

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques
para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII
DIV. 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor:

Bach. Miguel Angel CAMPOS NUÑEZ

Asesor:

Dr. Rubén Edgar PALOMINO ISIDRO

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA

METALÚRGICA



T E S I S

**Aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques
para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII
DIV. 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Antonio Florencio BLAS ARAUCO
PRESIDENTE

Mg. Rebeca Hilda PEREZ BONILLA
MIEMBRO

Mg. Eusebio ROQUE HUAMÁN
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 007-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

Aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. CAMPOS NUÑEZ, Miguel Angel

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. PALOMINO ISIDRO, Rubén Edgar

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Metalúrgica

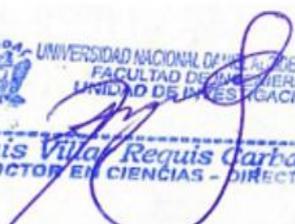
Índice de Similitud

23%

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 11 de enero del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Luis Villar Requís Carbajal
DOCTOR EN CIENCIAS - DIRECTOR

DEDICATORIA

A mi madre por su apoyo constante e incondicional,
a mis hermanos, quienes han sido mi apoyo y guía.

A mis maestros, colegas y amigos que me
acompañaron y siempre estuvieron detrás de mí,
motivándome y guiándome.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios, por darme vida, salud y fuerzas para superar cualquier dificultad que se me presente.

Expresar también mi agradecimiento a los Ingenieros Rubén Edgar Palomino Isidro y Raúl Cayllahua Ascencio, por haberme guiado y brindado su apoyo para el desarrollo y elaboración de esta tesis

Agradecer también a todos los catedráticos de la Escuela de Formación profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, por sus enseñanzas en mi formación profesional.

RESUMEN

FMP INGENIEROS E.I.R.L, es una empresa que diseña y fabrica tanques o recipientes a presión para almacenamiento de GLP, en base a lo especificado en la norma ASME SECC. VIII DIV 1.

Antes de la investigación, la empresa evidenciaba problemas en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, que no estaban dentro de los criterios de aceptación de la norma ASME SECC. VIII DIV 1. En consecuencia, la empresa retrasaba el proceso de fabricación de los tanques y elevaba los costos de producción, debido a los reprocesos.

Con la investigación se tiene como objetivo fundamental: aplicar el control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV 1., en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. Lima – Perú. En la primera etapa de la investigación, se elaboró un análisis FODA y un nuevo diagrama, del proceso de fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, que incluiría un control de calidad, en cada etapa de fabricación, por ello se implementó procedimientos y registros de ensayos no destructivos, según la norma ASME SECC. VIII DIV. 1.

La metodología de investigación que se ha desarrollado por el tipo de investigación para obtener los datos, es una investigación de campo y por su nivel de profundidad es Descriptivo, con diseño no experimental, y con método de investigación cuantitativo, inductivo y deductivo para analizar y recoger datos.

Palabras clave: Ensayos no destructivos, aplicación de control de calidad, norma ASME, registros y procedimientos.

ABSTRACT

FMP INGENIEROS E.I.R.L, is a company that designs and manufactures tanks or pressure vessels for GLP storage, based on what is specified in the standard ASME SECC. VIII DIV 1.

Before the investigation, the company showed problems in the manufacturing of GLP, storage tanks, which were not within the acceptance criteria of the standard ASME SECC. VIII DIV 1. Consequently, the company delayed the tank manufacturing process and increased production costs due to reprocessing.

The fundamental objective of the research is: to apply quality control in the manufacture of GLP. storage tanks, according to the standard ASME SECC. VIII DIV 1, in the company FMP INGENIEROS E.I.R.L. Lima Peru. In the first stage of the investigation, a FODA analysis and a new diagram of the manufacturing process of GLP storage tanks were prepared, which would include quality control at each manufacturing stage, therefore procedures and records were implemented. non-destructive testing, according to the standard ASME SECC. VIII DIV. 1.

The research methodology that has been developed by the type of research to obtain the data is a field research and due to its level of depth it is Descriptive, with a non-experimental design, and with a quantitative, inductive and deductive research method to analyze and collecting data.

Keywords: Non-destructive testing, quality control application, ASME standard, records and procedures.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Perú el consumo de GLP, sigue siendo masivo y teniendo un crecimiento durante estos últimos 10 años, por lo que las empresas metalmecánicas se ven favorecidas en la producción y/o fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

Siendo un mercado competitivo y las nuevas exigencias del mercado, para lograr mayores clientes, hace que las empresas se involucren más con técnicas de aplicación de control calidad, que sean eficientes de aplicar y que se puedan realizar, durante el proceso de fabricación de los tanques para almacenamiento de GLP.

Ante la falta de un control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. que se presenta con problemas relacionados con la calidad del acero empleado, espesor de acero que no corresponde, acero con rayaduras, mayores defectos en la soldadura, (porosidades, grietas, socavación, falta de penetración, traslapado etc.), deformaciones y fugas en el tanque, que no están dentro de los criterios de aceptación de la norma ASME SECC. VIII DIV 1. Por ello la presente investigación tiene como objetivo: “Aplicar el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV. 1.

La presente investigación contribuye en la mejora continua en el proceso de fabricación de tanques, que se ve manifestado en la reducción de reprocesos y disconformidades, mediante el uso de técnicas de ensayos no destructivos de acuerdo con la norma ASME SECC. VIII DIV 1. El trabajo de investigación se presenta de acuerdo al siguiente formato:

Capítulo I. Problema de investigación: Identificación y determinación del problema, delimitación de la investigación, formulación del problema, formulación de objetivos, justificación de la investigación, limitaciones de la investigación.

Capítulo II. Marco Teórico: Antecedentes de estudio, bases teóricas – científicas, definición de términos básicos, formulación de hipótesis, identificación de variables, definición operacional de variables e indicadores.

Capítulo III. Metodología y técnicas de Investigación: tipo de investigación, nivel de investigación, métodos de investigación, diseño de investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación, técnicas de procesamiento y análisis de datos, tratamiento estadístico, orientación ética filosófica y epistémica.

Capítulo IV. Resultados y Discusión: descripción del trabajo de campo, presentación, análisis e interpretación de resultados, prueba de hipótesis, discusión de resultados. Las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	3
1.2.1.	Delimitación teórica.....	3
1.2.2.	Delimitación temporal.....	3
1.2.3.	Delimitación espacial.....	3
1.3.	Formulación del problema.....	3
1.3.1.	Problema general.....	3
1.3.2.	Problemas específicos.....	4
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	Justificación de la investigación.....	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	7
2.1.1.	Antecedentes Internacionales.....	7
2.1.2.	Antecedentes Nacionales.....	8

2.2.	Bases teóricas – científicas.....	10
2.2.1.	Control de Calidad.....	10
2.2.2.	Recipientes a presión	11
2.2.3.	Código ASME	15
2.2.4.	Código ASME Sección VIII División 1.....	16
2.2.5.	Inspecciones y pruebas	17
2.2.6.	Materiales para la fabricación de tanques GLP.....	17
2.2.7.	Espesor mínimo en recipientes cilíndricos a presión interna.....	18
2.2.8.	Parámetros para el diseño de un recipiente a presión	18
2.2.9.	Juntas de recipientes a presión	19
2.2.10.	Proceso de Soldadura.....	19
2.2.11.	Defectos de Soldadura	21
2.2.12.	Registros WPS y PQR.....	22
2.2.13.	Ensayos no destructivos (END).....	23
2.2.14.	Beneficios del uso de END	23
2.2.15.	Objetivos de los Ensayos No Destructivos.....	24
2.2.16.	Etapas en la Inspección de un Material:	24
2.2.17.	Campos de aplicación de los Ensayos No Destructivos.....	25
2.2.18.	Métodos de Ensayos No Destructivos	27
2.3.	Definición de términos básicos.....	31
2.4.	Formulación de hipótesis.....	32
2.4.1.	Hipótesis general.....	32
2.4.2.	Hipótesis específicas	32
2.5.	Identificación de variables	33
2.5.1.	Variables 1.....	33
2.5.2.	Variables 2.....	33
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	34

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	35
3.2.	Nivel de investigación.....	36
3.3.	Métodos de investigación.....	36
3.4.	Diseño de investigación.	37
3.5.	Población y muestra.....	38
3.5.1.	Población:.....	38
3.5.2.	Muestra	38
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	39
3.6.1.	Técnicas de recolección de datos:.....	39
3.6.2.	Instrumentos de recolección de datos:.....	39
3.7.	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación... 39	
3.8.	Técnica de procesamiento y análisis de datos	40
3.9.	Tratamiento estadístico.....	40
3.10.	Orientación ética filosófica y epistémica.....	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo.	42
4.1.1.	Datos de la empresa.....	42
4.1.2.	Diagnóstico actual de la empresa.....	43
4.1.3.	Análisis FODA de la empresa.....	43
4.1.4.	Organigrama de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.	43
4.1.5.	Responsabilidades.	44

4.1.6.	Diagrama del proceso, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.....	44
4.1.7.	Descripción del diagrama, del proceso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.....	45
4.1.8.	Diagrama del área de producción.....	46
4.1.9.	Descripción del diagrama de producción.....	46
4.1.10.	Problemas frecuentes del área de producción en la fabricación de tanques.....	48
4.1.11.	Alternativas de solución.....	49
4.1.12.	Implementación de formatos de control de calidad, según norma ASME SECC. VIII Div.1.....	49
4.1.13.	Diagrama actualizado del área de producción.....	50
4.1.14.	Descripción del diagrama actualizado del área de producción.....	51
4.1.15.	Descripción de los Instrumentos y/o equipos para la recolección de datos.....	54
4.2.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	56
4.3.	Prueba de Hipótesis.....	63
4.3.1	Procedimientos de ensayos no destructivos.....	63
4.3.2.	Registro de ensayos no destructivos aplicados.....	64
4.3.3.	Trazabilidad de la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.....	64
4.4.	Discusión de resultados.....	66

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2: Características del tanque fabricado en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.....	56
Tabla 3: Defectos de soldadura sin control de calidad, por Ensayos no destructivos.	61
Tabla 4: Defectos de soldadura sin control de calidad, por Ensayos no destructivos.	62
Tabla 5: Defectos de soldadura, con aplicación del control de calidad.....	62

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Recipientes a presión por su uso.....	12
Gráfico 2: Recipientes a presión por su forma	13
Gráfico 3: Secciones del código ASME.....	16
Gráfico 4: El diagrama presenta la clasificación de los ensayos no destructivos.....	27
Gráfico 5: Matriz FODA.....	43
Gráfico 6: Organigrama de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.	43
Gráfico 7: Diagrama del proceso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.....	45
Gráfico 8: Diagrama del área de producción de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.....	46
Gráfico 9: Diagrama actualizado del área de producción de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.	51
Gráfico 10: Inspección de soldadura.....	58
Gráfico 11: Inspección por líquidos penetrantes.....	59
Gráfico 12: Inspección por líquidos penetrantes.....	59
Gráfico 13: Inspección de hermeticidad.	61
Gráfico 14: Diagrama de defectos de soldadura.	63

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

En la actualidad el mercado peruano de comercialización de Gas Licuado de Petróleo (GLP), ha experimentado un mayor crecimiento por su uso doméstico, comercial, industrial, y como combustible, por lo que son almacenados en tanques estacionarios de GLP. En Perú la demanda de GLP durante estos 10 años ha crecido en aproximadamente 32% y el consumo de 6% en 1995 al 24% en 2020. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN, 2020).

El crecimiento en la demanda del consumo de gas licuado de petróleo (GLP), hace que las empresas opten por adquirir tanques para almacenamiento de GLP, a empresas especializadas en su fabricación, estos serán diseñados, construidos, inspeccionados y aprobados de acuerdo con la norma ASME SECC. VIII DIV. 1. Código internacional que establece las reglas necesarias para fabricar recipientes o tanques a presión. (Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos, 1993).

En América Latina con datos al año 2020, el consumo de mercado de GLP es liderado por Brasil (1 984 261 millones de galones), seguido por Perú (477 339

millones de galones). Bajo este contexto la industria de fabricación de recipientes a presión ha marcado una evolución significativa. (Asociación Iberoamericana de Gas Licuado de Petróleo, 2020)

En el ámbito nacional la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L, diseña y fabrica tanques o recipientes a presión de acuerdo a las necesidades del mercado. El diseño, planos, cálculo de ingeniería, fabricación y montaje de los recipientes, a presión son manejados por el área de ingeniería de la empresa y a partir de los datos entregados por este, se inicia el proceso de fabricación. La fabricación de los tanques para almacenamiento de GLP, debe estar sujeto en cumplir con los criterios de la norma ASME Secc. VIII DIV 1.

La problemática que evidencia la empresa, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP son diversos y están relacionados con la calidad del acero empleado, espesor de acero que no corresponde, acero con defectos de rayaduras y abolladuras, mayores defectos en la soldadura (porosidades, grietas, socavación, falta de penetración, traslapado etc.), deformaciones y fugas en el tanque que no están dentro de los criterios de aceptación de la norma ASME Secc. VIII DIV 1.

En consecuencia, la empresa retrasa el proceso de fabricación del tanque y eleva costos de producción debido a los reprocesos.

Ante la problemática, se propone un control de calidad mediante la aplicación de ensayos no destructivos, que debe llevarse a cabo en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, para evitar los reprocesos y reducir disconformidades, donde se deberá verificar mediante el ensayo de medición de dureza y espesores, que el acero usado en la fabricación de cabezales y cuerpo del tanque, cumplan con la norma de diseño, verificar la calidad de la soldadura mediante inspección visual y ensayo de líquidos penetrantes, a pase raíz de la soldadura, realizar las pruebas de presión hidrostática y neumática, para evitar

deformaciones y fugas, testificar y revisar los films del ensayo de radiografía industrial a la soldadura.

Este control de calidad mediante los END, es imprescindible ya que comprobara que el acero usado, espesor calculado y calidad en cordones de soldadura, y pruebas de presión durante la fabricación del tanque sean las correctas o no, para cumplir con la norma ASME SECC, VIII DIV 1.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación teórica.

La delimitación teórica donde se circunscribe el problema de investigación es: control de calidad, recipientes a presión, norma ASME SECC. VIII DIV, 1, soldadura, juntas de soldadura en recipientes a presión, registros e inspecciones, pruebas a materiales en la fabricación de tanques para GLP, defectos de soldadura, ensayos no destructivos.

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación se ha desarrollado en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. Donde se llevó a cabo la aplicación de los ensayos no destructivos durante la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC, VIII DIV 1.

El trabajo de investigación comprendió 8 meses (Marzo – Octubre del 2022)

1.2.3. Delimitación espacial

El desarrollo del presente trabajo se desarrolló en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. La empresa se encuentra ubicada en:

- Departamento: Lima.
- Provincia: Lima.
- Distrito: San Martín de Porres.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera se puede llevar a cabo, el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022?

1.3.2. Problemas específicos

1) ¿En qué medida el control de calidad de los materiales y soldadura, mediante ensayos no destructivos, durante el proceso de fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, nos permitirá, cumplir con la norma de fabricación, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.?

2) ¿De qué manera la aplicación de ensayos no destructivos y los resultados de estos, nos permitirá un control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP?

3) ¿En qué manera la elaboración registros de ensayos no destructivos, nos permitirá realizar un control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP?

4) ¿De qué manera la aplicación del control de calidad, mediante ensayos no destructivos, redujo los reprocesos y disconformidades en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según la norma ASME SECC. VIII DIV. 1?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Aplicar el control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022.

1.4.2. Objetivos específicos

1) Reducir los reprocesos y disconformidades con pruebas y ensayos no destructivos, en la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP, basados en la norma ASME SECC. VIII DIV1.

2) Controlar la calidad de los materiales y soldadura, mediante ensayos no destructivos, durante la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

3) Identificar los ensayos no destructivos a usar, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, y que los resultados sean conforme a la norma ASME SECC. VIII DIV 1.

4) Elaborar registros de inspecciones de ensayos no destructivos, para la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV1.

1.5. Justificación de la investigación

El presente trabajo tiene como objetivo: “Aplicar el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV. 1 en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022

A continuación, se detalla los motivos para la realización del trabajo de investigación:

- a) La presente investigación pone en evidencia la carencia de un control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L., que se presenta con diversos problemas como: la calidad del acero empleado, espesor de acero que no corresponde, acero con defectos de rayaduras, mayores defectos en la soldadura, deformaciones y fugas en el montaje de los tanques, que no se ajustan a los criterios de la norma ASME SECC. VIII DIV 1.
- b) La presente investigación contribuye en la mejora continua, reduciendo los reprocesos, con la aplicación del control de calidad, lo que nos permitirá comprobar la calidad de acero, verificar la calidad de la soldadura, y comprobar la hermeticidad de los tanques con la realización de pruebas presión, de acuerdo con la norma ASME SECC, VIII DIV 1.
- c) La aplicación de un control de calidad, mediante ensayos no destructivos, generará beneficios de reducción de reprocesos y menores costos de

producción para la empresa y garantizará que los tanques sean confiables y seguros donde estén instalado.

- d) La presente investigación es importante, porque servirá como guía para los profesionales de ingeniería, que estén interesados en la aplicación de ensayos no destructivos como plan de control de calidad.

1.6. Limitaciones de la investigación

- No se tuvo el área de control de calidad implementada para realizar los ensayos no destructivos.
- No había los equipos necesarios para realizar el control de calidad como los son el durómetro, medidor de espesores, manómetros, kit de líquidos penetrantes, galgas, vernier y lupa.
- No había registros de cómo aplicar ensayos no destructivos en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en base a la norma ASME sección VIII DIV. 1.
- No había personal capacitado para realizar las inspecciones por ensayos no destructivos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los antecedentes citados a continuación detallan estudios e investigaciones enfocados en el control de calidad y aplicación de ensayos no destructivos, en recipientes a presión, tanto en el ámbito nacional como el internacional, así mismo la estructura desarrollada en cada tesis e informe, será tomada como referencia de este proyecto de investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

(Villavicencio Pérez, 2015), en su tesis para obtención de su título profesional de Ingeniero Mecánico, titulado: "Estudio de los métodos de ensayos no destructivos bajo la norma api 650 y su incidencia en la evaluación de juntas soldadas en tanques de almacenamiento" Universidad Técnica de Ambato, concluye: que el ensayo no destructivo por el método de ultrasonido es el más efectivo para la evaluación subsuperficial de cordones de soldadura y para una evaluación superficial, el más efectivo fue el método por líquidos penetrantes, en juntas soldadas en tanques de almacenamiento bajo la norma API 650 - ASME sección V.

(Arias Peña, 2012), en su tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Industrial, titulado: "Implementación del sistema de gestión de

calidad en la empresa Quality Consulting Group " Universidad Libre de Colombia, concluye que: en la actualidad, dada globalización de los mercados a nivel mundial uno de los factores más importante para el éxito de una empresa es la Calidad de sus productos y servicios. En este sentido detalla que las normas internacionales establecen los requisitos que genera la confianza de servicios o productos con la calidad requerida.

(Villanueva Santacruz & Escandon Carmona, 2011), en su tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Químico, titulado: "Aplicación de ensayos no destructivos en recipientes sujetos a presión, líquidos penetrantes y ultrasonido " Universidad Nacional Autónoma de México, concluye que: para promover la seguridad en el entorno laboral, propone pruebas no destructivas en recipientes a presión, de acuerdo a los códigos ASME y ASTM, y que los recipientes a presión fueron evaluados por medio de las técnicas de superficie y volumen respectivamente, y con los reportes realizados, determinó que el equipo es seguro.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Gamarra Soto, 2019), en su tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniera Metalúrgica, titulado: "Implementación de un sistema de gestión de calidad basado en el código ASME SECC VIII DIV 1, en tanques a presión para su certificación ASME estampa U en la empresa MASPROD" Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Implementó un sistema de Gestión de calidad, basado en el código ASME sección VIII División I, el cual garantizó la obtención de la certificación ASME en los talleres de la empresa MASPROD. Y estableció un Modelo de Calidad, seguido de la Elaboración de Procedimientos e Instructivos que permitan el Control de Calidad.

(Flores Cipriano, 2019), en su tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Mecánico, titulado: "Implementación de un sistema de control de calidad según las normas AWS D1.1 y códigos ASME B31.1 para

tuberías de acero al carbono en la empresa ERMI instalaciones y mantenimiento SAC" Universidad Tecnológica del Perú, Presento: una investigación donde implemento un sistema de control de calidad, para procesos de soldadura, según normas y códigos. donde minimizo y elimino el porcentaje de no conformidad en el proceso de soldadura, así mismo aseguró la calidad de la soldadura y satisfacción del cliente, en base a las normas y códigos ASME B31.3, ASME B31.1, ASME IX y la norma AWS D1.1..

(Zelada Salón, 2017), en su tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Mecánico, titulado: "Implementación del plan de control de calidad para fabricación y montaje de tanques y sistema de tuberías de las centrales térmicas de eten y recka. HAUG" Universidad Nacional del Callao, concluye que el plan de calidad implementado, mediante la verificación de pruebas y ensayos, consiguió la satisfacción del cliente y cumplió con todas las especificaciones técnicas requeridas por el cliente.

(Ortega Delgado, 2015), en su informe de suficiencia profesional para la obtención de su título profesional de Ingeniero Físico, titulado: "Análisis y diseño de recipientes a presión para almacenamiento de GLP" Universidad Nacional de Ingeniería, presento el análisis y diseño de un recipiente a presión para el almacenaje del Gas Licuado de Petróleo, bajo las normas del código ASME, sección VIII División 1, Donde: Concluye que el código ASME proporciona una guía bastante detallada para la fabricación de recipientes a presión, logrando así diseñar un tanque GLP, por ello abordo conceptos importantes como: la memoria de cálculo del tanque, componentes adicionales que constituyen el recipiente a presión; como son el manhole (entrada de hombre), orejas de izaje y accesorios (boquillas, válvulas, etc.).

(Cerón Ramos, 2019), en su informe de experiencia profesional para la obtención de su título profesional de Ingeniero Químico, titulado: "Control de calidad de soldadura s industriales mediante ensayos no destructivos (END)"

Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Concluye que los END, fueron realizados in situ, e identificó la indicación o discontinuidad que pudiera perjudicar la operatividad de piezas en servicio, realizó la inspección con las técnicas de END. Como inspección visual, inspección por tintes penetrantes, inspección por partículas magnéticas, radiografía industrial y ultrasonido industrial.

(Ticona Choque, 2016), en su tesis para la obtención de su título profesional de ingeniero materiales, titulado: "Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico empleando acero ASTM A36 según norma API-650" Universidad Nacional de San Agustín, Concluyó que realizó un seguimiento de control de calidad, en la fabricación de tanques. El seguimiento en la fabricación estuvo sujeto a normas y estándares internacionales, también indica que los ensayos no destructivos, aseguró la aceptabilidad del producto terminado, donde verificó que las uniones soldadas han sido realizadas de forma correcta y adecuada, reduciendo la posibilidad de presencia de fisuras o grietas.

(Baldarrago Berroa, 2015), en su informe técnico para la obtención de su título profesional de ingeniero Metalurgista, titulado: "Inspección visual y líquidos penetrantes en uniones soldadas" Universidad Nacional de San Agustín, Pone de manifiesto que la mayoría de las uniones soldadas, en diferentes equipos requieren de una supervisión técnica, de acuerdo con la norma AWS (American Welding Society). Concluye que la inspección de uniones soldadas, mediante inspección visual se corrobora por medio de líquidos penetrantes, para determinar o establecer los criterios de aceptación de acuerdo a la norma ASME.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Control de Calidad.

Hoy en día contar con herramientas de control de calidad es una necesidad para toda empresa. La implementación de un sistema de control de

calidad es una herramienta disponible para toda organización que desee mejorar su productividad en forma ordenada y eficiente.

El objetivo principal del control de calidad es evitar el reproceso tanto en la fabricación y montaje mecánico en las empresas metalmecánicas y otras industrias en general, llevando un control operacional de inicio a fin. Además de información documentaria como protocolos, formatos de soldadura, dossier de calidad, brindando capacitación al personal operativo y verificación en campo del control dimensional de los elementos fabricados. (Flores Cipriano, 2019, p.34)

Un sistema de gestión de la calidad es un conjunto de normas, procedimientos, instructivos que representan sistemas, subsistemas y procesos interrelacionados de una empresa u organización mediante los cuales se administra de manera ordenada y sistemática la calidad de la misma en la búsqueda de la satisfacción de sus clientes.

Forman parte de los elementos de este sistema:

- La estructura organizacional donde se describen los puestos según nivel y jerarquía.
- Las responsabilidades para manejar las actividades operacionales de la organización. Esta estructura implica a personas y departamentos.
- Los procedimientos e instructivos donde se trazan las pautas detalladas sobre cómo se controlan las actividades de la organización.
- Los procesos que detallan la sucesión completa de operaciones dirigidos a la consecución de resultados específicos.
- Los recursos, no solamente económicos, sino humanos, técnicos y de otros tipos identificados de manera clara en la organización.(Programa de formación en Gestión de la Calidad ISO 9001:2008, 2008, p.10)

2.2.2. Recipientes a presión

Los recipientes a presión son contenedores cerrados para la contención de presión, ya sea interna o externa. La presión puede ser obtenida de una fuente externa, o por la aplicación de calor de una fuente directa o indirecta, o cualquier combinación de las anteriores.

a) Clasificación de recipientes a presión

Gráfico 1: *Recipientes a presión por su uso*



Gráfico 2: Recipientes a presión por su forma



Nota: Este gráfico nos detalla los usos de los tanques para almacenamiento de GLP. Fuente: El Autor.

b) Gas licuado de petróleo: El GLP es un hidrocarburo, derivado del Petróleo, que se obtiene durante el proceso de refinación de otro derivado denominado gasolina, se produce en estado de vapor, pero se convierte en líquido mediante compresión y enfriamiento simultáneos de estos vapores, necesiándose 273 litros de vapor para obtener un litro de gas líquido. El gas al ser comprimido y enfriado se condensa hasta convertirse en líquido para poder ser transportado y manejado. Los principales gases que forman el G.L.P. son el propano y el butano, que se distinguen entre sí por su composición química, presión, punto de ebullición y en su poder calorífico. (Ortega, 2015, p.7)

El GLP a condiciones normales de presión y temperatura (1 atmósfera y 20° C) se encuentra en estado gaseoso, para obtener líquido a temperatura ambiente, se le debe someter a presión (para el caso del butano la presión debe ser de más de 2 atmósferas y para el propano más de 8 atmósferas); es

decir, a temperatura normal y presión moderadamente alta el GLP es licuable, por lo que para su comercialización se almacena en estado líquido, en recipientes a presión. Esta característica del GLP permite que su almacenamiento y transporte sea económicamente eficiente, dado que en estado líquido su volumen es aproximadamente 250 veces menor que en estado gaseoso.

El GLP es incoloro e inodoro, por lo que para percibir su presencia en el ambiente se le añade un químico especial “agente odorante” denominado Mercaptano⁴ el cual le otorga su olor característico; la proporción del odorante en los gases licuados de petróleo se encuentra establecida en la Norma Técnica Peruana. Este odorante se dosifica en estado líquido y se mide en estado gaseoso.

Además, el GLP no es tóxico ni venenoso, aunque al ser más pesado que el aire tiende a desplazarlo y puede provocar la muerte por asfixia en una exposición prolongada, impidiendo que el aire llegue a los pulmones y oxigene la sangre; así también, puede ocasionar irritaciones en la piel y los ojos, por ejemplo, al entrar en contacto con la piel en su fase líquida, produce quemaduras, cuya gravedad dependerá del tiempo de exposición y la superficie afectada. (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN, 2020b, p.8).

Características generales del GLP:

- Permanece en estado gaseoso a temperatura normal y presión atmosférica.
- Se almacena y transporta en estado líquido manteniéndolo bajo presión en los tanques.
- Es incoloro como el agua en su estado líquido.
- Es inodoro, cuando se produce y se licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante por motivos de seguridad, llamada etil mercaptano.

- Es excesivamente frío, porque al licuarse se le somete a bajas temperaturas de bajo 0 °C, por lo cual, al contacto con la piel produce siempre quemaduras.
- En estado líquido: 1 litro de GLP es equivalente a 273 litros en estado gaseoso.

Propiedades del GLP:

- Punto de ebullición: 20 a 25 °C bajo cero.
- Peso específico: En estado de vapor, 1 litro de GLP pesa 2 gramos, 1 litro de aire pesa 1 gramo. En estado líquido: 1 litro de GLP pesa 500 gramos, 1 litro de agua pesa 1000 gramos.

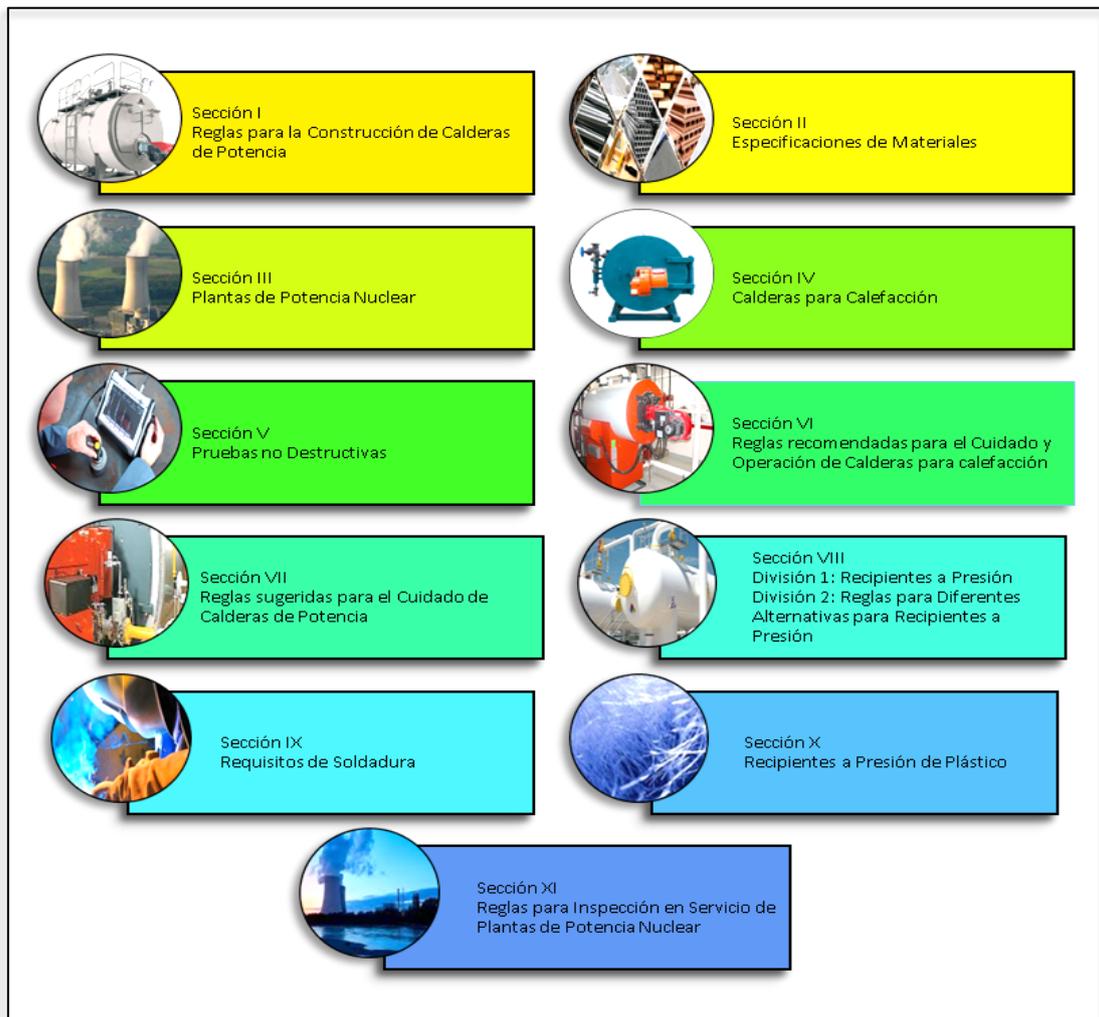
2.2.3. Código ASME

En los Estados Unidos y en muchos otros países del mundo, incluyendo el nuestro, el diseño y cálculo de recipientes a presión, se basa en la publicación que realiza el código ASME (American Society of Mechanical Engineers).

El objetivo de las reglas del código ASME es suministrar una real y razonable protección a la vida y la propiedad. En la formulación de estas reglas y en el establecimiento de las presiones máximas admisibles de diseño, se consideran los materiales, los métodos de fabricación y construcción, el tipo de inspección y los accesorios de seguridad.

El código contiene requisitos obligatorios, prohibiciones específicas y guías no obligatorias para algunas actividades de la construcción.(Ortega Delgado, 2015, p.10)

Gráfico 3: Secciones del código ASME.



Nota: En este gráfico se muestra todas las secciones que comprende la norma ASME. Fuente: El Autor.

2.2.4. Código ASME Sección VIII División 1.

El diseño y cálculo de recipientes a presión en el Perú mientras no existe norma nacional estos serán diseñados, construidos, inspeccionados y aprobados de acuerdo a la norma ASME SECC VIII DIV 1. Norma internacional que establece las reglas necesarias para fabricar recipientes o tanques a presión

Estos estándares cubren las presiones máximas de diseño, se consideran los materiales, los métodos de fabricación, las inspecciones y los accesorios de seguridad.

2.2.5. Inspecciones y pruebas

Las inspecciones y pruebas de los recipientes a presión es responsabilidad del fabricante que tiene que asegurar el control de calidad y que las pruebas requeridas por la norma sean efectuadas.

Todas las inspecciones requeridas por la sección VIII división 1, serán realizados por un inspector calificado

El fabricante mantendrá informado al inspector del avance del trabajo y estará a presente en todas las pruebas o inspecciones requeridas

2.2.6. Materiales para la fabricación de tanques GLP

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia. El Código ASME SECC. VIII DIV.1 (UG-4 – UG-93) especifica la lista de materiales que puede ser encontrada en el Código ASME Sección II Parte A.

Propiedades y requisitos que deben tener los materiales para satisfacer las condiciones de servicio:

a. Propiedades mecánicas:

Al considerar las propiedades mecánicas del material, es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto punto de fluencia, porcentaje de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principalmente, se establecen los esfuerzos de diseño para el material.

b. Propiedades físicas:

En este tipo de propiedades, se buscará que el material deseado tenga bajo coeficiente de dilatación térmica.

c. Propiedades químicas:

La principal propiedad química que debemos considerar, en el material es su resistencia a la corrosión. Es de suma importancia, ya que un material mal seleccionado causará múltiples problemas. (Ortega Delgado, 2015, p.12)

2.2.7. Espesor mínimo en recipientes cilíndricos a presión interna.

Para calcular el espesor requerido se usa el Código ASME Sección VIII Div. 1 (UG-27) donde indica la fórmula para calcular el espesor de cabezal y cuerpo

Existen otros tipos de cabezales (elipsoidales, toriesféricos, etc.) que son utilizados pero que no son tan eficientes como el cabezal hemisférico, debido a que requieren un espesor mayor de diseño.

2.2.8. Parámetros para el diseño de un recipiente a presión

Los espesores mínimos requeridos están determinados por los siguientes parámetros:

- Presión de operación
- Presión de diseño
- Esfuerzo de diseño a la tensión

Existen además determinados parámetros y consideraciones relacionados con las juntas de los tanques que no serán definidos en este inciso por requerir de una explicación más detallada.

a) Presión de operación (P_o):

La presión que se requiere en el proceso del que forma parte el recipiente, a la cual trabaja normalmente éste.

b) Presión de diseño (P):

La presión que se emplea para diseñar el recipiente. Es recomendable diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación.

c) Esfuerzo de diseño a la tensión (S):

Es el valor máximo al que podemos someter un material, que forma parte de un recipiente a presión, en condiciones normales de operación. Su valor es aproximadamente el 25% del esfuerzo último a la tensión del material en cuestión.

2.2.9. Juntas de recipientes a presión

En los cuerpos cilíndricos sometidos a presión interna, se desarrollan los siguientes esfuerzos:

- Esfuerzos longitudinales (juntas circunferenciales).
- Esfuerzos circunferenciales (juntas longitudinales).

Los espesores mínimos requeridos en el diseño del cuerpo cilíndrico de recipientes sometidos a presión interna están determinados también por el tipo de junta, por la localización de la misma en el tanque y por el alcance de los ensayos no-destructivos (radiografía) que se efectúan en las juntas. Estos factores se determinan de acuerdo con lo siguiente:

- Categoría de las juntas, por UW-3
- Eficiencia de la junta, por UW-12.

UW-3 Categoría de las juntas soldadas:

El termino categoría se usa en el código ASME para definir la localización de una junta en un tanque, pero no el tipo de junta.

UW-12 Eficiencia de las juntas soldadas:

Se puede definir la eficiencia de las juntas o soldaduras, como el grado de confiabilidad que se puede tener de ellas. La eficiencia de las juntas de un recipiente a presión depende de la localización de la misma en el recipiente y del alcance de los ensayos no destructivos que se efectúen en las juntas (radiografía industrial).

En la tabla UW-12 del código ASME se dan las eficiencias para las distintas condiciones, categorías y tipos de juntas y de ensayos no destructivos, para ser usadas en juntas hechas por procesos de soldadura de arco o gas.(Ortega Delgado, 2015, p.20)

2.2.10. Proceso de Soldadura.

El proceso de soldadura es la unión de dos o más piezas metálicas. De acuerdo a los códigos y normas AWS los procesos de soldadura por fusión son

aquellos en los que siempre se produce la unión del metal base y del metal de aporte. Es decir, siempre existe una fase líquida formada solo por el metal base, o por la combinación de ambos (metal base y metal de aporte).

El proceso de soldadura GMAW se puede realizar en cualquier posición, se puede usar para soldar diferente variedad de aceros existentes, además se suelda en ambientes no aislados debido que a los electrodos cuentan con envolturas los cuales emiten gas de protección al momento de realizarse la fusión entre electrodo de aporte y el de metal base.

Para la soldadura del tanque se auxilia en el Código A.S.M.E. sección IX para dar los alineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta y que, además, el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es responsabilidad del fabricante.

Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón.

Las juntas de soldadura en "V" y en "U" podrán estar en el exterior o en el interior del cuerpo del tanque dependiendo de la facilidad que se tenga para realizar el soldado de la misma. El tanque deberá ser diseñado de tal forma que todos los cordones de soldadura sean verticales, horizontales y paralelos, para el cuerpo y fondo, en el caso del techo, podrán ser radiales y/o circunferenciales.

- a) **JUNTAS VERTICALES DEL CUERPO:** Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas.
- b) **JUNTAS HORIZONTALES:** Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa.
- c) **SOLDADURAS A TRASLAPE:** El traslape tendrá un ancho de, por lo menos, 32mm. (1-1/4 pulg.) para todas las juntas: las uniones de dos o tres placas, como máximo que estén soldadas, guardarán una distancia mínima de 305mm. (1 pie) con respecto a cualquier otra junta y/o a la pared del tanque.
- d) **SOLDADURAS A TOPE:** Las placas del fondo deberán tener sus cantos preparados para recibir el cordón de soldadura, ya sea escuadrando éstas o con biseles en "V". Si se utilizan biseles en "V", la raíz de la abertura no deberá ser mayor a 6.3 mm. (1/4 pulg). Las placas del fondo deberán tener punteada una placa de respaldo de 3.2 mm. (1/8 pulg) de espesor o mayor que la abertura entre placas.

2.2.11. Defectos de Soldadura

- **Socavación.** - se denomina socavación a la depresión que presenta el cordón de soldadura ya sea en la cara o raíz del cordón que se extiende por debajo de la superficie del metal base. Tales errores se presentan cuando el soldador no deposita suficiente material de aporte sobre el metal base.
- **Mordedura.** - Término técnico usado para definir depresiones en los lados adyacentes del cordón de soldadura. Es el resultado de la mala aplicación o mala posición que adopta el soldador para realizar un proceso de soldadura o falta de calibración del equipo de soldar. La mordedura es ocasionada por el tungsteno o por el electrodo cuando el soldador realiza

movimientos falsos por falta de buen punto de apoyo o por falta de experiencia.

- Falta de Penetración. - La falta de penetración se observa en el pase de raíz de la soldadura, donde se aprecia falta de metal de aporte, también se da entre metal base y en el cuerpo de la soldadura. La falta de penetración es ocasionada por falta de experiencia del soldador o por falta de calibración de la máquina de soldar.
- Falta de Fusión. - Se presenta en cualquier proceso de soldadura independientemente del método empleado para soldar. Habrá buena fusión entre metal de aporte y metal base, cuando se hace uso de los procedimientos de soldadura, en cual indican los parámetros requeridos.
- Discontinuidad. - una discontinuidad puede ser definida como la presencia de un elemento extraño dentro del cuerpo de la soldadura de tal forma que interrumpe la continuidad, las discontinuidades se presentan de forma continua o intermitente en el cordón de soldadura y pueden estar de forma longitudinal o transversal con respecto al eje del cordón de soldadura.
- Porosidad. - Se origina durante el proceso de solidificación del metal de aporte sobre el metal base, en el que quedan orificios de forma tubular en el cordón de soldadura, que es generado por diferentes motivos tales como, falta de limpieza de superficie a soldar, metal de aporte deteriorado, falta de precalentamiento de metal base y/o aportante.
- Refuerzo excesivo o sobre monta. - Es un exceso en el depósito del metal de aporte sobre el metal base (sobrepasa los criterios de aceptación), se encuentra en el pase de raíz o pase de acabado de la soldadura.

2.2.12. Registros WPS y PQR

- Especificación de procedimiento de soldadura (WPS). - Es un procedimiento de soldadura escrito y preparado para proporcionar directivas para la ejecución de soldadura de producción según los

requerimientos de un trabajo específico bajo la norma ASME sección IX. Antes de aplicar un proceso de soldadura en taller o en campo se debe realizar una calificación del mismo. El objetivo fundamental es determinar los parámetros y secuencias de soldadura y dar un resultado satisfactorio para luego aplicarlos en forma idéntica en otra situación. Igualmente, permite dejar un registro en el tiempo de cómo se realizó una determinada soldadura. Este documento recoge todas condiciones, características, parámetros y además información sobre todo el proceso de soldadura a calificar.

- Registro de calificación de procedimiento (PQR). - Contiene las variables registradas durante la ejecución de la calificación del procedimiento de soldadura y los resultados de los ensayos destructivos y no destructivos de los cupones de prueba (probetas soldadas). El PQR da validez al WPS calificado. (Flores, 2019, p.54)

2.2.13. Ensayos no destructivos (END).

Las pruebas no destructivas son herramientas fundamentales y esenciales para el control de calidad.

Los Ensayos No Destructivos (END) son exámenes o pruebas para determinar defectos o discontinuidades en los materiales sin afectar su utilidad, también se usa para determinar propiedades selectas en materiales, soldaduras, partes y componentes; usando técnicas que no alteran el estado físico o constitución química que dañen o destruyan el material.

2.2.14. Beneficios del uso de END

- Mejoran el control del proceso de fabricación
- Ayudan a reducir los costos de reparación o reproceso
- Ayudan a mantener un nivel de calidad uniforme.
- Son aceptados por códigos, normas y regulaciones nacionales o internacionales aplicados a un producto

- Pueden ser aplicados en materias primas, procesos de fabricación, productos terminados, partes y componentes en servicio.
- Son rentables y la inversión inicial es recuperada cuando las inspecciones se realizan en componentes críticos o en producción de piezas en gran escala.

2.2.15. Objetivos de los Ensayos No Destructivos.

Los Ensayos No Destructivos contribuyen a mantener un nivel de calidad uniforme y funcional de los sistemas y elementos, permiten la inspección del 100% de la producción, si ello es requerido.

Ensayos No Destructivos cubren tres amplias áreas:

- Defectología. - Detección de heterogeneidades, discontinuidades e impurezas, evaluación de la corrosión y deterioro por agentes ambientales, determinación de tensiones, detección de fugas.
- Caracterización de los Materiales. - Propiedades mecánicas, físicas, químicas y estructurales.
- Metrología. - Control de espesores. (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan., 2013, p.2)

2.2.16. Etapas en la Inspección de un Material:

Las etapas básicas de la inspección de un material estructural mediante los métodos de Ensayos No Destructivos se dividen:

- a) Selección del Método y técnicas operatorias adecuadas.

En esta etapa hay que tener presente la naturaleza del material, su estado estructural, el tamaño y forma del producto, así como el tipo de discontinuidades que se pretenden detectar, la característica del material que se pretende determinar, o la dimensión a medir, ya que todos los métodos presentan limitaciones en su aplicación, interpretación y sensibilidad.

- b) Obtención de una indicación propia.

Para producir una indicación propia de una discontinuidad presente en el material, es preciso tener conocimientos sobre las características de los productos y posibles discontinuidades que pueden ser detectadas por cada método.

c) Interpretación de la indicación.

Producida la indicación es preciso interpretar la indicación observada, la naturaleza, morfología, orientación y tamaño de la discontinuidad.

d) Evaluación de las indicaciones.

Esta fase consiste en decir cuándo y que heterogeneidades o características del material afectan su empleo. Esto se determinará con los valores y tolerancias reflejados en códigos, normas, especificaciones y/o procedimientos elaborados, específicamente para estos fines en Ensayos No Destructivos. (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan., 2013, p.2)

2.2.17. Campos de aplicación de los Ensayos No Destructivos

Los Ensayos No Destructivos según el código de ASME se dividen en:

- Exámenes o inspecciones superficiales: comprueba la integridad superficial de un material y detecta discontinuidades abiertas a una profundidad menores a 3 mm, los END empleados: Examen por Líquidos Penetrantes, Examen por Partículas Magnéticas, examen por medición de dureza
- Exámenes o inspección volumétrica: comprueba la integridad de un material en su espesor y que no es visible en la superficie, los END empleados: Examen por Ultrasonido, Examen Radiográfico, emisión acústica) (Centro superior de estudios nucleares IPEN., 2017, p.14)
- Exámenes Visuales (EV-1, EV-2, EV-3)
Examen Visual EV-1:

Este examen consistirá en determinar la condición de la superficie examinada, incluyendo las siguientes condiciones: grietas, corrosión, erosión, desgaste o daño físico sobre la superficie de la parte o componente.

Examen Visual EV-2:

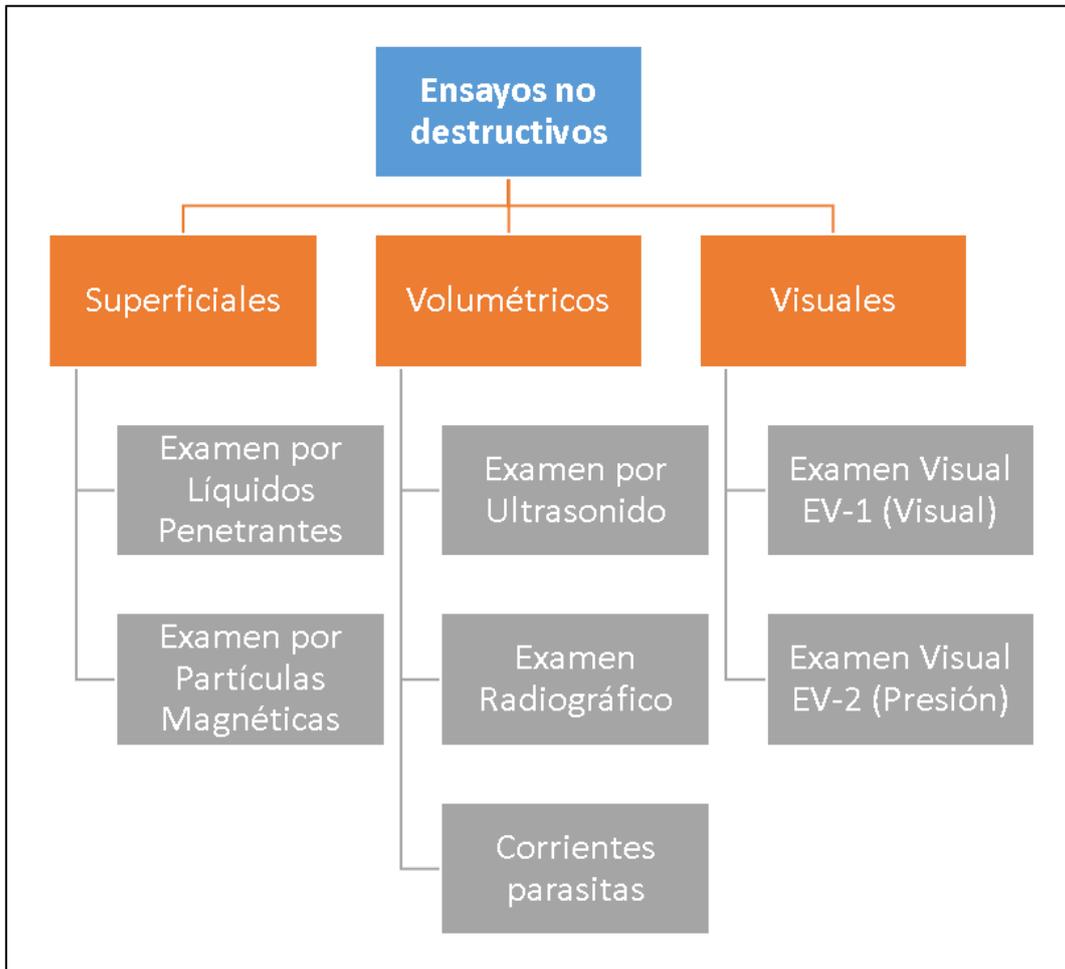
Este examen consistirá en localizar fugas anormales también comprueba la capacidad del recipiente para contener un fluido a presión, sin que exista pérdidas de presión ni de fluido en un periodo determinado, los END empleados son las pruebas de presión hidrostáticas, pruebas de presión neumática o pruebas de pérdida de fluidos como la cámara de burbujas.

Examen Visual EV-3:

Este examen es utilizado para:

- Determinar las condiciones generales mecánicas y estructurales de componentes y sus soportes.
- Verificar si existen condiciones que puedan afectar la operatividad o funcionamiento adecuado de soportes y accesorios.(Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan, 2013, p. 6)

Gráfico 4: El diagrama presenta la clasificación de los ensayos no destructivos.



Nota: Este diagrama detalla una clasificación resumida de ensayos no destructivos. Fuente: Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan., 2013.

2.2.18. Métodos de Ensayos No Destructivos

a) Examen Visual

El examen visual ha sido utilizado a través del tiempo como una herramienta básica de la humanidad, la inspección visual es el método más antiguo de los ensayos no destructivos, es un método de evaluación barato y muy efectivo de control de calidad de materiales, asegura la conformidad detectando errores iniciales y durante todo el proceso de fabricación de una construcción soldada.

En su realización el examen visual se apoya con diferentes y variados equipos y accesorios. Las técnicas de examen visual se dividen en:

Examen Visual Directo: Técnica de examen realizada a una distancia de 24" o menor y un ángulo no menor de 30° con respecto a la superficie examinada.

Examen Visual Remoto: Técnica de examen en la cual se utilizan instrumentos ópticos tales como telescopios, binoculares, circuitos cerrados de televisión, etc., para poder realizar el examen a distancia del objeto.

Durante la inspección visual, la aplicación básica consiste en que el examinador cumpla cuenta con una vista sana y se debe contar con una iluminación adecuada. (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan., 2013, p.4)

Ventajas de la inspección visual

- Se emplea en cualquier etapa de un proceso.
- Muestra las discontinuidades más grandes y señala de forma precisa la ubicación.
- Detecta y ayuda en la eliminación de discontinuidades que podrían convertirse en defectos.
- El costo de la inspección visual es bajo con respecto a otros END. (Centro superior de estudios nucleares IPEN., 2017, p.15)

b) Ensayo por medición de dureza

El ensayo de dureza es uno de los más empleados en la selección y control de calidad de los metales.

- El método de prueba de dureza ROCKWELL, se basa en la medición de la profundidad de penetración, bajo una carga prefijada.
- El método puede utilizar diferentes penetradores siendo estos de esfera de acero templado de diferentes diámetros o conos de diamante.
- El ensayo debe realizarse sobre una superficie lisa, plana, exenta de óxido, aceites.

- La distancia entre los centros de los diferentes ensayos sobre una pieza, debe ser, como mínimo cuatro veces el diámetro de la huella.

c) Método por Radiografía industrial.

Empleado para detectar discontinuidades internas en juntas soldadas, forjadas o fundidas, el examen por radiografía consiste en hacer pasar un haz de radiación de naturaleza electromagnética (Rayos X o rayos Gamma) a través de una pieza a examinar y que este mismo haz de radiación incida sobre una película fotosensible, en la cual se registra la imagen latente de la pieza. Posteriormente mediante un proceso químico (revelado) dicha imagen se hará visible y permanente. Las posibles discontinuidades internas de la pieza, se mostrarán como cambios en la densidad fotográfica de la película revelada. La evaluación de la radiografía se basa en la comparación de las diferencias de la densidad fotográfica con características conocidas del objeto mismo, o con estándares derivados de radiografías de objetos similares de calidad aceptable.

Secuencia de aplicación del examen:

- Consideración del tipo y espesor del material a radiografiar.
- Determinación del tipo de fuente de radiación a utilizar.
- Establecimiento de la distancia fuente-objeto a utilizar.
- Tipo de densidad radiográfica requerida.
- Selección de la disposición del conjunto fuente-objeto-película para la realización de la toma radiográfica.
- Selección de Técnicas radiográficas.
- Proceso de revelado.
- Evaluación y registro de los resultados.

Limitaciones del método de examen por Radiografía:

- Se requiere tener acceso a dos superficies opuestas de la pieza.
- Poca sensibilidad para la detección de una discontinuidad laminar.

- Se requiere de medidas de protección contra la radiación para el personal que realiza la prueba utilizando para ello las tres medidas básicas de la protección radiológica que son: el blindaje, la distancia y el tiempo.

- No detecta discontinuidades superficiales.

Ventajas del método de examen por Radiografía:

- Detecta discontinuidades internas

- Se puede aplicar a todo tipo de materiales

- Proporciona un registro permanente de los resultados

- Proporciona el tamaño y forma de las discontinuidades internas.

d) Método por Líquidos Penetrantes:

Es un medio efectivo para detectar discontinuidades las cuales están abiertas a la superficie, en materiales sólidos y no porosos. Es empleado para detectar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

Etapas del END por líquidos penetrantes: Se realizan cinco etapas esenciales durante el examen por líquidos penetrantes:

- Limpieza y preparación previa de la superficie.

- Aplicación del penetrante en toda la superficie a examinar

- Tiempo de penetración, dejar transcurrir el tiempo requerido para la penetración del líquido.

- Remoción del penetrante de la superficie, eliminar el exceso de penetrante evitando extraer el que ha penetrado en las fallas.

- Aplicación del revelador, este tiene la función de extraer el líquido penetrante retenido en la falla y al salir revela las indicaciones

- Interpretación / Evaluación

Limitaciones del Examen por líquidos penetrantes:

- Solo se detectan discontinuidades abiertas a la superficie.

- La limpieza previa de la superficie a examinar debe ser muy buena y en algunas ocasiones requerirá reacondicionamiento por medios mecánicos.

- La superficie debe ser tersa, no rugosa.
- No se pueden examinar superficies pintadas.
- Las piezas que han estado sumergidas en líquidos antes del examen deben someterse a un calentamiento para evaporar los residuos atrapados en las discontinuidades.

Ventajas del Examen por líquidos penetrantes:

- Se pueden aplicar a cualquier tipo de material no poroso.
- Se aplican fácilmente y los resultados son fáciles de interpretar y evaluar.
- Se obtienen resultados inmediatos.
- Son portátiles.
- Se pueden examinar piezas completas y de forma compleja. (Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan., 2013, p.13)

2.3. Definición de términos básicos

- a) Sistema: Conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento.
- b) Código: serie de órdenes emitidos por una autoridad
- c) Inspección: evaluación, pruebas y verificación de un producto, proceso, servicio o instalación.
- d) Ensayo: cualquier tipo de prueba practicada a un material
- e) Procedimiento: conjunto de acciones que tienen que realizarse todas igualmente, para obtener los mismos resultados bajo las mismas circunstancias.
- f) Estándares: son especificaciones técnicas contenidas en documentos que describen detalladamente las características mínimas que debe cumplir un producto con el fin de estandarizarlo.

- g) Proceso: Es la transformación de un conjunto de inputs (materiales, mano de obra, capital, energía, información y tecnología) máquinas, mano de obra, métodos, medio y materiales.
- h) ASME: Sociedad americana de ingenieros mecánicos “American society of mechanical engineers”
- i) NDT: Ensayo no destructivo “Not destructive testing”.
- j) GLP: Gas licuado de petróleo.
- k) AWS: Asociación americana de soldadura .

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, se realiza mediante inspecciones de ensayos no destructivos, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022.

2.4.2. Hipótesis específicas

1) El control de la calidad de los materiales y soldadura mediante la aplicación de ensayos no destructivos, nos permite cumplir la norma ASME SECC. VIII DIV. 1, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022.

2) La aplicación de los ensayos no destructivos, nos permite garantizar el control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022.

3) La elaboración de registros de inspección de ensayos no destructivos, nos permite realizar un control de calidad, en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022.

4) La aplicación del control de calidad mediante los ensayos no destructivos, redujo los reprocesos y disconformidades, en la fabricación del

tanque para almacenamiento de GLP, según la norma ASME SECC. VIII DIV1.
En la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022.

2.5. Identificación de variables

Variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación. (Arias Fidas, 2006, p.57)

El diseño de la investigación no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes.(Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012 p.87)

Es decir, son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. (Hernández Sampieri et al., 1991 p. 205 - 207)

-La presente investigación a realizarse obedece a un estudio no experimental, ya que no se pretende manipular las variables.

2.5.1. Variables 1

Aplicación de control de calidad, mediante ensayos no destructivos.

2.5.2. Variables 2

Control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Medición o valoración	indicador
Aplicación de control de calidad mediante ensayos no destructivos	Inspecciones que se realiza en el proceso de fabricación del tanque para almacenamiento de GLP	Inspecciones por técnicas de ensayos no destructivos aplicados en el proceso de fabricación del tanque	-Análisis de resultados y registros de ensayos -Control de calidad al acero, y soldadura	-Reporte de medición de espesores - Reporte de medición de dureza -Reporte de inspección visual -Reporte inspección por líquidos penetrantes -Reporte pruebas de presión
Control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.	Proceso de fabricación del tanque por soldadura	Fabricación del tanque por medio de soldadura, embutido y rolado de planchas de acero para cabezales y cuerpo de tanque	Tanque para almacenamiento de GLP	-Procedimientos de soldadura -Procedimientos de rolado y embutido -Selección de Planchas de acero -selección de tipo de bisel y soldadura

Nota: Esta tabla muestra operacionalización de las variables. Fuente: El Autor.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar. Orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios. (Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012, p.88)

En cuanto a los tipos de investigación, existen muchos modelos y diversas clasificaciones: según el nivel, diseño y propósito. Sin embargo, todos son tipos de investigación, y al no ser excluyentes, un estudio puede ubicarse en más de una clase. (Arias Fidias, 2006, p.23)

Tipo de Investigación por los medios para obtener los datos:

Investigación de campo: consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna. El investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes (Arias Fidias, 2006; Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012).

-El presente trabajo de investigación es de campo por que se observó, se recolecto y se registró los datos e información requerida directamente, donde se

desarrolla todo el proceso de fabricación de los tanques para almacenamiento de GLP.

Investigación Documental: La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información en diversas fuentes. Indaga sobre un tema en documentos escritos, la fuente principal de información está integrada por documentos. (Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012, p.90).

-El presente trabajo de investigación es Documental, debido a que el desarrollo de la investigación, se basará en la revisión detallada de libros, revistas científicas, normas de fabricación de recipientes a presión y de ensayos no destructivos, los cuales permitirán conformar el marco teórico, elaboración de registros de ensayos no destructivos, análisis e interpretación de resultados.

3.2. Nivel de investigación

Tipo de Investigación por su nivel de profundidad: Investigación Descriptiva: Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, características de los fenómenos y que se sometan a un análisis, el propósito de esta investigación es el de interpretar realidades. Incluye descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual.(Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012, p.92).

Los estudios descriptivos únicamente intentan medir o recopilar información de manera independiente o de forma conjunta sobre los conceptos o las variables a las cuales busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de procesos u objetos.(Arias Fidias, 2006, p.25).

-El presente trabajo de investigación es a nivel descriptivo porque la información es recolectada, mediante las inspecciones de ensayos no destructivos, los cuales son analizados e interpretados, según las características del fenómeno, también describe las variables y analiza su incidencia, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación es el conjunto de procedimientos, caminos o vías más adecuados para cumplir con los objetivos, por lo tanto, son aplicados de una manera ordenada en el desarrollo del problema de investigación, mediante la observación científica

En forma general se usan los siguientes métodos:

- Método inductivo.
- Método deductivo.

Los métodos inductivos y deductivos tienen objetivos diferentes y desarrolla la teoría y análisis respectivamente. Los métodos inductivos están generalmente asociados con la investigación cualitativa mientras que el método deductivo está asociado con la investigación cuantitativa. (Behar Rivero, 2008, p.86).

La investigación que se realiza conforme a los lineamientos del paradigma con enfoque cuantitativo, es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre determinadas variables.

El método de la presente investigación es cuantitativo, debido a que se realizara un análisis de los resultados obtenidos y que estos sean acordes, con la norma de fabricación de recipientes a presión.

3.4. Diseño de investigación

Es la estructura para llevar a cabo una investigación, obtener la información y se refiere a la estrategia que adopta el investigador para responder al problema, planteado en el estudio.(Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012 p.86)

Diseño no experimental, es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable, las variables independientes ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas, lo que impide influir sobre ellas para modificarlas. Se observan los hechos como se presentan en su contexto real y luego son analizados. (Pallela Stracuzzi & Martins Pestana, 2012 p.86).

La presente investigación a realizarse obedece a un diseño “No Experimental” debido a que la información requerida se recogió directamente en el lugar de estudio, a través de la observación, donde ocurren los hechos, describiendo las variables y analizando su incidencia, por lo tanto no se altera la condición existente.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (Arias Fidias, 2006, p.81)

-En la presente investigación la población está conformado por el total de tanques fabricados en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. La empresa fabrica en promedio 6 tanques, anualmente con capacidad de 1000 a 12000 galones.

3.5.2. Muestra

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. (Arias Fidias, 2006, p.83). En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población. (Arias Fidias, 2006, p.83).

En las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características del investigador. El procedimiento depende del proceso de toma de decisiones de personas. (Hernández Sampieri et al., 1991 p. 268)

La muestra en la presente investigación está representada por un tanque para almacenamiento de GLP, fabricado en la empresa (serie: TG-6250G-065-08) al cual se les aplicara el control de calidad.

Técnica de muestreo: El tipo de muestreo fue no probabilístico y la técnica de muestreo fue por conveniencia.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas de recolección de datos:

- Observación directa y participante: Reportes de campo de ensayos no destructivos, aplicados durante el proceso de fabricación de tanque de almacenamiento de GLP.
- Análisis documental y de contenido: Diseño y planos de tanque, Normas ASME, registros, reportes, tesis de ingeniería que compartan el mismo tema de investigación, folletos científicos de ensayos no destructivos, páginas web.
- Bibliográfico: permite la recopilación de datos de revistas científica de ensayos no destructivos, libros, trabajo de investigación, tesis diversas y páginas web relacionadas al tema de investigación.

3.6.2. Instrumentos de recolección de datos:

Los instrumentos que se utilizan para recoger la información están basados en:

- Reportes de campo: toma de datos de campo, reporte fotográfico y análisis de datos.
- Equipos e instrumentos de medición: equipo de toma de espesores por ultrasonido, durómetro. Vernier, lupa, galgas, manómetros.
- Herramientas: Cámara fotográfica, trapo industrial, luminaria, escobilla de acero, kit de tintes.
- Trabajo de Gabinete: Donde se realiza los registros de todos los ensayos no destructivos donde se procesa todos los datos obtenidos de reporte de campo en programas: Microsoft Excel, Word y AutoCAD.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

Los instrumentos de medición seleccionados para la recolección de datos, cumplieron con los requisitos de confiabilidad y validez para la investigación.

Todos los instrumentos que influyen directamente para la obtención de los resultados, en la inspección de los ensayos no destructivos fueron calibrados.

La calibración le da validez a los instrumentos que se usaron para la recolección de datos, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según normas ASME SECC. VIII Div 1. La calibración está validada por su certificado de contrastación.

3.8. Técnica de procesamiento y análisis de datos

Aquí se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan y en el análisis, se definirán las técnicas lógicas o estadísticas, que serán empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados. (Arias Fidias, 2006, p.111).

- En el trabajo de investigación todos los resultados se presentarán en tablas, gráficos y registros para su respectiva interpretación a fin de determinar las conclusiones y recomendaciones.
- Para el procesamiento de datos se usaron lo siguiente:
- Diagramas de flujo y gráficos ilustrativos.
- Realización de los registros de ensayos no destructivos en programa Microsoft Word, según norma ASME SECC VIII DIV 1.
- Verificación de cálculo de diseño, especificaciones y espesor de material en Microsoft Excel.
- Contrastar los datos obtenidos sean conformes con las especificaciones de diseño de la norma ASME SECC VIII DIV 1.

3.9. Tratamiento estadístico

El procesamiento de datos se realizará aplicando la teoría de la estadística descriptiva, donde la presentación de datos será en forma de tablas y gráficos, y la elaboración de cálculos con los programas informáticos Microsoft Excel y Word

donde, cada dato estará diseñado, resumido y descrito, mediante la recolección de la información a través de las técnicas ya mencionadas.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

La empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. ha permitido realizar la presente investigación, para aplicar el control de calidad en la fabricación de sus tanques, por tanto la ética profesional nos permite actuar con respeto y valores, por ello este trabajo de investigación es realizado con fuentes verídicas obtenidas en campo, se parafraseo algunos conceptos de otros autores acorde al tema de investigación y se referencio y cito el trabajo de otros autores.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

El trabajo de investigación se desarrolló en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. FMP INGENIEROS E.I.R.L. es una empresa con más de 25 años de experiencia, sus actividades inicio en julio de 1994, con el objetivo cubrir las necesidades y demanda del sector metalmecánica en Lima y todo el Perú.

A lo largo de todo este tiempo la empresa ha demostrado capacidad técnica en sus proyectos, cumpliendo con los plazos y la calidad exigidos. Sus productos se desarrollan de acuerdo a los requerimientos técnicos solicitados, normas nacionales e internacionales y en concordancia con los proyectos de ingeniería.

4.1.1. Datos de la empresa.

RAZON SOCIAL	FMP INGENIEROS E.I.R.L.
RUBRO	Industria Metalmecánica
UBICACIÓN	Calle A. Lote 22, Urb. Pro Industrial I etapa, San Martín de Porres, Lima.

ACTIVIDADES Diseño, fabricación de tanques de almacenamiento y recipientes a presión.

CERTIFICACIÓN Sistema de gestión de calidad ISO 9001:2015

4.1.2. Diagnóstico actual de la empresa

El presente trabajo de investigación se desarrolló estableciendo la aplicación de ensayos no destructivos, como control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS, que le permitirá un control de calidad en materiales, calidad de soldadura y reducción de reprocesos. Para entender mejor el proceso de fabricación de tanques y la aplicación del control de calidad, se necesitó conocer la jerarquía en la empresa. Asimismo, se elaboró un análisis FODA y un Diagrama actualizado del área de producción.

4.1.3. Análisis FODA de la empresa

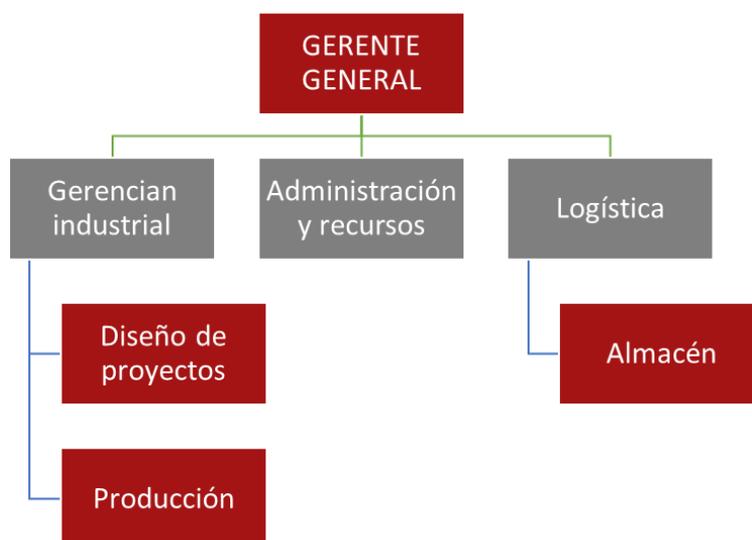
Gráfico 5: *Matriz FODA.*



Nota: Matriz FODA, realizado a la empresa (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) realizada a la empresa. Fuente: El autor.

4.1.4. Organigrama de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.

Gráfico 6: *Organigrama de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.*



Nota: En el organigrama general donde se identifica cada área con lo que cuenta la empresa. Fuente: El autor.

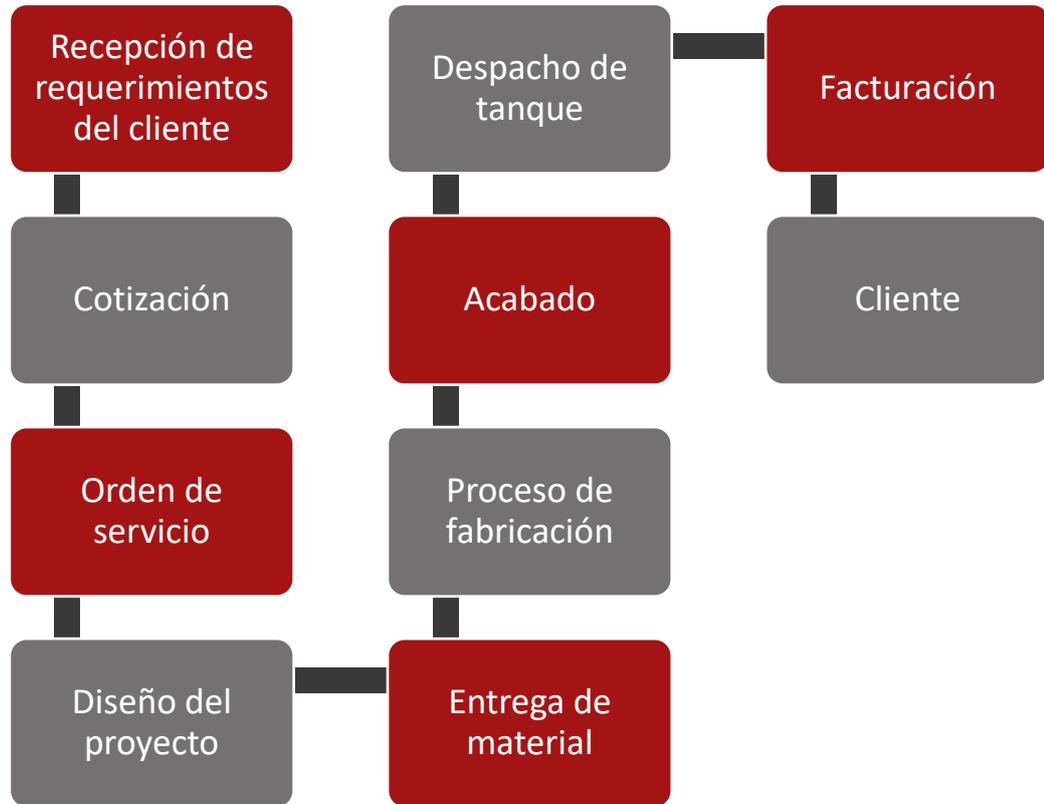
4.1.5. Responsabilidades.

- Gerencia Industrial. Recibe la orden de servicio y designa responsabilidades.
- Diseño de proyectos: Encargado de elaborar el dossier de fabricación, donde están los alcances del proyecto, plano general del proyecto, cronograma de fabricación, procedimiento de rolado y embutidos, procedimiento de soldadura (WPS y PQR), calificación de soldador, certificación de personal, certificado de calibración de equipos y procedimiento de acabado.
- Logística y almacén: Provee todos los materiales para el proyecto.
- Producción: encargado de iniciar con la fabricación del tanque.

Administración y recursos: recibe los requerimientos del cliente, genera la cotización y genera la orden de servicio.

4.1.6. Diagrama del proceso, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

Gráfico 7: Diagrama del proceso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.



Nota: Este diagrama muestra en resumen todo el proceso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP. Fuente: El autor.

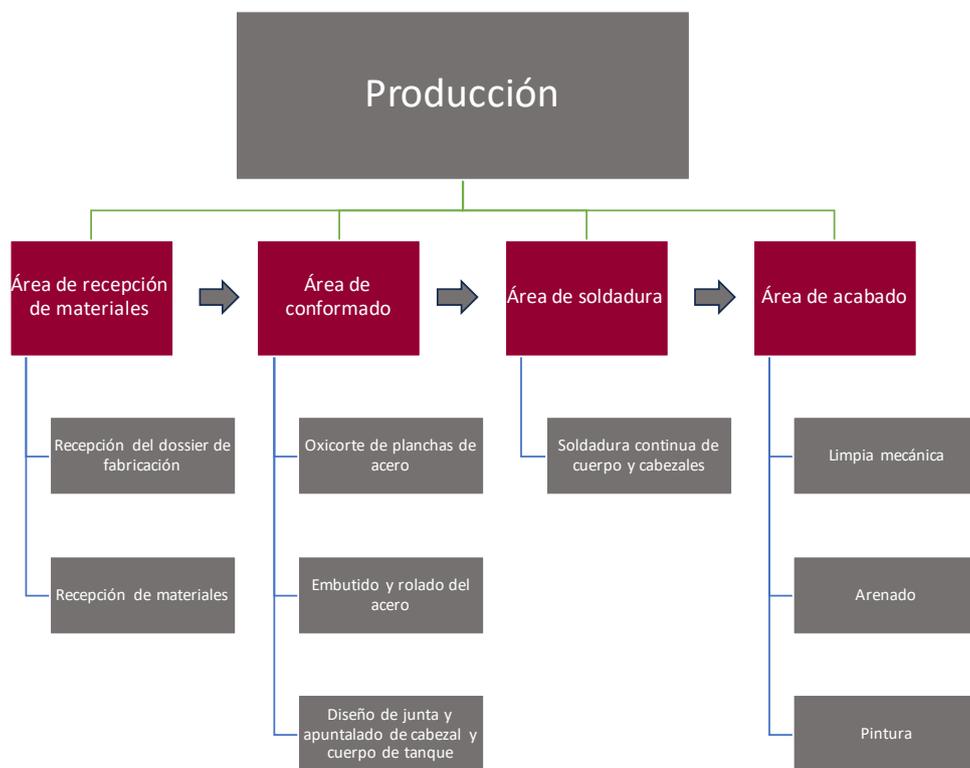
4.1.7. Descripción del diagrama, del proceso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

- Solicitud de requerimiento de fabricación. El cliente solicita la cotización de la fabricación del tanque a la gerencia industrial y es él, quien genera una orden de servicio y la cotización de acuerdo a la magnitud y alcance del proyecto.
- Aceptación de la cotización. El cliente acepta la cotización y con la orden de servicio aprobado, se da inicio al proyecto, con el desarrollo del dossier de fabricación.
- Orden de servicio. Generado la orden de servicio, el área de diseño de proyectos realiza el dossier de fabricación con los detalles de ingeniería especificados por el cliente.

- d) Procesos de fabricación. Para dar inicio al proceso de fabricación se entrega el dossier correspondiente y se solicita los materiales para dar inicio al armado y soldeo del tanque.
- e) Acabado. Terminado el soldeo del tanque, este se somete al arenado, pintado e instalación de válvulas y accesorios.
- f) Entrega a cliente. Finalizado el proceso de fabricación, el área de logística entrega el tanque al cliente.

4.1.8. Diagrama del área de producción

Gráfico 8: *Diagrama del área de producción de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.*



Nota: En este diagrama se detalla el proceso de fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, sin un control de calidad que inicia en el área de producción. Fuente: El autor.

4.1.9. Descripción del diagrama de producción

- a) **ÁREA DE RECEPCIÓN:** Recepción del dossier de fabricación del tanque.

Se presenta el dossier de fabricación con todos los documentos para dar inicio al proceso de fabricación del proyecto.

- Planos detallados del tanque.
- Memoria de cálculo de espesor de cabezal y cuerpo del tanque.
- Cronogramas de fabricación.
- Procedimiento de rolado y embutido.
- Especificación del Procedimientos de soldadura WPS.
- Registro de calificación de procedimiento PQR.
- Certificado de calificación del soldador.
- Certificación de calibración de equipos.
- Certificado de calidad del acero.
- Procedimiento de pintado.

Recepción de materiales: El área de logística realiza la recepción de todo el material del proyecto.

- Planchas de acero.
- Electroodos de soldadura.
- Fundentes.
- Válvulas.
- Pintura.

b) **ÁREA DE CONFORMADO:** El conformado de las planchas de acero para el cuerpo y cabezales del tanque inicia con:

- Habilitado de las planchas de acero.
- Oxicorte de las planchas de acero.
- Embutido de las planchas de acero para formar los cabezales.
- Rolado del acero para formar el cuerpo del tanque.
- Diseño de juntas y apuntalado de cuerpo y cabezales del tanque.

c) **AREA DE SOLDADURA.:** Para dar inicio al proceso de soldeo, el área de conformado y armado diseña el tipo de junta y apuntala los cabezales y cuerpo

del tanque, posterior a ello el soldador, realiza soldeo de todas las juntas soldables.

Se realiza el soldeo con cordones de soldadura continua, cumpliendo lo descrito en el procedimiento de soldadura.

d) AREA DE ACABADO.

Limpieza mecánica.: Finalizado el soldeo de cuerpo y cabezales del tanque, se realiza la limpieza mecánica de la soldadura y pulido de todas las imperfecciones de la superficie del tanque, como son las salpicaduras de soldadura.

Arenado y pintura.: El tanque es sometido a un arenado hasta dejar la superficie lisa libre de suciedad e imperfecciones para su posterior pintado e instalación de válvulas y accesorios.

4.1.10. Problemas frecuentes del área de producción en la fabricación de tanques.

a) AREA DE RECEPCION. En el proceso de habilitado de material se presentan diversos problemas como:

- Acero que no corresponde para la fabricación del tanque.
- Espesor del acero que no corresponde.
- Acero con rasgaduras o abolladuras.

b) AREA DE CONFORMADO. En el proceso de rolado y embutido se presentan diversos defectos los cuales son:

- Deformaciones.
- Abolladuras.
- Imperfecciones.

c) AREA DE SOLDADURA. En el proceso de soldeo de tapas y cuerpo del tanque se presentan diversos defectos de soldadura los cuales son:

- Socavación.
- Mordedura.

- Falta de penetración.
- Discontinuidad.
- Porosidad.
- Refuerzo excesivo o sobre monta.

d) AREA DE ACABADO. Finalizado el soldeo del tanque se realiza la limpieza mecánica de la soldadura, se pinta y se instala las válvulas y manhole.

Los problemas comunes que se presenta es fuga por conexión de válvulas.

4.1.11. Alternativas de solución.

De acuerdo con el planteamiento del problema, se presenta las siguientes alternativas de solución:

Para la aplicación del control de calidad, mediante ensayos no destructivos, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, se debe:

- Implementar el área de control de calidad de ensayos no destructivos.
- Diseñar e implementar procedimientos y registros de ensayos no destructivos.
- Recopilar información para el diseño e implementación de los formatos de control de calidad de las normas ASME Sección VIII DIV. 1, ASME sección IX y ASME sección V.
- Capacitar al personal de control de calidad en: Metalurgia de la soldadura, Inspección visual, Inspección por líquidos penetrantes y radiografía industrial.

4.1.12. Implementación de formatos de control de calidad, según norma

ASME SECC. VIII Div.1

La sociedad americana de pruebas no destructivas ASNT, desarrolla la norma SNT-TC-1A y reconoce los siguientes métodos de ensayos no destructivos.

- Inspección visual, Ultrasonido, Radiografía industrial, Partículas magnéticas, Corrientes inducidas, Líquidos penetrantes, Análisis vibracional y Métodos de fuga.

De acuerdo a las imperfecciones presentadas en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, y el método más correcto de uso, se elaboró los siguientes procedimientos para la aplicación del control de calidad según normas (*ASME SECC. VIII Div. 1. Rules for Construction of Pressure Vessels.*, 2019) y (*ASME SECC. V. NonDestructive Examination*, 2019). Los cuáles son:

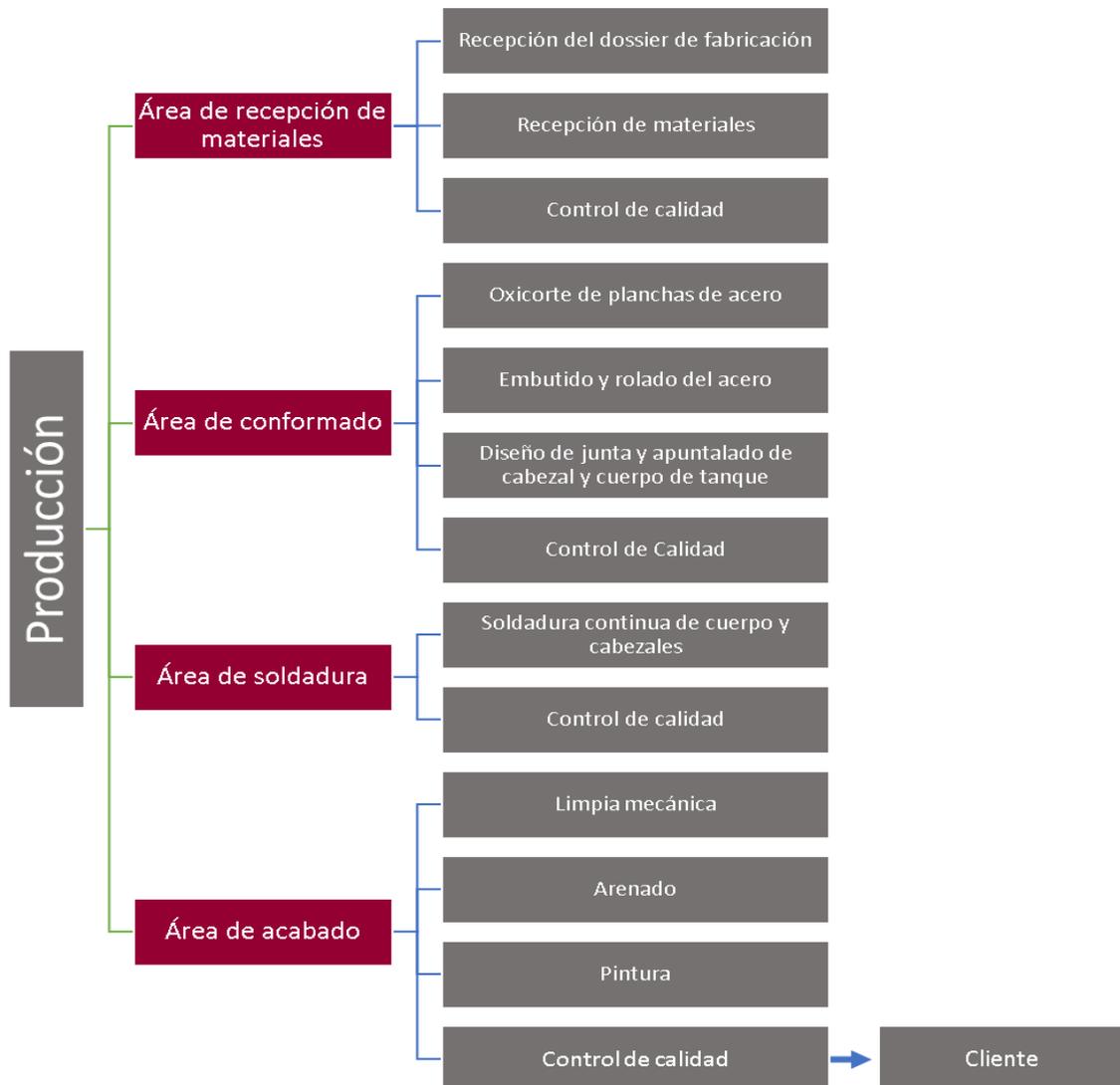
- Procedimiento de medición de dureza y caracterización de material (véase anexo 12).
- Procedimiento de medición de espesores (véase anexo 13).
- Procedimiento de inspección visual (véase anexo 14).
- Procedimiento de aplicación de líquidos penetrantes (véase anexo 15).
- Procedimiento de inspección radiográfica (véase anexo 16).
- Procedimiento de prueba por presión hidrostática (véase anexo 17).
- Procedimiento de prueba por presión neumática (véase anexo 18).

De acuerdo a los procedimientos de ensayos no destructivos implementados se elaboró también los siguientes registros de ensayos no destructivos. Los cuales son:

- Registro de medición de dureza y caracterización de material.
- Registro de medición de espesores.
- Registro de inspección visual.
- Registro de aplicación de líquidos penetrantes.
- Registro de inspección radiográfica.
- Registro de prueba por presión hidrostática.
- Registro de prueba por presión neumática.

4.1.13. Diagrama actualizado del área de producción.

Gráfico 9: Diagrama actualizado del área de producción de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.



Nota: En este diagrama actualizado, se detalla el proceso de fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, con un control de calidad. Fuente: El autor.

4.1.14. Descripción del diagrama actualizado del área de producción.

a) ÁREA DE RECEPCIÓN.

Se presenta el dossier de fabricación con todos los documentos, para dar inicio al proceso de fabricación del proyecto.

Recepción de dossier de fabricación del tanque, contiene:

- Planos detallados del tanque.
- Memoria de cálculo de espesor de cabezal y cuerpo del tanque.

- Cronogramas de fabricación.
- Procedimiento de rolado y embutido.
- Especificación del Procedimientos de soldadura WPS.
- Registro de calificación de procedimiento PQR.
- Certificado de calificación del soldador.
- Certificación de calibración de equipos.
- Certificado de calidad del acero.
- Procedimiento de pintado.

Recepción del dossier de control de calidad, contiene:

- Procedimiento de Inspección de medición de dureza.
- Procedimiento de inspección visual.
- Procedimiento de inspección de líquidos penetrantes.
- Procedimiento de inspección de medición de espesores.
- Procedimiento de inspección hidrostática.
- Procedimiento de inspección radiográfica.
- Procedimiento de inspección neumática.

Recepción de materiales. El área de logística realiza la recepción de todo el material del proyecto

- Planchas de acero.
- Electrodo de soldadura.
- Fundentes.
- Válvulas.
- Pintura.

Control de calidad: En la recepción de las planchas de acero, se realiza el control de calidad, mediante medición de la dureza y de espesores, para determinar si cumple con lo especificado en el certificado de calidad de material.

b) AREA DE CONFORMADO.

El proceso de fabricación se inicia con:

- Habilitado de las planchas de acero.
- Oxicorte de las planchas de acero.
- Embutido de las planchas de acero para formar los cabezales.
- Rolado del acero para formar el cuerpo del tanque.
- Diseño de juntas y apuntalado de cuerpo y cabezales del tanque.

Control de calidad: Mediante la inspección visual se realiza el control de imperfecciones y deformaciones que pueda presentar los materiales.

c) AREA DE SOLDADURA.

Para dar inicio al proceso de soldeo, el área de conformado y armado deberá diseñar el tipo de junta y apuntalar los cabezales y cuerpo del tanque, posterior a ello se realiza el soldeo de pase raíz con cordones de soldadura continua, cumpliendo lo descrito en el procedimiento de soldadura.

Control de calidad: Finalizado el proceso de soldeo se realiza lo siguiente:

- Inspección visual e inspección por tintes penetrantes a todo el cordón de soldadura de cuerpo y cabezales, se evalúa de acuerdo a los criterios establecidos en la norma ASME SECC. VIII DIV. 1, caso contrario se realiza la reparación correspondiente.
- Inspección por radiografía industrial: terminado con todo el proceso de soldadura del tanque, se verifica el cumplimiento de las tomas de placas radiográficas a la soldadura y que estos no tengan indicaciones relevantes, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1.

d) AREA DE ACABADO.

Limpieza mecánica

Finalizado el soldeo de cuerpo y cabezales de los tanques, se realiza la limpieza mecánica de la soldadura y pulido de todas las imperfecciones de la superficie.

Control de calidad: Terminado la limpieza mecánica el tanque es sometido a la prueba por presión hidrostática, donde el tanque es llenado con agua y sometido a presión de 325 PSI, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, y al término de la prueba se verifica que no haya fuga ni deformación alguna.

Arenado y pintura.

El tanque es sometido a un arenado, hasta dejar la superficie lisa, libre de suciedad e imperfecciones para su posterior pintado e instalación de válvulas y accesorios.

Control de calidad: Pintado e instalado todas las válvulas y accesorios se realiza la prueba por presión neumática, donde los tanques son llenados con aire y sometido a presión de 110 PSI según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, y al término de la prueba se verifica, que no haya fuga de aire en accesorios o válvulas.

4.1.15. Descripción de los Instrumentos y/o equipos para la recolección de datos.

a) Durómetro portátil.

Es un instrumento certificado, para medir la dureza, marca Wilson. Antes de usar el durómetro, se calibra en los patrones de medida, la superficie a ensayar debe estar limpia y pulida.

Para medir la dureza, el durómetro portátil debe de instalarse en la superficie a ensayar, se acciona manualmente y la carga del durómetro aplica una fuerza de 3000 kg.f., sobre una esfera de carburo de tungsteno, que impacta y deforma la superficie de ensayo, por lo que se produce una pérdida de energía cinética y esto se traduce en medida brinell. (ensayo Brinell 10/3000).

b) Equipo de medición de espesores.

Instrumento calibrado y certificado, empleado para medir el espesor por ultrasonido, de marca Dakota (modelo MVX, Serie: 77214).

El equipo de medición de espesores, realiza medidas a través de la pintura, sin la necesidad de removerla, cuyas características son:

Temperatura de funcionamiento: -10° a 60°C.

Pantalla de escala de grises VGA.

Rango de medición: 0.025 pulg. a 100 pies (0.63 mm a 30.48 m).

Transductor con rango de frecuencia de 1-10 MHz.

c) Manómetro de alta presión.

Instrumento calibrado, marca Nouva Fima (rango de presión 0-600 PSI), usado para medir la presión de fluidos líquidos o gaseosos no corrosivos, con conexión de bronce, con su mecanismo sumergido en glicerina., cuyas características son:

Temperatura de funcionamiento -25 °C a 65 °C.

Temperatura del fluido máximo 65°C.

Rango de presión de 0-600 PSI.

d) Galgas de soldadura.

Es un instrumento certificado que se usa, en el control de calidad de los cordones de soldadura, se usa para medir: defectos de soldadura, tamaño de filete de la soldadura y ángulo de la soldadura. Sus características son:

Fabricado en acero inoxidable.

Herramienta que cumple con todos los parámetros de geometría de soldadura.

Graduación 0.1 mm

Escala de medición de 20 mm.

e) Kit de tintes penetrantes. Contiene una colección de aerosoles para ensayos, es práctico y portátil, cada kit de inspección incluye un penetrante, un revelador y un removedor, sus características son:

Rango de temperatura 40 a 125 °F/4 a 52 °C.

Ideal para piezas de fundición, soldaduras, recipientes a presión, mantenimiento, piezas automotrices, tuberías, etc.

Defectos revelados, grietas, micro poros y fisuras.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

En este capítulo, para obtener los datos e interpretar los resultados y dar respuesta a los objetivos de la investigación, seleccionamos un tanque cuyas características, nos servirá como información previa a las inspecciones y estos son:

Tabla 2: *Características del tanque fabricado en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.*

Capacidad	6250 gal
Serie	TG-6250G-065-08
Material cabezal	ASTM A-36
Material cuerpo	ASTM A-612
Diámetro interior	2250 mm
Longitud del tanque	6725 mm
Tipo de cabezal	Semiesférica
Procedimiento de soldadura	SMAW-SAW
Presión de diseño	250 PSI
Presión de prueba	325 PSI
Espesor de cuerpo	12.5 mm
Espesor de cabezal	9.00 mm

Nota: En esta tabla se detalla todas las características, más importantes del tanque. Fuente: El autor.

Para el desarrollo del objetivo, de identificar los ensayos no destructivos a usar en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. Se elaboró de acuerdo a las imperfecciones

presentadas, los siguientes procedimientos de ensayos no destructivos, según norma ASME SECC. VIII Div. 1. y (ASME SECC. V.).

- Procedimiento de medición de dureza y caracterización de material (véase anexo 12).
- Procedimiento de medición de espesores (véase anexo 13).
- Procedimiento de inspección visual (véase anexo 14).
- Procedimiento de aplicación de líquidos penetrantes (véase anexo 15).
- Procedimiento de inspección radiográfica (véase anexo 16).
- Procedimiento de prueba por presión hidrostática (véase anexo 17).
- Procedimiento de prueba por presión neumática (véase anexo 18).

Para el desarrollo del objetivo, de controlar la calidad de los materiales y soldadura, mediante ensayos no destructivos, se realizaron con los siguientes registros:

Con el registro de ensayo de dureza y medición de espesores (véase anexo 1 y 2), se realizó el control de calidad del material, usado en la fabricación del tanque, cuyos resultados fueron:

- De acuerdo a la medición de dureza y su conversión a la resistencia a la tracción (Véase anexo 9 y 10), el acero base del cuerpo y cabezales del tanque corresponde al acero indicado en el certificado de calidad de material (Véase anexo 21 y 22).
- De acuerdo a la medición de espesores, se indicó que el espesor de acero de cuerpo y cabezal del tanque, corresponde a lo descrito en el certificado de calidad del material y lo especificado en la memoria de cálculo del tanque (véase anexo 8).

Con el registro de inspección visual (véase anexo 3), se realizó el control de calidad de los cordones de soldadura y la condición superficial del tanque y los resultados fueron:

- Los cordones de soldadura inspeccionados no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII DIV. 1.
- Los cordones de soldadura de coples, no presentan defectos de soldadura.
- El tanque no presenta concavidades ni abolladuras.

Gráfico 10: *Inspección de soldadura.*



Nota: Aquí se inspeccionó calidad de los cordones de soldadura. Fuente: El autor.

Con el registro de aplicación de líquidos penetrantes (Véase anexo 4), se realizó el control de calidad, a pase raíz de los cordones de soldadura circunferencial y longitudinal del tanque, y los resultados fueron los siguientes:

- Los cordones de soldadura inspeccionados no presentan discontinuidades que ameriten rechazo, según Norma ASME SECCION VIII DIV. 1.

Gráfico 11: *Inspección por líquidos penetrantes.*



Nota: Se inspecciona los defectos de la soldadura, mediante la aplicación de líquidos penetrantes. Fuente: El autor.

Gráfico 12: *Inspección por líquidos penetrantes.*



Nota: Se evalúa las indicaciones en la soldadura, por medio de líquidos penetrantes. Fuente: El autor.

El control de calidad en los defectos de soldadura subsuperficiales, se realizó mediante el revisado de los films radiográficos de los cordones de

soldadura circunferencial y longitudinal. (Véase anexo 5: Registro de inspección radiográfica) cuyos resultados son:

- Los cordones de soldadura evaluadas en los films radiográficos no, presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII DIV. 1.

El control de calidad de hermeticidad para localizar fugas y la capacidad del recipiente, para contener fluidos a presión sin que exista pérdida de presión, ni deformaciones se realizó de acuerdo a lo especificaciones en la norma ASME SECC. VIII DIV 1. (Véase anexo 6: Registro de prueba de presión hidrostática), cuyos resultados de la prueba hidrostática fueron:

- El tanque no presentó fuga por cordones de soldadura.
- El tanque no presentó fuga por soldadura de entrada de hombre.
- El tanque no presentó fuga por soldadura de accesorios.
- El tanque no presento deformaciones.
- No se observó caída de presión durante la prueba

El control de calidad de hermeticidad para localizar fugas en conexión de válvulas y accesorios, sin que exista pérdida de presión en un periodo de tiempo, de acuerdo a los métodos y especificaciones de la norma ASME SECC. VIII DIV1. (Véase anexo 7: Registro de prueba de presión neumática). Donde los resultados de esta prueba son:

- El tanque no presentó fuga por conexiones de válvulas.
- El tanque no presentó fuga por entrada de hombre.
- El tanque no presentó fuga por accesorios y no se observó caída de presión.

Gráfico 13: *Inspección de hermeticidad.*



Nota: Aquí se inspeccionó las pruebas de presión hidrostática y neumática.

Fuente: El autor.

Para el desarrollo del objetivo de reducir los reprocesos y disconformidades, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP. Se elaboró las siguientes tablas con los reportes e informes técnicos de inspección radiográfica (véase anexo 11).

Tabla 3: *Defectos de soldadura sin control de calidad, por Ensayos no destructivos.*

TANQUE 1		
Serie tanque: 16-600		
Total de films tapa A	30	
Total de films tapa B	30	
Total de films circunferenciales	19	
	Defectos a reparar	Porcentaje de Defectos
Soldadura Circunferencial 1	5	26.32%
Soldadura Circunferencial 2	6	31.58%
Soldadura Circunferencial 3	5	26.32%
Soldadura tapa A	6	20.00%
Soldadura tapa B	7	23.33%

Nota: En esta tabla se presenta los defectos de soldadura sin control de calidad.

Fuente: El autor.

Tabla 4: Defectos de soldadura sin control de calidad, por Ensayos no destructivos.

TANQUE 2		
Serie tanque: 22-14000		
Total de films tapa A	30	
Total de films tapa B	30	
Total films circunferenciales	19	
	Defectos a reparar	Porcentaje de Defectos
Circunferencial 1	6	31.58%
Circunferencial 2	4	21.05%
Circunferencial 3	5	26.32%
Circunferencial 4	6	31.58%
Circunferencial 5	4	21.05%
Circunferencial 6	4	21.05%
Soldadura tapa A	7	23.33%
Soldadura tapa B	8	26.67%

Nota: En esta tabla se presenta los defectos de soldadura sin control de calidad.

Fuente: El autor.

Tabla 5: Defectos de soldadura, con aplicación del control de calidad.

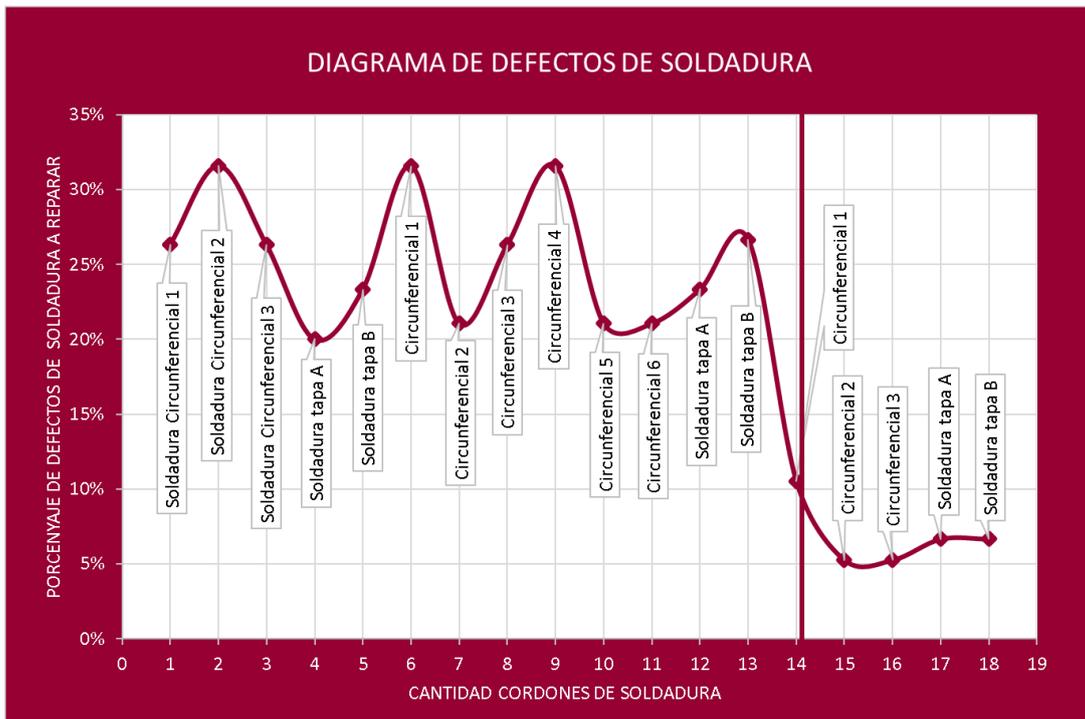
TANQUE 3		
Serie tanque: TG-6250G-065		
Total de films tapa A	30	
Total de films tapa B	30	
Total films circunferenciales	19	
	Defectos a reparar	Porcentaje de Defectos
Circunferencial 1	2	10.53%
Circunferencial 2	1	5.26%
Circunferencial 3	1	5.26%
Soldadura tapa A	2	6.67%
Soldadura tapa B	2	6.67%

Nota: En esta tabla se presenta los defectos de soldadura de un tanque, con una adecuada aplicación de control de calidad, mediante ensayos no destructivos. Fuente: El autor.

Con los datos de la tabla 3, 4 y 5 se elaboró el diagrama del gráfico 10, donde se muestra el porcentaje de defectos de soldadura.

Con el diagrama del gráfico 10, se evidencia que los reprocesos y disconformidades, en los cordones de soldadura, se vieron reducidos con la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP, en base a la norma ASME SECC. VIII DIV1.

Gráfico 14: *Diagrama de defectos de soldadura.*



Nota: En este diagrama se muestra el porcentaje de defectos de soldadura por cada cordón circunferencial y tapas en el tanque para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. Fuente: El autor.

4.3. Prueba de hipótesis

La finalidad de la presente investigación, constituye la prueba de hipótesis y comprobar si los hechos observados, concuerdan con las hipótesis formuladas, por lo tanto, la hipótesis se comprueba con los datos, obtenidos de la aplicación del control de calidad, en la fabricación de los tanques para almacenamiento de GLP.

4.3.1. Procedimientos de ensayos no destructivos

Como parte del trabajo de investigación se elaboraron procedimientos, de control de calidad de acuerdo a la norma ASME SECC. VIII DIV. 1, los cuales

fueron aprobados por la gerencia, para su uso en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP. Estos procedimientos de ensayos no destructivos aplicables son:

- Procedimiento de medición de dureza y caracterización de material (véase anexo 12).
- Procedimiento de medición de espesores (véase anexo 13).
- Procedimiento de inspección visual (véase anexo 14).
- Procedimiento de aplicación de líquidos penetrantes (véase anexo 15).
- Procedimiento de inspección radiográfica (véase anexo 16).
- Procedimiento de prueba por presión hidrostática (véase anexo 17).
- Procedimiento de prueba por presión neumática (véase anexo 18).

4.3.2. Registro de ensayos no destructivos aplicados

El registro de cada ensayo no destructivo, aplicados en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, son la evidencia de que estos han sido efectuados satisfactoriamente y que estos cumplen los parámetros de la norma ASME SECC. VIII DIV. 1, estos ensayos aplicados y registrados son los siguientes:

- Registro de ensayo de dureza y caracterización de material (Véase anexo 1).
- Registro de medición de espesores. (Véase anexo 2).
- Registro de inspección visual (Véase anexo 3).
- Registro de aplicación de líquidos penetrantes. (Véase anexo 4).
- Registro de inspección radiográfica. (Véase anexo 5).
- Registro de prueba de presión hidrostática. (Véase anexo 6).
- Registro de prueba de presión neumática. (Véase anexo 7).

4.3.3. Trazabilidad de la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

- Mediante el registro de medición de dureza y caracterización de material (Véase anexo 1), se realizó el control de calidad del acero empleado en la fabricación del tanque.
- Mediante el registro de medición de espesores (Véase anexo 2), se indicó que el espesor de acero de cuerpo y cabezal del tanque, corresponde a lo descrito en el certificado de calidad del material.
- Mediante el registro de inspección visual (Véase anexo 3), el control de calidad de los cordones de soldadura y la condición superficial del tanque no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según la norma ASME SECCION VIII DIV. 1.
- Mediante el registro de aplicación de líquidos penetrantes (Véase anexo 4), se realizó el control de calidad de los cordones de soldadura circunferencial y longitudinales del tanque.
- Mediante registro de inspección radiográfica (Véase anexo 5), se realizó el control de calidad de los defectos de soldadura subsuperficiales.
- Mediante el registro de prueba de presión hidrostática (Véase anexo 6), se realizó la prueba de hermeticidad para localizar fugas y la capacidad del recipiente para contener fluidos bajo presión, donde no existió pérdida de presión ni deformaciones, de acuerdo a lo especificado en la norma ASME SECC. VIII DIV1.
- Mediante el registro de prueba de presión neumática (Véase anexo 7), se realizó la prueba de hermeticidad, donde no hubo pérdida de presión ni fugas en válvulas y accesorios, en un periodo de tiempo, de acuerdo a las especificaciones de la norma ASME SECC. VIII DIV1.
- Mediante el diagrama del gráfico 10, se evidencia que los reprocesos y disconformidades se vieron reducidos con la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV1.

4.4. Discusión de resultados

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis general, que la aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, se realiza mediante inspecciones de ensayos no destructivos, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022, estos resultados guardan relación con lo que sostiene (Ticona Choque, 2016), en su tesis, donde manifiesta que es necesario realizar un control de calidad en la producción y debe estar sujetas a normas nacionales o internacionales, también indica que las inspecciones por ensayos no destructivos, en la fabricación de tanques de almacenamiento son imprescindibles.

El control de la calidad de los materiales mediante la medición de dureza y medición de espesores nos permite cumplir norma ASME SECC. VIII DIV. 1, en lo que respecta a la calidad de materiales.

Mediante la elaboración de registros y aplicación de inspección visual y tinte penetrantes, como control de calidad en la soldadura de los tanques para almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022. Guarda relación con (Baldarrago Berroa, 2015), que manifiesta que las uniones soldadas requieren de una supervisión técnica, también especifica que las inspecciones visuales y posterior corroboración por líquidos penetrantes a las uniones soldadas determina criterios de aceptación de acuerdo a la norma ASME.

La aplicación de los ensayos no destructivos nos permite garantizar el control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP. (Zelada Salón, 2017), afirma que su plan de inspección y ensayos, le permite trabajar en base a un conjunto de acciones planificadas, asegurando la calidad mediante la verificación de pruebas y ensayos durante el proceso constructivo y montaje de tanques y sistema de tuberías.

La elaboración de registros de inspección de ensayos no destructivos (registro de medición de dureza, medición de espesores, inspección visual, aplicación de líquidos penetrantes, inspección radiográfica, prueba por presión hidrostática y prueba de presión neumática) nos permite un control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022. Cuyos resultados guardan relación con lo que manifiesta (Cerón Ramos, 2019), quien relata que existe variedad de técnicas de ensayos no destructivos para examinar materiales y determinar discontinuidades, entre los cuales destaca inspección visual, inspección de líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografía industrial e inspecciones de hermeticidad. Lo que determinarán si la indicación será considerada un defecto según normas que acrediten su calidad exigida.

La implementación de procedimientos de ensayos no destructivos nos permite un control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP. Según (Gamarra Soto, 2019) estableció un modelo de calidad con elaboración de procedimientos para cumplir con los requisitos del código ASME SECC. VIII DIV1. y conservar el certificado ASME.

La aplicación del control de calidad mediante ensayos no destructivos redujo los reprocesos y disconformidades en la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP, según la norma ASME SECC. VIII DIV1. En la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022 tal como señala (Flores Cipriano, 2019), en su investigación, que implementó un sistema de control de calidad en proceso de soldadura, según normas y códigos AWD D1.1, donde minimizo y elimino el porcentaje de no conformidades, asegurando así la calidad de la soldadura y satisfacción del cliente.

CONCLUSIONES

Con la implementación de procedimientos, registros e inspecciones de ensayos no destructivos, se realizó la aplicación del control de calidad, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, según norma ASME SECC VII DIV 1.

Con el registro de medición de dureza y medición de espesor de las planchas de acero, se controló la calidad de los materiales.

Con el registro de inspección visual y líquidos penetrantes, se concluye que los cordones de soldadura del tanque no presentan discontinuidades, que ameriten rechazo.

Con el registro de las pruebas de presión hidrostática y neumática se verificó, que el tanque no presenta fugas ni deformaciones en su estructura, por ello cumplen con los requerimientos de la norma ASME SECC VII DIV 1.

Con la implementación de procedimientos y registros de ensayos no destructivos y su aplicación en el control de calidad de materiales y soldadura, redujeron los reprocesos en la fabricación de tanque para almacenamiento de GLP.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que la empresa debe aplicar los procedimientos y registros de ensayos no destructivos, en el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.

Se recomienda que la calidad del acero empleado, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP, sea corroborado con el registro de medición de dureza y medición de espesor del acero.

Se recomienda que la calidad de la soldadura circunferencial y longitudinal del tanque, se realice con el registro de inspección visual y líquidos penetrantes y que estos resultados cumplan con los criterios de la norma ASME SECC VII DIV 1.

Se recomienda que las pruebas de hermeticidad, sean realizadas conforme a los requerimientos de la norma ASME SECC VII DIV 1.

Se recomienda diseñar un plan de mejora continua, para registrar los reprocesos, con la implementación de procedimientos y registros de ensayos no destructivos, aplicados en la fabricación de tanque para almacenamiento de GLP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias Fidias, G. (2006). *El proyecto de Investigación*.
- Arias Peña, J. A. (2012). *Implementación del sistema de gestión de calidad en la empresa "Quality Consulting Group " Universidad Libre de Colombia. título profesional de Ingeniero Industrial. Universidad Libre de Colombia, Colombia.*
- ASME SECC. II Part D Material (Properties). (2019).
- ASME SECC. IX. QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS. (2019).
- ASME SECC. V. NonDestructive Examination. (2019).
- ASME SECC. VIII Div. 1. Rules for Construction of Pressure Vessels. (2019).
- Asociación Iberoamericana de Gas Licuado de Petróleo. (2017). *Benchmark del mercado de GLP Envasado en América Latina.*
- Baldarrago Berroa, R. Peter. (2015). *FACULTAD DE INGENIERIA DE PROCESOS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA METALURGICA.*
- Cerón Ramos, B. S. (2019). *Control de calidad de soldaduras industriales mediante ensayos no destructivos (END), Informe de experiencia profesional para la obtención de su título profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.*
- Flores Cipriano, M. (2019). *Implementación de un sistema de control de calidad según las normas AWS D1.1 y códigos ASME B31.1 para tuberías de acero al carbono en la empresa ERMI instalaciones y mantenimiento SAC, Tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad Tecnológica del Perú.*

- Gamarra Soto, F. D. (2019). *Implementación de un sistema de gestión de calidad basado en el código ASME SECC VIII DIV 1, en tanques a presión para su certificación ASME estampa U en la empresa MASPROD. Tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniera Metalúrgica, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.*
- Hernández Sampieri, Roberto., Fernández Collado, Carlos., & Baptista Lucio, Pilar. (1991). *Metodología de la Investigación.* McGraw-Hill.
- Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Culhuacan. (2013). *Ensayos no destructivos.*
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN. (2020a). *El Mercado del GLP en el Perú: Problemática y Propuestas de Solución.*
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería OSINERGMIN. (2020b). *Seguridad comercialización – transportes combustibles líquidos y GLP.*
- Ortega Delgado, L. M. (2015). *Análisis y diseño de recipientes a presión para almacenamiento de GLP, Informe de suficiencia profesional para la obtención de su título profesional de Ingeniero Físico, Universidad Nacional de Ingeniería.*
- Pallela Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa.*
- Programa de formación en Gestión de la Calidad ISO 9001:2008. (2008). *Sistema de Gestión de la Calidad ISO 9000.*
- Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos. (1993). *Reglamento de Normas para la Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos.*
- Ticona Choque, P. (2016). *Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico empleando acero*

ASTM A36 según norma API-650. Tesis para la obtención de su título profesional de ingeniero materiales, Universidad Nacional de San Agustín.

Villanueva Santacruz, E., & Escandon Carmona, M. I. (2011). *Aplicación de ensayos no destructivos en recipientes sujetos a presión, líquidos penetrantes y ultrasonido. Tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Químico, Universidad Nacional Autónoma de México.*

Villavicencio Pérez, G. A. (2015). *Estudio de los métodos de ensayos no destructivos bajo la norma API 650 y su incidencia en la evaluación de juntas soldadas en tanques de almacenamiento. Informe final del trabajo de investigación para la obtención del Título de Ingeniero Mecánico. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.*

Zelada Salón, R. Yvan. (2017). *Implementación del plan de control de calidad para fabricación y montaje de tanques y sistema de tuberías de las centrales térmicas de eten y recka. HAUG. Tesis para la obtención de su título profesional de Ingeniero Mecánico, Universidad Nacional del Callao.*

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos.

ANEXO 1: Registros de ensayos de dureza y caracterización de material.

REGISTRO DE ENSAYO DE DUREZA Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL				
ÁREA DE PRODUCCIÓN			Pagina:	1 de 1
O/S IND: 001205				
1. DATOS GENERALES				
Cliente:	SERVOSA GAS SAC.			
Producto ensayado:	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.			
Nº de serie:	TG-6250G-065-08.			
Material:	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.			
Lugar de inspección:	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.			
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO:				
Normas ASME SECCION VIII Div. 1 UG 4, 93 UW 5: Materiales, Inspección de materiales, Rules for construction of pressure vessels.				
Normas ASME SECCION IX QW-200.3: Requerimientos para calificación y procedimientos de soldadura. Tabla QW/QB-422				
DESCRIPCIÓN	CALIBRADO	OBSERVACIONES		
01 durómetro	SI	Calibración de fabrica NIST MIL-STD-45662A		
3. MATERIALES				
<ul style="list-style-type: none"> Taladro portátil marca Wilson. Juego de lijas. Luminaria. Trapo y solvente industrial. 				
4. PRUEBA				
Zona puntual	Zona analizada	Lectura de durezas (Brinell)	Promedio de durezas	Resistencia a la tracción ksi (MPa)
1	Cabezal	119-120-124	121	59 (450)
2	Cuerpo	164-166-162	164	83 (570)
3	Cabezal	120-120-122	121	59 (450)
5. RESULTADOS				
De acuerdo a la medición de dureza y su conversión a la resistencia a la tracción y el certificado de calidad del material, podemos indicar que el acero base de cuerpo y cabezal del tanque corresponde al indicado.				
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.			
Cargo	Inspector			

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 2: Registros de medición de espesores.

REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPESORES			
ÁREA DE PRODUCCIÓN			Pagina:
			1 de 1
O/S IND: 001205			
1. DATOS GENERALES			
Cliente:	SERVOSA GAS SAC.		
Producto ensayado:	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.		
Nº de serie:	TG-6250G-065.		
Material:	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.		
Espesor de material:	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm		
Lugar de inspección	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.		
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO: Normas ASME SECCION VIII Div. 1 UG 23: Rules for construction of pressure vessels Normas ASME SECCION VIII Div. 1 UG 27 UG 32: Espesor de cuerpo y tapas de tanques sometidas a presión interna.			
DESCRIPCIÓN	CALIBRADO	OBSERVACIONES	
01 medidor de espesores	SI	Calibración de fabrica NIST MIL-STD-45662A	
3. MATERIALES			
<ul style="list-style-type: none"> Medidor de espesores marca DAKOTA, modelo MVX serie 77214. Gel conductor. Luminaria. Trapo y solvente industrial. 			
4. PRUEBA			
Zona puntual	Zona analizada	Lectura de espesor (mm)	Promedio de espesor
1	Cabezal	9.10-8,90-8,80-9,20	9.00
2	Cuerpo1	12.50-12,60-12,64-12,55	12.57
3	Cuerpo2	12.52-12,58-12,62-12,58	12.56
4	Cabezal	9.00-9,10-8,80-9,15	09.01
5. RESULTADOS De acuerdo a la medición de espesores, certificado de calidad del material y memoria de cálculo del tanque, podemos indicar que el espesor de acero de cuerpo y cabezal del tanque corresponde al indicado.			
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.		
Cargo	Inspector		

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 3: Registros de inspección visual.

REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL																	
ÁREA DE PRODUCCIÓN		Pagina:															
		1 de 1															
O/S IND: 001205																	
1. DATOS GENERALES																	
Cliente:	SERVOSA GAS SAC.																
Producto ensayado:	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.																
Nº de serie:	TG-6250G-065-08																
Material:	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612																
Espesor de material:	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm																
Lugar de inspección	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima																
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO:																	
Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 90, UG 97, UG 103: Rules for construction of pressure vessels.																	
Norma ASME SECCION VIII Div. 1. UW 56 y APENDICE 4: Rules for construction of pressure vessels.																	
Norma ASME SECCION V, Artículo 1 y Artículo 6: Ensayos no destructivos.																	
3. MATERIALES																	
<ul style="list-style-type: none"> • Flexómetro. • Luminaria y lupa. • Galgas de soldadura. • Trapo y solvente industrial. 																	
4. INSPECCIÓN																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Zona puntual</th> <th style="width: 65%;">Zona analizada</th> <th style="width: 20%;">Presenta indicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Cordones de soldadura del Cabezal A.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Cordones de soldadura Cabezal B.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> </tbody> </table>			Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones	1	Cordones de soldadura del Cabezal A.	No	2	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.	No	3	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.	No	4	Cordones de soldadura Cabezal B.	No
Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones															
1	Cordones de soldadura del Cabezal A.	No															
2	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.	No															
3	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.	No															
4	Cordones de soldadura Cabezal B.	No															
5. RESULTADOS																	
Los cordones de soldadura inspeccionados no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII Div. 1.																	
Los cordones de soldadura de coples no presentan defectos de soldadura.																	
El tanque no presenta concavidades ni abolladuras.																	
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.																
Cargo	Inspector																

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 4: Registros de aplicación de líquidos penetrantes.

REGISTRO DE APLICACIÓN DE LÍQUIDOS PENETRANTES																	
ÁREA DE PRODUCCIÓN		Pagina:															
		1 de 1															
O/S IND: 001205																	
1. DATOS GENERALES																	
Cliente	SERVOSA GAS SAC.																
Producto ensayado	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.																
N° de serie	TG-6250G-065-08.																
Material	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.																
Espesor de material	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm.																
Lugar de inspección	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.																
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO: Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 97, UG 103: Rules for construction of pressure vessels Norma ASME SECCION V, Artículo 6: Ensayos no destructivos.																	
3. MATERIALES																	
<ul style="list-style-type: none"> Kit de frascos en spray. Luminaria y lupa. Galgas de soldadura. Trapo y solvente industrial. 																	
4. PRUEBA																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Zona puntual</th> <th style="width: 70%;">Zona analizada</th> <th style="width: 20%;">Presenta indicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Cordones de soldadura del Cabezal A.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Cordones de soldadura Cabezal B.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> </tbody> </table>			Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones	1	Cordones de soldadura del Cabezal A.	No	2	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.	No	3	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.	No	4	Cordones de soldadura Cabezal B.	No
Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones															
1	Cordones de soldadura del Cabezal A.	No															
2	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo1.	No															
3	Cordones de soldadura circunferencial Cuerpo2.	No															
4	Cordones de soldadura Cabezal B.	No															
5. RESULTADOS Los cordones de soldadura inspeccionados no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII Div. 1.																	
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.																
Cargo	Inspector																

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 5: Registros de inspección radiográfica.

REGISTRO DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA																	
ÁREA DE PRODUCCIÓN		Pagina:															
		1 de 1															
O/S IND: 001205																	
1. DATOS GENERALES																	
Cliente	SERVOSA GAS SAC.																
Producto ensayado	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.																
Nº de serie	TG-6250G-065-08.																
Material	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.																
Espesor de material	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm.																
Lugar de inspección	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.																
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO:																	
Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 90, UG 97, UW 11, UW 46: Rules for construction of pressure vessels																	
Norma ASME SECCION VIII Div. 1. APENDICE 4: Rules for construction of pressure vessels																	
Norma ASME SECCION V, Artículo 1 y Artículo 2: Examen radiográfico																	
3. MATERIALES																	
<ul style="list-style-type: none"> Letras y números de plomo. Films radiográficos Indicadores de calidad Procesador de films. 																	
4. PRUEBA																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Zona puntual</th> <th style="width: 70%;">Zona analizada</th> <th style="width: 20%;">Presenta indicaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal A.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo1.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo2.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">4</td> <td>Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal B.</td> <td style="text-align: center;">No</td> </tr> </tbody> </table>			Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones	1	Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal A.	No	2	Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo1.	No	3	Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo2.	No	4	Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal B.	No
Zona puntual	Zona analizada	Presenta indicaciones															
1	Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal A.	No															
2	Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo1.	No															
3	Cordones de soldadura circunferencial y lineales Cuerpo2.	No															
4	Cordones de soldadura circunferenciales Cabezal B.	No															
5. RESULTADOS																	
Los cordones de soldadura evaluadas en los films radiográficos no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII Div. 1.																	
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.																
Cargo	Inspector																

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 6: Registros de prueba de presión hidrostática.

REGISTRO PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA				
ÁREA DE PRODUCCIÓN			Pagina:	1 de 1
O/S IND: 001205				
1. DATOS GENERALES				
Cliente:	SERVOSA GAS SAC.			
Producto ensayado:	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.			
Nº de serie:	TG-6250G-065-08.			
Material:	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.			
Espesor de material:	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm.			
Lugar de inspección:	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.			
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO: Normas ASME SECCION VIII Div. 1 UG 99: Rules for construction of pressure vessels.				
DESCRIPCIÓN	CALIBRADO	FECHA DE CALIBRACIÓN	OBSERVACIONES	
01 manómetro	SI	15/01/2022	CERT. Lb4-070	
3. DATOS DE LA PRUEBA				
<ul style="list-style-type: none"> • Medio de prueba usado: agua. • Presión de prueba: 325 psi. • Duración de prueba: 60 minutos. • Rango de manómetro: 0 - 600 psi. 				
4. PRUEBA				
N de prueba	Hora de inicio	intervalo	Presión (PSI)	Observaciones
1	09:30	30 min	325	Presión constate en manómetro
2	10:00	30 min	325	Presión constante en manómetro
3	10:30		325	Presión constante en manómetro
5. RESULTADOS Los cordones de soldadura evaluadas en los films radiográficos no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII Div. 1.				
			Si	No
El tanque presentó fuga por cordones de soldadura				√
El tanque presentó fuga por soldadura de entrada de hombre				√
El tanque presentó fuga por soldadura de accesorios				√
El tanque presento deformaciones				√
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.			
Cargo	Inspector			

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 7: Registros de prueba de presión neumática.

REGISTRO PRUEBA DE PRESIÓN NEUMÁTICA				
ÁREA DE PRODUCCIÓN			Página:	1 de 1
O/S IND: 001205				
1. DATOS GENERALES				
Cliente:	SERVOSA GAS SAC.			
Producto ensayado:	Un Tanque para almacenamiento de GLP de 6250 galones.			
Nº de serie:	TG-6250G-065-08.			
Material:	Acero tapa ASTM A-36 Acero cuerpo ASME SA-612.			
Espesor de material:	Cuerpo 12.5 mm, cabezal 9.00 mm.			
Lugar de inspección:	Calle A, Mz. A - Lote 22, Urb. Pro Industrial II etapa, San Martín de Porres, Lima.			
2. REQUISITO / MÉTODO DE ENSAYO:				
Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 21 UG 100: Presión de diseño Rules for construction of pressure vessels				
DESCRIPCIÓN	CALIBRADO	FECHA DE CALIBRACIÓN	OBSERVACIONES	
01 manómetro	SI	15/01/2022	CERT. Lb4-070	
3. DATOS DE LA PRUEBA				
<ul style="list-style-type: none"> Medio de prueba usado: aire. Presión de prueba: 110 psi. Duración de prueba: 60 minutos. Rango de manómetro: 0 - 600 psi. 				
4. PRUEBA				
N de prueba	Hora de inicio	Intervalo	Presión (PSI)	Observaciones
1	10:30	30 min	110	Presión constate en manómetro
2	11:00	30 min	110	Presión constante en manómetro
3	11:30		110	Presión constante en manómetro
5. RESULTADOS				
Los cordones de soldadura evaluadas en los films radiográficos no presentan discontinuidades que ameriten rechazo según Norma ASME SECCION VIII Div. 1.				
			Si	No
El tanque presentó fuga por conexiones de válvulas				√
El tanque presentó fuga por de entrada de hombre				√
El tanque presentó fuga por accesorios				√
Se observó caída de presión				√
Realizado:	Campos Nuñez Miguel A.			
Cargo	Inspector			

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 8: Memoria de cálculo de espesores para cuerpo y cabezales del tanque.

**Revisión de la memoria de cálculo
(función de radio interior de tanque)**

OS/IND: 1205
CLIENTE SERVOSA GAS
 Tipo Tanque para almacenamiento de GLP
 N° de serie TG- 6250G-065-08
 Material acero tapa A35 - acero cuerpo SA612
 Norma Utilizada ASME SECC. VIII Div. 1. UG 32 espesor sometido a presión
 ASME SECC. II Part. D. Tabla 1A

CABEZAL SEMIESFERICO

Diametro interno 2,250 mm
 Radio interior (R) 1,125 mm
 Presión de diseño (P) 250 PSI
 Esfuerzo max. permisible 16 534 PSI ASTM A36 ASME SECC. II Materiales.
 Eficiencia (E) 1

Espesor cabezal =	$(P \cdot R) / (2 \cdot S \cdot E - 0.20 \cdot P)$		ASME SECC. VIII DIV.1.
Espesor cabezal =	8.52 mm	0.34 plg	
Espesor inspeccionado =	9.01 mm	0.35 plg	

CUERPO CILINDRICO

Diametro interno 2,250 mm
 Radio interior (R) 1,125 mm
 Presión de diseño (P) 250 PSI
 Esfuerzo permisible (S) 23 641 PSI ASME SA 612 ASME SECC. II Materiales.
 Eficiencia (E) 1

Espesor cabezal =	$(P \cdot R) / (S \cdot E - 0.60 \cdot P)$		ASME SECC. VIII DIV.1.
Espesor cabezal =	11.97 mm	0.47 plg	
Espesor inspeccionado =	12.56 mm	0.49 plg	

Efectuado por	Campos Nuñez Miguel A.

Fuente: (ASME SECC. II Part D Material (Properties)., 2019, p. 14 y 30).

ANEXO 9: Características de metal base para calificación (acero SA-36).

QWQB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS Grouping of Base Metals for Qualification												
Ferrous												
Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding			Brazing			Nominal Composition	Product Form	
				P. No.	Group No.	S- No.	P. No.	S- No.				
SA-36	...	K02600	56 (400)	1	1	...	101	...	C-Mn-Si	Plate, bar & shapes		
SA-35	Type F	...	48 (330)	1	1	...	101	...	C	Furnace welded pipe		
SA-35	Type S, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	101	...	C	Smils. pipe		
SA-35	Type E, Gr. A	K02504	48 (330)	1	1	...	101	...	C	Resistance welded pipe		
SA-35	Type E, Gr. B	K03003	60 (415)	1	1	...	101	...	C-Mn	Resistance welded pipe		
SA-35	Type S, Gr. B	K03003	60 (415)	1	1	...	101	...	C-Mn	Smils. pipe		
SA-105	...	K03904	70 (485)	1	2	...	101	...	C	Flanges & fittings		
SA-106	A	K02501	46 (330)	1	1	...	101	...	C-Si	Smils. pipe		
SA-106	B	K03006	60 (415)	1	1	...	101	...	C-Mn-Si	Smils. pipe		
SA-106	C	K03501	70 (485)	1	2	...	101	...	C-Mn-Si	Smils. pipe		
A 106	1015 CW	G10150	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Bar		
A 106	1016 CW	G10160	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Bar		
A 106	1020 CW	G10200	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Bar		
A 106	6620 CW	G66200	90 (620)	...	3	3	...	102	0.5Ni-0.5Cr-Mo	Bar		
SA-134	SA285 Gr. A	...	45 (310)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. B	...	50 (345)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. C	K02401	55 (380)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. D	K02702	60 (415)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. A	K01700	45 (310)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. B	K02200	50 (345)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-134	SA285 Gr. C	K02601	55 (380)	1	1	...	101	...	C	Welded pipe		
SA-135	A	...	46 (330)	1	1	...	101	...	C	E.R.W. pipe		
SA-135	B	...	60 (415)	1	1	...	101	...	C	E.R.W. pipe		
A 135	A	...	46 (330)	...	1	1	...	101	C	Welded pipe		
A 135	B	K03003	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Welded pipe		
A 135	C	K03004	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Welded pipe		
A 135	D	K03010	60 (415)	...	1	1	...	101	C	Welded pipe		
A 135	E	K03012	66 (455)	...	1	1	...	101	C	Welded pipe		
A 146	90-60	...	90 (620)	...	4	3	...	103	...	Castings		
A 167	Type 302B	S30215	75 (515)	...	8	1	...	102	38Cr-8Ni-2Si	Plate, sheet & strip		
A 167	Type 308	S30800	75 (515)	...	8	2	...	102	20Cr-10Ni	Plate, sheet & strip		
A 167	Type 309	S30900	75 (515)	...	8	2	...	102	23Cr-12Ni	Plate, sheet & strip		
A 167	Type 310	S31000	75 (515)	...	6	2	...	102	25Cr-20Ni	Plate, sheet & strip		
SA-178	A	K01200	47 (325)	1	1	...	101	...	C	E.R.W. tube		

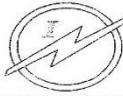
Fuente:(ASME SECC. IX. QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS., 2019, p. 79).

ANEXO 10: Características de metal base para calificación (acero SA-612).

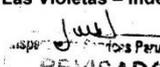
QW/QB-422 FERROUS/NONFERROUS P-NUMBERS AND S-NUMBERS (CONT'D)												
Grouping of Base Metals for Qualification												
Spec. No.	Type or Grade	UNS No.	Minimum Specified Tensile, ksi (MPa)	Welding				Brazing		Nominal Composition	Product Form	
				P- No.	S- No.	S- Group	S- No.	P- No.	S- No.			
												P- No.
SA-992	E	K11695	115 (795)	11B	2	102	...	1.75Cr-0.5Mo-Cu	Forgings, 2½ in. (64 mm)
SA-992	A	K11656	105 (725)	11B	1	...	...	...	101	...	0.5Cr-0.25Mo-Si	Forgings, 2½ in.-4 in. (64 mm-102 mm)
SA-992	A	K11656	115 (795)	11B	1	...	...	...	101	...	0.5Cr-0.25Mo-Si	Forgings, 2½ in. (64 mm)
SA-612	...	K02900	83 (560)	10C	1	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate > ½ in.-1 in. (13 mm)
SA-612	...	K02900	83 (570)	10C	1	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate, ½ in. (13 mm) &
A 616	II, b	K12609	67 (460)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-Cu-V	Tube > ¾ in.-1½ in. (19 mm-38 mm)
A 618	II, a	K12609	70 (485)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-Cu-V	Tube > ¾ in.-1½ in. (19 mm) &
A 618	III	K12700	65 (450)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-V	Tube
A 633	A	K01602	65 (455)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-Cb	Plate & shapes
A 633	Cb	K12000	65 (450)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-Cb	Plate > 2½ in.-4 in. (64 mm-102 mm), &
A 633	Ca	K12000	70 (485)	...	...	...	...	...	101	...	Mn-Cb	Plate to 2½ in. (64 mm)
A 633	D b	K12037	65 (450)	...	...	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate > 2½ in.-4 in. (64 mm-102 mm), &
A 633	D a	K12037	70 (485)	...	...	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate to 2½ in. (64 mm)
A 633	E	K12202	60 (500)	...	...	...	...	...	101	...	C-Mn-Si-V	Plate to 2½ in. (64 mm)
SA-645	...	K41963	95 (655)	11A	2	...	...	...	101	...	5Ni-0.25Mo	Plate & shapes
SA-660	WCA	J02504	60 (415)	1	1	...	...	...	101	...	C-Si	Plate
SA-660	WCC	J02505	70 (485)	1	2	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Centrifugal cast pipe
SA-660	WCB	J03003	70 (485)	1	2	...	...	...	101	...	C-Si	Centrifugal cast pipe
SA-662	A	K01701	58 (400)	1	1	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate
SA-662	C	K02007	70 (485)	1	2	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate
SA-662	B	K02203	65 (450)	1	1	...	...	...	101	...	C-Mn-Si	Plate
A 663	...	...	...	...	...	...	...	...	101	...	C	Bar
SA-666	201-1	S20300	75 (515)	8	3	...	...	...	102	...	17Cr-4Ni-0Mn	Plate, sheet & strip
SA-666	201-2	S20300	95 (655)	8	3	...	...	...	102	...	17Cr-4Ni-0Mn	Plate, sheet & strip
SA-666	XM-11	S21904	90 (620)	8	3	...	...	...	102	...	21Cr-6Ni-9Mn	Plate, sheet & strip
SA-666	302	S30200	75 (515)	6	1	...	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet & strip
SA-666	304	S30400	75 (515)	6	1	...	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet & strip
SA-666	304L	S30403	70 (485)	6	1	...	...	...	102	...	18Cr-8Ni	Plate, sheet & strip
SA-666	304N	S30451	60 (500)	6	1	...	...	...	102	...	18Cr-6Mn-N	Plate, sheet & strip
SA-666	304LN	S30453	75 (515)	6	1	...	...	...	102	...	18Cr-6Mn-N	Plate, sheet & strip
SA-666	316	S31600	75 (515)	6	1	...	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet & strip
SA-666	316L	S31603	70 (485)	8	1	...	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo	Plate, sheet & strip
SA-666	316N	S31651	80 (550)	8	1	...	...	...	102	...	16Cr-12Ni-2Mo-N	Plate, sheet & strip

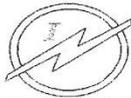
Fuente: (ASME SECC. IX. QUALIFICATION STANDARD FOR WELDING AND BRAZING PROCEDURES, WELDERS, BRAZERS, AND WELDING AND BRAZING OPERATORS., 2019, p. 100).

ANEXO 11: Reportes e informes técnicos de inspección radiográfica.



INSPECTRONIC BUSINESS S.A.C.

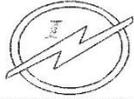
REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA							
Cliente: BILCONGAS							
Obra: TANQUE ESTACIONARIO 16-6000				Sección: Soldada			
Tipo de material: A 516-70				Penetrómetro Número IQI: I B			
Espesor de metal base: 16 mm Y 9 mm				Penet. Ubicación Lado fuente: X		Lado Película:	
Espesor de soldadura:				Tipo de película y tamaño: 2 T - 17" x 2 3/4"			
Proceso de soldadura: SMAW				Simple: X		Múltiple:	
Estado de la superficie de acabado:				Tipo de fuente: IR 192		Curies: 3	
Configuración de la Junta: TOPE				Tamaño de fuente: 0.125"			
Longitud de soldadura:				Penumbra Geométrica: 0.010"			
Código / Standard aplicable: ASME V VIII				Tipo de Pantalla: Pb		Espesor anterior: 0.005"	
				Espesor posterior: 0.005"			
Procedimiento RT N°:				Procesamiento de la película: Manual			
Identificación	Diámetro	Discontinuidad	Acept.	Repa.	Nivel de calidad	Densidad	Observaciones
CI 1		D		X	2-2 T	2-4	
2			X		2-2 T	2-4	
3		Aa		X	2-2 T	2-4	
4			X		2-2 T	2-4	
5			X		2-2 T	2-4	
6			X		2-2 T	2-4	
7			X		2-2 T	2-4	
8			X		2-2 T	2-4	
9			X		2-2 T	2-4	
10			X		2-2 T	2-4	
11		Aa		X	2-2 T	2-4	
12		C		X	2-2 T	2-4	
13			X		2-2 T	2-4	
14			X		2-2 T	2-4	
15			X		2-2 T	2-4	
16			X		2-2 T	2-4	
17			X		2-2 T	2-4	
18		C		X	2-2 T	2-4	
19			X		2-2 T	2-4	
Código de Discontinuidad							
Aa Porosidad Agrupada	C Falta de Fusión	Ci Concavidad Interna	Z Falla de Película				
Ab Porosidad Tubular	D Falta de Penetración	I Cordon Irregular	Q Quemón				
Ac Porosidad Aislada	Ea Fisura Longitudinal	K Crater					
Ad Porosidad en Línea	Eb Fisura Transversal	L Corrimiento de Borde					
Ba Escoria Diversa	Fa Socavado Interno	T Formación de Gotas					
Bb Escoria Alineada	Fb Socavado Externo	W Inclusión de Tungsteno					
Responsable Prueba : Carlos Zegarra SNT-TCI ^a Nivel II							
Revisado Por : _____ SNT-TC-1A Nivel II Fecha _____							
Responsable Cliente : _____ Cargo Eddis Manchay Sanchez Fecha _____							
Total de Radiografías : _____							
Responsable Prueba : _____							
Jr. Cantuta N° 163 Las Violetas – Independencia Lima Perú Teléfono 564-2561 999059205							
 REVISADO							



INSPECTRONIC BUSINESS S.A.S.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA							
Cliente: BILCONGAS							
Obra: TANQUE ESTACIONARIO 16-6000			Sección: Soldada				
Tipo de material: A 516-70			Penetrómetro Número IQI: I B				
Espesor de metal base: 16 mm Y 9 mm			Penet. Ubicación Lado fuente: X Lado Película:				
Espesor de soldadura:			Tipo de película y tamaño: 2 T - 17" x 2 3/4"				
Proceso de soldadura: SMAW			Simple: X Múltiple:				
Estado de la superficie de acabado:			Tipo de fuente: IR 192 Curies: 3				
Configuración de la Junta: TOPE			Tamaño de fuente: 0.125"				
Longitud de soldadura:			Penumbra Geométrica: 0.010"				
Código / Standard aplicable: ASME V			Tipo de Pantalla: Pb Espesor anterior: 0.005"				
VIII			Espesor posterior: 0.005"				
Procedimiento RT N°:			Procesamiento de la película: Manual				
Identificación	Diámetro	Discontinuidad	Accept.	Repa.	Nivel de calidad	Densidad	Observaciones
C2 1		D		X	2-2 T	2-4	
2			X		2-2 T	2-4	
3			X		2-2 T	2-4	
4			X		2-2 T	2-4	
5			X		2-2 T	2-4	
6		Fa		X	2-2 T	2-4	
7			X		2-2 T	2-4	
8			X		2-2 T	2-4	
9			X		2-2 T	2-4	
10		Ac		X	2-2 T	2-4	
11		Aa		X	2-2 T	2-4	
12			X		2-2 T	2-4	
13			X		2-2 T	2-4	
14			X		2-2 T	2-4	
15			X		2-2 T	2-4	
16			X		2-2 T	2-4	
17			X		2-2 T	2-4	
18		C		X	2-2 T	2-4	
19		Ac		X	2-2 T	2-4	
Código de Discontinuidad							
Aa Porosidad Agrupada	Falta de Fusión	Ci Concavidad Interna	Z Falla de Película				
Ab Porosidad Tubular	D Falta de Penetración	I Cordón Irregular	Q Quemón				
Ac Porosidad Aislada	Ea Fisura Longitudinal	K Cráter					
Ad Porosidad en Línea	Eb Fisura Transversal	L Corrimiento de Borde					
Ba Escoria Diversa	Fa Socavado Interno	T Formación de Gotas					
Bb Escoria Alineada	Fb Socavado Externo	W Inclusión de Tungsteno					
Responsable Prueba :	Carlos Zegarra	SNT-TCI ¹ Nivel II					
Revisado Por :		SNT-TC-1A Nivel II	Fecha				
Responsable Cliente :		Cargo Eddis Manchar Sanchez	Fecha				
Total de Radiografías :			Inspector				
Responsable Prueba :			REVISADO				

Jr. Cantuta N° 163 Las Violetas – Independencia Lima Perú Teléfono 564-2561 999059205

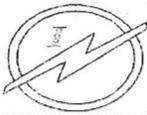


INSPICTRONIA BUSINESS S.A.C.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA							
Cliente: BILCONGAS							
Obra: TANQUE ESTACIONARIO 16-6000				Sección: Soldada			
Tipo de material: A 516-70				Penetrómetro Número IQI: 1 B			
Espesor de metal base: 16 mm Y 9 mm				Penet. Ubicación Lado fuente: X Lado Película:			
Espesor de soldadura:				Tipo de película y tamaño: 2 T - 17" x 2 3/4"			
Proceso de soldadura: SMAW				Simple: X Múltiple:			
Estado de la superficie de acabado:				Tipo de fuente: IR 192 Curies: 3			
Configuración de la Junta: TOPE				Tamaño de fuente: 0.125"			
Longitud de soldadura:				Penumbra Geométrica: 0.010"			
Código / Standard aplicable: ASME V				Tipo de Pantalla: Pb Espesor anterior: 0.005"			
VIII				Espesor posterior: 0.005"			
Procedimiento RT N°:				Procesamiento de la película: Manual			
Identificación	Diámetro	Discontinuidad	Acept.	Repa.	Nivel de calidad	Densidad	Observaciones
C3 1		D		X	2-2 T	2-4	
2			X		2-2 T	2-4	
3			X		2-2 T	2-4	
4		Ab		X	2-2 T	2-4	
5			X		2-2 T	2-4	
6			X		2-2 T	2-4	
7			X		2-2 T	2-4	
8		Ac		X	2-2 T	2-4	
9		Ac		X	2-2 T	2-4	
10		Ac		X	2-2 T	2-4	
11			X		2-2 T	2-4	
12			X		2-2 T	2-4	
13			X		2-2 T	2-4	
14			X		2-2 T	2-4	
15			X		2-2 T	2-4	
16			X		2-2 T	2-4	
17			X		2-2 T	2-4	
18			X		2-2 T	2-4	
19			X		2-2 T	2-4	
Código de Discontinuidad							
Aa Porosidad Agrupada	C Falta de Fusión	Ci Concavidad Interna	Z Falla de Película				
Ab Porosidad Tubular	D Falta de Penetración	I Cordón Irregular	Q Quemón				
Ac Porosidad Aislada	Ea Fisura Longitudinal	K Cráter					
Ad Porosidad en Línea	Eb Fisura Transversal	L Corrimiento de Borde					
Ba Escoria Diversa	Fa Socavado Interno	T Formación de Gotas					
Bb Escoria Alineada	Fb Socavado Externo	W Inclusión de Tungsteno					
Responsable Prueba :	Carlos Zegarra	SNT-TCI [®] Nivel II					
Revisado Por :		SNT-TC-1A Nivel II	Fecha _____				
Responsable Cliente :		Cargo Eddis Manchay Sanchez	Fecha _____				
Total de Radiografías :							
Responsable Prueba :							

Jr. Cantuta N° 163 Las Violetas – Independencia Lima Perú Teléfono 564-2561 999059205

INSPECCIÓN PERU S.A.C.
REVISADO



INSPECTRONIC BUSINESS S.A.C.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

Cliente: BILCONGAS	
Obra: TANQUE ESTACIONARIO 16-6000	Sección: Soldada
Tipo de material: A 516-70	Penetrómetro Número IQI: 1 B
Espesor de metal base: 16 mm Y 9 mm	Penet. Ubicación Lado fuente: X Lado Película:
Espesor de soldadura:	Tipo de película y tamaño: 2 T - 17" x 2 3/4"
Proceso de soldadura: SMAW	Simple: X Múltiple:
Estado de la superficie de acabado:	Tipo de fuente: 1R 192 Curies: 3
Configuración de la Junta: TOPE	Tamaño de fuente: 0.125"
Longitud de soldadura:	Penumbra Geométrica: 0.010"
Código / Standard aplicable: ASME V	Tipo de Pantalla: Pb Espesor anterior: 0.005"
VIII	Espesor posterior: 0.005"
Procedimiento RT N°:	Procesamiento de la película: Manual

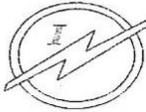
Identificación	Diámetro	Discontinuidad	Acept.	Repa.	Nivel de calidad	Densidad	Observaciones
TAPA A 1		D		X	2-2 T	2-4	
2		D		X	2-2 T	2-4	
3		Ac		X	2-2 T	2-4	
4		Ac		X	2-2 T	2-4	
5			X		2-2 T	2-4	
6			X		2-2 T	2-4	
7			X		2-2 T	2-4	
8			X		2-2 T	2-4	
9			X		2-2 T	2-4	
10			X		2-2 T	2-4	
11			X		2-2 T	2-4	
12			X		2-2 T	2-4	
13			X		2-2 T	2-4	
14			X		2-2 T	2-4	
15			X		2-2 T	2-4	
16		Ac		X	2-2 T	2-4	
17		Fa		X	2-2 T	2-4	
18			X		2-2 T	2-4	
19			X		2-2 T	2-4	
20			X		2-2 T	2-4	

Código de Discontinuidad

Aa Porosidad Agrupada	C Falta de Fusión	Ci Concavidad Interna	Z Falla de Película
Ab Porosidad Tubular	D Falta de Penetración	I Cordón Irregular	Q Quemón
Ac Porosidad Aislada	Ea Fisura Longitudinal	K Crater	
Ad Porosidad en Línea	Eb Fisura Transversal	L Corrimiento de Borde	
Ba Escoria Diversa	Fa Socavado Interno	T Formación de Gotas	
Bb Escoria Alineada	Fb Socavado Externo	W Inclusión de Tungsteno	

Responsable Prueba : Carlos Zegarra SNT-TC1^a Nivel II
 Revisado Por : _____ SNT-TC-1A Nivel II Fecha _____
 Responsable Cliente : _____ Cargo Eddis Manchay Sanchez Fecha _____
 Total de Radiografías : _____
 Responsable Prueba : _____

inspe [Signature] SAC
REVISADO



INSPECTRONIC BUSINESS S.A.C.

REPORTE DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA							
Cliente: BILCONGAS							
Obra: TANQUE ESTACIONARIO 16-6000				Sección: Soldada			
Tipo de material: A 516-70				Penetrómetro Número IQI: I B			
Espesor de metal base: 16 mm Y 9 mm				Penet. Ubicación Lado fuente: X Lado Película:			
Espesor de soldadura:				Tipo de película y tamaño: 2 T - 17" x 2 3/4"			
Proceso de soldadura: SMAW				Simple: X Múltiple:			
Estado de la superficie de acabado:				Tipo de fuente: IR 192 Curies: 3			
Configuración de la Junta: TOPE				Tamaño de fuente: 0.125"			
Longitud de soldadura:				Penumbra Geométrica: 0.010"			
Código / Standard aplicable: ASME V				Tipo de Pantalla: Pb Espesor anterior: 0.005"			
VIII				Espesor posterior: 0.005"			
Procedimiento RT N°:				Procesamiento de la película: Manual			
Identificación	Diámetro	Discontinuidad	Accept.	Repa.	Nivel de calidad	Densidad	Observaciones
TAPA B 31		D		X	2-2 T	2-4	
32			X		2-2 T	2-4	
33		Ac		X	2-2 T	2-4	
34		Fa		X	2-2 T	2-4	
35			X		2-2 T	2-4	
36			X		2-2 T	2-4	
37			X		2-2 T	2-4	
38			X		2-2 T	2-4	
39			X		2-2 T	2-4	
40			X		2-2 T	2-4	
41			X		2-2 T	2-4	
42			X		2-2 T	2-4	
43			X		2-2 T	2-4	
44		Ac		X	2-2 T	2-4	
45		Ac		X	2-2 T	2-4	
46		Ac		X	2-2 T	2-4	
47		C		X	2-2 T	2-4	
48			X		2-2 T	2-4	
49			X		2-2 T	2-4	
50			X		2-2 T	2-4	
Código de Discontinuidad							
Aa Porosidad Agrupada	C Falta de Fusión	Ci Concavidad Interna	Z Falla de Película				
Ab Porosidad Tubular	D Falta de Penetración	I Cordón Irregular	Q Quemón				
Ac Porosidad Aislada	Ea Fisura Longitudinal	K Crater					
Ad Porosidad en Línea	Eb Fisura Transversal	L Corrimiento de Borde					
Ba Escoria Diversa	Fa Socavado Interno	T Formación de Gotas					
Bb Escoria Alineada	Fb Socavado Externo	W Inclusión de Tungsteno					
Responsable Prueba :	Carlos Zegarra	SNT-TCI° Nivel	II				
Revisado Por :		SNT-TC-IA Nivel	II	Fecha			
Responsable Cliente :		Cargo	Eddis Marchay Sanchez	Fecha			
Total de Radiografías :	inspe Services Peru S.A.C.						
Responsable Prueba :	ADU						

Jr. Cantuta N° 163 Las Violetas - Independencia Lima Perú Teléfono 564-2561 999059205

Fuente: Archivos radiográficos de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. (2022)



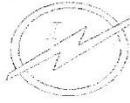
INSPECCIÓN TÉCNICA S.A.S.

INFORME TÉCNICO N° 201-21

**INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA
EN UNIONES DE SOLDADURA**

**TANQUE SEMIREMOLQUE
22-14,000**

CLIENTE: PETROGAS TRADING SAC



INPECTO S.A.S.

INFORME TÉCNICO 201-21

CLIENTE : PETROGAS TRADING SAC
ASUNTO : INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA EN UNIONES DE
SOLDADURA TANQUE SEMIREMOLQUE
FECHA DE INSPECCIÓN : SETIEMBRE 2021
LUGAR DE INSPECCIÓN : SMP-LIMA

I. OBJETIVO:

La inspección por el método radiográfico tiene como propósito detectar discontinuidades (poros, escorias, etc.) inaceptables en las uniones soldadas.

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO INSPECCIONADO

EQUIPO : TANQUE SEMIREMOLQUE
SERIE : 22-14,000.
CAPACIDAD : 14,000 Galones
DIAMETRO : 2440 mm
ESPESOR : - Cuerpo 16 mm
- Tapa 8 mm

MATERIAL : Acero
Cuerpo: ASTM A-516-70
Tapa: ASTM A-516-70



FMP INGENIEROS E.I.R.L.

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSPECCIÓN:

EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS:

- Un equipo Gammagráfico modelo SPEC-2T
- Indicadores de calidad.
- Letras y números de plomo
- Detector de radiación NS-2000
- Procesador de Films.

CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO : ASME SECC V

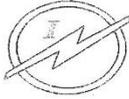
CÓDIGO DE EVALUACIÓN : ASME SECC. VIII DIV. 1

IV. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN:

La prueba se realizó en la soldadura a tope en este tanque, donde se encontraron films a reparar con un total de 44 defectos de soldadura

Lima, Setiembre 2021


CARLOS ZAGARRA R.
CARLOS ZAGARRA ROJAS
NIVEL II ASNT
GERENTE TECNICO



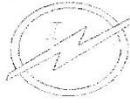
RADIOTRONIC S.A.S.

INFORME TÉCNICO N° 152-22

**INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA
EN UNIONES DE SOLDADURA**

**TANQUE ESTACIONARIO
TG-6250G-065-08**

CLIENTE: SERVOSA GAS SAC



RADIÓGRAFIA INDUSTRIAL S.A.S.

INFORME TÉCNICO N° 152-22

CLIENTE : SERVOSA GAS SAC.
ASUNTO : INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA EN UNIONES DE
SOLDADURA TANQUE
FECHA DE INSPECCIÓN : SETIEMBRE 2022
LUGAR DE INSPECCIÓN : SMP-LIMA

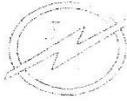
I. OBJETIVO:

La inspección por el método radiográfico tiene como propósito detectar discontinuidades (poros, escorias, etc.) inaceptables en las uniones soldadas.

II. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EQUIPO INSPECCIONADO

EQUIPO : Tanque Estacionario
SERIE : TG-6250G-065-08
CAPACIDAD : 6250 Galones
DIAMETRO : 2250 mm
ESPESOR : - Cuerpo 12.5 mm
- Tapa 9 mm

MATERIAL : Acero
Cuerpo : ASTM A - 36
Tapa : ASTM A-612



FMP INGENIEROS E.I.R.L.

III. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA INSPECCIÓN:

EQUIPOS Y MATERIALES EMPLEADOS:

- Un equipo Gammagráfico modelo SPEC-2T
- Indicadores de calidad.
- Letras y números de plomo
- Detector de radiación NS-2000
- Procesador de Films.

CÓDIGO DE PROCEDIMIENTO : ASME SECC V

CÓDIGO DE EVALUACIÓN : ASME SECC. VIII DIV. 1

IV. RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN:

La prueba se realizó en la soldadura a tope en el tanque estacionario, donde se encontraron films a reparar con un total de 8 defectos de soldadura

Lima, Setiembre 2022

CARLOS ZAGARRA R.

CARLOS ZAGARRA ROJAS
NIVEL II ASNT
GERENTE TECNICO

ANEXO 12: Procedimiento de medición de dureza y caracterización de material

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:	
	Pagina:	1 de 1
PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE DUREZA Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL		
<p>1. OBJETIVO El objetivo de siguiente procedimiento es dar las pautas necesarias para la caracterización del material mediante la medición de dureza a planchas de acero para la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma ASME sección VIII Div. 1 UG-4 (Todo material sujeto a presión deberá concordar con las especificaciones dadas en la sección II parte D). UG-93 (todo material debe ser inspeccionado antes de ser utilizado en la construcción de recipientes a presión). UW-5 (Todo material usado en la fabricación de recipientes a presión la calidad debe ser satisfactoria con la calificación del procedimiento de soldadura bajo la sección IX). • Norma ASME sección IX. • QW-200.3. (Todo material aceptado por la SECCION VIII Div. 1, se encuentran indicados en la tabla QW/QB 422). <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durómetro portátil marca Wilson. • Taladro portátil. • Juego de lijas. • Trapos industrial y solvente de limpieza. <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar y marcar las planchas de acero a ensayar. • Pulir con el taladro y juegos de lijas una zona determinada. • Limpiar con solvente y trapo industrial la zona a ensayar. • Medir la dureza con el durómetro portátil. • Tomar nota de las lecturas. 		
Elaboró		Revisó:
Aprobó		
Cargo:		
Nombre		

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 13: Procedimiento de medición de espesores.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
ÁREA DE PRODUCCIÓN		Fecha de emisión:	
		Pagina:	1 de 1
PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE ESPESORES			
<p>1. OBJETIVO El objetivo de siguiente procedimiento es dar las pautas requeridas para la medición de espesor en cuerpo y cabezal en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG-27 (El espesor requerido del material sometido a presión no deberá ser menor que el calculado por las fórmulas indicadas). UG-90 (Asegurar que el espesor requerido sea el calculado por las fórmulas indicadas). UG-93 (todo material debe ser inspeccionado antes de ser utilizado en la construcción de recipientes a presión). <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor de espesores por ultrasonido marca DAKOTA, Modelo MVX, serie 77214. • Gel conductor. • Trapos industrial y solvente de limpieza. <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar y marcar los puntos de acero a ensayar. • Limpiar con solvente y trapo industrial la zona a ensayar. • Medir espesor en puntos aleatorios en cuerpo y cabezales en tanque. • Tomar nota de las lecturas. 			
	Elaboró	Revisó:	Aprobó
Cargo:			
Nombre			

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 14: Procedimiento de inspección visual.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:	
	Página:	1 de 2
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL		
<p>1. OBJETIVO El objetivo del siguiente procedimiento es dar los requerimientos necesarios para la inspección visual en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p>		
<p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p>		
<p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none">• Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 90 (Inspecciones y pruebas en la fabricación de recipientes a presión). UG-97 (Toda soldadura del recipiente será inspeccionado). UG-80 (Redondez permisible). UG-103 (Pruebas no destructivas). APÉNDICE 4 (indicaciones estándar aceptadas determinadas por radiografía en soldadura). UW-46 (Inspecciones y pruebas en juntas soldadas).• Norma ASME SECCION V ARTÍCULO 1, Tabla A-110 (Imperfecciones en soldadura). ARTÍCULO 9 (Examinación visual).		
<p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none">• Flexómetro.• Solvente Industrial.• Escobilla de acero y trapo industrial.• Luminaria o linterna.• Lupa o lente de aumento.• Galgas de soldadura.		
<p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none">• Limpieza y biselado en las planchas de acero de tapas y cuerpo según WPS.• Apuntalado del cuerpo cilíndrico y cabezales con electrodo E-6011.• Rellenado con electrodo E-7018, con 2 pasadas internos y externos, con previo precalentamiento de las planchas de acero a 60° C aprox.• Limpieza de la escoria al término pasada de soldadura.• La perforación para los acoples y nipples, deben de estar nivelados, y los cordones de soldadura una pasada con electrodo E-6011 y repasado con electrodo E-7018• Inspección visual y tintes penetrantes al término de cada pase en la soldadura• Evaluación de indicaciones según norma de fabricación del recipiente.		

**PROCEDIMIENTOS
DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

ÁREA DE PRODUCCIÓN

Fecha de emisión:

Página:

2 de 2

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN VISUAL

6. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ASME SECCIÓN VIII DIV. 1. APÉNDICE 4

Criterios de evaluación por inspección visual

Poros en grupo	Esta indicación en la soldadura no es aceptada y debe ser reparado.
Penetración excesiva	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
socavación	-La socavación en pase raíz no deberá exceder los 2 mm. -La socavación en pase de acabado no debe exceder 2 mm de profundidad. -Socavación en soldadura de filete no será mayor de 2 mm
Falta de penetración	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Inclusiones de escoria	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Falta de fusión	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Poros dispersos	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Salpicadura	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Grietas longitudinal o transversal	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
quemadura	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Poros aislados	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado

Elaboró

Revisó:

Aprobó

Cargo:

Nombre

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 15: Procedimiento de aplicación de líquidos penetrantes.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:	
	Pagina:	1 de 1
PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LIQUIDOS PENETRANTES		
<p>1. OBJETIVO El objetivo de siguiente procedimiento es dar las pautas necesarias para la aplicación de líquidos penetrantes en los cordones de soldadura en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG-97 (Toda soldadura del recipiente será inspeccionado) UG-103 (Pruebas no destructivas) APÉNDICE 8 (método de examinación por líquidos penetrantes). • Norma ASME SECCION V ARTÍCULO 6 (Examen por líquidos penetrantes) <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kit de líquidos penetrantes y • Solvente Industrial y trapos industriales • Luminaria, lupa y galgas de soldadura. <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la superficie a ensayar, con escobilla de acero y solvente industrial • Aplicar el spray de tinte penetrante, dar un tiempo de penetración de entre 20-30 minutos. • Eliminar el exceso de penetrante con trapos impregnados con el removedor • Aplicar el revelador e inspeccionar todo tipo de manchas rojas sobre el revelador e interpretar las discontinuidades. <p>6. CRITERIO DE EVALUACION ASME SECCION VIII Div. 1. APENDICE 8 Indicaciones con dimensiones mayores a 0.5 mm será rechazada</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicación lineal es aquella que tiene la longitud de 3 veces mayor que su ancho • Indicación redondeada es circular o elíptica con longitud igual o inferior a tres veces su ancho 		
Elaboró		
Revisó:		
Aprobó		
Cargo:		
Nombre		

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 16: Procedimiento de inspección radiográfica.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS		
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:	
	Página:	1 de 2
PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA		
<p>1. OBJETIVO El objetivo del siguiente procedimiento es dar los requerimientos necesarios para la inspección radiográfica en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none">• Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG 90 (Inspecciones y pruebas en la fabricación de recipientes a presión) UG-97 (Toda soldadura del recipiente será inspeccionado) UW-11 (Las juntas soldadas se verificarán radiográficamente) APÉNDICE 4 (indicaciones estándar aceptadas determinadas por radiografía en soldadura). UW-46 (Inspecciones y pruebas en juntas soldadas)• Norma ASME SECCION V ARTÍCULO 1, Tabla A-110 (Imperfecciones en soldadura) ARTÍCULO 2 (Examinación Radiográfico) <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none">• Equipo Gamma-gráfico modelo SPEC-2T• Films radiográficos• Indicadores de calidad• Letras y números de plomo• Detector de radiación NS-2000• Procesador de films <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none">• Realizar todos los films radiográficos.		

**PROCEDIMIENTOS
DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS**

ÁREA DE PRODUCCIÓN

Fecha de emisión:

Página:

2 de 2

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN RADIOGRÁFICA

6. CRITERIO DE EVALUACION DE LOS FILMS RADIOGRAFICOS - ASME SECCION VIII Div. 1. APENDICE 4

Criterios de evaluación por inspección visual

Poros en grupo	Esta indicación en la soldadura no es aceptada y debe ser reparado.
Penetración excesiva	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Socavación	-La socavación en pase raíz no deberá exceder los 2 mm. -La socavación en pase de acabado no debe exceder 2 mm de profundidad. -Socavación en soldadura de filete no será mayor de 2 mm
Falta de penetración	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Inclusiones de escoria	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Falta de fusión	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Poros dispersos	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Salpicadura	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Grietas longitudinal o transversal	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Quemadura	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado
Poros aislados	Este defecto de soldadura no es aceptado y debe ser reparado

Elaboró	Revisó:	Aprobó
Cargo:		
Nombre		

Fuente: Elaboración propia (2022).

ANEXO 17: Procedimiento de prueba por presión hidrostática.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:		
	Pagina:	1 de 1	
PROCEDIMIENTO DE PRUEBA POR PRESIÓN HIDROSTÁTICA			
<p>1. OBJETIVO El objetivo de siguiente procedimiento es dar las pautas para la inspección de la prueba por presión hidrostática a tanque para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG-99 (la presión de prueba hidrostática será al menos igual a 1.3 veces la presión máxima de diseño) <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bomba de alta presión (1000 PSI) accionado manualmente • Manguera de alta presión • Manómetro de 0-600 PSI conectada directamente al cople de Ø ¾ con válvula de bola para retención. <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cerrar herméticamente todas las conexiones y bridas • Colocar la válvula de retención en cople de Ø ¾. • Llenar el tanque mediante la bomba. • Instalar manómetro calibrado. • Inyectar presión hidrostática utilizando la bomba a 325 PSI • Verificar la prueba • Tiempo de prueba 1 hora. • Vaciado de tanque. 			
	Elaboró	Revisó:	Aprobó
Cargo:			
Nombre			

Fuente: Elaboración propia (2022).

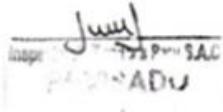
ANEXO 18: Procedimiento de prueba por presión neumática.

PROCEDIMIENTOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS			
ÁREA DE PRODUCCIÓN	Fecha de emisión:		
	Pagina:	1 de 1	
PROCEDIMIENTO DE PRUEBA POR PRESIÓN NEUMÁTICA			
<p>1. OBJETIVO El objetivo de siguiente procedimiento es dar las pautas para la inspección de la prueba por presión neumática a tanque para almacenamiento de GLP.</p> <p>2. ALCANCE A todos los tanques fabricados en el área de Producción.</p> <p>3. REQUISITO DE ENSAYO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma ASME SECCION VIII Div. 1 UG-90 (Presencia de la prueba neumática) UG-100 (la presión de prueba neumática será al menos igual a 1.25 veces la presión máxima de trabajo) <p>4. EQUIPO EMPLEADO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compresor de alto caudal, marca ATLAS COPCO modelo BT3 • Manguera de alta presión • Válvula de servicio de Ø ¾ con dispositivo para conexión a manguera. • Manómetro de 0-600 PSI conectada directamente al cople de Ø ¾ con válvula de bola para retención. <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalar todas las válvulas y montar el manhole. • Colocar la válvula de servicio de Ø ¾ para conexión a manguera. • Llenar el tanque con aire mediante compresor hasta llegar a la presión máxima de operación 110 PSI. • Instalar manómetro calibrado. • Verificar la prueba y fugas en conexiones. • Tiempo de prueba 1 hora. • Vaciado de tanque. 			
	Elaboró	Revisó:	Aprobó
Cargo:			
Nombre			

Fuente: Elaboración propia (2022).

Procedimiento de validación y confiabilidad.

ANEXO 19: Certificados de contrastación de manómetro.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA, ENSAYOS MECANICOS Y METROLOGIA LABORATORIO N° 4
<u>INFORME TECNICO</u> Lb4-070	
CONTRASTACION DE MANOMETRO	
SOLICITANTE	: INSPECTRONIC BUSINESS S.A.C.
REFERENCIA	: Orden de Laboratorio N° 095431
FECHA	: Lima, 15 de Enero de 2022
<hr/>	
1. ANTECEDENTES	Se recibió un (01) manómetro para su contrastación.
2. DEL MANOMETRO	Se identificó según el Cliente con las siguientes características: <ul style="list-style-type: none">• Marca : NUOVA FIMA• Rango : (0 - 600) PSI• Capacidad : 600 PSI• Aproximación : 10 PSI
3. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	Según Norma Indecopi PC-004 "Procedimiento de calibración de manómetros, vacuómetros y manovacúómetros de trabajo de deformación elástica"
4. EQUIPOS UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none">• Calibrador de Presiones, Marca FLUKE, capacidad 10 000 PSI• Bomba hidráulica, Marca FLUKE.• Sensor de Módulo, Marca FLUKE.
5. CONDICIONES DE ENSAYO	Temperatura ambiente 22°C, humedad relativa 69%
 Inspeccionado por: ADU	
 JEFATURA	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA, ENSAYOS MECANICOS Y METROLOGIA

LABORATORIO N° 4

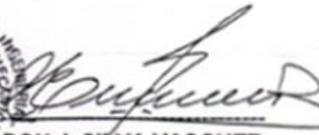
Lb4-070

6. RESULTADOS

N° DE LECTURA	LECTURA EN EL PATRON		LECTURA EN EL INSTRUMENTO (PSI)	DIFERENCIA DE LECTURAS		HISTERESIS (PSI)
	ASCENSO (PSI)	DESCENSO (PSI)		ASCENSO (PSI)	DESCENSO (PSI)	
1	103,3	100,7	100	-3,3	-0,7	2,6
2	202,9	200,6	200	-2,9	-0,6	2,3
3	304,5	302,3	300	-4,5	-2,3	2,2
4	402,7	401,5	400	-2,7	-1,5	1,2
5	500,0	500,0	500	0,0	0,0	0,0

7. CONCLUSIONES

- (e.m.p) = 10 PSI
- La diferencia de lecturas es menor a 10 PSI (e.m.p).
- El error de histéresis es menor a 10 PSI (e.m.p).
- Según Norma indicada, el manómetro está OPERATIVO.



ING. WILSON J. SILVA VASQUEZ
CIP. 41941
Jefe del Laboratorio N° 4

Fuente: Certificados de calibración de equipo de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. (2022)

WARRANTY INFORMATION

• Warranty Statement •

Dakota Ultrasonics warrants the **CMX^{DL+}** against defects in materials and workmanship for a period of two years from receipt by the end user. Additionally, Dakota Ultrasonics warrants transducers and accessories against such defects for a period of 90 days from receipt by the end user. If Dakota Ultrasonics receives notice of such defects during the warranty period, Dakota Ultrasonics will either, at its option, repair or replace products that prove to be defective.

Should Dakota Ultrasonics be unable to repair or replace the product within a reasonable amount of time, the customer's alternative exclusive remedy shall be refund of the purchase price upon return of the product.

• Exclusions •

The above warranty shall not apply to defects resulting from: improper or inadequate maintenance by the customer; unauthorized modification or misuse; or operation outside the environmental specifications for the product.

Dakota Ultrasonics makes no other warranty, either express or implied, with respect to this product. Dakota Ultrasonics specifically disclaims any implied warranties of merchantability or fitness for a particular purpose. Some states or provinces do not allow limitations on the duration of an implied warranty, so the above limitation or exclusion may not apply to you. However, any implied warranty of merchantability or fitness is limited to the five-year duration of this written warranty.

This warranty gives you specific legal rights, and you may also have other rights which may vary from state to state or province to province.

• Obtaining Service During Warranty Period •

If your hardware should fail during the warranty period, contact Dakota Ultrasonics and arrange for servicing of the product. Retain proof of purchase in order to obtain warranty service.

For products that require servicing, Dakota Ultrasonics may use one of the following methods:

- Repair the product
- Replace the product with a re-manufactured unit
- Replace the product with a product of equal or greater performance
- Refund the purchase price.

• After the Warranty Period •

If your hardware should fail after the warranty period, contact Dakota Ultrasonics for details of the services available, and to arrange for non-warranty service.

ANEXO 21: Certificados de calidad de material – plancha de acero.

RIO NEGRO		Inspection Certificate										Certificate N° 44008 Sheet 1						
EMPRESA DO SISTEMA USIMINAS		Customer: ENVASES METALICOS INCA S.A. SUCURSAL DEL PERU Product: PLANCHAS DE ACERO. Specification: ASME-SA-612										ORIGEM						
IT	Order of Production	Quantity of Pieces	Weight (Kg)	Inspection Number	Heat Number	Coating Test(g/m²)		Tensile Test			Hardness HRB	Erichsen (mm)		Bend Test				
						Sup.S	Inf.S	Dir	YS(Mpa)	TS(Mpa)		EL(%)	Dir	A	Ø	Result		
1	387966	48	79990	789679713	442791			505	619	20,0								
2	387966			789679762	442791			505	619	20,0								
3	387966			789679714	442791			486	616	21,0								
4	387966			789679805	442791			486	616	21,0								
5	387966			789679830	442791			486	616	21,0								
6	387966			789679854	442791			486	616	21,0								
7	387966			789679866	442791			486	616	21,0								
8	387966			789679910	442791			486	616	21,0								
9	387966			789679946	442791			486	616	21,0								
10	387966			789679983	442791			497	610	22,0								
Chemical Composition in %																		
Heat N°	C	SI	Mn	P	S	Al	Cu	Nb	V	Ti	Cr	NI	Mo	Sn	N	B	Ca	Sb
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
442791	0,1900	0,190	1,28	0,0170	0,00500	0,0460	0,010	0,014	0,067	0,018	0,22	0,20		0,002	0,0062	0,0002	0,0005	
Nominal Dimension (mm):																		
12.50 X 2200 X 7400																		
Remarks: - REF. FACTURA COMERCIAL E/36633 - ORIGEN DE LA MERCADERIA : BRASIL																		
Declaration of Conformity: We certify that the material discriminated in this document was assayed and analysed for our Laboratory of the Quality, in accordance with the respective Specifications Techniques of the reference norm and is duly approved. System of Quality in accordance with: ISO 9001/ISO TS 16949/ ISO 14001/OHSAS 18001																		
Document Approved for:  Eng° Kitoku Nakata - Laboratory Quality email: kitoku@rionegro.ind.br																		
Date of the Emission: NOV / 04 / 2008 Rio Negro Comércio e Indústria de Aço S.A. Plant First : Av. Monteiro Lobato, 2805 - Bairro São Roque - CEP: 07190-902 Guarulhos - São Paulo - Brasil Tel.: (55 11) 2464-3622 - Fax (55 11) 2464-3575 Plant Branch: Av. dos Bandeirantes, 9000 - A - Piracangagua - CEP: 12031-020 Taubaté - São Paul. ix: (55 12) 3609-2102																		

Fuente: Archivos de certificado de material de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. (2022)

ANEXO 22: Certificados de calidad de material – plancha de acero.



本钢板材股份有限公司
BANGANG STEEL PLATES CO., LTD.

产品质量证明书
PRODUCT QUALITY CERTIFICATE

质量管理中心 质-014

辽宁省本溪市明山区七道沟5号
No. 5 Beigoung road, MingShan District
BeiXi, Liaoning Province P. R. China
电话: 0411-7827382 邮编: 117003
TEL: 0411-7827382 PC: 117000

客户名称: 渤海钢铁有限公司
客户代码: BXL 311 2007 : A36
技术条件: Q235B
检验: 本钢板材质量管理中心 BX Steel Quality Management Center

产品名称: HOT ROLLED STEEL COILS
发货票号码: ED08010200
客户编号: SUN00001
交货日期: 2008-01-09
客户采购单号: N7108C117-1

证明书编号: CS01080462
订单编号: E00710901001
证明书日期: 2008-01-09

化学成份 CHEMICAL COMPOSITION %

C	SI	Mn	P	S	Als		B		Ni		Cr		Cu		Mo		V		Nb		Ti	
					MAX	MIN																
0.21	0.35	1.20	0.035	0.035	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

力学性能 MECHANICAL PROPERTIES

屈服强度	抗拉强度	伸长率	断面收缩率	冲击功
MPa	MPa	%	%	J
375	510	22	56	27

规格 SPECIFICATION

厚度	宽度	长度	重量
THICKNESS	WIDTH	LENGTH	WEIGHT
9.00mm	1500mm	20.22m	20.22t

物理性能 PHYSICAL PROPERTIES

屈服强度	抗拉强度	伸长率	断面收缩率	冲击功
MPa	MPa	%	%	J
375	510	22	56	27

检验方法 TESTING METHODS

*1. 拉伸试验: GB/T 228
*2. 冲击试验: GB/T 229
*3. 金相试验: GB/T 13292
*4. 无损检测: GB/T 2970

声明: 本钢板材产品, 均按标准进行制造及试验, 并且符合规范之要求。
WE HEREBY CERTIFY THAT MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN MANUFACTURED AND TESTED WITH SATISFACTORY RESULTS IN ACCORDANCE WITH THE STANDARD TECHNIQUE.

本钢板材质量管理中心
BX Steel Quality Management Center

Fuente: Archivos de certificado de material de la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. (2022).

Matriz de consistencia: Aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma

ASME SECC. VIII DIV. 1, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. LIMA-2022

ANEXO 24: Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL Y ESPECIFICOS		OBJETIVO GENERAL Y ESPECIFICO	HIPOTESIS GENERAL Y ESPECIFICO		VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACION	METODOS Y DISEÑO DE INVESTIGACION	POBLACION Y MUESTRA
General	¿De qué manera se puede realizar la aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV 1?	Objetivo General Analizar y aplicar el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV. 1	General	La aplicación del control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP según norma ASME SECC. VIII DIV. 1, se realiza mediante inspecciones de ensayos no destructivos	Variable: 1 Aplicación de control de calidad mediante ensayos no destructivos	La presente investigación es de campo	El método de investigación es el conjunto de procedimientos, caminos o vías más adecuados para cumplir con los objetivos.	-En la presente investigación la población está conformado por el total de tanques fabricados en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L. La empresa fabrica en promedio 6 tanques anualmente con capacidad de 1000 a 12000 galones. Por lo tanto, se requiere que cada unidad pase por todos los controles de calidad.
Específicos	1) ¿En qué medida el control de calidad de los materiales y proceso de soldadura mediante ensayos no destructivos y pruebas complementarias durante el proceso de fabricación de tanques para almacenamiento de GLP nos permitirá cumplir con el código de fabricación en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.- Lima-2022?	1) Reducir los reprocesos y disconformidades con pruebas y ensayos no destructivos en la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP basados en la norma ASME SECC. VIII DIV1.	Específicos	1) La aplicación del control de calidad mediante los ensayos no destructivos redujeron los reprocesos y disconformidades en la fabricación del tanque para almacenamiento de GLP según la norma ASME SECC. VIII DIV1. en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L.- Lima-2022				

	<p>2) ¿De qué manera la aplicación de ensayos no destructivos y los resultados de estos, nos permite un control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022?</p>	<p>2) Controlar la calidad de los materiales y soldadura mediante ensayos no destructivos durante la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP.</p>	<p>2) El control de la calidad de los materiales y soldadura mediante la aplicación de ensayos no destructivos nos permite cumplir norma ASME SECC. VIII DIV. 1, en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022</p>		<p>La presente investigación es Documental.</p>	<p>En forma general se usan los siguientes métodos: -Método inductivo. -Método deductivo. Los métodos inductivos y deductivos tienen objetivos diferentes y podrían ser resumidos como desarrollo de la teoría y análisis de la teoría respectivamente. Los métodos inductivos están generalmente asociados con la investigación cualitativa mientras que el método deductivo está asociado frecuentemente con la investigación cuantitativa</p>		
	<p>3) ¿En qué medida elaborar procedimientos de inspección de ensayos no destructivos, nos permitirá realizar un control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022?</p>	<p>3) Identificar los ensayos no destructivos a usar en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP y que los resultados sean conforme a la norma ASME SECC. VIII DIV 1.</p>	<p>3) La aplicación de los ensayos no destructivos nos permite garantizar el control de calidad en la fabricación de tanques para almacenamiento de GLP en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022</p>					
		<p>4) Elaborar registros de inspecciones de ensayos no destructivos para la fabricación de tanques de almacenamiento según norma ASME SECC. VIII DIV1.</p>	<p>4) La elaboración de registros de inspección de ensayos no destructivos nos permite realizar un control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP, en la empresa FMP INGENIEROS E.I.R.L-Lima-2022</p>					

Fuente: Elaboración propia (2022).