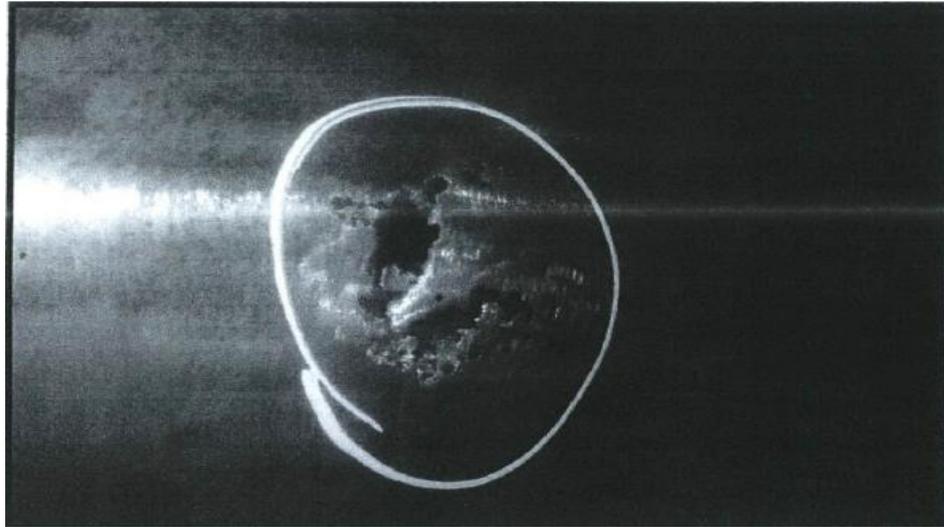
Certificado que valida un STE y si este se encuentra debidamente hermético, este documento es emitido por empresas particulares acreditadas ante el INACAL (MINEM, D.S. 064-2009). La información contenida en este certificado está referida a los datos del establecimiento, a las características del tanque sometido a prueba, el método de prueba empleado, el tiempo de duración de la prueba y los resultados de esta (apéndice 3).

#### **2.2.11 Corrosión**

Es el deterioro de un metal debido a una reacción con su ambiente. Para estructuras enterradas de acero, la corrosión externa es un proceso electroquímico debido a la existencia de áreas sobre la superficie del metal con diferentes potenciales eléctricos conectadas eléctricamente, producida debido a la existencia de una celda de corrosión electroquímica, formada por cuatro componentes; un ánodo, un cátodo, un camino metálico que conecta el ánodo con el cátodo y un electrolito (American Petroleum Institute, 1996). En estructuras metálicas enterradas el tipo de corrosión que generalmente se presentan, como se observa en la figura 3, son corrosiones uniformes y corrosión por picadura, siendo estas últimas las más destructivas.

**Figura 5**

*Corrosión por picadura en tanque enterrado de combustible líquido, Gasohol 95 plus.*



Fuente: *Osinergmin*, toma fotográfica, 2019.

**2.2.11.1 Ánodo**

Es el componente donde se produce la reacción de oxidación, libera electrones que viajan hacia el cátodo (NACE International-The Corrosion Society, 2002). En otras palabras, donde se produce la corrosión (API, 1996).

**2.2.11.2 Cátodo**

Es el componente donde se produce la reacción de reducción, los electrones fluyen hacia él (NACE, 2002), en otras palabras, no hay pérdida de metal que ocurra en el cátodo (API, 1996).

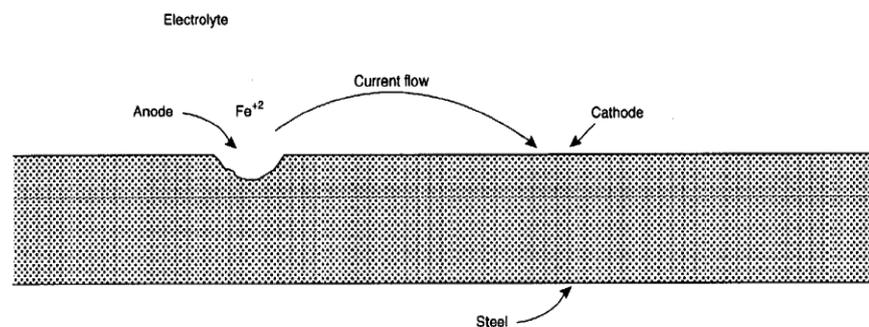
**2.2.11.3 Conexión metálica entre ánodo y Cátodo**

Es el componente donde se circula corriente positiva desde el ánodo al cátodo, la conexión puede ser la misma superficie metálica de la estructura (API, 1996).

#### 2.2.11.4 Electrolito

Es el componente donde se encuentran presentes iones que migran en presencia de un campo eléctrico, en el caso de estructuras enterradas se refiere al suelo o líquido adyacentes a ellas (NACE, 2002). Es el medio por donde se cierra el circuito eléctrico, puesto que a través de él circula corriente positiva del cátodo al ánodo (API, 1996).

**Figura 6**  
*Celda de corrosión electroquímica.*



Tomado de API, 1996.

#### 2.2.12 Protección catódica

Es una técnica para prevenir la corrosión, la cual consiste en hacer que toda la superficie metálica de la estructura a proteger actúe como cátodo de una celda electroquímica. Con esto no se elimina la corrosión, sólo se transfiere a un ánodo externo (API, 1996). El método generalmente aplicado en los tanques enterrados de combustibles líquidos instalados en la provincia de Huancayo, es el método de protección catódica por ánodos de sacrificio, el ánodo está conectado eléctricamente a la estructura a ser protegida y enterrada en el suelo (figura 5), no obstante, otro método regularmente empleado es el método de corriente impresa, en donde se utiliza una fuente de corriente continua externa conectada a un electrodo y a la estructura a

proteger, la corriente fluye a través de la tierra desde el electrodo enterrado hacia la estructura a proteger.

**Figura 7**

*Método de protección catódica por ánodos de sacrificio*

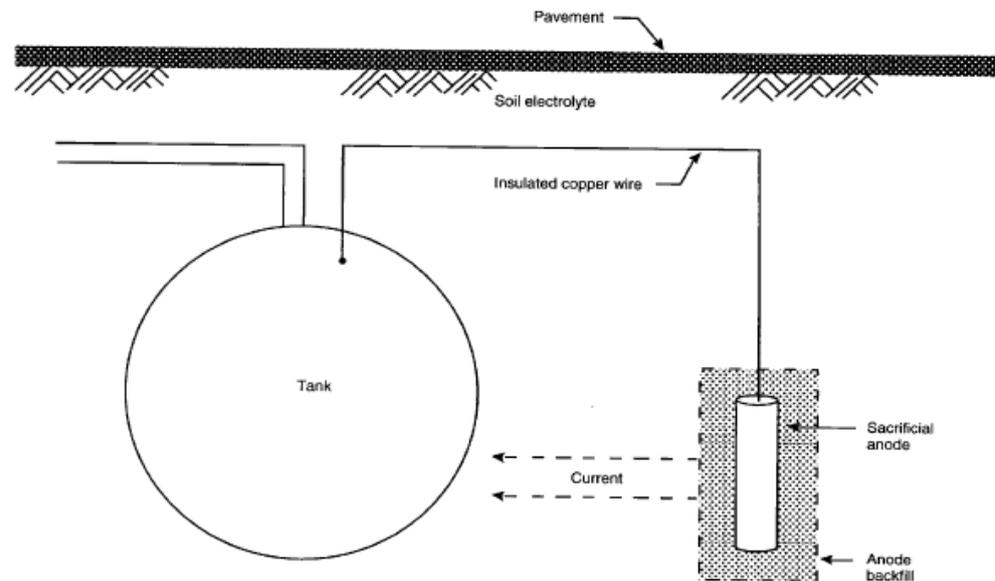


Figure 6—Sacrificial Anode Cathodic Protection

Tomado de API, 1996.

### 2.2.13 Riesgo

De acuerdo con la Real Academia Española, riesgo se define como la “contingencia o proximidad a un daño” (Real Academia Española, 2020). El riesgo también se define como “una combinación de la probabilidad y consecuencia” (Meneses et al., 2010, p.37) de un peligro definido.

### 2.2.14 Enfoque basado en riesgos

El enfoque de inspección basada en riesgos se fundamenta en las normas API RP-580 y API PUB-581, mediante este se identifican, evalúan y definen los riesgos industriales debidos a la corrosión, entre otros riesgos, que afecten la operatividad de los equipos. Durante el proceso de inspección se diseñan las estrategias a seguir, tales como la identificación de los equipos a inspeccionar, la frecuencia de las inspecciones y cómo realizarlas,

obteniendo así mediante este análisis previo la mejor estrategia (Meneses et al., 2010).

## **2.3 Marco conceptual**

### **2.3.1 Informe de índice de riesgos**

El concepto de Informe de índice de riesgos aparece por primera vez definido en el artículo 1 del D.S 024-2012-EM, como un documento emitido por personas o empresas inscritas en OSINERGMIN, que basado en el indicador obtenido a través de la evaluación de la matriz de riesgo contenida en el Anexo N° 1 de la norma citada, determina la frecuencia de inspección de hermeticidad de los STE (MINEM, D.S. N° 024-2012).

#### **2.3.1.1 Índices de riesgo**

Son los puntajes asignados a factores de riesgo listados en el “Anexo N° 1 Tabla N° 1 Índice de riesgos para tanques enterrados” del D.S N° 024-2012-EM (apéndice 2-A). Estos puntajes se basan en factores de riesgo relacionados principalmente a la corrosión y operación de los tanques enterrados; la corrosión debido a las características de fabricación de los tanques y a las condiciones naturales del terreno; la operación debido a los esfuerzos internos y externos a los que están sometidos los tanques en uso, su antigüedad y las afectaciones al medio (MINEM, D.S 064-2009).

- Ítem A – Tanque: Los tanques en las estaciones de servicio son las estructuras donde se almacena el combustible, así pues, representan un alto nivel de riesgo, además, su naturaleza operativa subterránea dificulta su monitoreo (Ching et al., 2019). Estos en su mayoría están hechos de acero al carbón y los más

antiguos se instalaban sin ningún medio de protección contra la corrosión, condiciones que acrecientan la posibilidad de que se presenten ingresos de hidrocarburos al subsuelo produciendo contaminación o que se acumulen vapores volátiles representando riesgos de incendio o explosión (MINEM, D.S 064-2009); no obstante, a partir del año 2012, se exige que los tanques nuevos cuenten con un sistema de protección catódica que cumplan con prácticas recomendadas contra la corrosión (MINEM, D.S 024-2012), esto último en adición a los recubrimientos asfálticos aplicables al tanque (MINEM, D.S 054-1993).

Ahora bien, los tanques también pueden ser fabricados de fibra de vidrio (MINEM, D.S 054-1993), los cuales raramente presentan fallas por corrosión (EPA, 1987), sin embargo, en el Perú, la industria de plásticos reforzados con fibra de vidrio comenzó a desarrollarse a partir de la década de 1990, por lo cual no son muchas las empresas que se dedican al trabajo con este material en el país (Bendezú, 2002).

Es por ello que este índice considera el factor de riesgo en función al material de fabricación del tanque y los métodos de protección contra la corrosión que tiene instalado.

- Ítem B - Uso del tanque: Este índice considera el factor de riesgo en función a si el tanque instalado es un tanque usado, que ha sido retirado de una instalación e instalado en otra, o si se trata de un tanque nuevo. Asignado un puntaje de cero (0) para los tanques nuevos y un puntaje de cuatro (4) para los tanques usados.

- Ítem C - Existencia de agua subterránea a nivel del tanque: Este índice considera el factor de riesgo en función a la probabilidad de que una fuga de combustible tenga contacto directo con el agua subterránea, puesto que, del derrame de gasolina desde tanques de almacenamiento, ésta se desplaza hacia abajo por gravedad y cuando encuentra el nivel freático, migra a través de la zona de poco contenido de agua, zona no saturada; los hidrocarburos menos densos que el agua, flotan en la capa freática, a diferencia de los de mayor densidad cuyo comportamiento es la de seguir el flujo del agua en dirección lateral (API, 2004, citado en Azcuntar, Izquierdo y Sánchez, 2011).

La norma asigna un puntaje de cero (0) cuando no hay existencia de agua al nivel del tanque y uno (1) donde sí se presenta o donde los niveles son variables.

- Ítem D - Resistividad específica del suelo: Este índice considera el factor de riesgo en función al nivel de resistividad del suelo. Según Moreno, Valencia, Cárdenas, y Villa (2007, p.14), se define como la resistencia del suelo contenido entre las caras de un cubo de 1 m de lado a la electricidad; en otras palabras, es la propiedad intrínseca del suelo que representa la oposición de este al paso de la corriente eléctrica. Los niveles de resistividad más bajos aumentan la corrosión (Bedoya, 2010); puesto que el fenómeno de corrosión tiene compartimiento eléctrico y químico, en donde el suelo es el electrolito por donde viajan los iones metálicos del ánodo (elemento que se corroe) hacia al cátodo (API, 1996); de

manera que mientras el electrolito, oponga menor resistencia, la corrosión será mayor en el ánodo.

Lo expuesto anteriormente concuerda con lo obtenido por Uhlig (citado en Bedoya, 2010, p. 5), clasificó la agresividad de los suelos en función a su resistividad como: corrosión muy severa ( $< 1000 \Omega\text{cm}$ ), severo ( $1001-2000 \Omega\text{cm}$ ), moderado ( $2001-5000 \Omega\text{cm}$ ), ligero ( $5001-10000 \Omega\text{cm}$ ), muy ligero ( $>10000 \Omega\text{cm}$ ).

- Ítem E - Clase de suelo: Este índice considera el factor de riesgo en función a la clase de suelo. La norma considera a suelos como tiza o arena como menos agresivos asignando un puntaje de cero (0) y a suelos como cieno, fango o suelo pantanoso como suelos más agresivos asignando un puntaje de cinco (5). Esto guarda relación con lo manifestado por Bedoya (2010), indicando que las tierras suelen clasificarse analizando el tamaño de partícula, a lo que se le conoce como granulometría, teniendo que las arenas gruesas con tamaños de partículas de 0,07 a 2 mm son suelos secos y aireados (permeables), con alta resistividad y poco agresivos; teniendo también que cieno con tamaños de partículas de 0,005 a 0,07 mm y arcillas con tamaños de partículas de 0,005 mm y menores, suelen ser suelos húmedos, con baja resistividad y agresivos desde el punto de vista de la corrosión.
- Ítem F - Humedad del suelo: Este índice considera el factor de riesgo referido al porcentaje de humedad del suelo. La norma considera a suelos con humedades menores a 20 % con un puntaje de cero (0) y a suelos con humedades iguales o mayores a 20 %

con un puntaje de un (1). Esto guarda relación con lo manifestado por Bedoya (2010), indicando que los suelos húmedos y conductores son más agresivos que los secos y los resistivos, señalando que humedades mayores a 20 % por lo general dan corrosiones uniformes y para humedades de suelo menores a 20 % dan como resultado corrosión por picadura; este tipo de corrosión es muy destructivo para las estructuras cuando provoca perforaciones del metal (Universidad Politécnica de Valencia, s.f.).

- Ítem G - Valor de pH del suelo: El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo. La norma considera a suelos con pH mayor que siete (7), suelos básicos, con un riesgo mínimo de corrosión asignando un puntaje de cero (0) y suelos ácidos, con un pH menor que siete (7) un puntaje de uno (1). Esto guarda relación a lo mencionado por Bedoya (2010), indicando que la corrosión del acero aumenta para valores de pH menores a 4, generalizando que los suelos presentan pH de 3.5 a 10 siendo en su mayoría alcalinos. Una clasificación que suele darse de la agresividad de los suelos respecto a su pH (en ppm), es que suelos con concentraciones menores a 5,5 presentan un grado de corrosividad severo, de 5,5 a 6,5 un grado moderado, 6,5 a 7,5 un grado neutral, 7,5 a 9 un grado insignificante (Baboian, 2002, citado en Bedoya, 2010).
- Ítem H - Contenido de cloruros del suelo: Los cloruros son sales solubles comúnmente presentes en los suelos, estos contribuyen a

la corrosión puesto que pueden romper localmente las películas pasivas de protección de los metales dando como resultado corrosión por picadura (Bedoya, 2010). Una clasificación que suele darse de la agresividad de los suelos respecto a su concentración de cloruros (en ppm), es que suelos con concentraciones mayores a 5 000 presentan un grado de corrosividad severo, de 1 500 a 5 000 un grado considerable, de 500 a 1 500 un grado corrosivo y menor a 500 un grado leve (Baboian, 2002, citado en Bedoya, 2010).

- Ítem I - Contenido de sulfatos del suelo: Los aniones sulfatos, son otro tipo de sales solubles presentes comúnmente en el suelo, estos presentan una contribución similar a los cloruros (Bedoya, 2010). Una clasificación que suele darse de la agresividad de los suelos respecto a su concentración de sulfatos (en ppm), es que suelos con concentraciones mayores a 10 000 presentan un grado de corrosividad severo, de 1 500 a 10 000 un grado considerable, de 150 a 1 500 un grado corrosivo y menores a 150 un grado insignificante (Baboian, 2002, citado en Bedoya, 2010).
- Ítem J - Existencia de ríos cercanos a menos de 1 km: Este ítem evalúa el factor de riesgo ante la existencia de fuentes de agua utilizable por la población como ríos, los cuales pueden verse afectados ante una fuga por hidrocarburos. La forma en la que los derrames de hidrocarburos pueden alterar medio biótico modificando las condiciones fisicoquímicas del agua, pérdida de especies, afectación de la cadena trófica, entre otros

- Ítem K - Existencia de agua de mar a menos de 200 m: Este ítem evalúa el factor de riesgo ante la existencia de agua de mar cercana a los STE, puesto que la cercanía de estas aguas favorece a corrosión de las estructuras enterradas, por mayor presencia de oxígeno y ser un suelo circundante rico en sales.
- Ítem L - Existencia de pozos de agua potable a menos de 1 km: Este ítem evalúa el factor de riesgo ante la existencia de fuentes de agua utilizable por la población como pozos de agua potable, los cuales al resultar contaminada pueden afectar la salud de las poblaciones aledañas, puesto que el agua contaminada por hidrocarburos disminuye su pH, aumentando su acidez e imposibilitando de esta manera su consumo.
- Ítem M - Existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50 m: Este ítem evalúa el factor de riesgo ante la existencia de edificaciones cercanas, en las cuales se puedan filtrar los combustibles que se almacenan en los tanques enterrados, o en todo caso acumular los vapores altamente inflamables y producirse alguna explosión que afecte a los bienes materiales y ponga en riesgo la vida de las personas que ocupen dichas edificaciones. Esto concuerda con la exigencia de distancia mínima de 50 m, la se exige para la autorización de construcción de los EVPC, esta distancia es respecto a los límites de propiedad de centros educativos, mercados, hospitales, clínicas, entre otros, inclusive si tan solo tuvieran un proyecto aprobado por la municipalidad. (MINEM, D.S. 037-2007-EM).

- Ítem N - Antigüedad del tanque: Este índice considera el factor de riesgo en función a la edad de los tanques enterrados, estimando como máximo tiempo de vida útil de un tanque enterrado 30 años. Correspondiendo un puntaje de cero (0) para los tanques de cero (0) a cinco (5) años y un puntaje de cinco (5) para los tanques de 25 a 30 años.

### 2.3.2 Matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes

La matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes es un arreglo, en el cual las filas están referidas a la edad del tanque enterrado, y las columnas al puntaje total obtenido de la evaluación de todos los ítems que figuran en el informe de índice de riesgos, los cuales han sido detallados en apartado previo; de la aplicación de la matriz se obtiene la frecuencia de monitoreo de los tanques enterrados de combustible evaluados, y de ser el caso acciones de retirar/ reparar/ reemplazar.

**Tabla 2**

*Matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes*

Edad	Puntaje (Índice de Riesgo)			
	Hasta 12	De 13 a 20	21 a 27	Mayor o igual a 28
De 0 a 15 años	Cada 5 años	Cada 3 años	Cada 1 año	Retirar/ Reparar/ Reemplazar
De 15 a 25 años	Cada 3 años	Cada 2 años	Retirar/ Reparar/ Reemplazar	Retirar/ Reparar/ Reemplazar
De 25 a 30 años	Cada 2 años	Cada 1 año	Retirar/ Reparar/ Reemplazar	Retirar/ Reparar/ Reemplazar
Mayores de 30 años	Retirar/ Reparar/ Reemplazar	Retirar/ Reparar/ Reemplazar	Retirar/ Reparar/ Reemplazar	Retirar/ Reparar/ Reemplazar

Tomada de *Decreto Supremo N° 024*, Ministerio de Energía y Minas, 2012.

### **2.3.3 Hermeticidad en tanques**

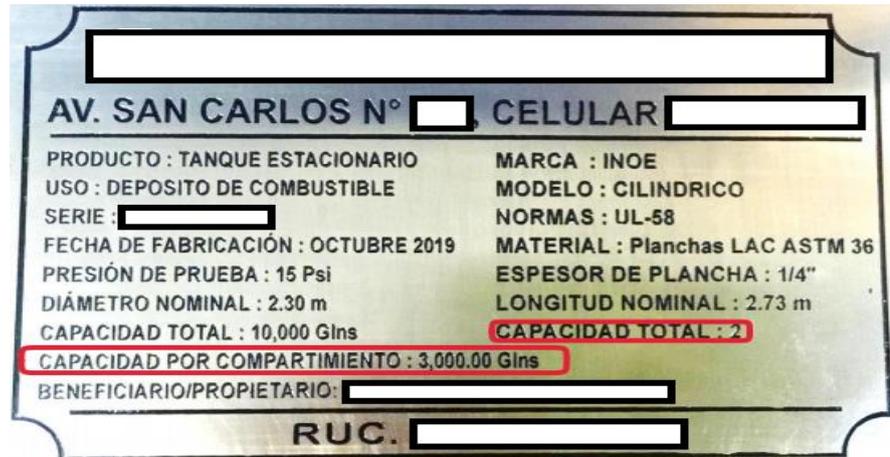
Para que un tanque sea considerado hermético no debe presentar fugas de combustible; pasan ello, son sometidos a pruebas en cada una de sus etapas: maestranza, fosa y durante la operación del tanque. La presente investigación, se enfoca en las pruebas que determinan la hermeticidad de un tanque durante su etapa de operación; sin embargo, para dar un contexto general de las etapas mencionadas se hará una breve descripción de las pruebas previas a la puesta en operación.

#### ***2.3.1.1 Prueba de hermeticidad en maestranza.***

Prueba de hermeticidad que se realiza en el taller del fabricante de los tanques; según el MINEM menciona en el Decreto Supremo N° 054-2009 que, “los tanques deberán ser probados en la maestranza a la presión de diseño, en ningún caso con una presión inferior a 103.42 kPa”. Como resultado de esta prueba el fabricante emite un certificado de hermeticidad, en el cual figuran datos que identifican al tanque tales como: el número de serie del tanque, presión de prueba a la que fue sometido, el fluido empleado, entre otros (apéndice 4). Estos certificados son emitidos para cada compartimiento del tanque en caso de que los tenga. Así también los tanques deberán llevar una placa donde se consigne la presión de prueba a que fue sometido en su etapa de maestranza, entre otros datos (MINEM, D.S 054-1993).

**Figura 8**

*Placa de fabricación de tanque de combustibles líquidos.*



*Nota.* Placa de fabricación en donde se consigna la presión de prueba en maestranza de 15 lb/in<sup>2</sup> (103.42 kPa). Tomado de un IIR, Osinergmin, 2020.

### **2.3.1.2 Prueba de hermeticidad en fosa.**

Prueba que se realiza cuando el tanque se encuentra instalado en el establecimiento, pero antes de que sea enterrado (figura 9). Estas pruebas tienen que realizarse en presencia de la autoridad competente, ésta deberá emitir un certificado donde valide la verificación de las pruebas de hermeticidad, así como la fijación de los anclajes de los tanques a las bases de concreto (MINEM, D.S. 054-1993).

Para el caso de Grifos y Estaciones de Servicio de combustibles líquidos, dichas pruebas son auditadas por el OSINERGMIN. De acuerdo con el D.S. N° 054-1993/MINEM, se permite realizar la prueba en fosas de dos maneras, según:

- Prueba hidráulica, a una presión mínima de 69 kPa (10 lb/in<sup>2</sup>), la que debe mantenerse por lo menos 01 hora, el fluido empleado generalmente es agua.

- Prueba neumática, a una presión mínima de 49 kPa (7.11 lb/in<sup>2</sup>) la que debe mantenerse por lo menos durante 12 horas; para esta prueba se tienen que tomar en cuenta las variaciones de temperatura, el fluido empleado generalmente es aire o nitrógeno.

**Figura 9**

*Prueba de tanques de combustibles líquidos en fosa.*



*Nota.* Vista de tanques antes de ser enterrados para almacenamiento de combustibles líquidos, con capas de recubrimiento. Tomado de un IIR, Osinergmin, 2019.

### ***2.3.1.3 Prueba de hermeticidad tanques en operación.***

Inspección que se realiza cuando el tanque lleva tiempo enterrado en la estación de servicios y se realizan en él operaciones de carga y descarga de combustibles.

#### ***a. Prueba de baja precisión***

Este método es conocido también como Control de Inventarios, que consiste en tomar mediciones en forma diaria del nivel de combustible durante el periodo de un mes. Estas mediciones son registradas en un cuaderno, donde se consignan datos como fecha y hora de la medición, existencias del producto

del día anterior, ingresos y salidas de producto, nuevas existencias y diferencias entre existencias (OSINERGMIN, RCD 043-2011), este cuaderno se conoce como cuaderno de Registro de Inventarios de Combustible o RIC por sus siglas (apéndice 5). En este método se considera que cuando el valor del combustible perdido sea superior al 0,5 % del combustible manejado en el STE para el periodo de un mes, se debe considerar la existencia de una fuga (MINEM, DS 064-2009).

**Tabla 3**  
*Ventajas vs. Desventajas*

Ventajas	Desventajas
Bajo costo, en efecto para realizar las mediciones se necesita una varilla y de personal encargado de realizar las mediciones y posterior registro de inventario (figura 10).	Breve inoperatividad del tanque, para realizar las mediciones en el tanque se detienen las operaciones de carga y despacho de combustible en el establecimiento.
Adecuado control de inventario de los movimientos del combustible.	Los resultados de las mediciones no son exactas, esto es por errores cometidos por el operador durante la medición física por varillaje, así como también el margen de imprecisión que tienen los equipos de tele medición.
Determina la existencia de pérdidas de combustible, esto es al comparar los ingresos (compras) y salidas (ventas) de producto.	La determinación de pérdida de combustible no es inmediata, esto porque se tiene que esperar el periodo de un mes como mínimo para detectarlas. No define la causa real de pérdida de combustible, es decir puede deberse a fugas en el tanque, filtraciones en uniones y tuberías de conducción de combustible o por una mala calibración de los equipos de despacho.

Fuente: Elaboración propia con información tomada de “*Guía de Manejo Ambiental de Estaciones de Servicio de Combustible*”, por Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia, 1999.

**Figura 10**  
*Medición por varillaje de tanque*



Fuente: *Osinermin*, toma fotográfica, 2019.

*b. Prueba de precisión*

De acuerdo con lo recogido en la Guía de Manejo Ambiental de Estaciones de Servicio de Combustible elaborado por el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) de Colombia de 1999, señala que; para la EPA, una prueba de precisión es aquella que determina fugas de 0.1 gal/h (0.3785 l/h), con equipos que tengan una probabilidad de detección de 95 % y una falsa alarma de 5 %. Además, indica que éstas pruebas de precisión pueden aplicarse a métodos volumétricos y métodos no volumétricos (p. 100).

*i. Métodos volumétricos*

Este método está determinado por las variaciones en volumen del líquido de prueba dentro del tanque, estas variaciones se medirán en un período de tiempo predeterminado. Las diferencias ente los volúmenes inicial y final, darán indicios de que los tanques presentan fugas. Para la

aplicación de este método se debe considerar como un factor implícito a la temperatura del interior del tanque, como del líquido de prueba, por lo cual los cambios en ésta deberán ser medidos de manera sensible. Este tipo de pruebas se puede usar como líquido de prueba tanto agua o combustible (MADS, 1999, p. 100).

**Tabla 4**

*Comparación de pruebas volumétricas según el líquido de prueba empleado: Agua vs. Combustible*

	Ventajas	Desventajas
Agua	El tanque se desocupa y se llena con agua cuyo nivel se toma constantemente para determinar cambios que puedan atribuirse a fugas, el agua es un líquido fácil de manipular.	El tanque debe estar fuera de servicio durante el tiempo que dure la prueba y el tiempo que se requiera para evacuar el agua. Se requiere de un sistema apropiado para la extracción, tratamiento y/o disposición del agua contaminada por hidrocarburos.
Combustible	En este sistema, el tanque se emplea el líquido almacenado y existente en el tanque. Las mediciones son directas. No es necesario vaciar y llenar con agua los tanques a probar.	En tanques a menos del 95 % de su capacidad se tiene que realizar una prueba adicional para la zona seca. Este tipo de pruebas no debe llevarse a cabo en tanques que tienen una alta probabilidad de fuga, ya que la presión que se induce durante la prueba puede facilitar la migración del combustible.

Fuente: *Elaboración propia* con información tomada de “Guía de Manejo Ambiental de Estaciones de Servicio de Combustible”, por Ministerio del Medio Ambiente, Bogotá, Colombia, 1999.

## ii. Métodos no volumétricos

Los métodos de prueba no volumétricos están fundamentados en las mediciones de variables físicas de presión o de sonido; para el desarrollo de esta prueba se requiere de profesionales especializados, lo cual sería su principal desventaja, puesto que los resultados obtenidos son de análisis complejos. Los métodos más usados son la prueba hidrostática y la prueba de vacío (MADS, 1999, p. 101).

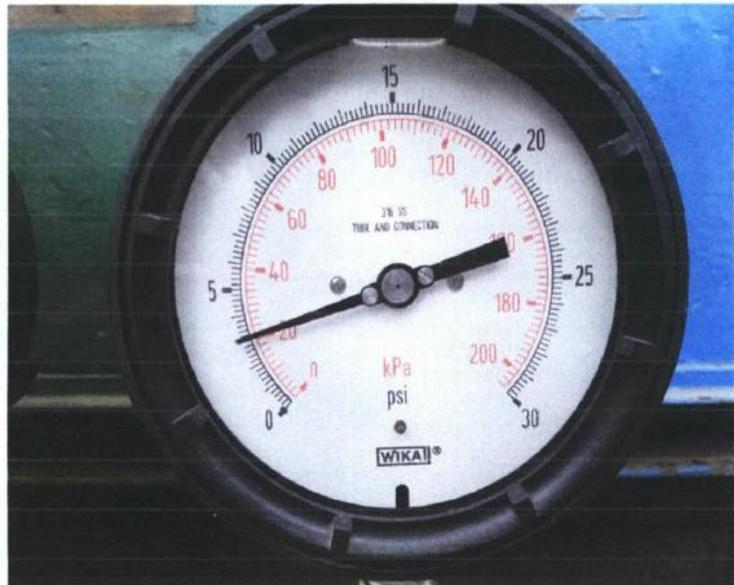
- Prueba hidrostática:

Las pruebas hidrostáticas se realizan inyectando agua al tanque hasta alcanzar una presión de 49 kPa, y durante el tiempo de dos horas se van registrando variaciones entre la presión al inicio y la presión al final de la prueba. Para este tipo de pruebas no se tiene en consideración los cambios de temperatura que puedan afectar las mediciones de presión al interior de tanque, por lo que sus resultados suelen ser más exactos, reduciendo las falsas alarmas que se presentan en otros métodos, en contraste el nivel freático sobre el tanque se deberá considerar, por lo general la presión sobre los tanques no sobrepasa las 34.5 kPa, como se observa en la Figura 11. Así mismo, en cuanto a la seguridad de la prueba para tanques que almacenan combustibles, éstas resultan riesgosas, puesto que sobre la superficie del agua se podrían concentrar vapores que pueden resultar explosivos o generar una

fuelle de ignición, además una sobrepresión del tanque podría causar su ruptura constituyendo así problemas ambientales severos (MADS, *ibid.*).

**Figura 11**

*Medición de presión con manómetro en prueba hidrostática de tanque enterrado de combustible en operación.*



Fuente: *Osinergmin*, toma fotográfica, 2019.

En este tipo de pruebas se recomienda complementar la inspección con la aplicación de agua jabonosa en las partes de unión de la estructura, con la finalidad de detectar formaciones de burbujas, indicación de la presencia de una fuga de combustible, tal como se muestra en la figura 12.

**Figura 12**

*Solución de agua jabonosa en tapa de tanque enterrado.*



*Nota.* Aplicación de solución de agua jabonosa durante prueba hidrostática de tanque enterrado de combustible en operación.

Fuente: *Osinergmin*, toma fotográfica, 2019.

- Prueba no volumétrica de vacío:

Se realizan produciendo un vacío en el interior del tanque, tal que se forme una presión negativa que permita el ingreso de sustancias del entorno al tanque, esto hace de que se produzcan burbujas de aire, las cuales al superar la tensión superficial se desprenden de las paredes del tanque y migran a la superficie del combustible, generando una pulsación en el volumen del tanque con una frecuencia característica que es directamente proporcional al radio de la burbuja, esta pulsación es registrada por un micrófono instalado debajo del nivel de combustible y se graba para su análisis por parte del

personal calificado. De esta forma se determina si existen orificios en la superficie del tanque. La duración de este tipo de pruebas suele ser de 2 horas, así mismo éste puede estar entre el 5 % y el 95 % de su capacidad (MADS, *ibid.*).

### Figura 13

*Inspección de hermeticidad de tanque en operación por el método de aplicación de vacío.*



Fuente: *Hertig Sucursal Internacional del Perú*, 2019.

### 2.3.4 Detección de una fuga de combustible

Actualmente el mercado del mantenimiento ofrece una amplia variedad de equipos para detección de fugas. En el Perú la tecnología más usada es la proporcionada por la empresa SDT Ultrasound Solutions, entre estos el sistema SDT 170 MTT es un equipo que permite a las empresas que realizan inspección de hermeticidad que cumplan con las exigencias de la normativa nacional establecidas en el Decreto Supremo N° 064-2009-EM y su modificatoria el Decreto Supremo N° 024-2012-EM, que utiliza la tecnología basada descrita en el método no volumétrico de vacío.

Los valores registrados por este sistema serán los que se consignan en los certificados de inspección de hermeticidad, en caso de que se detecte una fuga las empresas autorizadas y registradas ante INACAL pueden presentar los certificados o comunicar mediante informe al OSINERGMIN el resultado de la inspección.

**Figura 14**

*Inspección de hermeticidad de tanque en operación por el método de aplicación de vacío.*



Fuente: Hertig Sucursal Internacional del Perú, 2019.

**2.3.2.1 Sistema ultrasónico SDT 170 MTT**

Conforme a lo descrito en el manual del sistema SDT 170 MTT este se basa en el control del ultrasonido (apéndice 6). Por lo que corresponde describir brevemente sus algunos conceptos y posteriormente funcionamiento.

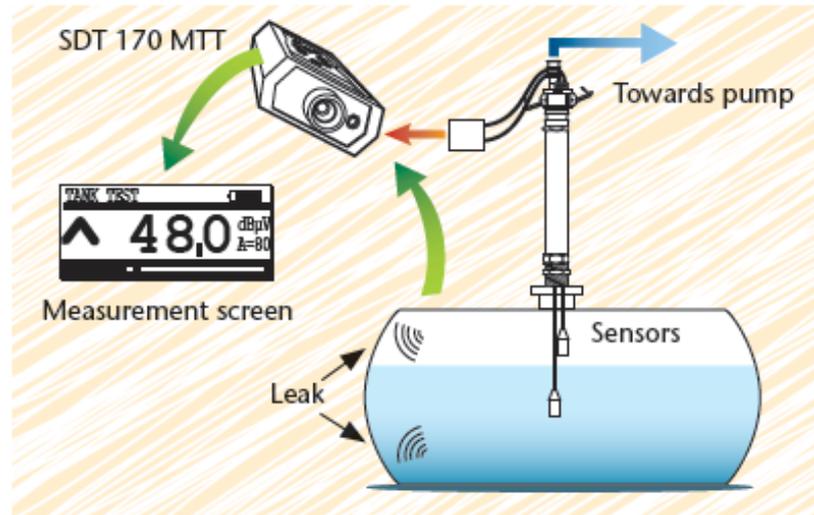
*a. Ultrasonido*

El sonido es generalmente producido por un cuerpo vibrante, el aire circundante participa en este movimiento, creando ondas a su alrededor que transmiten la energía del sonido. El ultrasonido es una vibración de la misma naturaleza que el sonido, pero a una frecuencia superior a 20 kHz e inaudible para el oído humano, la que se produce de forma natural por fricción, incluidas las turbulencias en los fluidos provocadas por problemas neumáticos o hidráulicos como fugas (SDT International S.A., s.f).

*b. Principio de control del sistema SDT.*

El sistema funciona de la siguiente manera:

- Se reduce la presión en el tanque y las vibraciones ultrasónicas causado por el paso de agua, aire u otras sustancias a través de un agujero en la pared del tanque son detectados por dos sensores, uno en el líquido y el otro por encima del nivel del líquido.
- El SDT 170 MTT detecta las frecuencias típicas de fugas en tanques subterráneos, los cuales mide y los convierte en frecuencias audibles. Estos se devuelven al operador en dos formas: visualmente y medido en dB $\mu$ V en la pantalla del detector, y audiblemente a través de sus auriculares.

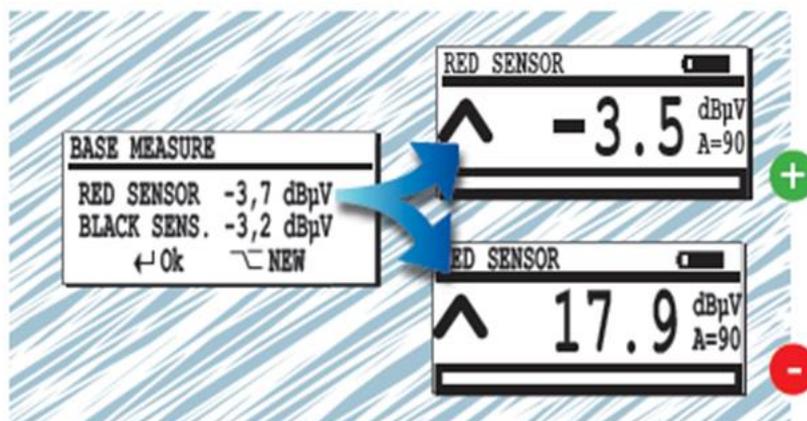
**Figura 15***Principio de control del SDT 170 MTT.*Fuente: *SDT International S.A.*

- Tan pronto como el vacío creado sea mayor que la presión hidrostática (máx. 250 mbar) debido a la altura de líquido, cualquier fuga genera señales ultrasónicas.
- Los 2 sensores sensibles colocados en el tanque (uno arriba, el otro en el líquido) detectan incluso las fugas más pequeñas, por lo que permitiendo el control de tanques de líquidos inflamables o tanques que contengan productos nocivos para el medio ambiente.
- Si el tanque está hermético, ninguna señal será detectada por ninguno de los sensores. El valor mostrado será igual o cercano al valor de referencia medido antes de poner el tanque bajo vacío.
- Si el tanque no está hermético, el vacío provocará la succión de aire, material o líquido a través del sitio de la fuga, por encima o por debajo del nivel del líquido. Señales audibles y medibles

son detectados, y el valor mostrado es mayor que el valor de referencia.

**Figura 16**

*Detección de medidas ultrasónicas.*



Fuente: SDT International S.A.

## **CAPITULO III:**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de investigación**

Para la actual investigación se utilizó el método científico como método general. Además, se consideró el método de análisis, debido que se está trabajando con dos variables, los informes de índice de riesgos del sistema de tanques de almacenamiento subterráneo de combustibles líquidos y los certificados de inspección de hermeticidad, la primera se disgregará en tres dimensiones básicas, factores de riesgo asociados al tanque enterrado, factores de riesgo asociadas al medio circundante y los factores de riesgo asociadas al medio ambiente e infraestructura; y la segunda variable se disgregará en una dimensión básica referente al resultado de inspección de hermeticidad; todas estas fueron estudiadas de forma independiente, es decir, deben tener una distinción de su procesos de reconocimiento en la investigación, para lograr formular adecuadamente sus elementos y reconocer la realidad propia de cada dimensión, de forma tal que posteriormente se logre una síntesis consistente de la investigación.

#### **3.2. Configuración de la investigación**

##### **3.2.1. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo básica debido a que no aplicamos o manipulamos la variable y sus dimensiones, nuestro principal objetivo es incrementar los conocimientos teóricos.

### **3.2.2. Enfoque de investigación**

El presente estudio recurrió a la investigación cualitativa, dado que las variables y sus dimensiones serán recolectadas en datos de análisis, permitiendo identificar y describir debidamente la estanqueidad de los tanques enterrados de Grifos y EE. SS en la provincia de Huancayo.

### **3.2.3. Diseño de la investigación**

El diseño de investigación que se aplicó en la presente es no experimental, dado que no sufrirá algún tipo de modificación la variable estudiada y sus dimensiones, de forma tal que la recolección de datos y la evaluación, fue dado en un solo momento, no utilizaremos una cronología, porque lo que se pretende es identificar y describir los factores de estanqueidad para el diagnóstico ajustados a un único tiempo.

### **3.2.4. Nivel de investigación**

La investigación corresponde al nivel descriptivo, como bien se hace referencia, este estudio busca describir la información recolectada, con el objetivo de identificar los factores de análisis.

## **3.3. Población y Censo**

Para tener una muestra representativa de nuestro universo, nos evocaremos en la población total, a la cantidad de tanques enterrados de la provincia de Huancayo en la región Junín, dado que se cuenta con mayor acceso de información y el medio de observación cercano para la recopilación de información gráfica y/o documentaria. El tamaño poblacional que manejaremos será de 306.

$$N = n = 306$$

### **3.4. Instrumentos de acopio de datos**

#### **3.4.1. Instrumento**

Según López (2009) “se considera el análisis de contenido como una técnica de investigación, una forma particular de análisis de documentos que pretende ser objetiva, sistemática y a su vez interpretarla cuantitativamente” (p. 173). El análisis de contenido se extrae a partir de observaciones en campo o gabinete, como es el caso de nuestra investigación; teniendo como principales instrumentos el Informe de Índice de Riegos y el Certificado de Hermeticidad; adicionalmente a ello, observaremos registros fotográficos, Registros de Hidrocarburos, Reportes de las Declaraciones Juradas y/o datos públicos de instituciones estatales relacionadas al sector de Hidrocarburos. En cuanto al Índice de Riesgo, consta de 14 ítems de la A la N, cada variable es evaluado en una escala de 0 a 4, con descripciones independientes, que al ser identificadas se obtiene un puntaje por ítem. Al finalizar el índice, la sumatoria genera un puntaje general, que en conjunto con la edad del tanque; se sitúa dentro de la Matriz de Acción de Tanques Metálicos Enterrados Existentes, de esta forma se obtiene la Frecuencia de Monitoreo que debe cumplir o recibir cada tanque enterrado en los Grifos y Estaciones de Servicio.

Por otro lado, en cuanto al Certificado de Hermeticidad, es un documento oficial emitido por una empresa de inspecciones acreditada por INACAL, de la cual se obtiene información que también forma parte del Índice de Riesgos y concluye si el tanque es conforme o no. La inspección se realizó directamente a cada establecimiento que debe presentar bajo ley la información detallada del estado de estanqueidad de los tanques.

En cuanto a la obtención de los datos en cada ítem evaluado en los Informes de índices de riesgo y Certificados de inspección de hermeticidad, las medidas se dieron:

#### **3.4.1.1 Factores de riesgo asociados al tanque enterrado.**

Los Ítem A, Tanque; Ítem B, Uso del Tanque; y Ítem N, Antigüedad del tanque; se obtuvieron con la revisión de las placas de fabricación de los tanques que se observan superficialmente, o cuando el propietario cuenta con el documento del detalle de la fabricación de los tanques enterrados.

#### **3.4.1.2 Factores de riesgo asociadas al medio circundante**

El Ítem C, Existencia de agua subterránea a nivel del tanque; se determina mediante la realización de calicatas, que son excavaciones dentro del territorio del establecimiento, con profundidades de 3 a 4 metros donde se verifica visualmente la presencia de agua.

#### **Figura 17**

*Ejecución del sondeo para la toma de muestras.*

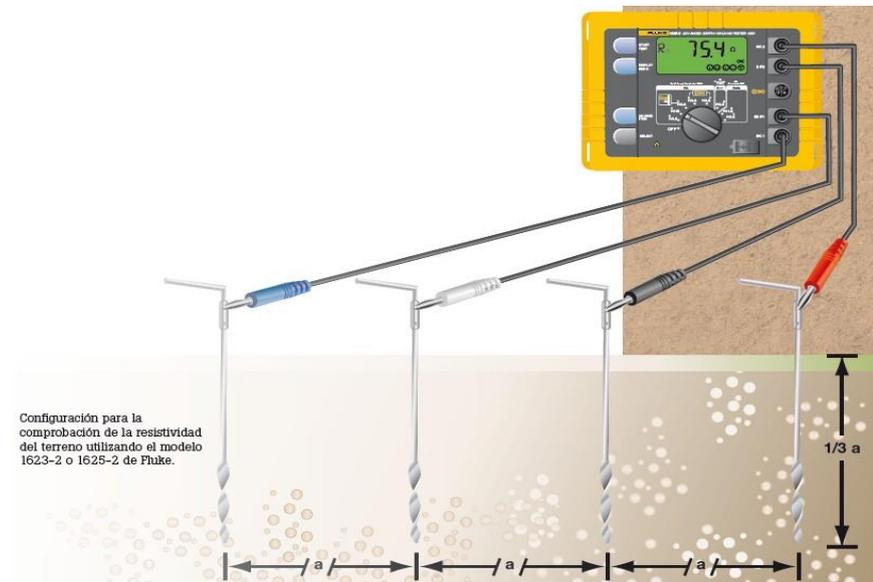


*Nota.* Procedimiento de extracción de la muestra, mediante la aplicación de técnica de calicata, a una profundidad de 4 metros, esta se realiza teniendo en cuenta la ubicación del tanque enterrado. Fuente: *Osinergmin*, tomas fotográficas, 2018.

Respecto al Ítem D, Resistividad específica del suelo; este se determina mediante el uso del telurómetro, empleado por empresas acreditadas y/o laboratorios.

**Figura 18**

*Medida de la resistividad del terreno mediante el uso del telurómetro.*



*Nota.* Los telurómetros actuales arrojan valores de resistividades del terreno de forma directa, su método de cálculo se fundamenta en el método de Wenner, utilizando dos picas de tensión y dos de corriente. Fuente: *Voltium*, rescatado de <https://www.voltimum.es/articulos-tecnicos/resistencia-puesta-tierra>, 2021.

El Ítem E, Clase del suelo; se determina mediante el análisis granulométrico por tamizado, sustentado en la norma ASTM D422, en donde la muestra de suelo seca pasa por una serie de tamices de diferentes diámetros, colocados en una columna, en donde el tamiz de mayor diámetro se encuentra en la parte superior, hasta el tamiz N° 200 (0,075 mm), después de unos minutos de tamizado, estos se retiran y se registra el peso retenido en caso uno de los tamices y su porcentaje respecto del peso total de la muestra inicial, finalmente para su clasificación se emplea el Sistema Unificado para Clasificación de Suelos con fines de ingeniería, sustentado en la

norma ASTM D2487, donde se analiza el porcentaje de muestra retenida en el tamiz N° 200, si este es mayor o igual al 50 % se trata de un suelo granular grueso, que puede ser arena o grava, esto último analizando el porcentaje de retención en el tamiz N° 4 (4,750 mm); o en el caso que los pasantes por el tamiz N° 200 sean mayores al 50 % sería un suelo granular fino, que dependiendo el caso puede tratarse de limo o arcilla.

El Ítem F, Humedad del suelo; se determina mediante la diferencia del peso de la muestra obtenida directamente del suelo y la muestra seca en un horno, en relación con el peso inicial de la muestra, siguiendo las prácticas en la norma ASTM D2216 – 10; que, en base a la ley peruana, este ítem como los otros a mencionar o mencionados, solo pueden ser realizado en laboratorios técnicos especializados, certificados y acreditados ante la INACAL, Osinergmin y MINEM.

El Ítem G, Valor de PH del suelo; este se determina mediante la utilización de un equipo llamado potenciómetro de pH, el cual cuenta con un electrodo que se pone en contacto con la muestra de suelo, registrando mV que son traducidos por el potenciómetro a valores de pH.

**Figura 19**

*Medidor de pH de Mesa – pH metro Orion Star A211.*



Fuente: *Labomersa*, <https://labomersa.com/producto/medidor-de-ph-de-mesa-phmetro-orion-star-a211/>, 2020.

Y en cuanto a los Ítem H, Valor de cloruros del suelo e Ítem I, Valor de sulfatos del suelo; la obtención de estos índices se realizan análisis a las muestras de suelo extraídas de los establecimientos, estos análisis son realizados en laboratorios acreditados, y se basan generalmente en los métodos establecidos en las NTP 339.177 y NTP 339.178 respectivamente.

### 3.4.1.3 Factores de riesgo asociadas al asociado al impacto al medio ambiente e infraestructura

Ítem J, Existencia de ríos cercanos a menos de 1km; Ítem K- Existencia de agua de mar a menos de 200 m; Ítem L-Existencia de pozos de agua potable a menos de 1 km; Ítem M-Existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50 m; para la obtención de estos índices se realizaron visitas de campo a los establecimientos con la finalidad de realizar mediciones verificando las distancias descritas y la no presencia de infraestructura o fuentes de agua cercanas y demás, descritas en los ítems, la medición se realiza de forma radial con una cinta métrica de 100 m, verificación satelital y registros geofísicos.

#### Figura 20

Identificación de infraestructura cercana a los Grifos o Estación de Servicios.



Fuente: *Elaboración propia*, con imagen satelital de Google Earth pro, 2020.

#### 3.4.1.4 Inspección de Hermeticidad

Finalmente, para la obtención de los resultados de hermeticidad; estos se obtienen mediante una inspección de campo a los tanques enterrados, ejecutados por una empresa acreditada ante el INACAL, en aplicación del método no volumétrico de ultrasonido descrito en el marco teórico; según Karaduman et al., el método de ultrasonido aplicado a tanques enterrados es confiable, de inspección rápida, rentable y segura para los operadores y el medio ambiente (2017); como resultado de la inspección se emiten certificados donde se consignan los resultados obtenidos, como presión de inicio y final de la prueba, tiempo de prueba y los valores registrados por los sensores ubicados en la parte vacía y parte ocupada por el combustible, del análisis de estos certificados, es que se obtienen cuantos tanques aprobaron la inspección y el número de tanques que presentan fugas.

#### Figura 21

Realización de prueba de inspección de hermeticidad de tanque enterrado.



Fuente: *Osinergmin*, toma fotográfica, por Hertig Sucursal Internacional del Perú, 2015.

### **3.4.2. Validez**

La validez de los documentos usados como instrumento son netamente de aprobación estatal, son herramientas textuales utilizadas por las instituciones u organismos públicos del Perú, relacionadas al sector de Hidrocarburos y Energía, consensado bajo resolución de la Presidencia de Consejo de Ministros, en mandato al Ministerio de Energías y Minas. El Índice de Riesgos solo pueden ser realizados por profesionales habilitados naturales o jurídicos dentro del límite territorial peruano, registrados y autorizados por el Osinergmin (RCD 089-2019-OS/CD); de igual forma, en cuanto al Certificado de Hermeticidad del Sistema de Tanques Enterrados son realizados por organismos de inspección acreditados por INACAL (Ley N° 30224).

### **3.5. Procedimiento de recolección de datos**

Para obtener la información deseada por el estudio, poder procesarla y convertirla en información, se realizó el siguiente procedimiento:

- Solicitud de acceso a la información pública de los establecimientos de venta al público en la categoría de Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo, región de Junín, ante el OSINERGMIN.
- Recolección de base de datos públicos de los registros hábiles de Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo, en la página web oficial de OSINERGMIN.
- Clasificación de data brindada por Osinergmin en base a lo solicitado, en referencia a los 88 Informes de índice de Riesgos presentados por los establecimientos ante la entidad.

- Procesamiento de datos entre el Índice de Riesgos, Certificado de Hermeticidad y Datos de Inspección, en un programa estadístico.
- Geolocalización de establecimientos dentro de la provincia de Huancayo, para poder realizar el ruteo de visitas por sondeo y facilitar la observación de estas.
- Solicitud de autorización de presenciar las inspecciones de campo y hermeticidad.
- Observación en el establecimiento autorizado el procedimiento de aplicación de la prueba de estanqueidad en campo, la instalación de los equipos, las medidas registradas por el equipo de medición, identificar en campo la zona de tanques y la zona de tuberías.
- Observación de supervisión de campo por parte de Osinergmin y recopilación de experiencias y teoría legal en relación con la investigación.
- Estudio profesional en curso relacionados al sector de Hidrocarburos, básicamente de temas netamente relacionados a la investigación, con exponentes profesionales en el sector hidrocarburos y tanques enterrados de combustibles líquidos u otros.
- Finalmente se digitó la información y/o data recopilada en el programa que procesó la información.

### **3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Los datos fueron procesados a través del programa estadístico IBM SPSS Statistics 23, donde se registró los 15 ítems evaluados, con opciones de tipo cadena y numérico, de medida tipo nominal y valores en base a los factores de riesgo descritos en el índice de Riesgos.

**Tabla 5**  
*Matriz de Consistencia.*

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema general:</b></p> <p>¿Cuál es el diagnóstico de la estanqueidad de los tanques enterrados de Grifos y Estaciones de Servicios en la provincia de Huancayo mediante el análisis realizado a los informes de índices de riesgo y certificados de inspección de hermeticidad?</p> <p><b>Problemas específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ¿Cuántos tanques enterrados existen en la provincia de Huancayo?</li> <li>○ ¿Cuál es el estado del tanque enterrado en base al análisis de los factores considerados en el Índice de Riegos de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo?</li> <li>○ ¿Cuál es el estado del tanque enterrado en base al análisis de los Certificados de Hermeticidad de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Diagnosticar la estanqueidad de los tanques enterrados de Grifos y EE.SS. en la provincia de Huancayo.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Obtener el número de tanques enterrados de Grifos y EE.SS. en la provincia de Huancayo que presentan fugas o no cumplen con la hermeticidad y los que necesitarían ser renovados.</li> <li>○ Recabar la frecuencia de monitoreo de los establecimientos en la provincia de Huancayo, establecido en la matriz de acción entre la relación de la antigüedad del tanque enterrado y su estado de estanqueidad.</li> <li>○ Mejorar la planificación de las fiscalizaciones por parte del organismo supervisor, mediante la generación de información sobre el estado de estanqueidad de los tanques enterrados</li> <li>○ Establecer un mapa de calor geográfico, mediante un análisis basado en riesgos, identificando los establecimientos que representan un mayor riesgo ante una fuga de combustible.</li> <li>○ Estimar el costo de pérdidas económicas generadas por un índice de fuga promedio de 0,3785 litros/hora, para el periodo de un mes.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General:</b></p> <p>El análisis de los informes de índices de riesgo y certificados de inspección de hermeticidad permite realizar un diagnóstico de la estanqueidad de los tanques enterrados de combustibles líquidos de los Grifos y Estaciones de Servicios de la provincia de Huancayo, que demuestra que el 3 % de los tanques presentan fugas de combustible.</p>	<p><b>Variables Independiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Índice de riesgos del Sistema de Tanques Enterrados.</li> <li>○ Certificados de inspección de hermeticidad</li> </ul> <p><b>Variable Dependiente:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Diagnóstico de hermeticidad.</li> </ul>	<p>○ <b>Método de Investigación:</b></p> <p>Método Científico de Observación Directa</p> <p>○ <b>Enfoque metodológico:</b></p> <p>Cualitativo</p> <p>○ <b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Básica</p> <p>○ <b>Nivel de investigación:</b></p> <p>Descriptivo</p> <p>○ <b>Diseño de investigación:</b></p> <p>No Experimental - Transaccional</p> <p>○ <b>Población y Censo:</b></p> <p>N = n = 306</p> <p>○ <b>Técnicas de recolección de datos</b></p> <p>Análisis de Contenidos</p> <p>○ <b>Técnicas de procesamiento de datos</b></p> <p>IBM SPSS Statistics 23.</p>

Fuente: Elaboración propia.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

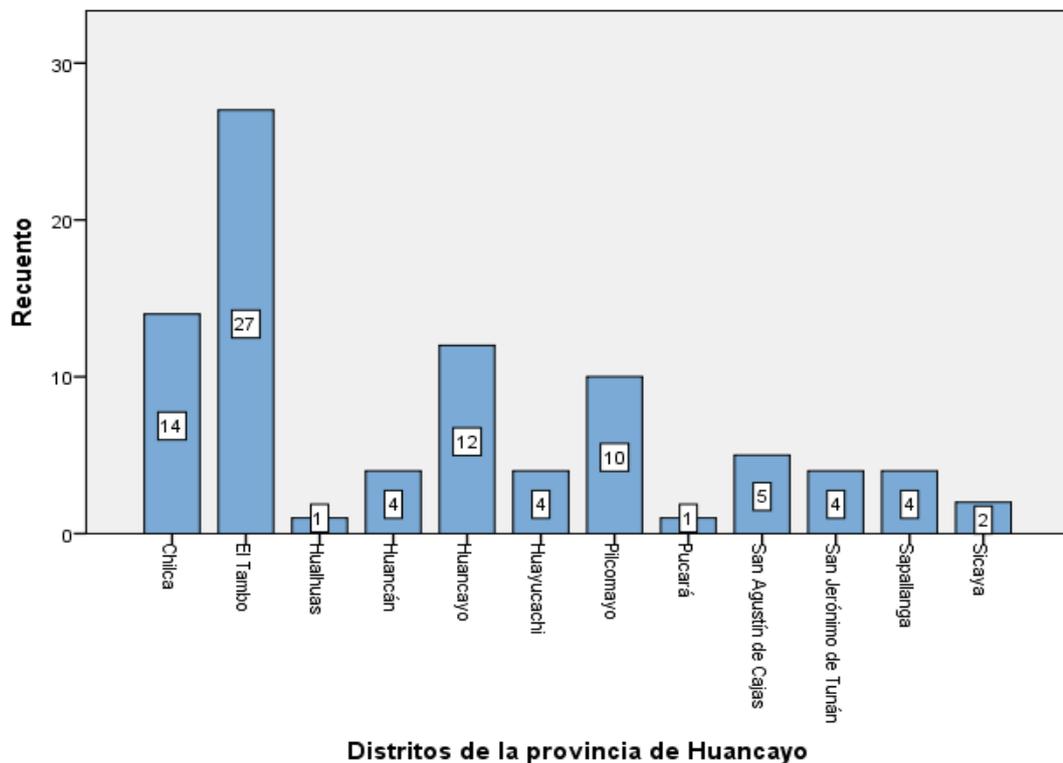
### 4.1 Resultados de la investigación

#### 4.1.1. Establecimientos de venta al público de combustibles de la provincia de Huancayo.

Figura 22

*Establecimientos de venta al público de combustibles a nivel distrital.*

**Total de Establecimientos de Venta al Público de Combustibles por distrito.**



Fuente: *Elaboración propia*, tomando base de datos de OSINERGMIN web, 2020.

En la figura 22, se obtuvo un recuento de establecimientos de venta al público de combustibles existentes en 12 de los distritos de la provincia de Huancayo; siendo el distrito de El Tambo quien concentra el mayor número de agentes, con 27 establecimientos activos, seguido de los distritos de Chilca con 14 establecimientos y el distrito de Huancayo con 12 establecimientos. Si bien, la provincia de Huancayo cuenta con 28 distritos, en el presente gráfico se representó

solo los distritos donde hay establecimientos con registro activo y habilitado, en algunos de los no mencionados aún se encuentran en etapa de proyecto.

#### 4.1.2. Número de tanques enterrados por establecimientos de venta al público.

**Tabla 6**

*Cantidad de Tanques Enterrados en EVPC de la provincia de Huancayo.*

# Tanques	# EVPC	STE x EVPC	Porcentaje	
1	3	3	0,98 %	
2	22	44	14,38 %	
3	22	66	21,57 %	
4	24	96	31,37 %	
5	12	60	19,61 %	
6	1	6	1,96 %	
7	2	14	4,58 %	
8	1	8	2,61 %	
9	1	9	2,94 %	
Total de EPVC / STE		88	306	100,00 %

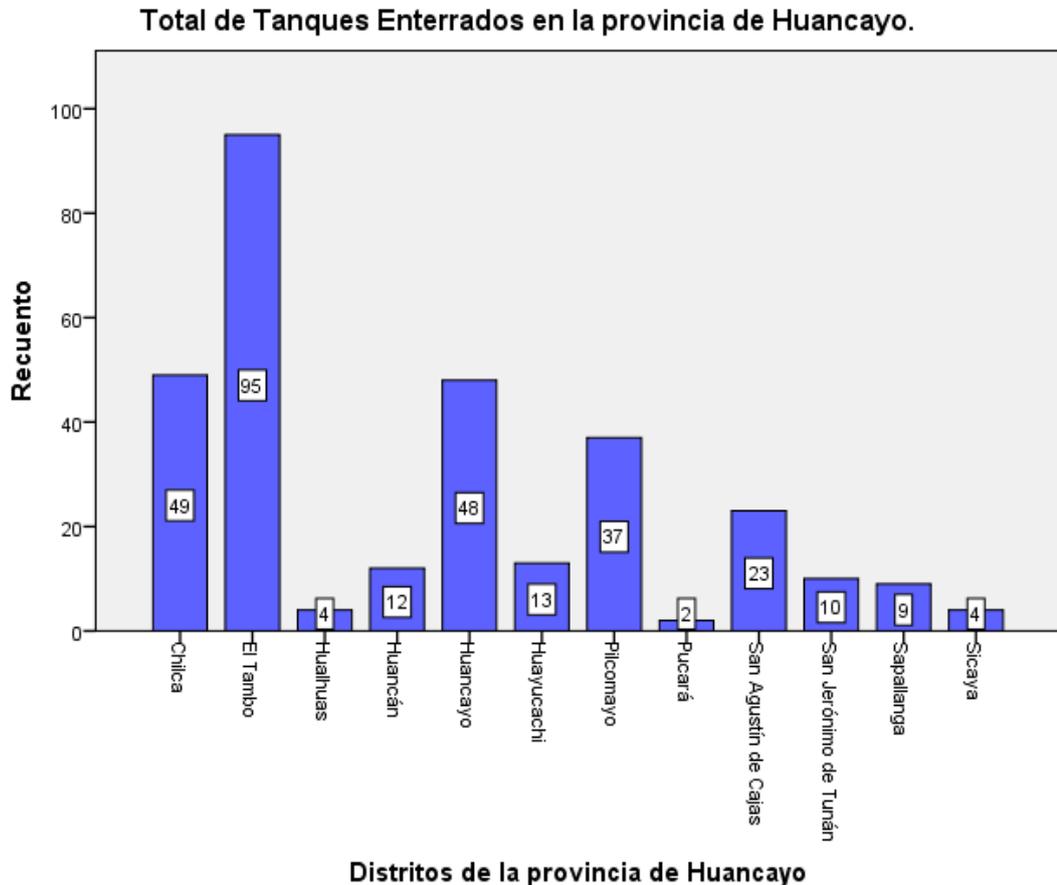
*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

En la provincia de Huancayo existen 88 establecimientos de venta al público de combustibles (EVPC) con registro activo; sin embargo, cada establecimiento puede contar de 1 a más tanques dependiendo de su capacidad territorial, en el caso de la provincia hay agentes hasta con 9 tanques en su establecimiento. Como se observa en la tabla 6, la distribución de la cantidad de tanques por establecimiento presentó una moda de 4 tanques; siendo en la provincia el 63,07 % de los EVPC cuentan con por lo menos 4 a más tanques de almacenamiento.

### 4.1.3. Total de Sistemas de Tanques Enterrados (STE) en la provincia de Huancayo por distritos.

**Figura 23**

*Total de Tanques Enterrados en la provincia de Huancayo por distritos.*



*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

En la figura 23, se obtuvo el recuento de la cantidad de tanques enterrados de almacenamiento de combustibles por distritos; siendo el distrito con mayor concentración de tanques instalados, El Tambo, con 95 tanques; Chilca, con 49; Huancayo, con 48; Pilcomayo, con 37 o San Agustín de Cajas, con 23 STE. También se observó geográficamente que los distritos resaltados son las vías de tránsito principales de la provincia, como la carretera central o las principales avenidas como la Real, Huancavelica, Mariscal Castilla o Fidel Miranda, que son rutas fijas para trasladarse a otras provincias o regiones. Adicionalmente, se constó

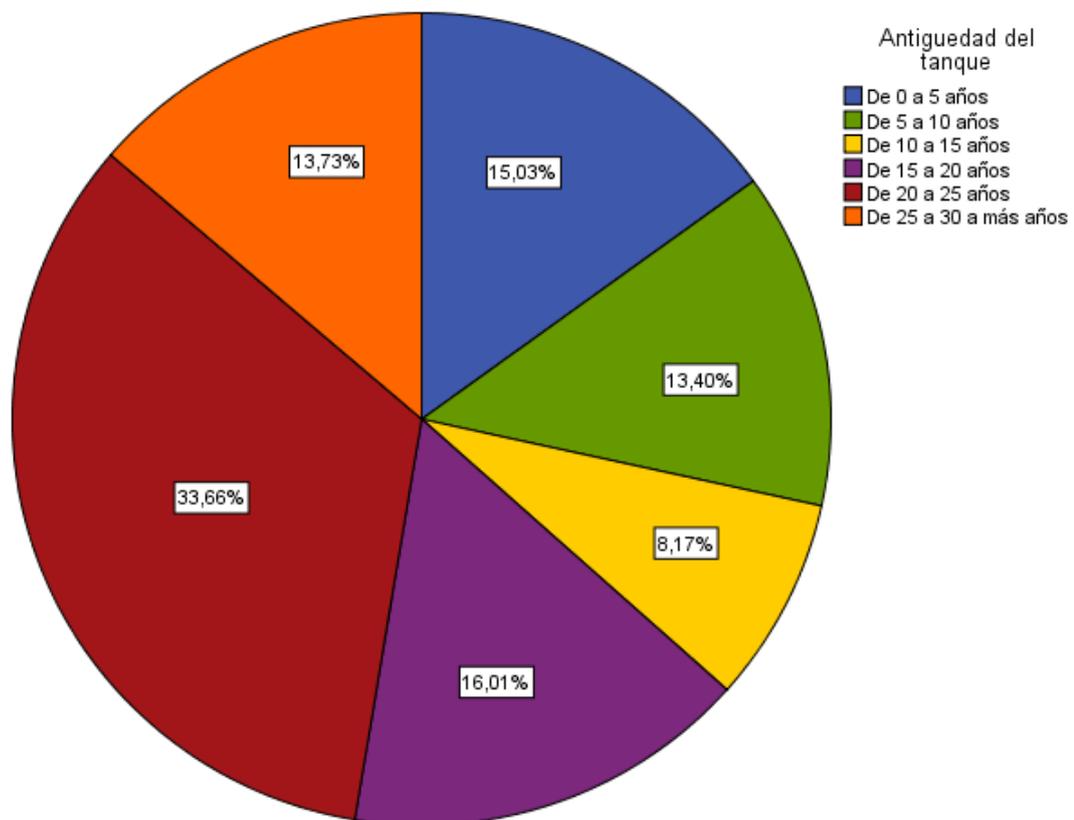
que son establecimientos ubicados en zonas pobladas, urbanas o socioeconómicamente activas, estas características representan zonas de riesgo frente a posibles deficiencias estructurales en los tanques de almacenamiento de los establecimientos cercanos a estas.

#### 4.1.4. Diagrama circular de la edad de tanques enterrados en rangos.

**Figura 24**

*Diagrama circular de la edad de tanques enterrados en rangos.*

**Porcentajes del total de tanques enterrados en la provincia de Huancayo por antigüedad de fabricación hasta el 2020.**



*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riesgos. Fuente: *Elaboración propia.*

Para la presente investigación es relevante conocer la antigüedad de los tanques, desde su fabricación; ya que según la teoría y primordialmente las investigaciones gubernamentales de Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, que son la base legal de las normas técnicas en diversos países de Sudamérica, como Perú; refiere que la corrosión comienza a

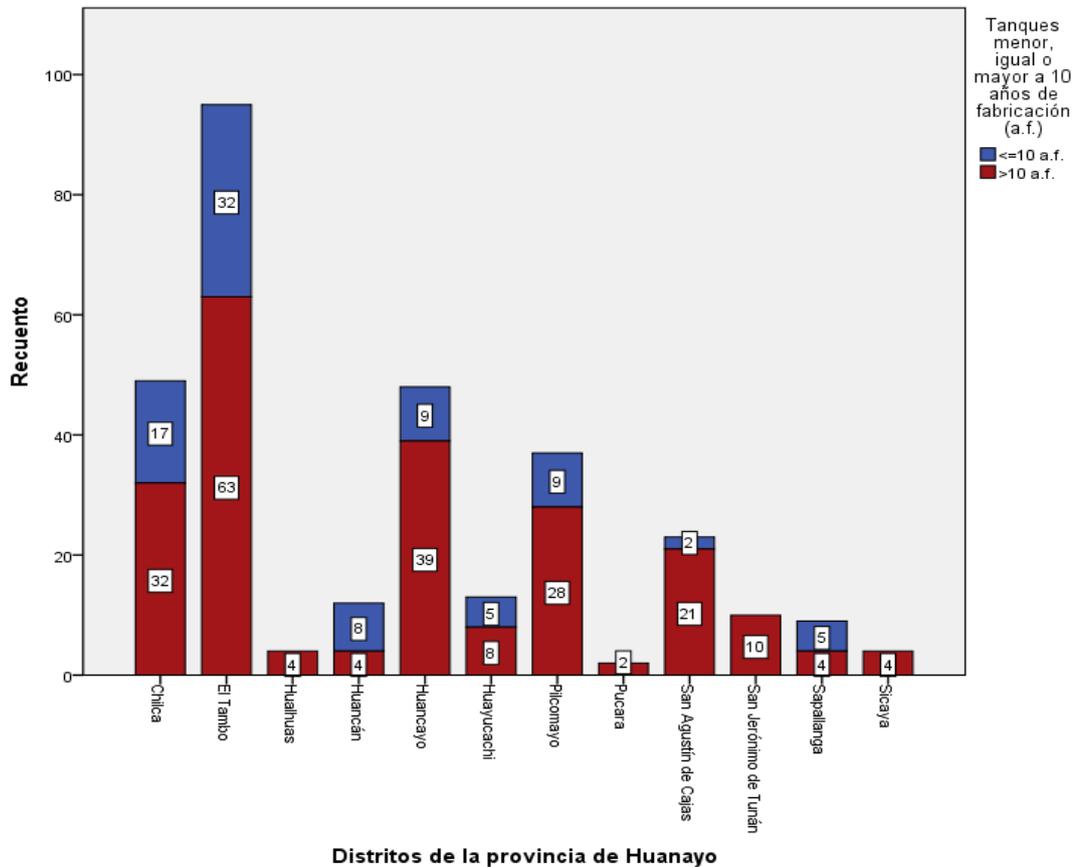
partir de los 10 años de antigüedad del tanque; pero que posterior a los 20 años ya pueden presentar problemas de hermeticidad o fallas estructurales en los tanques de almacenamiento bajo tierra. Teniendo en consideración ello, en el diagrama de pastel observamos que tanques con antigüedad de 10 a 20 años representan en suma el 24,18 % (74 tanques); y la gran parte del pastel se dan en los tanques con una antigüedad de 20 a 25 años, representando el 33,66 % (103 tanques), tanques que ya presentarían alguna corrosión, daño o debilitación estructural o hermético; así mismo, en suma, al 13,73 % (42 tanques) con una edad entre 25 a 30 años, que ya deberían ser renovados, retirados o reparados.

**4.1.5. Histograma de distribución de tanques enterrados por distritos en la provincia de Huancayo en un rango de menor, mayor o igual a 10 años de fabricación.**

**Figura 25**

*Tanques enterrados con edad menor, mayor o igual a 10 años de fabricación.*

**Total de tanques con una edad menor, mayor o igual a 10 años de fabricación.**



*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

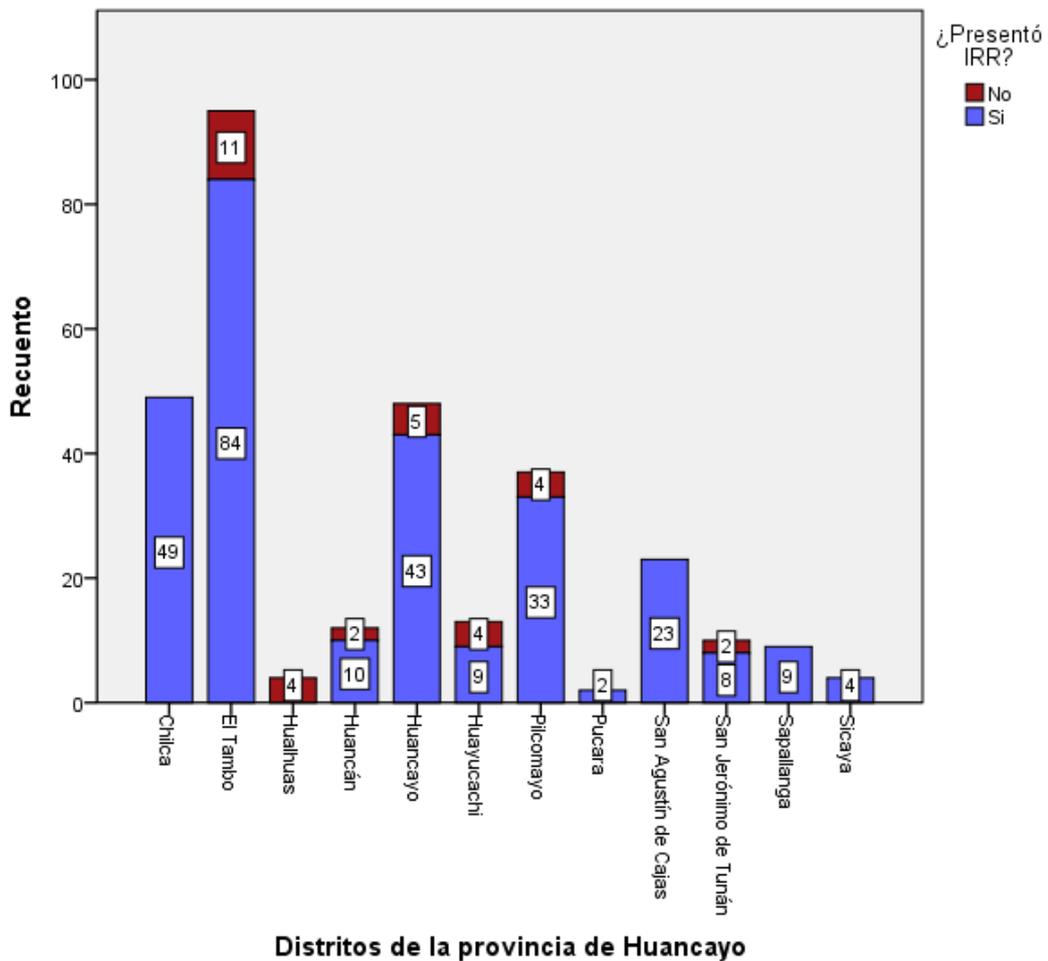
En continuidad al resultado anterior y la base teórica de esta, de los 306 tanques analizados, son 87 tanques con antigüedad menor o igual a 10 años y un total de 219 tanques que tienen una antigüedad mayor a 10 años; en la figura 25 se observa la distribución de estas entre los distritos, mostrando así, que en todos los distritos se tiene existencia de tanques activos con una existencia mayor a 10 años. Que, por teoría a partir de los 10 años inicia un estado de corrosión en su estructura metálica.

**4.1.6. Histograma de distribución de tanques de combustibles líquidos que cuentan con Informe de índice de Riesgos.**

**Figura 26**

*Tanques que cuentan con Informe de Índice de Riesgos del STE.*

**Total de tanques que cuentan con Informe de Índice de Riesgos por distrito.**



*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riesgos. Fuente: *Elaboración propia.*

Independientemente de cuántos tanques exista en un establecimiento, cada tanque es inspeccionado individualmente en razón a factores de riesgo puntuados, resumidos en una Matriz de Acción de Tanques Metálicos Enterrados Existentes y presentado obligatoriamente al Osinergmin bajo el documento técnico denominado Informe de Índice de Riesgos, estos informes deben ser presentados periódicamente en razón al resultado de la frecuencia de monitoreo; es por ello, que se solicitó al organismo los IIR de los 88 establecimientos, esperando así un

total de 306 matrices. Sin embargo, de lo solicitado, se obtuvo los informes de 274 tanques, más no de 32 tanques, dado que Osinergmin no obtuvo registros de información actual del estado de esos tanques.

#### 4.1.7. Matriz resumen del índice de factores de riesgo asociadas a los tanques enterrados en la provincia de Huancayo.

En base al resultado anterior, se consideró a los 274 tanques como el 100 % evaluado dentro de las siguientes tablas.

**Tabla 7**

*Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociadas a los tanques enterrados.*

<b>Factores de riesgo asociadas al tanque enterrado.</b>				
	Factor de Riesgo	Puntaje	Recuento	%
<b>A</b>	Tanque		274	100,00 %
	Metálico con protección catódica según API RP 1632, de fibra de vidrio o metálico de doble pared.	0	61	22,26 %
	Metálico con revestimiento asfáltico o pintura epóxica interior y/o exterior, metálico con revestimiento de fibra de vidrio.	1	194	70,80 %
	Metálico sin protección catódica o revestimiento asfáltico o pintura epóxica interior y/o exterior o revestimiento de fibra de vidrio.	2	19	6,93 %
<b>B</b>	El tanque es:		274	100,00 %
	Nuevo	0	81	29,56 %
	Usado	4	193	70,44 %
<b>N</b>	Antigüedad del Tanque		274	100,00 %
	De 0 a 5 años	0	46	16,79%
	De 5 a 10 años	1	37	13,50 %
	De 10 a 15 años	2	16	5,84 %
	De 15 a 20 años	3	41	14,96 %
	De 20 a 25 años	4	96	35,04 %
	De 25 a 30 años	5	38	13,87 %

*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 7 observamos que, en cuanto a los factores de riesgo asociado a los tanques enterrados; el 70,80 % de los tanques son metálicos con revestimiento asfáltico o pintura epóxica o metálico con revestimiento de fibra de vidrio, hay un 6,93 % de tanques sin ningún tipo de protección o revestimiento y solo un 22,6 % cuentan con una protección catódica según API RP 1632 de fibra de vidrio o metálico de doble pared, que representan tanques con menor probabilidad de corrosión paulatina; también se obtuvo que el 70,44 % son tanques usados, es decir

que son tanques de segunda mano que fueron utilizados antes de su instalación en el establecimiento; en cuanto a la periodicidad, el 35,04 % de los tanques tienen un antigüedad entre 20 a 25 años y mayor a este hasta 30 años suman un 13,87 % más. En suma, las características físicas de los tanques mostraron que con los rasgos mayoritarios facilitan el deterioro de la estructura.

**Tabla 8**

*Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociadas al medio circundante.*

<b>Factores de riesgo asociadas al medio circundante.</b>				
	<b>Factor de Riesgo</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Recuento</b>	<b>%</b>
<b>C</b>	Existencia de agua subterránea a nivel del tanque		274	100,00 %
	No presenta	0	274	100,00 %
	Presenta	1	0	0,00 %
	Variable	1	0	0,00 %
<b>D</b>	Resistividad específica del suelo		274	100,00 %
	Mayor a 10 000 ohm/cm	0	38	13,87 %
	Entre 10 000 y 5 000 ohm/cm	1	61	22,26 %
	5 000 y 2 300 ohm/cm	2	108	39,42 %
	Entre 2 300 y 1 000 ohm/cm	3	17	6,20 %
Menor a 1 000 ohm/cm	4	50	18,25 %	
<b>E</b>	Clase de suelo		274	100,00 %
	Tiza o arena	0	225	82,12 %
	Greda, arena gredosa o arena arcillosa	1	14	5,11 %
	Arena limosa	2	31	11,31 %
	Arcilla, tierra vegetal	4	2	0,73 %
	Cieno, fango o suelo pantanoso	5	2	0,73 %
<b>F</b>	Humedad del suelo		274	100,00 %
	Menor a 20 %	0	265	96,72 %
	Mayor o igual a 20 %	1	9	3,28 %
<b>G</b>	Valor de pH del suelo		274	100,00 %
	pH mayor que 7 (básico)	0	248	90,51 %
	pH menor que 7 (ácido)	1	26	9,49 %
<b>H</b>	Contenido de Cloruros del suelo		274	100,00 %
	Menor a 100 mg/kg	0	115	41,97 %
	Entre 100 y 350 mg/kg	1	123	44,89 %
Mayor a 350 mg/kg	2	36	13,14 %	
<b>I</b>	Contenido de Sulfatos del suelo		274	100,00 %
	Menor a 200 mg/kg	0	63	22,99 %
	Entre 200 y 500 mg/kg	1	106	38,69 %
	Entre 500 y 1 000 mg/kg	2	53	19,34 %
	Mayor a 1 000 mg/kg	3	52	18,98 %

*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 8 muestra que, en cuanto a los factores de riesgo asociadas al medio circundante; con respecto al indicador de existencia de agua subterránea a nivel del tanque, se obtuvo que, el 100 % de los tanques enterrados de combustibles líquidos con IIR no presentan agua o filtración de este en el subsuelo entorno al tanque. En cuanto a resistividad específica del suelo, se obtuvo que, el 39,42 % se instalaron en suelos de resistividad mayor a 5 000 a 2 300 ohm/cm, representando

un nivel de riesgo medio. Sobre la clase de suelo, el 82,12 % se instalaron en suelos de clase tiza o arena, representando un nivel de riesgo de cero.

En cuanto al indicador humedad del suelo, se obtuvo que, el 96,72 % se instalaron en suelos con una humedad menor a 20 % representando un nivel de riesgo de cero. Con respecto al valor de pH del suelo, resultó que el 90,51 % tienen un pH mayor que 7 (básico) y el 9,49 % tienen un pH menor que 7 (ácido); sobre contenido de cloruros del suelo, el 41,97 % tienen un contenido menor 100 mg/kg, el 44,89 % tienen entre 100 y 350 mg/kg, representando estos un nivel de riesgo bajo. Y finalmente en el contenido de sulfatos, se obtuvo un 18,98 % que han sido instalados en suelos con contenidos de cloruros mayor a 1 000 mg/kg representando un nivel de riesgo relativamente alto.

**Tabla 9**

*Dimensión: Matriz resumen de los factores de riesgos asociados al impacto medio ambiental e infraestructura.*

<b>Factores de riesgos asociadas al impacto medio ambiental e infraestructura.</b>				
	Factor de Riesgo	Puntaje	Recuento	%
<b>J</b>	Existencia de ríos cercanos a menos de 1km.		274	100,00 %
	No	0	207	75,55 %
	Si	2	67	24,45 %
<b>K</b>	Existencia de agua de mar a menos de 200 m.		274	100,00 %
	No	0	274	100,00 %
	Si	4	0	0,00 %
<b>L</b>	Existencia de pozos de agua potable a menos de 1km.		274	100,00 %
	No	0	266	97,08 %
	Si	2	8	2,92 %
<b>M</b>	Existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50m.		274	100,00 %
	No	0	21	7,66 %
	Si	1	253	92,34 %

*Nota.* Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: *Elaboración propia.*

En la tabla 9 se obtuvo que, en cuanto a los factores de riesgos asociadas al impacto medioambiental e infraestructura; sobre la existencia de ríos cercanos a menos de 1 km, el 75,55 % no se encuentran cercanos a ríos y el 24,45 % sí se encuentran a menos de 1 km de estos. En cuanto a la existencia de agua de mar a

menos de 200 m, ningún establecimiento cuenta con ello dado que la provincia no cuenta con salida al mar. Sobre la existencia de pozos de agua potable a menos de 1 km, el 97,08 % no se encuentran instalados a menos de 1 km de pozos de agua potable, en contraposición el 2,92 % sí se encuentran a menos de esta distancia. Finalmente, con relación a la existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50 m, se obtuvo que, el 92,34 % (253 tanques) sí se encuentran a menos de 50 m de edificaciones, mientras solo el 7,66 % no se encuentran cercanos a edificaciones.

#### 4.1.8. Matriz resumen de acción de tanques metálicos enterrados existentes en la provincia de Huancayo, en base a su edad y el puntaje obtenido de la evaluación en el índice de riesgos, dando así la frecuencia de monitoreo.

**Tabla 10**

*Resumen de las matrices de acción de tanques enterrados en la provincia de Huancayo.*

EDAD		PUNTAJE (ÍNDICE DE RIESGO)					
		hasta 12	de 13 a 20	21 a 27	>= a 28		
0 a 15 años	Frecuencia de Monitoreo	cada 5 años	cada 3 años	cada 1 año	retirar/reparar/reemplazar		
	Recuento	87	21	0	0	108	
	Porcentaje	28,43 %	6,86 %	0,00 %	0,00 %	35,29 %	
de 15 a 25 años	Frecuencia de Monitoreo	cada 3 años	cada 2 años	retirar/reparar/reemplazar	retirar/reparar/reemplazar		
	Recuento	30	101	2		133	
	Porcentaje	9,80 %	33,01 %	0,65 %	0,00 %	43,46 %	
de 25 a 30 años	Frecuencia de Monitoreo	cada 2 años	cada 1 año	retirar/reparar/reemplazar	retirar/reparar/reemplazar		
	Recuento	0	30	0	0	30	
	Porcentaje	0,00 %	9,80 %	0,00 %	0,00 %	9,80 %	
> a 30 años	Frecuencia de Monitoreo	retirar/reparar/reemplazar	retirar/reparar/reemplazar	retirar/reparar/reemplazar	retirar/reparar/reemplazar		
	Recuento	0	3	0	0	3	
	Porcentaje	0,00 %	0,98 %	0,00 %	0,00 %	0,98 %	
		117	155	2	0	274	
		38,24 %	50,65 %	0,65 %	0,00 %	89,54 %	
Sin Data	32					306	
		10,46 %					100,00 %

Nota. Consolidado de data de los Informes de Índice de Riegos. Fuente: Elaboración propia.

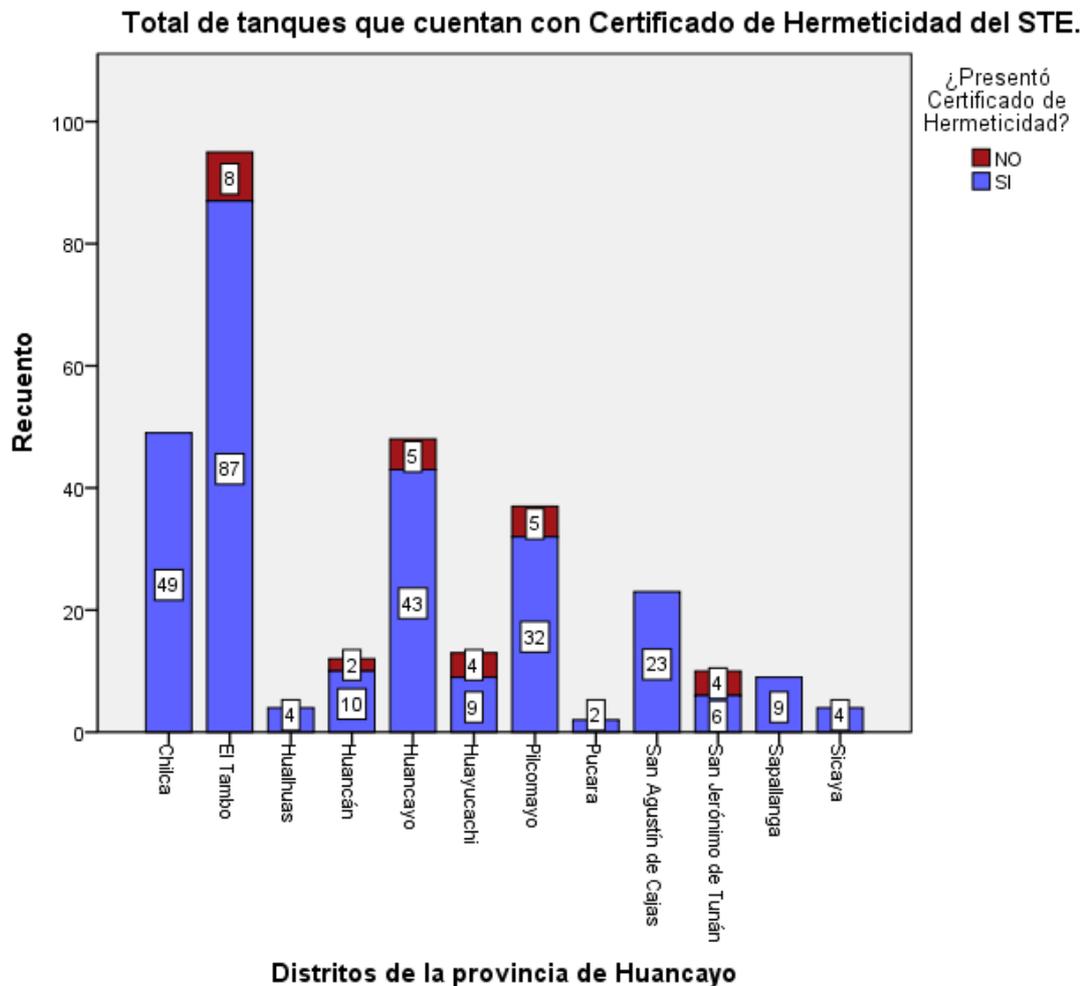
Obteniéndose el puntaje individual de cada tanque y correlacionando a la antigüedad del tanque, se resume en la matriz de acción; como observamos en la

tabla 10 se muestra el consolidado de las frecuencias de monitoreo de los tanques enterrados de combustibles líquidos de la provincia de Huancayo; resaltando el resultado obtenido de que el 33,01 % deben ser monitoreados cada dos años, el 9,80 % deben ser monitoreados anualmente, recalcando que existen 3 tanques activos con edad mayor a 30 años (50 años), que ya deberían ser retirados, reparados o reemplazados.

**4.1.9. Histograma de distribución de tanques enterrados de combustibles líquidos que presentaron el Certificado de Hermeticidad de los Sistemas de Tanques Enterrados en la provincia de Huancayo.**

**Figura 27**

*Tanques que cuentan con Certificado de Hermeticidad.*



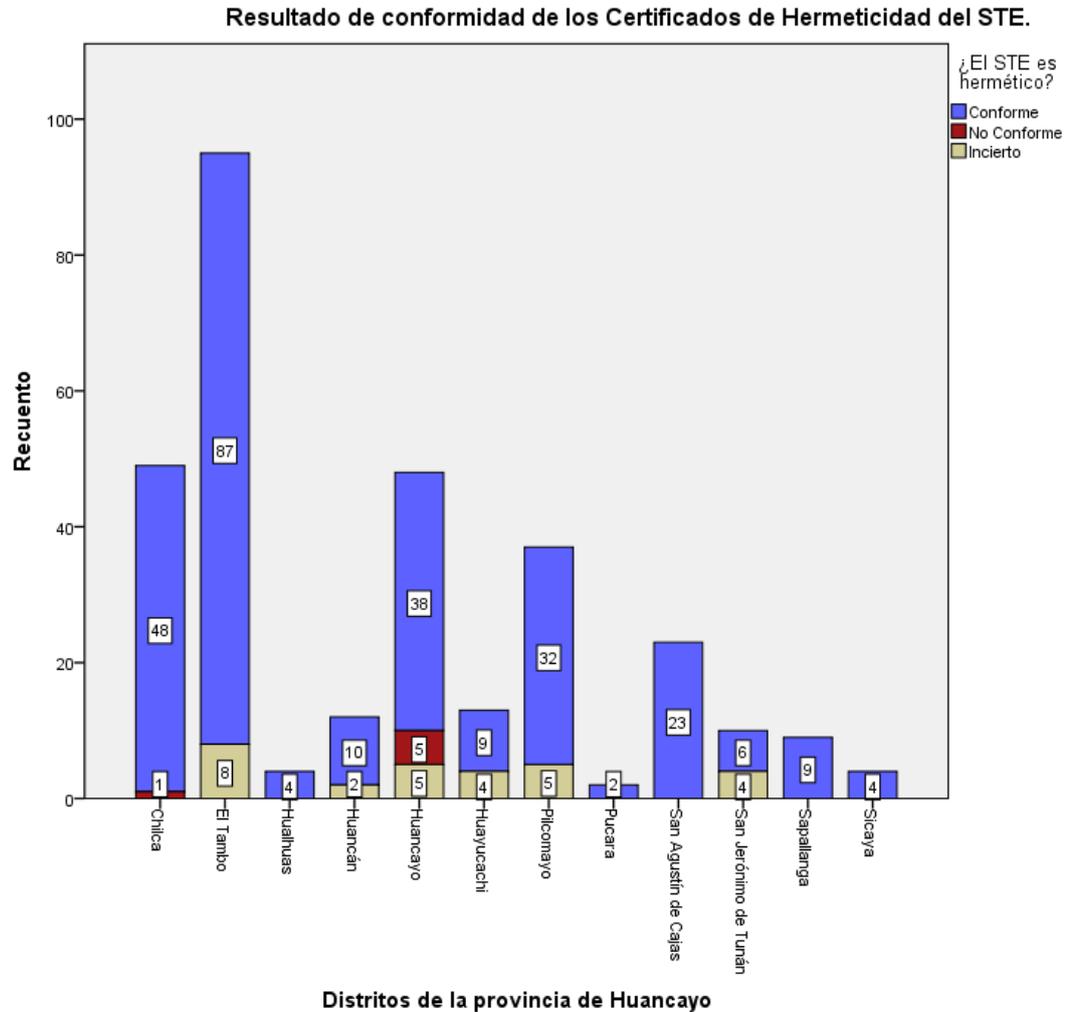
*Nota.* Consolidado de data de los Certificados de Hermeticidad. Fuente: *Elaboración propia.*

De los 306 tanques de almacenamiento enterrados en la provincia, son 278 tanques que cuentan con Certificado de Hermeticidad presentados y actualizados hasta el 2020, mientras que 28 tanques no cuentan con tal certificado presentado; por tal, son estos tanques enterrados de los cuales se desconoce su estado hermético, ubicados entre los distritos de El Tambo, Huancayo, Pilcomayo, Huayucachi, San Jerónimo de Tunán y Huancán.

**4.1.10. Histograma de distribución por distritos del resultado final de los certificados de hermeticidad de los tanques enterrados en la provincia de Huancayo.**

**Figura 28**

*Resultados de conformidad de los Certificados de Hermeticidad.*



*Nota.* Consolidado de data de los Certificados de Hermeticidad. Fuente: *Elaboración propia.*

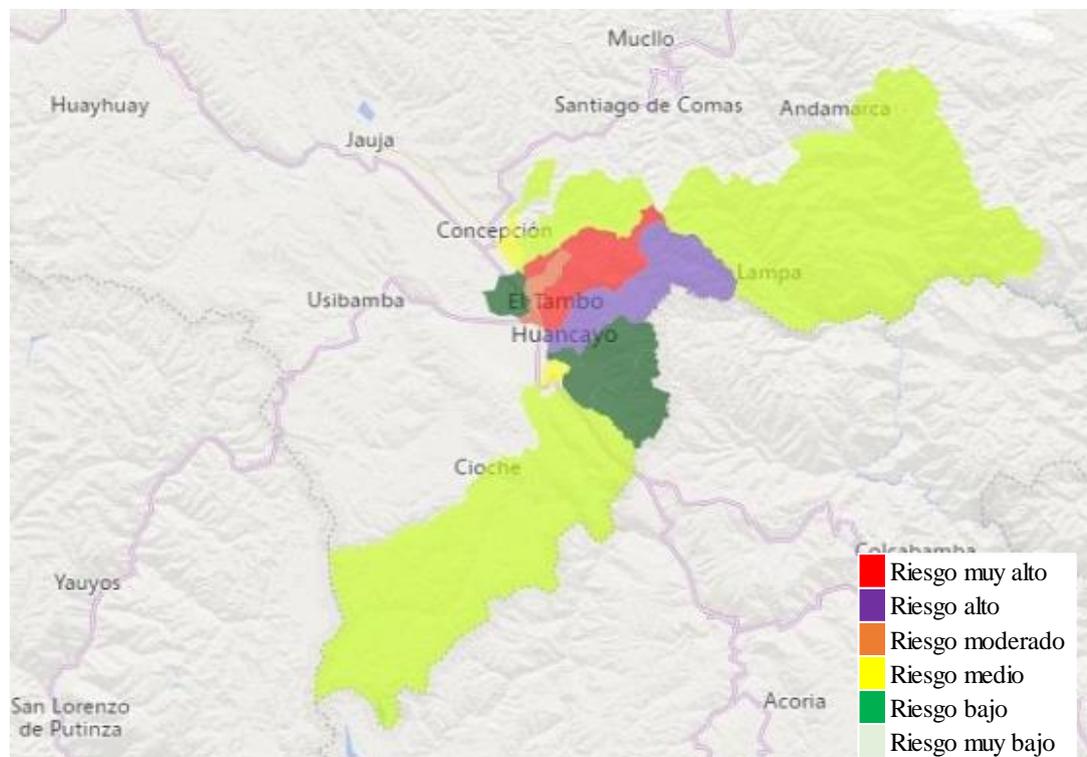
De la figura 28 muestra que, en la provincia de Huancayo se encuentran instalados 272 tanques que cuentan con resultado conforme en el Certificado de Hermeticidad del STE, 6 tanques con resultado no conforme y 28 tanques donde no se tienen información respecto a su hermeticidad por lo que su estado es incierto; se obtuvo en detalle que, los distritos con tanques con resultados no conforme son Huancayo (5 tanques) y Chilca (1 tanque).

**4.1.11. Mapa de calor, mediante un análisis basado en riesgos, identificando los establecimientos que representan una mayor contingencia ante una fuga de combustible.**

El resultado se obtuvo del nivel de riesgo obtenido del puntaje de los Informes de Índices de Riesgos de los establecimientos de cada distrito, así también los resultados de las inspecciones de hermeticidad realizadas a los tanques.

**Figura 29**

*Mapa de calor de la provincia de Huancayo mediante un análisis basado en riesgos.*



*Nota.* Consolidado de resultados de los Informes de Índices de Riesgos. Fuente: *Elaboración propia.*

La figura 29 muestra que, los distritos de la provincia de Huancayo que representan un mayor nivel de riesgo de alto a muy alto, resultaron ser El Tambo, Chilca y Huancayo, color rojo y morado; de riesgo medio a moderado se ubican los distritos de Pilcomayo, San Agustín de Cajas, Huayucachi y San Jerónimo de Tunán, color anaranjado y amarillo; y con un nivel de riesgo bajo está representado por los distritos de Sicaya, Pucará, Sapallanga y Huancán.

**4.1.12. Costo de pérdidas económicas generadas por un índice de fuga promedio de 0,3785 l/h, para el periodo de un mes.**

Este resultado se obtuvo considerando el índice de fuga definido por la normativa peruana en el D.S 024-2012-EM, el cual está establecido en 0,3785 l/h ( $1,05 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s}$ ), cabe aclarar aquí, que no se consideran las pérdidas de combustible por evaporación de combustible del tanque enterrado en las Estaciones de Servicio, puesto que el efecto aislante de la tierra anula los efectos de cambios de temperatura.

El periodo de análisis se consideró de 1 mes ( $2,592 \times 10^6$  s), considerando que la normativa exige mantener los registros actualizados y revisados de forma mensual por parte de los operadores de los establecimientos de venta al público de combustible, los factores indicados darán como resultado el volumen de combustible perdido durante este periodo.

$$V = nxt$$

Donde:

V: Volumen total en  $m^3$ .

n: índice de fuga en  $\frac{m^3}{s}$ .

t: periodo de tiempo en segundos.

$$V = 1,05 \times 10^{-7} \frac{m^3}{s} \times 2,592 \times 10^6 s$$

$$V = 2,722 \times 10^{-1} m^3$$

El producto considerado será Gasohol 90 Plus, debido a que es el producto de mayor demanda en la provincia y que a comparación del Diesel B5 S50 presenta un mayor riesgo de inflamabilidad. Adicionalmente, se considerará la pérdida en soles que el operador dejará de percibir por la no comercialización de este.

$$P_1 = V \times P_v$$

Donde:

$P_1$ : Pérdida económica en Soles.

V: Volumen total de combustible perdido en  $m^3$ .

$P_v$ : Precio de venta en soles.

El precio de venta se consideró acorde a un promedio de precios registrados en el distrito de El Tambo, el cual tiene la mayor cantidad de Grifos y Estaciones de Servicio, el mismo que es de S/ 14,70 por galón el cual equivale a S/ 3 233,40 por  $m^3$  (ver apéndice 8).

$$P_1 = 2,722 \times 10^{-1} m^3 \times 3\,233,40 \frac{S}{m^3}$$

$$P_1 = S/880,30$$

Obteniendo así que las pérdidas económicas referidas solo al producto comercializado Gasohol 90 Plus, en el periodo de un mes es de S/880,30.

A esto debe añadirse las pérdidas económicas por el periodo de inoperatividad del tanque, el cuales podría haberse impuesto como sanción por parte del organismo supervisor, o por acciones correctivas que el operador este tomando sobre su tanque, para eso se estimó el volumen de ventas de combustible del producto en mención que tiene un establecimiento del mismo distrito indicado en 68,50 gal diarios (ver apéndice 9).

(0,3425  $m^3$  diarios) lo cual se calculará para el periodo de un mes y los ingresos no percibidos durante ese periodo.

$$P_2 = V \times t \times Pv$$

Donde:

$P_2$ : Pérdidas económicas por el periodo de inoperatividad del tanque.

V: Volumen total de combustible comercializado en  $m^3$  por día.

t: periodo de tiempo (30 días)

Pv: Precio de venta en soles por día.

$$P_2 = V \times t \times Pv$$

$$P_2 = 0,3425 \frac{m^3}{día} \times 30 \text{ días} \times 3 \text{ 233,40} \frac{S}{m^3}$$

$$P_2 = S/33 \text{ 223,20}$$

Lo que hace un total de:

$$P_T = P_1 + P_2$$

$$P_T = S/880,30 + S/33 \text{ 223,20}$$

$$P_T = S/880,30 + S/33 \text{ 223,20}$$

$$P_T = S/34 \text{ 103,50}$$

Resultando finalmente que la estimación de pérdidas económicas por una fuga de combustible en el periodo de un mes resulta de S/34 103,50.

## 4.2 Discusión de Resultados

La presente investigación hace referencia al diagnóstico de hermeticidad de tanques enterrados de combustibles líquidos de Grifos y Estaciones de Servicios en la provincia de Huancayo, cabe precisar que el diagnóstico se obtiene por los Informes de Índices de Riesgo y los Certificados de Inspección de Hermeticidad; del primero se disgrega en tres dimensiones generales que darán 14 indicadores de evaluación, que especifican las mediciones; en cuanto a los certificados, se utilizará los resultados de conformidad; entonces aclarando la operacionalidad dada a las variables, se debatirá en relación a los resultados obtenidos.

El total de los tanques de almacenamiento de combustibles enterrados en la provincia, que se encuentra habilitados y en uso son los 306 censados y parte de nuestra población de investigación, de este total se observa en las figuras/gráficas o tablas, que; es en el distrito de El Tambo (figura 22) donde se concentran gran parte de los establecimiento, y considerando que el promedio de tanques por establecimiento es de 4 tanques (tabla 6), se obtiene que El Tambo, Chilca, Huancayo y Pilcomayo, y justificadamente son los distritos que presenten un parque amplio de tanques de almacenamiento enterrados (figura 23), distritos considerados urbanos, con avenidas principales y la presencia de la carretera central, con alta congestión vehicular y ciudadana, por tanto son zonas que representa mayor riesgo socioeconómico; adicionalmente el distrito de San Jerónimo de Cajas también con casi las mismas características mencionadas, pero representa mayor riesgo medioambiental por su ubicación ganadera y agrícola entorno a los establecimientos.

Tenemos presente que la regulaciones estatales de Perú, así como de muchos países en Latinoamérica, están basadas en investigaciones o regulaciones gubernamentales de países como EE.UU. y en cuanto a la investigación se sujeta en los informes desarrollados por la U.S. EPA (Environmental Protection Agency), titulado “Causes of reelease from UST Systems”, traducido al español como “Causas de escape en sistemas de tanques de almacenamiento subterráneo, donde se menciona que, el periodo crítico de inicio de fallas estructurales o puntos de corrosión en los tanques metálicos se inician entre los 10 a 15 años, pudiendo ser éstas ya no herméticas, presentando así fugas, no solo líquidas, sino también de emisión de gases al exterior, y donde establecen que tanques mayores a 25 años sin métodos de protección deberían ser reemplazados, retirados o en su defecto reparados/reforzados; ya que estos fuera del medio circundante en el que están enterrados ya representan una probabilidad mayor de tener daños o representar un riesgo a su entorno físico o intangible. Considerando esta teoría, en la provincia de Huancayo, el 24,18 % de tanques oscilan con una antigüedad entre los 10 a 20 años de fabricación; el 33,66 % entre 20 a 25 años de antigüedad y un 13,73 % tanques con una antigüedad mayor a 25 años, algunos excedentes de 30 años (figura 24). Se tiene en cuenta que a partir de los 10 años de uso desde su fabricación ya pueden presentar un inicio de corrosión, y los tanques en la provincia que son una antigüedad mayor a 10 años, son de 219 tanques (figura 25), el 71,57 % de total de tanques.

En cuanto a las limitantes que se dan por parte de obtener con las mediciones en el Índice de Riesgos de STE, que son presentados por los agentes mediante un informe, solo se contó con las mediciones de 274 tanques, más no de 32 tanques de los que no se logró obtener la información; ya que estos no

presentaron una actualización del índice hasta el 2020, año en el cual se recopila la información en un mismo tiempo para no afectar la investigación con la imparcialidad de los tiempos variados donde presentan los agentes según su frecuencia de monitoreo. Por otro lado, estas mediciones e informes pueden ser realizados solo por empresas acreditadas por INACAL y que estas solo tengan manipulación de profesionales especializados, habilitados y suscritos ante Osinergmin; es por ello, que las mediciones no se dieron personalmente, más las observaciones y revisiones documentales particulares fueron con el permiso debido, solo con fines académicos.

El índice está compuesto de 14 ítems de medición, que son divididas para la investigación en 3 dimensiones; factores de riesgo asociadas al tanque, factores de riesgo asociadas al medio circundante y factores de riesgo asociadas al impacto medio ambiental e infraestructura. Estos ítems fueron unidos en estas dimensiones en base a tipo de medición, donde la primera dimensión se obtiene mediante datos generales propios de la fabricación del tanque; la segunda dimensión, se mide en base a su entorno físico exterior del tanque dentro del territorio del establecimiento; mientras la tercera dimensión son mediciones fuera del límite del territorio del establecimiento que considera entornos de afectación medioambiental e infraestructuras ajenas. En adición los 14 ítems son puntuados en escalas, que al final dan un solo resultado; se considera que, a menor escala, la característica del tanque representa un menor riesgo, por el contrario, la característica tiene una puntuación alta, el tanque representa un mayor riesgo.

En la dimensión de factores de riesgo asociadas al tanque enterrado (tabla 7), se tiene 61 tanques metálicos con protección catódica según la norma API RP 1632, siendo tipo de tanque que se expone a menos riesgos por su propio material

regulado bajo una norma como la API, pero que solo representa el 22,26 % del total de tanques con IIR; mientras hay un 70,80 % que son tanques con revestimiento asfáltico o fibra de vidrio, no significa que sean las menos indicadas, pero es un intermedio del tipo de material que tiene mayor posibilidad de corrosión; y un 6,93 % de tanques sin protección catódica o revestimiento, estos tanques si representan un riesgo superior al anterior, son el tipo de material menos recomendado para las instalaciones actuales por su durabilidad.

Vaca (2015) en su tesis mencionó sobre la importancia de la calidad de los materiales, entro los tanques y las tuberías ya que para los expertos en el sector de hidrocarburos en Guayaquil son los principales factores que influyen en las fugas de combustible; y con el ítem A, recalamos y compartimos la importancia del material, protección y revestimiento de tanques de almacenamiento de combustibles líquidos. Y en suma a ello, Enamul (2011) en su artículo evalúa la eficacia que muestra los materiales usados para almacenar petróleo o derivado, que son reforzados con fibra de vidrio, especialmente en ambiente ácidos y alcalinos, donde se recomienda el tipo de fibra de vidrio E y AR que son más resistentes frente a la corrosión a largo plazo. Ahora bien, dentro de este porcentaje (6,93 %), los tanques son de una antigüedad entre 22, 24, 25 y 50 años de fabricación lo que nos da entender la baja rigurosidad normativa en los primeros años de desarrollo del sub sector hidrocarburos, sobre todo en la parte de comercialización de combustibles, así como la falta de conocimiento en cuanto a métodos de protección contra la corrosión por parte de los operadores e instaladores de los tanques, puesto que los recubrimientos y/o aplicación de pinturas representan una efectividad del 90 % contra la corrosión, los cuales se complementan con la aplicación de protección catódica, logrando así efectividades de hasta 99 %; así también la

aplicación de revestimientos de fibra de vidrio raramente presentan fallas por corrosión (EPA, 1987).

En esta dimensión también tenemos el ítem B, que también representa un factor relevante de la calidad de los tanques dado que, el 70,44 % de los tanques (193) instalados en la provincia de Huancayo tienen la condición de tanques usados, este dato muestra la falla normativa, en cuanto a la prohibición de la reutilización de tanques enterrados de combustibles líquidos; si bien en su instalación estos tanques tendrían que cumplir con las exigencias normativas vigentes, así como pasar por pruebas de maestranza y pruebas de hermeticidad verificadas por el Osinergmin, la condición de ser tanques usados limitaría su tiempo de vida útil.

El Ítem N, como ya se ha ido recalando en los resultados, el 69,35 % de los tanques evaluados (191) tienen una antigüedad superior a los 10 años de antigüedad, nos da un panorama general referente a que más de la mitad de los tanques instalados en la provincia de Huancayo se encuentran sobrepasando la edad crítica en la cual se presentan los problemas de proliferación de la corrosión y de hermeticidad (EPA, 1987). En alusión a esto último, identificar los tanques con una edad superior a los 10 años de antigüedad, genera información relevante para los operadores de dichos tanques y/o inversionistas de los establecimientos, para que estos tomen acciones de planeamiento y ejecución de mantenimiento preventivo, que involucren inspecciones periódicas de hermeticidad, análisis mensuales del control de inventarios, evaluación de la instalación de un sistema de protección catódica, e inspecciones internas, con la finalidad de extender la vida útil de los tanques enterrados (Abrigo, 2015).

En nuestra segunda dimensión, factores de riesgo asociadas al medio circundante en donde los tanques están instalados, se verifica que los principales riesgos que afrontan los tanques en la provincia de Huancayo, son la resistividad específica del suelo (Ítem D), el valor de pH del suelo (Ítem G), contenido de cloruros (H) y de sulfatos (I); aunque no están con puntajes altos, si representan un factor de riesgo circundante para los tanques, consideremos que aun siendo un tanque enterrado, los factores propios del suelo no pueden ser manejados, más esto no significa que no puedan ser prevenidos o controlados; en relación al primer indicador de los citados previamente, la existencia de 50 tanques instalados en suelos con resistividad menor a 1 000 ohm/cm indica que estos tanques se encuentran en suelos con un alto nivel de riesgo, ya que a menor resistividad el suelo es altamente corrosivo (Uhlig, 2000, citado en Bedoya, 2010, p. 5); respecto al valor de pH, la existencia de 26 tanques instalados en suelos con un pH menor a 7, suelos ácidos, indica que estos tanques se encuentran expuestos a nivel de corrosión severa (Baboian, 2002, citado en Bedoya, 2010), así también, genera indicios de que en el terreno se ha producido algún tipo de derrame de combustible, es por ello que este tipo de suelos tienden a ser ácidos. Sobre el contenido de cloruros y sulfatos, se verifica también la existencia de 36 y 52 tanques respectivamente, instalados en suelos con este tipo de concentraciones que generan un nivel de corrosión severo (Baboian, 2002, citado en Bedoya, 2010).

Y finalmente la tercera dimensión, factores de riesgo asociadas al impacto medio ambiental e infraestructura, se verificó la existencia de 67 tanques instalados cercanos a ríos a menos de 1 km, 8 tanques instalados cercanos a pozos de agua potable, y una preocupante cifra de 253 tanques cercanos a edificaciones a menos de 50 m; estos resultados concuerdan con la preocupación de la población con

respecto a su seguridad y ante la supresión de fuentes de agua potable en sus actividades cotidianas; aun cuando hay normativas en relación a la existencia de establecimientos públicos como mercados, supermercados o con afluencia de personas entorno a los establecimientos de despacho de combustibles, estos no se llegan a cumplir con el pasar de tiempo; ya que, muchos de estos grifos y estaciones de servicios son antiguos, desde luego en su momento, antes de obtener su registro ante Osinergmin cumplían con esta norma; pero no pueden manejar que su entorno poblé o abran negocios con estas características de afluencia pública; es uno de los puntos más débiles en cuanto a los riesgos, dado que la municipalidad no verifica la zona antes de emitir licencias de funcionamiento, o el propio desconocimiento de la población; lo que también origina que los entes supervisores, fiscalizadores o sancionadores como Osinergmin, Minen, OEFA y los propios agentes de estos establecimientos deben contar con medidas de prevención y vigilancia, pero que lamentablemente no siempre están previstas por una normativa, por lo que muchas veces el riesgo está latente.

En relación a la variable Certificados de Inspección de Hermeticidad, al igual que con los índices de Riesgo, también hay limitantes para la presente investigación como; que 28 tanques no presentaron su certificado actualizado hasta el 2020 (figura 27), por lo que su resultado de hermeticidad es incierto y de igual manera este tipo de medición solo debe ser realizado por una empresa inscrita y certificada ante el INACAL, además de que se deben realizar a “puertas cerradas”, es decir que el establecimiento debe estar inoperativo por ese periodo de inspección y con las medidas de seguridad al que solo es personal autorizado y calificado está sujeto; también en este punto debo recalcar que no se cuenta con fotografías personales, porque no están permitidas en este tipo de inspecciones por la

deflagración que pueden generar las cámaras convencionales o de móviles; para este tipo de inspecciones, por la cercanía con los tanques al descubierto se usan equipos antiexplosivos dado la concentración de vapores de combustibles en la atmósfera.

En cuanto a los resultados de los certificados de inspección de hermeticidad, muestra que existen 6 tanques enterrados de combustibles líquidos en operación, que no son herméticos y por ende presentan fugas de combustible, en el distrito de Huancayo y un tanque en el distrito de Chilca (figura 28), por lo cual los operadores de estos tanques deberán suspender el uso de estos y comunicar al Organismo Supervisor en un plazo de 24 horas la detección de la fuga de combustible, esto último en relación con lo señalado en el artículo 8 del D.S 024-2012-EM, aspecto detectado al momento del procesamiento de la información de la presente investigación y que los agentes no habían acatado. Estos 6 tanques no herméticos tienen edades superiores a los 20 años, concordando con lo manifestado por la EPA, que definió la edad crítica donde se presentan fugas de combustibles de 20 años en adelante, sin embargo; adicionalmente la existencia de 32 tanques de los que no se cuenta con la información respecto a su hermeticidad, limita la cifra de tanques no herméticos y ser incierto, esto sin lugar, representa un incumplimiento a la normativa nacional vigente, señalado en el artículo 6 del D.S 024-2012-EM. Finalmente, este resultado genera información relevante para el Osinergmin, el cual tomará acción acorde a sus competencias de fiscalización y dentro del marco legal, para proceder con la suspensión del uso de estos tanques donde el estado de hermeticidad es incierto o inconforme hasta que los agentes subsanen los daños. Siguiendo con los resultados de los Certificados de Inspección de Hermeticidad, de lo obtenido en el histograma de distribución de tanques

enterrados por distritos en la provincia de Huancayo en un rango de menor, mayor o igual a 10 años de fabricación se encuentra que se tienen 191 tanques en la periodo crítico y de esta cantidad, restándole los 6 no conformes, los 185 tanques que dieron conforme, tienen un resultado de hermeticidad favorable; pero en visitas de campo se detectaron la existencia de que a pesar de tener un resultado de inspección favorable se evidenciaron fugas de combustible en sus tanques, no solo referenciando fugas líquidas, sino también por gases, lo que podría mostrar que no se detectaron este tipo de fugas, corrosiones o problemas estructurales en el tanque, dando resultados diferentes en la inspección.

Como ya se había mencionado, cuanto mayor puntaje obtengan los tanques en el índice, mayor es el riesgo; y al querer situar que distrito de la provincia representa mayor conflicto, se realizó un mapa de calor geográfico (figura 29), donde se identifica a los distritos El Tambo, Chilca y Huancayo con tanques de riesgo alto; Pilcomayo y San Agustín de Cajas con riesgo de medio, dándole concordancia también a que estos distritos cuentan con el mayor número de establecimientos, este mapa permite identificar la ruta para que los entes supervisores programen sus acciones de fiscalización.

El análisis económico realizado, demostró que; las pérdidas económicas en el periodo de un mes el factor de relevancia es la inoperatividad de un tanque donde se haya advertido una fuga de combustible. Se resalta en este análisis, la importancia de realizar un análisis de los inventarios de combustibles líquidos, ya que muchas veces estos no se analizan de forma seria y exhaustiva por parte de los operadores.

## CONCLUSIONES

1. La hermeticidad de los tanques enterrados de los Grifos y Estaciones de Servicio de la provincia de Huancayo a partir de los resultados obtenidos, dieron que el 2,16 % de tanques operativos presentaron fugas de combustible; sobre los cuales se deben tomar acciones y aun cuando estos sean subsanados, no representa la inexistencia de tanques que presenten corrosión o debilitamiento estructural.
2. Se obtuvo que la frecuencia de monitoreo de los tanques de combustibles líquidos instalados en los establecimientos en la provincia de Huancayo, obtenido en el resumen de las matriz de acción de tanques metálicos enterrados existentes, son de cada 2 años, periodos en que deben realizar las inspecciones y presentar obligatoriamente ante el Osinergmin; una intersección entre 133 tanques con una edad entre 15 a 25 años de fabricación con un puntaje entre 13 a 20; además de detectar 3 tanques con una antigüedad de 50 años y 38 tanques con una antigüedad mayor a 25 años, en suma son el 13,87 % del total de tanques que presentaron sus índices, que presentarían corrosión, debilitación estructural o algún otro déficit que son reparados, más lo indicado deberían ser retirados y/o reemplazados.
3. Se generó información útil a partir del procesamiento de los datos, donde al detectar las inconformidades se tomó acciones internas; la zonificación de tanques con mayor nivel de riesgos que deben contar con mejor vigilancia en la planificación de supervisiones; tanques que deben ser retirados, reemplazados y/o reparados; vigilancia y control de los monitoreo de los agentes con sus STE, y el cumplimiento de la presentación de sus Informes según dada periodicidad, detección de incumplimientos por parte de algunos agentes, que deberán subsanar dichas inspecciones y/o presentación documentaria y ciertos incumplimientos fuera de plazo que deben ser fiscalizados. En conclusión, aunque el panorama en

la provincia de Huancayo es favorable por la parte de la hermeticidad, al promediar la cantidad de tanques que presentan puntuación en las escalas mayores, es un 19,71 % del total de tanques que cuentan con el índice de riesgos que no cumplirían con las normativas o características adecuadas a la fecha.

4. Se elaboró un mapa de calor geográfico, basado en el análisis de puntuación por escalas, donde se obtuvo puntajes altos en la suma de los 14 indicadores, muestra que los distritos de la provincia de Huancayo que representan muy alto riesgo son los distritos de El Tambo, Chilca y Huancayo; que dentro de la provincia son los principales distritos urbanos sobrepoblados (366 629 ciudadanos censados al 2016), con grandes movimientos económicos y sociales, con parques automotrices excesivos, conectando avenidas principales de la región y la carretera central, justificando así su alto tránsito vehicular y poblacional que comunica a otros distritos, departamentos u regiones.
5. Se determinaron las pérdidas económicas relacionadas al producto almacenado en los tanques, para un caso teórico, esta ascendió a S/ 34 103,50, para el periodo de análisis de un mes.

## RECOMENDACIONES

1. Durante la investigación se observó que existen tanques instalados en la provincia de Huancayo donde estos no cuentan con un Informe de Índice de Riesgos, así como su Certificado de Inspección de Hermeticidad actualizada según la frecuencia de monitoreo; por lo que, se debería implementar un control o alerta programada mediante un sistema informativo que provenga de las DJ virtuales, que informen a los especialistas en cada región de agentes que no están cumpliendo con la entrega o declaración de irregularidades en la infraestructura general del establecimiento y primordialmente los tanques. Al ser una gran cantidad de establecimientos en la región, una revisión manual sería exhaustiva y entorpecería otras funciones del área correspondiente.
2. Debería crearse un sistema informativo gubernamental conjunto entre los entes relacionados a la habilitación de este tipo de establecimientos de expendio de hidrocarburos u OPDH; de forma que las municipalidades distritales, quienes emiten las licencias de funcionamiento, las DREM, OEFA y Osinergmin, compartan información y alerten de las regulaciones propias de cada institución, donde se zonifique áreas aptas, con todas las características adecuadas que con el tiempo no representen un incremento de riesgo para las construcciones de este tipo de establecimientos; de forma que se pueda evitar futuras responsabilidades evitadas o negadas frente a un accidente o incidente; con fines de proteger el medioambiente, la población, su entorno y economía.
3. Debería ser normado o bajo obligatoriedad que los tanques metálicos sean nuevos desde su instalación o que pasen por un proceso de recertificación antes de ser instalados, en espacios territoriales inspeccionados y previstos como los idóneos,

para disminuir la probabilidad de corrosiones u otros daños estructurales, que afecten social, económica y ambientalmente.

4. Se debería considerar regularizar, por lo menos el reforzamiento de los tanques existentes sin protecciones o con condiciones diferentes a las recomendadas y centrándose en tanques con una antigüedad mayor a 10 años, con fibra de vidrio y protecciones catódicas. Ello beneficiaría a la vida útil de estos tanques, evitar pérdidas económicas frente a mantenimientos continuos por malas prácticas desde su almacenamiento hasta su expendio, además de que se alargaría las frecuencias de monitoreo y primordialmente previenen accidentes frente a fugas, derrames, combustiones por gases o corrosiones.
5. Divulgar a toda la población y principalmente a los agentes las buenas prácticas frente a la habilitación de establecimientos de almacenamiento, comercialización y expendio de los combustibles líquidos u OPDH; desde aspectos como los factores mencionados en la presente investigación, la infraestructura general de estos establecimientos, la zonificación por parte de las municipalidades, vigilancia de defensa civil, fiscalizaciones gubernamentales de entes relacionados, pero básicamente, capacitaciones a estos agentes y a todos sus colaboradores, desde administrativos, hasta operadores temporales o fijos, frente a evitar derrames, alertas fugas u otros incidentes y hacer frente a ello con los implementos de seguridad necesarios.
6. Continuar con esta investigación en otras regiones del Perú, para tener un panorama general del estado de hermeticidad de los tanques enterrados de combustibles líquidos a nivel nacional. Y en cuanto a futuras investigaciones considerar la escasa información, investigación, vacíos técnicos y legales frente a este tema, debido a que las regulaciones actuales no se ajustan a la realidad nacional, ya que la

legislativa está sujeta a otras realidades internacionales; dado a la baja investigación gubernamental, inexistencia de laboratorios gubernamentales con tecnología actual o prácticas escasas del cumplimiento de estas normativas.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- American Petroleum Institute. (1996). *API Recommended Practice 1632: Cathodic Protection of Underground Petroleum Storage Tanks and Piping Systems (Tercera ed.)*. American Petroleum Institute. Recuperado el 5 de junio de 2021
- API. Instituto Americano del Petróleo. (mayo de 2018). *Gestión de riesgos en los sitios de LNAPL - Preguntas frecuentes (segunda ed.)*. Washington, DC 20005, EE.UU: American Petroleum Institute. Recuperado el 22 de julio de 2021, de API. American Petroleum Institute: <https://n9.cl/plq59>
- Azcuntar R., O., Izquierdo B., J., & Sánchez F., P. A. (2011). **Modelo conceptual de la contaminación del suelo y agua subterránea por hidrocarburos**. *Ingeniería Y Región*, 8, 95-102. <https://doi.org/10.25054/22161325.792>
- Baboian, R. (2002). *NACE Corrosion Engineer's Reference Book (Tercera ed.)*. (R. Baboian, Ed.) Natl Assn of Corrosion. Recuperado el 30 de mayo de 2021
- Bendezú Reyes, J. H. (2002). *Los plásticos reforzados de fibra de vidrio (PRFV), sus aplicaciones y desarrollo en la industria nacional*. Recuperado el 22 de julio de 2021, de CYBERTESIS Repositorio de Tesis Digitales-UNMSM: <https://n9.cl/2qln>
- Cazau, P. (2006). *Fundamentos de Estadística*. Buenos Aires. Obtenido de <https://n9.cl/iqc7f>
- Ching, O., Wai, N., Kar, H., Meng, L. and Mohd., L. (3-5 december 2018). *Review of Underground Storage Tank Condition Monitoring Techniques*[Section: Smart Manufacturing and Industrial 4.0]. Engineering Application of Artificial Intelligence Conference 2018 (EAAIC 2018), Sabah, Malaysia. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201925502009>
- EPA. (1987). *Causes Of Realease From UST Systems*. Obtenido de <https://n9.cl/bqeq>
- Enamul Hossain, M. (2011). **The current and future trends of composite materials: an experimental study**. *Journal of Composite Materials*, 45(20), 2133–2144. <https://doi.org/10.1177/0021998311401066>
- Herrero, F. (2005). *Introducción al Muestreo*. España, Madrid. Facultad de Educación Andres Bello. Recuperado de <http://mey.cl/apuntes/muestrasunab.pdf>
- Herrera Quincho, J. (2013). *Diagnóstico de antigüedad para evaluar la renovación del parque de tanques enterrados en EESS de la provincia de Lima*. [Tesis de

- Pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional, Huancayo. Obtenido de <https://n9.cl/yzleu>
- Hertig S.A. (10 de diciembre de 2015). *Hertig Sucursal Internacional del Perú [foto]*. Recuperado el 26 de junio de 2021, de <https://n9.cl/r7kfa>
- INEI. (Marzo de 2018). *INEI-Avance Económico Departamental Marzo 2018*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1531/juin.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1531/juin.htm)
- INEI. (Octubre de 2018). *Resultados Definitivos de los Censos Nacionales 2017, Tomo I*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Censos Nacionales 2017: XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas: <https://n9.cl/109br>
- Instituto Geofísico del Perú. (2005). *Vulnerabilidad Actual y Futura ante el Cambio Climático y Medidas de Adaptación en la Cuenca del Río Mantaro*. (E. CONAM, Ed.) Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Instituto Geofísico del Perú: <https://n9.cl/1tg53>
- Instituto Nacional de Calidad. (s.f.). *Información Institucional*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Instituto Nacional de Calidad: <https://www.inacal.gob.pe/principal/categoria/acerca-de-inacal>
- Karaduman, D., Bircan, D. A. & Çetin, A. (2017). **Non-Destructive Examination of Underground Pressure Vessels Using Acoustic Emission (AE) Techniques**. *European Mechanical Science*, 1 (1) , 1-8 . DOI: 10.26701/ems.320547
- López Noguero, F. (2002). **El análisis de contenido como método de investigación**. *Revista de Educación*, 4(2002), 167-179. Recuperado de <http://rabida.uhu.es/dspace/bitstream/handle/10272/1912/b15150434.pdf>
- Lora, F. (2010). *Corrosión en suelos: Revisión bibliográfica*. Antioquia: Universidad de Antioquia, Grupo de Corrosión. Recuperado el 29 de mayo de 2021, de <https://n9.cl/q8g7o>
- Meneses Ramirez, E., More Palacios, K., Siccha Jara, U., Verastegui Cuba, G., & Espinoza Cruz, A. (2010). *Inspección basada en el riesgo (IBR-API RP 580)*. (D. L. Dávila, Ed.) *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 13(26). Recuperado el 5 de junio de 2021, de <https://n9.cl/11btg>

- Ministerio de Energía y Minas. (19 de noviembre de 1993). **Decreto Supremo N° 054-93-EM. Reglamento de Seguridad Para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos**. Recuperado el 2 de noviembre de 2020, de Ministerio de Energía y Minas: <https://n9.cl/h074f>
- Ministerio de Energía y Minas. (13 de julio de 2007). **Decreto Supremo N° 037-2007-EM - Modifican Los Reglamentos de Establecimientos de GLP para uso automotor y de Seguridad para Establecimientos de Venta al Público de Combustibles Derivados de Hidrocarburos**. Obtenido de Ministerio de Energía y Minas: <https://n9.cl/92n1z>
- Ministerio de Energía y Minas. (09 de setiembre de 2009). **Decreto Supremo N° 064-2009-EM. Aprueban norma para la inspección periódica de hermeticidad de tanques y tuberías enterrados que almacenan combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos**. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de El Peruano: <https://elperuano.pe/NormasElperuano/2009/09/09/394894-1.html>
- Ministerio de Energía y Minas. (28 de junio de 2012). **Modifican Norma para la inspección periódica de hermeticidad de tanques enterrados que almacenan combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos aprobado por Decreto Supremo N° 064-2009-EM**. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de El Peruano: <https://n9.cl/pmuz>
- Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). **Quiénes Somos**. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Ministerio de Energía y Minas: <https://n9.cl/1rof>
- Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (25 de setiembre de 1999). **Guías ambientales**. Recuperado el 29 de noviembre de 2020, de Sistema de Información Ambiental Minero Energético: <https://n9.cl/delc0>
- Moreno, G., Valencia, J., Cárdenas, C., & Villa, W. (2007). **Fundamentos e ingeniería de las puestas a tierra - Respuestas ante fallas eléctricas y rayos** (Primera ed.). Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado el 24 de julio de 2021, de <https://n9.cl/i1cth>
- Morles, V. (2002). **Sobre la metodología como ciencia y el método científico: un espacio polémico**. Revista de Pedagogía, 23(66). Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-97922002000100006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-97922002000100006)

- NACE International-The Corrosion Society. (2002). *NACE Standard Recommended Practice 0285: Corrosion Control of Underground Storage Tank Systems by Cathodic Protection*. Houston, Texas, Estados Unidos: NACE International. Recuperado el 5 de junio de 2021
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (05 de agosto de 2011). *Resolución de Consejo Directivo Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería Osinergmin N° 143-2011-OS/CD*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de El Peruano: <https://n9.cl/m5hof>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (s.f.). *Institucional*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Osinergmin: <https://n9.cl/vxvk0>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (23 de octubre de 2002). *Glosario, Siglas y Abreviaturas del Subsector Hidrocarburos*. Recuperado el 22 de noviembre de 2020, de Osinergmin: <https://n9.cl/8tzu>
- Osinergmin. (2020). *Registros de Hidrocarburos Hábiles*. Recuperado el 04 de abril de 2020, de <https://n9.cl/k6481>
- Real Academia Española. (2020). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de <https://dle.rae.es/riesgo>
- SDT International s.a. (s.f). *Control principle SDT 170 MTT Ultrasonic system [Representación]*. Recuperado el 10 de Junio de 2020, de SDT International s.a.: <https://n9.cl/t5x5s>
- Selye, H. (2007). **La investigación básica según Hans Selye**. *Revista de Medicina de Buenos Aires*. 67(6-2). Recuperado de <https://n9.cl/sr456>
- Sousa, S. (2007). **Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. Parte 1: Diseños de investigación cuantitativa**. *Revista Latino Enfermería*, 15(3), 0- 4. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0104-11692007000300022>
- Trame, J. (2010). *Exploring the Lineage of Volunteered Geographic Information with Heat Maps*. Recuperado el 5 de junio de 2021, de ResearchGate: <https://n9.cl/9k8cun>
- Uhlig, H. (2000). *Uhlig's Corrosion Handbook*. John Wiley and Sons, inc.
- Universidad Politécnica de Valencia. (s.f.). *Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales*. Recuperado el 30 de mayo de 2021, de <https://n9.cl/hjfyj>
- Victoria, V. M. (setiembre de 2015). *Diagnóstico de la gestión de derrames de hidrocarburos en gasolineras de la ciudad de Guayaquil*. Repositorio digital

de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo.

<http://201.159.223.2/handle/123456789/2186>

## APÉNDICES

**Apéndice 1:** Listado de Registros Hábiles de OSINERGMIN de los Grifos y Estaciones de Servicio y Estaciones de Servicio con Gasocentro de GLP de la provincia de Huancayo.

### 1-A: Grifos y Estaciones de Servicio.

N°	C.O	Dirección operativa	Departamento	Provincia	Distrito
1	7043	Av. Las Américas N° 2850	Junín	Huancayo	Pilcomayo
2	14534	Av. José Olaya N° 548	Junín	Huancayo	Huancayo
3	21319	Calle Chiclayo N° 260, barrio 28 de julio	Junín	Huancayo	Pucara
4	9496	Calle Real N° 308 - 312	Junín	Huancayo	Chilca
5	135289	Calle Real s/n - La Punta	Junín	Huancayo	Sapallanga
6	21755	Av. Coronel Parra N° 2190	Junín	Huancayo	Pilcomayo
7	18288	Carretera Central km. 18	Junín	Huancayo	San Jerónimo de Tunán
8	16680	Av. Daniel Alcides Carrión N° 2265	Junín	Huancayo	Huancayo
9	19905	Av. Daniel Alcides Carrión N° 1896	Junín	Huancayo	Huancayo
10	18842	Av. Fidel miranda s/n. Barrio san pedro	Junín	Huancayo	Sapallanga
11	41069	Av. Los Héroes de la Breña s/n km. 131.53	Junín	Huancayo	Huayucachi
12	19909	Calle Real s/n Sapallanga k.m. 6	Junín	Huancayo	Sapallanga
13	41216	Av. Coronel Parra esq. Jr. Manco Capac	Junín	Huancayo	Pilcomayo
14	19902	Av. Huancavelica N° 1485	Junín	Huancayo	El Tambo
15	21514	Calle real N° 1004	Junín	Huancayo	Chilca
16	8353	Carretera Central km. 6.5 - Barrio Bellavista	Junín	Huancayo	San Agustín
17	8182	Jr. Nemesio Raez N° 1504	Junín	Huancayo	El Tambo
18	110629	Calle Ayacucho s/n - Barrio Quillispata	Junín	Huancayo	Huayucachi
19	8330	Av. Coronel Parra 399	Junín	Huancayo	Pilcomayo
20	85763	Calle real N° 496	Junín	Huancayo	Sicaya
21	19900	Av. Ferrocarril y Jr. Trujillo N° 105	Junín	Huancayo	El Tambo
22	6987	Av. Mariscal Castilla N° 4180	Junín	Huancayo	El Tambo San
23	9053	Carretera Central km. 18.5	Junín	Huancayo	San Jerónimo de Tunán
24	9623	Av. San Carlos y Jr. Huancas N° 206	Junín	Huancayo	Huancayo
25	8606	Av. Coronel Parra N° 1260	Junín	Huancayo	Pilcomayo
26	9503	Carretera Central km. 7	Junín	Huancayo	Sicaya
27	19913	Jr. Arequipa esq. con Manuel Alonso N° 192	Junín	Huancayo	El Tambo
28	37791	Av. San Carlos N° 698	Junín	Huancayo	Huancayo San
29	34006	Carretera Central km. 15.5	Junín	Huancayo	San Jerónimo de Tunan

Fuente: OSINERGMIN, 2020.

**1-B: Estaciones de Servicio con Gasocentro de GLP.**

N°	C.O.	Dirección operativa	Departamento	Provincia	Distrito
1	41198	Av. Palian N° 465	Junín	Huancayo	Huancayo
2	7229	Carretera Central km. 3	Junín	Huancayo	Pilcomayo
3	7774	Av. Huancavelica N° 1655 esq. con Av. José Carlos Mariátegui	Junín	Huancayo	El Tambo
4	7995	Av. Mártires del periodismo N° 300-308	Junín	Huancayo	Huancayo
5	7298	Av. Mariscal castilla N° 2699	Junín	Huancayo	El Tambo
6	7682	Carretera Central km. 8.8	Junín	Huancayo	San Agustín
7	140682	Av. Panamericana intersección con Jr. 7 de octubre	Junín	Huancayo	Huancán
8	18180	Prolongación Julio Sumar y Jr. Santa Isabel N° 2100	Junín	Huancayo	El Tambo
9	35258	Jr. Jorge Chavez N° 101 esq. Av. FF.CC.	Junín	Huancayo	El Tambo
10	91742	Av. General Córdova s/n esq. Av. 31 de Octubre	Junín	Huancayo	Huancán
11	123549	Prolongación Arequipa N° 2750 y 2760	Junín	Huancayo	El Tambo
12	9077	Av. Jacinto Ibarra N° 109	Junín	Huancayo	Chilca
13	133397	Av. Progreso N° 687	Junín	Huancayo	El Tambo
14	131930	Prolongación Junín N° 2713, esquina con vía expresa.	Junín	Huancayo	El Tambo
15	98319	Av. San Agustín N° 1921	Junín	Huancayo	San Agustín
16	135234	Av. Las Américas s/n	Junín	Huancayo	Pilcomayo
17	19904	Av. Palian N° 1165	Junín	Huancayo	Huancayo
18	21384	Carretera Central km. 7	Junín	Huancayo	San Agustín
19	128699	Av. Jacinto Ibarra N° 800 intersección con el Jr. 2 de mayo	Junín	Huancayo	Chilca
20	142314	Av. Prolongación Trujillo N° 1198	Junín	Huancayo	El Tambo
21	110536	Av. Coronel Parra N° 215	Junín	Huancayo	Pilcomayo
22	9230	Av. Las colinas N° 366	Junín	Huancayo	El Tambo
23	88596	Av. Evitamiento Mz. D, lote 1, esquina con Jr. Libertad	Junín	Huancayo	El Tambo
24	6950	Calle Real N° 564	Junín	Huancayo	Chilca
25	110611	Av. Palian N° 680	Junín	Huancayo	Huancayo
26	102353	Calle real N° 1512	Junín	Huancayo	Chilca
27	7085	Jr. Angaraes N° 362	Junín	Huancayo	Huancayo
28	16718	Av. Mariscal Castilla N° 2896	Junín	Huancayo	El Tambo
29	125172	Av. Jacinto Ibarra y Av. Los Próceres	Junín	Huancayo	Chilca
30	8232	Av. Panamericana Sur N° 636	Junín	Huancayo	Huancán
31	43452	Av. Huancavelica N° 268	Junín	Huancayo	Chilca
32	21142	Av. 9 de diciembre N° 1104	Junín	Huancayo	Chilca
33	17912	Calle real N° 1305	Junín	Huancayo	Chilca
34	7525	Av. Mártires del periodismo N° 805	Junín	Huancayo	Huancayo
35	40659	Av. 13 de noviembre N° 586 y Jr. Arequipa	Junín	Huancayo	El Tambo
36	149601	Av. Los Incas N° 189	Junín	Huancayo	Chilca
37	33371	Av. 9 de diciembre N° 1301	Junín	Huancayo	Chilca
38	15404	Av. Coronel Parra N° 371	Junín	Huancayo	Pilcomayo
39	19906	Av. Héroes de la Breña N° 460	Junín	Huancayo	Huayucachi
40	17913	Av. Huancavelica N° 304 - 348	Junín	Huancayo	El Tambo
41	106520	Jr. Trujillo N° 180	Junín	Huancayo	El Tambo
42	19903	Av. Panamericana Sur N° 2054	Junín	Huancayo	Huancán

43	135999	Calle Real s/n - Barrio Chaclas	Junín	Huancayo	Sapallanga
44	18597	Jr. Loreto N° 1047	Junín	Huancayo	Huancayo
45	108881	Carretera central km 7.6	Junín	Huancayo	San Agustín
46	61799	Av. Panamericana sur N° 209	Junín	Huancayo	Chilca
47	82247	Carretera Central km. 16 - Barrio 2 de mayo	Junín	Huancayo	San Jerónimo de Tunán
48	9089	Av. Huancavelica N° 216	Junín	Huancayo	El Tambo
49	7106	Av. Mariscal Castilla N° 3312	Junín	Huancayo	El Tambo
50	132301	Av. Real s/n y Av. 28 de julio	Junín	Huancayo	Huayucachi
51	61093	Carretera Central km 114 - La Oroya	Junín	Huancayo	Hualhuas
52	18592	Av. Mariscal Castilla N° 1810	Junín	Huancayo	El Tambo
53	119078	Av. Ferrocarril N° 2368, 2372, 2374.	Junín	Huancayo	El Tambo
54	8915	Av. Mariscal Castilla N° 4788	Junín	Huancayo	El Tambo
55	35892	Av. Panamericana Sur N° 350	Junín	Huancayo	Chilca
56	92106	Av. José Carlos Mariátegui N° 600	Junín	Huancayo	El Tambo
57	122065	Av. Ferrocarril N° 2802	Junín	Huancayo	El Tambo

Fuente: *Elaboración propia* con base de datos de OSINERGMIN, 2020.

**Apéndice 2: Índice de Riesgos.****2-A: Índice de riesgos para tanques enterrados.**

Ítem	Factor de riesgo	Puntaje
A	Tanque:	
	Metálico con protección catódica según APIRP 1632, de fibra de vidrio o metálico de doble pared.	0
	Metálico con revestimiento asfáltico o pintura epóxica interior y/o exterior, metálico con revestimiento de fibra de vidrio.	1
	Metálico sin protección catódica o revestimiento asfáltico o pintura epóxica interior y/o exterior o revestimiento de fibra de vidrio.	2
B	El Tanque es:	
	Nuevo	0
	Usado	4
C	Existencia de agua subterránea a nivel del tanque:	
	No presenta	0
	Presenta	1
	Variable	1
D	Resistividad específica del suelo:	
	Mayor a 10 000 ohm/cm	0
	Entre 10 000 y 5 000 ohm/cm	1
	Entre 5 000 y 2 300 ohm/cm	2
	Entre 2 300 y 1 000 ohm/cm	3
	Menor a 1 000 ohm/cm	4
E	Clase de suelo:	
	Tiza o Arena	0
	Greda, arena gredosa o arena arcillosa	1
	Arena limosa	2
	Arcilla, tierra vegetal	4
	Cieno, fango o suelo pantanoso	5
F	Humedad del suelo:	
	Menor a 20 %	0
	Mayor o igual a 20 %	1
G	Valor de pH del suelo:	
	pH mayor que 7 (básico)	0
	pH menor que 7 (ácido)	1
H	Contenido de cloruros del suelo:	
	Menos a 100 mg/Kg	0
	Entre 100 y 350 mg/Kg	1
	Mayor de 350 mg/Kg	2
I	Contenido de Sulfatos del suelo:	
	Menor a 200 mg/Kg	0
	Entre 200 y 500 mg/Kg	1
	Entre 500 y 1000 mg/Kg	2
	Mayor a 1000 mg/Kg	3
J	Existencia de ríos cercanos a menos de 1km:	
	No	0
	Sí	2
K	Existencia de agua de mar a menos de 200 m:	
	No	0
	Sí	2
L	Existencia de pozos de agua potable a menos de 1 km:	
	No	0
	Sí	2
M	Existencia de edificaciones cercanas a los STE a menos de 50 m:	
	No	0
	Sí	1
N	Antigüedad del tanque:	
	De 0 a 5 años	0

De 5 a 10 años	1
De 10 a 15 años	2
De 15 a 20 años	3
De 20 a 25 años	4
De 25 a 30 años	5

---

*Nota.* Cuando no se dispone de información con respecto a alguno de los índices, se deberá considerar el máximo puntaje del índice correspondiente. Fuente: Tomada del *Ministerio de Energía y Minas*, D.S. N° 024-2012.

**Apéndice 3: Certificado de hermeticidad.**

CCSTE - ACR: 10942 N° CUT: HUAN1312191DPC	FECHA EMISIÓN: 20/12/2019 FECHA DE INSPECCIÓN: 13/12/2019
--	--



**INACAL**  
DA - Perú  
Organismo de Inspección  
Acreditado  
Registro N°

**ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N°**

**CERTIFICADO DE INSPECCIÓN DE HERMETICIDAD DE SISTEMA DE TANQUES ENTERRADOS**

... ha inspeccionado el objeto de inspección mencionado en este certificado, el cual ha sido evaluado en cumplimiento con las normas D.S. 064-2009 EM y D.S. 024-2012 EM para la **inspección Periódica de Hermeticidad de Tuberías y Tanques Enterrados que almacenan combustibles líquidos y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos** - usando los procedimientos PG 4.01.01, IO 4.01.01 y IO 4.01.02 implementados bajo los criterios de inspección de la **NTP ISO/IEC 17020-2012**.

**DATOS DE LA EMPRESA SOLICITANTE**

Empresa: _____ RUC: _____ Dirección Legal: JR. LORETO N° 1047 / HUANCAYO / HUANCAYO / JUNIN Lugar de la inspección: JR. LORETO N° 1047 / HUANCAYO / HUANCAYO / JUNIN N° de Ficha de Registro: 18597-056-250718
--

**DATOS DE LA INSPECCIÓN**

N° de Tanque: 01 Producto: GASOHOL 84 PLUS Serie del Tanque: NO INDICA Fecha de Fabricación: NO INDICA Resultado de la Prueba: CONFORME	Sistema Sifón: NO POSEE Tipo de venteo: UNIFICADO Capacidad: 5,000 gls Cod. SDT: NE- 150901921 Cod. Vac.: MFP- 20884
Línea de Tanque: 01 Producto: GASOHOL 84 PLUS Cant. de Máquinas de despacho conectadas: 01 Resultado de la Prueba: CONFORME	Tipo de recinto: CONCRETO ESTANCO Tipo de Máquina de despacho: DISPENSADOR Cod.: Manómetro: MFP- 20886

Los resultados de las inspecciones indican una conformidad o no conformidad en relación al documento normativo IO.1.02.04 criterios de aprobación y Certificación de Sistema de Tanques Enterrados (STE)

**MÉTODO DE DETECCIÓN**

La probabilidad de detección (PO) para el sistema SDT para las detecciones de una fuga de 0,1 galones por hora es del 100% y la probabilidad de falsa alarma (PFA) es de 0%. Conforme a los requerimientos de los D.S. 064-2009EM y D.S. 024-2012EM

Las Pruebas SDT Tank Test System indican que un tanque tiene fugas cuando una lectura de decibeles mediante ultrasonido generado mediante la creación de vacío, es detectado por sus dos sensores de ultrasonido, tanto para la parte gaseosa por medio de su sensor aéreo, o la parte líquida, mediante su sensor de líquidos.

Las Pruebas de Línea indican que un línea tiene fugas cuando hay una caída de presión inducida, la lectura de decibeles mediante ultrasonido por medio de su sensor SDT ultrasonico flexible detecta cuando se encuentra fuga en la parte externa de la línea (válvulas, bomba)

Los resultados del certificado es valido solo para los objetos inspeccionados y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El Certificado de Hermeticidad en Sistemas de Tanques enterrados es valido si tiene sus anexos completos (informe de Tanque e informe de líneas) y posee la firma del Gerente Técnico de Hertig Perú S.A.

1 de 2

*Nota.* Certificado de Inspección de Hermeticidad otorgado por una empresa acreditada ante INACAL, en él se registran datos del establecimiento como: dirección y ficha de registro, así también como características del sistema STE, correspondientes a los tanques y tuberías que se inspeccionan. Fuente: Tomado de la información solicitada a *OSINERGMIN*.

10

CCSTE-ACR: 10942  
N° CUT: HUAN1312191DPC

FECHA EMISIÓN: 20/12/2019  
FECHA DE INSPECCIÓN: 13/12/2019

**ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION INACAL-DA  
CON REGISTRO N°**

**INACAL**  
DA - Perú  
Organismo de Inspección  
Acreditado  
Registro N°

### DESCRIPCIÓN DE LOS OBJETOS INSPECCIONADOS

**Información del Tanque**

N° Tanque 01  
N° de Serie NO INDICA  
Año de fabricación NO INDICA  
Capacidad 5,000 gls  
Producto GASOHOL 84 PLUS  
N° de entradas 01  
Varillaje 0.25 cm  
Cálculo de vacío 19.76 mbar  
Valor máx. de vacío en la prueba 20 mbar  
Tipo de recinto CONCRETO ESTANCO  
Recuperación de vapores UNIFICADO  
Ubicación de la bomba TANQUE  
Tipo de descarga REMOTA  
Tipo de venteo UNIFICADO  
Manhole POSEE

**Información de la Línea**

Línea de Tanque : 01  
Tipo de Máq. de Despacho : DISPENSADOR  
N° de Máq. de Despacho conectadas : 01  
Tablero eléctrico : POSEE  
Ubicación de la bomba : TANQUE  
Tipo de recinto : CONCRETO ESTANCO  
Detector de fugas en línea : POSEE  
Válvula de cierre (Esférica) : POSEE

**Método de prueba:**

La tecnología y metodología empleadas en las Pruebas de Hermeticidad cumplen con la Norma para la Inspección Periódica de Hermeticidad de Tuberías y Tanques Enterrados que Almacenan Combustibles Líquidos y otros Productos Derivados de los Hidrocarburos - D.S. 064-2009 EM y D.S. 024-2012 EM.

**Método de prueba:**

La tecnología y metodología empleada en las pruebas de hermeticidad cumplen con la norma para la inspección periódica de Hermeticidad de Tuberías y Tanques Enterrados que almacenan combustibles líquidos y otros productos derivados de los hidrocarburos. D.S.064-2009 EM y D.S. 024-2012 EM

**Resultados:**

Presión inicial (PI)	40	psi
Presión Final (PF)	40	psi
Diferencial de presión (ΔP)	0	psi
Tiempo (T) min	30	
Resultado final	CONFORME	
Cod. Manometro:	MFP- 20886	

**Resultados:**

Presión inicial (PI)	mbar: 20
Presión Final (PF)	mbar: 20
Diferencial de presión ( ΔP)	mbar: 0
Tiempo (T) min	20
Black sensor - gaseoso (dB)	-7.2
Red sensor - líquido (dB)	-6.8
Resultado final	CONFORME
Cod. SDT:	NE- 150901921
Cod. Vacuometro:	MFP- 20884

**Observaciones:**

Los resultados del informe es valido solo para los objetos inspeccionados y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.  
Este informe es parte del Certificado de STE y por si solo no da conformidad del Sistema de Tanques Enterrados

2 de 2

*Nota.* Certificado de Inspección de Hermeticidad otorgado por una empresa acreditada ante INACAL, en esta parte se describen los resultados de la prueba, como la presión inicial y final, el acúmetro empleado, los registros de los sensores en decibeles y la conformidad de la misma. Fuente: Tomado de la información solicitada a OSINERGMIN.

**Apéndice 4:** Certificado de prueba de hermeticidad en maestranza.**INDUSTRIAS METÁLICAS****Propietario:**

FABRICA DE TANQUES ESTACIONARIOS PARA GRIFO, ESTACION DE SERVICIOS Y TANQUES CISTERNA PARA  
TODO TIPO DE VEHICULO

**CERTIFICADO DE FABRICACION N°**

Los que suscribimos el presente documento en representación de la Empresa Industrias Metálicas certificamos haber efectuado la construcción de un Tanque Cilíndrico Estacionario para el almacenamiento de Combustibles Líquidos, cuyas características son las siguientes:

**DATOS DE FABRICACION**

Artículo/producto	: Tanque Estacionario	Marca	
Uso	: Depósito de Combustible	Modelo	: Cilíndrico Horizontal
Año de fabricación	: octubre 2019	Serie	:
Materia prima	: Planchas de Acero ASTM-A36	Norma	: UL-058
Espesor de Plancha	: Cuerpo ¼"	Tapa Manhole	: ASTM-A36/1/4"
Dimensiones	: Diámetro 2.30 m	Longitud	: 9.11m
N° de compartimientos	: 01	Capacidad total	: 10 000 galones
Tipo de Soldadura	: E7018 y E6011	Margen Corrosión	: 1/32"
Descarga	: Tubo 4" SCH40 ASTM A53	Acoples	: SCH40 ASTM A53
Pintura	: Base Zuncromato/6 mills	Acabado	: Epoxico/6mils

**CERTIFICADO DE PRUEBA DE MAESTRANZA**

Elemento de prueba: Aire comprimido/agua jabonosa Lugar de ejecución: planta Industrial

Presión de Prueba: 15 psi

Tiempo de prueba: 12 horas

Compresor de prueba: ATLAS COPCO (0 A 120 Psi) Fecha de prueba: octubre 2019

Resultado: Durante el periodo de prueba no se observaron fugas por las juntas soldadas, ni variaciones en la presión nanométrica del tanque, manteniéndose constante hasta la culminación de la prueba.

Solicitante: PROPIETARIO :

DNIN° :

Se expide el presente certificado para los fines que se considere necesario.

15 de octubre del 2019

Av.

Huancayo

cel:

Nota. Certificado de fabricación del tanque de combustibles líquidos se especifica la norma de fabricación, la capacidad del tanque, número de serie y demás. Así también se muestra el certificado de prueba de hermeticidad en maestranza. Fuente: Tomado de la información solicitada a OSINERGMIN.

**Apéndice 5:** Cuaderno de Registro de Inventarios de Combustibles.**ANEXO 1***(Para ser llenado por el administrado)***FORMATO N°1****RELACIÓN DE PERSONAS AUTORIZADAS PARA EL LLENADO DEL RIC<sup>1</sup> Y CROQUIS<sup>2</sup> DEL ESTABLECIMIENTO****PRODUCTO:** \_\_\_\_\_

El que suscribe, .....  
*representante Legal del establecimiento de Razón Social* .....  
 con R.U.C. N° .....  
 identificado con DNI N° ....., **autorizo a las siguientes personas a llenar y firmar el Registro de Inventario de Combustibles Líquidos (RIC):**

<b>NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>DNI N°</b>	<b>FIRMA<sup>3</sup></b>

.....(Ciudad), de..... de.....

.....  
**(Firma y sello del Representante Legal)**

<sup>1</sup> El RIC debe llevarse en un cuaderno o libro tamaño mínimo A4 por cada producto, debiendo estar todas sus hojas foliadas y firmadas por el responsable del establecimiento. El formato N° 1, "Relación de Personas Autorizadas para el llenado del RIC" deberá incluirse en la primera hoja del cuaderno o libro y en su reverso el "Croquis del establecimiento". En caso hubieran modificaciones en los datos consignados en cualquiera de los dos documentos del Formato N° 1, se volverá a incluir una nueva versión del formato N° 1 en la siguiente hoja inmediata disponible del RIC, respetando la compaginación del libro o cuaderno; lo que implica que todas las versiones del Formato N° 1 se mantengan en el mismo.

<sup>2</sup> En el Croquis del Establecimiento deberá resaltarse la ubicación de los surtidores, tanques y/o compartimientos del producto registrado. El croquis deberá indicar una leyenda que señale la fecha de elaboración, así como los nombres, apellidos y firma de quién elaboró el croquis.

<sup>3</sup> La firma que se consigne deberá ser igual a la que figura en el DNI.

Fuente: Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de OSINERGMIN, Registro de Inventario de Combustibles (RIC), <https://n9.cl/q2eb6>

5-A: Formato RIC

PRODUCTO: \_\_\_\_\_

			E	C	V	ET = E + C - V	EF	Di = (ET - EF)	D	OBSERVACIONES	FIRMA
Nº	FECHA DE CORTE (dd/mm/año)	HORA DE CORTE	EXISTENCIAS DEL PRODUCTO, SEGÚN INVENTARIO FÍSICO ANTERIOR	TOTAL DE INGRESOS DEL PRODUCTO (COMPRAS)	TOTAL DE SALIDAS DEL PRODUCTO (VENTAS)	ET = NUEVA EXISTENCIA TEORICA	EF = NUEVA EXISTENCIA FÍSICA, SEGÚN VARILLAJE	Di = DIFERENCIA ENTRE EXISTENCIA TEORICA Y FÍSICA	Σ DEVOLUCIONES DEL PRODUCTO A TANQUES (calibraciones, mantenimiento o afines)	REGISTRAR CUALQUIER SUCESO RELEVANTE DURANTE EL PERIODO REGISTRADO	FIRMA DEL PERSONAL AUTORIZADO

Fuente: Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de OSINERGMIN, Registro de Inventario de Combustibles (RIC), <https://n9.cl/q2eb6>

**Apéndice 6:** Sistema ultrasónico SDT 170 MTT.

**SDT 170 MTT.** Ultrasonic system.

# Tightness control of underground tanks and associated pipe work

with data backup.

The SDT TankTEST method for checking the tightness of underground flammable liquid tanks and their associated pipe work by introducing a vacuum and listening to the ultrasounds is:

- the most reliable
- the most cost-effective
- the most rapid
- the most simple
- the most comprehensive
- the most accurate.



With SDT's "Graphs & Measurements" software for the automatic creation of authenticated reports.

- All data and test measurements are stored in the detector.
- They can be transferred to a PC.
- They provide:
  - ▶ evidence of testing
  - ▶ measurement readings and graphics
  - ▶ archiving of the performances.



### Creation of authenticated reports

- **Each report consists of 3 sections:**

- 1 Customer and operator details, identification details of the test and comments
- 2 Graphics showing sensor readings
- 3 Table of measurements by sensor in as many pages as needed.

### Autonomy

- **Battery pack autonomy:**

8 to 10 h without backlighting. Charge time 5 to 6 h.

- **Memory capacity:**

20 h of measurement-taking, or 72,000 measurements (1 measurement/sec in recording phase).



### Advantages of tightness control by ultrasound

#### Ecological

- Leaks are not aggravated by testing.
- Filling water does not have to be cleaned after testing.

#### Fast

- No filling or emptying of the tank, no waiting time, and no removal of manhole cover.
- Testing of the tank and its filler and bleeding pipes in a single operation.

#### Precise

- It detects even the smallest perforations or "mini faults" not yet causing a leak.
- It allows you to pinpoint the leak: on the tank itself, from the manhole cover, the pipe work and its joints, the flanges and valves.
- Unlike hydraulic testing, it is not influenced by the temperature differential between the tank and the test water, or the presence of residual air.

#### Economical

- Fast set-up.
- Robust equipment for work in the field and for carrying out thousands of tests.

#### Convenient

- The pump and the 2 boxes are easily transportable.
- The SDT 170 MTT measuring equipment weighs only 700 g.
- Rechargeable NiCd battery pack with 8 to 10 h autonomy.
- Ergonomic equipment.
- Easy to use with any installation configuration, height or stored product.

#### Complete

- Test confirmation procedure in recording mode, with display of the different test phases.
- Storage of test measurements and details. Transfer to PC for consultation, report publication and archiving.

## Widely recognized and approved method.

The SDT TankTEST for testing underground tanks was developed by SDT.

- **Belgian accreditation**

The SDT TankTEST method has been tested and approved since 1995 by various authorities, including AIB Vinçotte and Lloyd's Register in Antwerp. It meets the criteria of Walloon Government decrees of 3 July 1997 and 30 November 2000. It has also been approved by the Ministry for the Flemish Community (Aminal, number AMV/30.06.95/1).

- **French accreditation**

In 1998, Cetim in Senlis tested the ultrasonic SDT TankTEST method on behalf of the French Ministry for Town and Country Planning and the Environment; it was approved. Compared with the hydraulic method (pressurizing the tank after filling it with water), the SDT TankTEST has been recognized as being more sensitive in its detection, easier to implement, faster and more economical.

- **US accreditation**

The SDT TankTEST method has been tested successfully by Ken Wilcox Ass., an American company licensed by the EPA, the only organization in the world to have defined the minimum level of sensitivity to be met by a technique destined for use in the American market.

- **Unique experience in this kind of service**

SDT International has participated directly or indirectly in the testing of several thousand tanks in Belgium and numerous other countries. The company employs a team of technicians and specialists with solid experience in this kind of service.

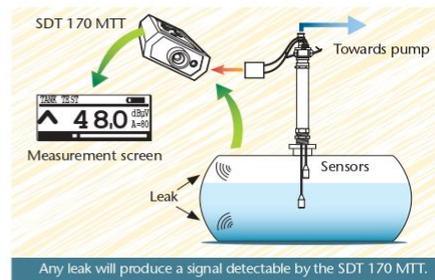
## Ultrasound: listening is understanding!

### Ultrasound

- Sound is generally produced by a vibrating body. The surrounding air participates in this movement, creating waves around it which transmit the sound energy.
- Ultrasound is a vibration of the same nature as sound but at a frequency above 20 kHz and inaudible to the human ear. It is produced naturally by friction, including turbulence in fluids caused by pneumatic or hydraulic problems such as leaks.

### Control principle

- The use of ultrasonic frequencies means a far higher level of sensitivity than is possible with audible sound.
- The pressure in the tank is reduced, and the ultrasonic vibrations caused by the passage of water, air or other substances through a hole in the tank wall are detected by two sensitive sensors, one in the liquid and the other above the level of the liquid.
- The SDT 170 MTT detects the typical frequencies of leaks in underground tanks. It measures them and converts them to audible frequencies. These are fed back to the operator in three forms: visually and measured in dB $\mu$ V on the detector display, and audibly through his headphones.



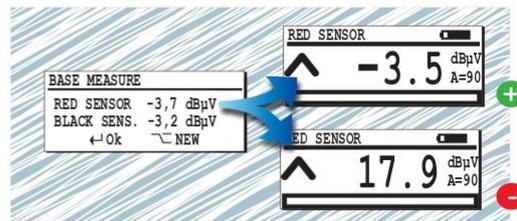
## How does the SDT 170 MTT work?

### The vacuum pump creates a gradual vacuum in the tank

- As soon as the vacuum created is greater than the hydrostatic pressure (max. 250 mbar) due to the height of the liquid, any leaks generate ultrasonic signals.
- The 2 sensitive sensors placed in the tank (one above, the other in the liquid) detect even the tiniest leaks, thus allowing the checking of flammable liquid tanks or tanks containing products harmful to the environment.

### And the SDT 170 MTT detector measures the ultrasonic signals

- If the tank **is tight**, no signal will be detected by either of the sensors. The value displayed will be equal or close to the reference value measured before the tank was put under vacuum.
- If the tank **is not tight**, the vacuum will cause the suction of air, material or liquid through the leak site, above or below the level of the liquid. Audible and measurable signals are detected, and the value displayed is higher than the reference value.



**SDT**<sup>®</sup> **The Precision of Ultrasonics**

**SDT International s.a.**  
 Bd de l'Humanité 415 - B-1190 BRUSSELS (Belgium)  
 Tel: +32-(0)2-332.32.25 • Fax: +32-(0)2-376.27.07  
 e-mail: info@sdt.be • http://www.sdt.be

**Apéndice 7:** Demanda de combustible por parte de los Establecimientos de Venta al Público de Combustibles en la región Junín.

Mes	DB5 S50	Gasolina 84	Gasolina 90	Gasolina 95	Gasolina 97	Gasolina 98	Gasohol 84	Gasohol 90	Gasohol 95	Gasohol 97	Gasohol 98
Enero	110 970						2 759	51 307	6 206	2 837	360
Febrero	109 493						2 749	49 707	6 777	2 798	386
Marzo	69 798						1 689	36 592	4 309	1 674	168
Abril	26 821						9 24	19 454	1 135	429	50
Mayo	51 242						1 946	29 649	2 513	1 022	65
Junio	81 722						1 956	42 308	5 000	2 058	225
Julio	100 292						1 800	48 748	6 280	2 927	353
Agosto	103 555						1 894	47 798	5 412	2 859	206
Setiembre	118 301						1 720	51 080	7 507	3 608	298
Octubre	139 283						1 665	57 253	9 206	4 399	445
Noviembre	138 416						1 857	57 436	10 044	4 868	415
Diciembre	133 105		702	65		145	1 632	62 527	11 302	5 789	164
<b>Total</b>	<b>1 182 998</b>		<b>702</b>	<b>65</b>		<b>145</b>	<b>22 591</b>	<b>553 859</b>	<b>75 691</b>	<b>35 268</b>	<b>3 135</b>

*Nota.* Las cantidades mostradas en la tabla están referidas en galones por día, en el periodo de enero a diciembre del año 2020, sólo para la región Junín. Fuente: *Elaboración propia* con información del SCOP, SPIC OSINERGMIN – PERÚ.

**Apéndice 8:** Lista de precios de los EVPC en el distrito de El Tambo, de fecha 25 de junio de 2021, producto Gasohol 90 Plus.

Distrito	Establecimiento	Precio de Venta (Soles por galón)
El Tambo	Abrestaldi Combustibles S.A.C.	14,47
El Tambo	Distribuidora Carrión S.A.C.	14,40
El Tambo	Leeward Norberth Carrion Benites	14,40
El Tambo	Grifo Nacional E.I.R.L.	14,39
El Tambo	Estación de Servicios Villa Rica de Oropesa S.R.L.	14,39
El Tambo	EE SS Virgen de Cocharcas	14,50
El Tambo	Estación de Servicios y Gasocentro Angulo S.A.C.	14,50
El Tambo	Movilgas S.R.L.	14,30
El Tambo	Petrogas Holding S.A.C.	14,30
El Tambo	Ana Maria Mendoza Esteban de Villalva	14,25
El Tambo	Petroenergias el Roi S.A.C.	13,90
El Tambo	Renee Buendia Palacin	14,50
El Tambo	Imversiones Arwaturu S.R.L.	14,90
El Tambo	Consorcio Comercial Sudamericana S.R. L	14,30
El Tambo	Estación de Servicios Gotari S.A.	14,50
El Tambo	Estación de Servicios S.I. S.A.C.	14,98
El Tambo	Hortensia Marta Solano Chávez	14,48
El Tambo	Coesti S.A.	14,99
El Tambo	Coesti S.A.	14,99
El Tambo	Grifo José Olaya E.I.R.L.	14,89
El Tambo	Inversiones Titan S.R. L	15,25
El Tambo	Estación de servicios L&L S.A.	15,20
El Tambo	Inversiones Elyagus S.A.C.	15,09
El Tambo	Estación de Servicios Santa Cecilia S.A.	15,19
El Tambo	Empresa de Transportes Galmu S.A.C.	15,48
Promedio		14,70

Fuente: *Elaboración propia* con información del Facilito Osinergmin.

**Apéndice 9:** Vista de información del libro RIC del Gasohol 90 Plus, de un EVPC ubicado en el distrito de El Tambo, donde se registra el reporte de ventas de ese producto, resultando en promedio 68,50 galones diarios

004- Nº 000033

**ANOTACIONES DIARIAS EN EL REGISTRO DE INVENTARIOS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

El Tambo - Huancayo - Junín  
 PRODUCTO: GASOHOL 90

Nº	FECHA DE CORTE (dd/mm/año)	HORA DE CORTE	E	C	V	ET = E + C - V	EF	DI = (ET - EF)	D	OBSERVACIONES	FIRMA
			EXISTENCIAS DEL PRODUCTO SEGUN INVENTARIO FISICO ANTERIOR	TOTAL DE INGRESOS DEL PRODUCTO (COMPRAS)	TOTAL DE SALIDAS DEL PRODUCTO (VENTAS)	ET = NUEVA EXISTENCIA TEÓRICA	EF = NUEVA EXISTENCIA FÍSICA SEGUN VARILLAJE	DI = DIFERENCIA ENTRE EXISTENCIA TEÓRICA Y FÍSICA	D DEVOLUCIONES DEL PRODUCTO A TANQUES (calibraciones, mantenimiento o afines)	REGISTRAR CUALQUIER SUCESO RELEVANTE DURANTE EL PERIODO REGISTRADO	FIRMA DEL PERSONAL AUTORIZADO
	24-05-20	6:00 AM	343.00	-	0.16	342.84	343.00	-0.16	-	-	
	25-05-20	6:00 AM	343.00	-	70.11	272.89	273.00	-0.11	-	-	
	26-05-20	6:00 AM	273.00	500	90.11	682.89	682.00	0.89	-	-	
	27-05-20	6:00 AM	682.00	-	65.68	616.32	614.00	2.32	-	-	
	28-05-20	6:00 AM	614.00	-	92.92	521.08	514.00	7.08	-	-	
	29-05-20	6:00 AM	514.00	-	58.96	455.04	454.00	1.04	-	-	
	30-05-20	6:00 AM	454.00	-	80.97	373.03	377.00	-3.97	-	-	
	31-05-20	6:00 AM	377.00	-	0.89	376.12	375.00	1.12	-	-	
	01-06-20	6:00 AM	375.00	-	116.82	258.18	254.00	4.18	-	-	
	02-06-20	6:00 AM	254.00	1400	101.01	1552.99	1546.00	6.99	-	-	
	03-06-20	6:00 AM	1546.00	-	81.64	1464.37	1465.00	-0.63	-	-	
	04-06-20	6:00 AM	1465.00	-	86.69	1378.31	1378.00	0.31	-	-	
	05-06-20	6:00 AM	1378.00	-	70.05	1307.95	1307.00	0.95	-	-	
	06-06-20	6:00 AM	1307.00	-	88.26	1218.74	1217.00	1.74	-	-	
	07-06-20	6:00 AM	1217.00	-	0.36	1216.64	1217.00	-0.36	-	-	
	08-06-20	6:00 AM	1217.00	-	70.33	1146.67	1146.00	0.67	-	-	
	09-06-20	6:00 AM	1146.00	-	81.73	1064.27	1065.00	-0.73	-	-	
	10-06-20	6:00 AM	1065.00	-	69.40	995.61	1005.00	-9.39	-	-	
	11-06-20	6:00 AM	1005.00	-	39.77	965.23	959.00	6.23	-	-	
	12-06-20	6:00 AM	959.00	-	107.07	851.93	847.00	4.93	-	-	
	13-06-20	6:00 AM	847.00	-	81.06	765.94	763.00	2.94	-	-	
	14-06-20	6:00 AM	763.00	-	0.00	763.00	763.00	0.00	-	-	
	15-06-20	6:00 AM	763.00	-	67.50	695.44	696.00	-0.56	-	-	
	16-06-20	6:00 AM	696.00	-	68.14	627.86	630.00	-2.14	-	-	

23/06/2020 12:54:55

004- Nº 000034

**ANOTACIONES DIARIAS EN EL REGISTRO DE INVENTARIOS DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS**

El Tambo - Huancayo - Junín  
 PRODUCTO: GASOHOL 90

Nº	FECHA DE CORTE (dd/mm/año)	HORA DE CORTE	E	C	V	ET = E + C - V	EF	DI = (ET - EF)	D	OBSERVACIONES	FIRMA
			EXISTENCIAS DEL PRODUCTO SEGUN INVENTARIO FISICO ANTERIOR	TOTAL DE INGRESOS DEL PRODUCTO (COMPRAS)	TOTAL DE SALIDAS DEL PRODUCTO (VENTAS)	ET = NUEVA EXISTENCIA TEÓRICA	EF = NUEVA EXISTENCIA FÍSICA SEGUN VARILLAJE	DI = DIFERENCIA ENTRE EXISTENCIA TEÓRICA Y FÍSICA	D DEVOLUCIONES DEL PRODUCTO A TANQUES (calibraciones, mantenimiento o afines)	REGISTRAR CUALQUIER SUCESO RELEVANTE DURANTE EL PERIODO REGISTRADO	FIRMA DEL PERSONAL AUTORIZADO
	17-06-20	6:00 AM	630.00	-	93.99	536.01	536.00	0.01	-	-	
	18-06-20	6:00 AM	536.00	-	86.84	449.16	446.00	3.16	-	-	
	19-06-20	6:00 AM	446.00	-	68.21	377.79	378.00	-0.21	-	-	
	20-06-20	6:00 AM	378.00	-	80.07	297.93	295.00	2.93	-	-	

23/06/2020 12:54:46 p.m.

**Apéndice 10:** Aplicación de medida de seguridad en establecimiento de venta al público de la provincia de Huancayo, por parte del Organismo Supervisor.



**Foto N° 02.** Vista de la ubicación de los tres tanques para combustibles líquidos, los cuales tienen más de 30 años de operación.



**Foto N° 07.** Vista de la placa de fabricación del tanque N° 01.

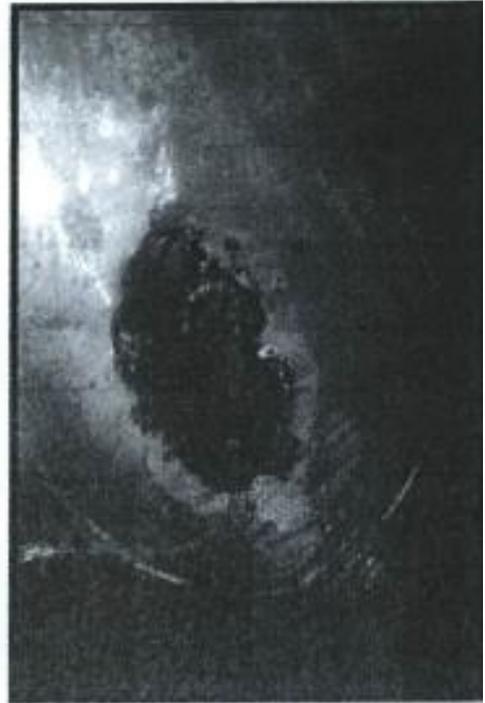


Foto N°10: Vista del cartel de medida de seguridad colocada en el equipo de despacho N° 01 de la Isla N° 02.

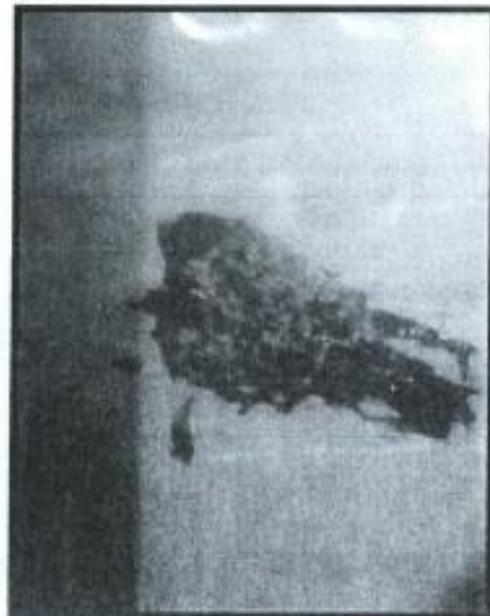


**Apéndice 11:** Reparación de tanque enterrado de combustible en operación mediante la aplicación de recubrimiento de fibra de vidrio.

TANQUE DE GASOLINA – 90



Los tanques fueron resanados con una mezcla de resina y fibra picada para sellar los orificios



Los tanques fueron bañados con un imprimante de resina GEL – COAT para protección contra la corrosión, así como un laminado de 1mm para la protección total del tanque.



El laminado del tanque consta de 03 capas con fibra de vidrio a esto le incluimos una capa más llamada fibra de superficie para la protección final, al final de las 04 capas se realiza un bañado de resina GEL – COAT a todo el tanque para darle mayor durabilidad y protección al laminado.



PREPARACION Y APLICACIÓN.



Tal como se puede apreciar el instrumento electrónico de medición indica medidas mayores a 5mm(5.17mm,5.20mm,5.25mm ETC)





**UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA**  
**DECANATO**



**ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°041-2022-FIME**



En la ciudad de Lambayeque, siendo las 10:05 a.m. del día martes 21 de junio de 2022. Se reunieron vía plataforma virtual <http://meet.google.com/dfa-dzeo-bxi>, los miembros del jurado, designados mediante Resolución N°119-2022-D-VIRTUAL-FIME, de fecha 10 de junio de 2022, con la finalidad de Evaluar y Calificar la sustentación de la tesis, conformado por los siguientes catedráticos:

Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ

M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA

ING. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ

ING. ROBINSON TAPIA ASENJO

PRESIDENTE

SECRETARIO

MIEMBRO

ASESOR

Se recibió la tesis titulada:

**“DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE HERMETICIDAD”**

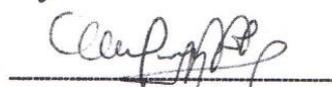
Presentada y sustentada por su autor, Bachiller: **MIJA TORRES CRISTIAN**

Finalizada la sustentación virtual de la Tesis, el sustentante respondió las preguntas y observaciones de los miembros del jurado examinador, quienes procedieron a deliberar y acordaron otorgar el calificativo de **APROBADO**, Nota (16) en la escala vigesimal, mención **BUENO**.

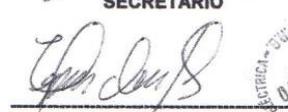
Quedando el sustentante apto para obtener el Título profesional de Ingeniero Mecánico Electricista, de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y la normatividad vigente, de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 10:50 a.m. del mismo día se da por concluido el acto académico, firmando la presente acta el jurado respectivo:

  
Dr. Ing. AMADO AGUINAGA PAZ  
PRESIDENTE

  
ING. PERCY EDWAR NIÑO VÁSQUEZ  
MIEMBRO

  
M.Sc. Ing. JUAN ANTONIO TUMIALAN HINOSTROZA  
SECRETARIO

  
ING. ROBINSON TAPIA ASENJO  
ASESOR



Lambayeque, 20 de mayo de 2022

### **CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS**

Yo, **ROBINSON TAPIA ASENJO**, Asesor de tesis del trabajo de investigación, del estudiante, **CRISTIAN MIJA TORRES**.

Titulada: **DIASNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE ÍNDICE DE RIESGOS E INSPECCIONES DE HERMETICIDAD**, luego de la revisión exhaustiva del documento constato que la misma tiene un índice de similitud de **12%** verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 20 de mayo del 2022



.....  
ROBINSON TAPIA ASENJO  
DNI: 16742683  
ASESOR

# Diagnostico de Estanqueidad de los Tanques Enterrados en Grifos y Estaciones de Servicio en la Provincia de Huancayo Mediante análisis de Informes de Índices de Riesgos e Inspecciones de Hermeticidad

*por Cristian Mija Torres*

---

**Fecha de entrega:** 11-oct-2021 07:29p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1671504923

**Nombre del archivo:** inal\_Diagn\_stico\_Estanqueidad\_Huancayo\_Cristian\_Mija\_Torres.docx (20.99M)

**Total de palabras:** 26117

**Total de caracteres:** 137975



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

TESIS

---

**DIAGNÓSTICO DE ESTANQUEIDAD DE LOS  
TANQUES ENTERRADOS EN GRIFOS Y ESTACIONES  
DE SERVICIO EN LA PROVINCIA DE HUANCAYO  
MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS INFORMES DE  
ÍNDICE DE RIEGOS E INSPECCIONES DE  
HERMETICIDAD**

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista

**PRESENTADA POR:**

Bach. Cristian Mija Torres

**ASESOR:**

Ing. Robinson Tapia Asenjo

Lambayeque – Perú

2021

# Diagnostico de Estanqueidad de los Tanques Enterrados en Grifos y Estaciones de Servicio en la Provincia de Huancayo Mediante análisis de Informes de Índices de Riesgos e Inspecciones de Hermeticidad

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

7%

★ [repositorio.uncp.edu.pe](http://repositorio.uncp.edu.pe)

Fuente de Internet

---

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo



## Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Cristian Mija Torres  
Assignment title: Revision Tesis  
Submission title: Diagnostico de Estanqueidad de los Tanques Enterrados en ...  
File name: inal\_Diagn\_stico\_Estanqueidad\_Huancayo\_Cristian\_Mija\_Torr...  
File size: 20.99M  
Page count: 130  
Word count: 26,117  
Character count: 137,975  
Submission date: 11-Oct-2021 07:29PM (UTC-0500)  
Submission ID: 1671504923

