

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL
PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE
GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES
S.A.C, CALLAO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO

AUTORES: MORÓN ROJAS CARLOS DANIEL
ZAVALETA ZARATE KEVIN DARIO

LINEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Callao, 2023

PERÚ

Handwritten signature of Carlos Daniel Morón Rojas in blue ink.

Handwritten signature of Kevin Dario Zavaleta Zarate in black ink.

Handwritten signature of Carlos Daniel Morón Rojas in black ink.

INFORMACIÓN BÁSICA

FACULTAD:

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

TÍTULO:

APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, CALLAO

AUTORES:

BACH. CARLOS DANIEL MORÓN ROJAS / 0000-0001-6644-3574 / 75046941

BACH. KEVIN DARÍO ZAVALTA ZARATE / 0000-0003-3828-8161 / 76314224

ASESOR:

MG. JORGE LUIS ILQUIMICHE MELLY / 0000-0001-5974-1979 / 17988679

LUGAR DE EJECUCIÓN:

LA PERLA – CALLAO

UNIDAD DE ANÁLISIS:

LOS RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP

TIPO / ENFOQUE / DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:

TIPO APLICADO / ENFOQUE CUANTITATIVO / DISEÑO EXPERIMENTAL

TEMA OCDE:

2.03.00 -- INGENIERÍA MECÁNICA

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

MIEMBROS DE JURADO

PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS: Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan

SECRETARIO: Dr. Gustavo Ordoñez Cárdenas

MIEMBRO: Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera

ASESOR: Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly

N° DE LIBRO: 001

N° DE FOLIO: 144

N° DE ACTA: 118

FECHA DE APROBACIÓN DE TESIS: 25 de junio del 2023

RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD: 099-2021-CU

ACTA N° 118 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO N° 001, FOLIO N° 144, ACTA N° 118 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

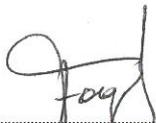
A los 25 días del mes junio del año 2023, siendo las ^{10:40} horas, se reunieron, en el Auditorio AUSBERTO ROJAS SALDAÑA el **JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS** para la obtención del **TÍTULO** profesional de **Ingeniero Mecánico** de la **Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la **Universidad Nacional del Callao**:

- Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan : Presidente
- Dr. Gustavo Ordoñez Cárdenas : Secretario
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Miembro
- Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **MORON ROJAS CARLOS DANIEL**, quien habiendo cumplido con los requisitos exigidos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada **"APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, CALLAO"**, cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BIENO y calificación cuantitativa 14 (CATORCE), la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de Junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las ^{11:20} horas del día 25 del mes y año en curso.



Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente de Jurado



Dr. Gustavo Cárdenas Ordoñez
Secretario de Jurado



Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera
Vocal de Jurado



Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly
Asesor

ACTA N° 119 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

LIBRO N° 001, FOLIO N° 145, ACTA N° 119 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO

A los 25 días del mes junio del año 2023, siendo las 10:40 horas, se reunieron, en el Auditorio AUSBERTO ROJAS SALDAÑA el JURADO DE SUSTENTACION DE TESIS para la obtención del TÍTULO profesional de Ingeniero Mecánico de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:

- Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan : Presidente
- Dr. Gustavo Ordoñez Cárdenas : Secretario
- Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera : Miembro
- Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly : Asesor

Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller ZAVALETA ZARATE KEVIN DARIO, quien habiendo cumplido con los requisitos exigidos para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico sustenta la tesis titulada "APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, CALLAO", cumpliendo con la sustentación en acto público, de manera presencial.

Con el quórum reglamentario de ley, se dio inicio a la sustentación de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición, y la absolución de las preguntas formuladas por el Jurado y efectuadas las deliberaciones pertinentes, acordó: Dar por APROBADO con la escala de calificación cualitativa BUENO y calificación cuantitativa 14 (ATORCE) la presente Tesis, conforme a lo dispuesto en el Art. 27 del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 099-2021- CU del 30 de Junio del 2021.

Se dio por cerrada la Sesión a las 11:20 horas del día 25 del mes y año en curso.

Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente de Jurado

Dr. Gustavo Cárdenas Ordoñez
Secretario de Jurado

Mg. Carlos Zacarías Díaz Cabrera
Vocal de Jurado

Mg. Jorge Luis Ilquimiche Melly
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 059-2023-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **MORON ROJAS CARLOS DANIEL**, identificado(a) con DNI N° **75046941** y código de matrícula N° **1527120424**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **TESIS**, titulada: “**APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. CALLAO**”, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema Urkund es 1% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la **AUTENTICIDAD DE LA TESIS**.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 16 de octubre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Director

N°. Operación: 784.465.559.6530 SCOTIABANK S/ 8.00 16/10/2023 04:02 p.m.
/Carmen.
c.c.: Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

N° 058-2023-UI-FIME

CONSTANCIA DE AUTENTICIDAD

LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, quien suscribe;

HACE CONSTAR:

El(la) Señor(ita): **ZVALETA ZÁRATE KEVIN DARIO**, identificado(a) con DNI N° **76314224** y código de matrícula N° **1527120433**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía, ha concluido su **TESIS**, titulada: **“APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCIÓN EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. CALLAO”**, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Mecánico, cuyo reporte del sistema Urkund es 1% de similitud; por lo que en calidad de Director de la Unidad de Investigación y de acuerdo al Reglamento de Grados y Títulos (aprobado con Resolución N° 150-2023-CU del 15.06.23), se da constancia de la **AUTENTICIDAD DE LA TESIS**.

Se expide la presente, a solicitud del interesado(a) para los fines que estime pertinentes.

Bellavista, 16 de octubre del 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ENERGÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Dr. Nelson Alberto Díaz Leiva
Director

N°. Operación: 784.465.559.6444 SCOTIABANK S/ 8.00 16/10/2023 04:01 p.m.
/Carmen.
c.c.: Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA y DE ENERGÍA
TITULACIÓN PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS CON CICLO TALLER
II CICLO TALLER DE TESIS FIME 2022
JURADO EVALUADOR

INFORME Nº 007-2023-JEV-CTT

Visto el Informe Final de la Tesis Titulada: **“APLICACIÓN DEL CICLO DE DEMING PARA MEJORAR EL PROCESO DE INSPECCION EN RECIPIENTES A PRESIÓN DE GLP EN LA EMPRESA MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. CALLAO”** presentado por los Bachilleres en Ingeniería Mecánica: **MORÓN ROJAS, Carlos Daniel y ZAVALETA ZARATE, Kevin Dario.**

A QUIEN CORRESPONDA:

El Presidente del Jurado de Sustentación de Tesis del II Ciclo Taller de Tesis 2022, manifiesta que la Sustentación de Tesis se realizó el día 25 de junio 2023 en el horario de 10:40 am. en forma presencial, encontrándose algunas observaciones en la Tesis; luego de la revisión respectiva, se da por aprobado el levantamiento de las observaciones para que continúe con su trámite correspondiente.

Se emite el presente informe para los fines pertinentes.

Callao, 06 de octubre 2023



Dr. Félix Alfredo Guerrero Roldan
Presidente de Jurado

DEDICATORIA

A la familia Morón Rojas y a la familia Zavaleta Zarate que estuvieron apoyándonos en este arduo camino universitario con la finalidad de ser los mejores profesionales en ingeniería para el desarrollo del país.

AGRADECIMIENTO

A los profesores de nuestra querida casa de estudios que nos formaron desde el comienzo de la carrera, con el objetivo de convertir no solamente ingenieros sino personas con principios éticos que necesita la sociedad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1. Descripción de la realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos	15
1.4. Justificación	15
1.5. Delimitantes de la investigación	16
II. MARCO TEÓRICO	17
2.1. Antecedentes	17
2.1.1. Antecedentes internacionales	17
2.1.2. Antecedentes nacionales	20
2.2. Bases teóricas	24
2.2.1. Ciclo de Deming	24
2.2.2. Metodología 5S	25
2.2.3. Gas Licuado de Petróleo – GLP	26
2.2.4. Propiedades de los materiales en recipientes de GLP	28
2.2.5. Corrosión	28
2.2.6. Velocidad de corrosión	29
2.2.7. Vida remanente	30
2.2.8. Tipos de recipientes a presión según su uso	30
2.2.9. Tipo de recipientes a presión según la forma de los cabezales	33
2.2.10. Presión interna en recipientes a presión de GLP	34

2.2.11.	Tipo de válvulas e instrumentación	34
2.2.12.	Ensayos no destructivos	37
2.3.	Marco Conceptual	42
2.4.	Definición de términos básicos	46
III.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	48
3.1.	Hipótesis	48
3.2.	Operacionalización de variables	48
3.3.	Operacionalización de variables	50
IV.	METODOLOGÍA DEL PROYECTO	51
4.1.	Diseño metodológico	51
4.2.	Método de investigación	52
4.3.	Población y muestra	52
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado	52
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información	53
4.6.	Análisis y procesamiento de datos	54
4.6.1.	Planificar	55
4.6.2.	Hacer	62
4.6.3.	Verificar	76
4.6.4.	Actuar	86
4.7.	Aspectos éticos en investigación	90
V.	RESULTADOS	91
5.1.	Resultados descriptivos	91
5.1.1.	Análisis descriptivo de la variable independiente	91
5.1.2.	Análisis descriptivo de la variable dependiente	92
5.2.	Resultados inferenciales	97
VI.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105

6.1. Contrastación y demostración de las hipótesis con los resultados	105
6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares	107
VII. CONCLUSIONES	110
VIII. RECOMENDACIONES	111
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	112
ANEXOS	117

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición de GLP	26
Tabla 2: Propiedades aproximadas del GLP	27
Tabla 3: Tabla de operacionalización de variables	50
Tabla 4: Checklist del cumplimiento en la etapa de planificación	61
Tabla 5: Inventario de bloques patrón	62
Tabla 6: Inventario de calibradores de soldadura	63
Tabla 7: Inventario de cintas métricas	64
Tabla 8: Inventario de flexómetros	65
Tabla 9: Inventario de manómetros	66
Tabla 10: Inventario de medidores de espesores	67
Tabla 11: Tabla de inventario de los equipos de emisiones acústicas	68
Tabla 12: Escala para las notas de evaluación	76
Tabla 13: Tiempo de requerimientos día 1	77
Tabla 14: Tiempo de requerimientos día 2	77
Tabla 15: Tiempo de requerimientos día 3	77
Tabla 16: Tiempo de requerimientos día 4	77
Tabla 17: Tiempo de requerimientos día 5	78
Tabla 18: Tiempo de requerimientos día 6	78
Tabla 19: Tiempo de requerimientos día 7	78
Tabla 20: Tiempo de requerimientos día 8	78
Tabla 21: Tiempo de requerimientos día 9	79
Tabla 22: Tiempo de requerimientos día 10	79
Tabla 23: Tiempo de requerimientos día 11	79
Tabla 24: Tiempo de requerimientos día 12	79
Tabla 25: Tiempo de requerimientos día 13	80
Tabla 26: Tiempo de requerimientos día 14	80
Tabla 27: Tiempo de requerimientos día 15	80
Tabla 28: Tiempo de requerimientos día 16	80
Tabla 29: Tiempo de requerimientos día 17	81
Tabla 30: Tiempo de requerimientos día 18	81

Tabla 31: Tiempo de requerimientos día 19	81
Tabla 32: Tiempo de requerimientos día 20	81
Tabla 33: Resultados de evaluación por inspector	85
Tabla 34: Resultado de cumplimiento del ciclo de Deming	91
Tabla 35: Media y mediana del ciclo de Deming	91
Tabla 36: Tiempo antes y después de la metodología 5S	92
Tabla 37: Datos descriptivos en SPSS – Hipótesis 1	93
Tabla 38: Tiempo de inspección durante 4 meses	94
Tabla 39: Datos descriptivos en SPSS – Hipótesis 2	95
Tabla 40: Tiempo de la gestión documentaria de 4 meses	96
Tabla 41: Datos descriptivos en SPSS – Hipótesis 3	96
Tabla 42: Tabla de normalidad hip. específica 1	98
Tabla 43: T-Student de hip. específica 1	99
Tabla 44: Tabla de normalidad hip. específica 2	100
Tabla 45: T-Student de hip. específica 2 para enero-abril	101
Tabla 46: T-Student de hip. específica 2 para febrero-abril	101
Tabla 47: T-Student de hip. específica 2 para marzo-abril	101
Tabla 48: Tabla de normalidad hip. específica 3	102
Tabla 49: T-Student de hip. específica 3 para enero-abril	103
Tabla 50: T-Student de hip. específica 3 para febrero-abril	103
Tabla 51: T-Student de hip. específica 3 para marzo-abril	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema del Ciclo de Deming.....	24
Figura 2: Tendencia de pérdida de material con el paso del tiempo.....	30
Figura 3: Cisterna para transporte de GLP.....	31
Figura 4: Granelera para transporte de GLP.....	31
Figura 5: Recipiente a presión de GLP en estación de servicio.....	32
Figura 6: Recipiente soterrado instalado en estación de servicio.....	32
Figura 7: Cabezal semiesférico.....	33
Figura 8: Cabezal toriesférico.....	33
Figura 9: Cabezal semielípticos.....	34
Figura 10: Válvula chek-Lok.....	35
Figura 11: Multiválvula.....	35
Figura 12: Válvula de seguridad.....	36
Figura 13: Multiválvula.....	37
Figura 14: Manómetro.....	37
Figura 15: Inspección visual.....	38
Figura 16: Inspección por tintes penetrantes.....	40
Figura 17: Inspección por partículas magnéticas - yugo.....	41
Figura 18: Mapa de la ubicación del lugar de estudio.....	53
Figura 19: Diagrama Ishikawa.....	56
Figura 20: Flujograma del proceso de inspección.....	57
Figura 21: Estado del almacén - antes.....	58
Figura 22: Ordenamiento de herramientas.....	68
Figura 23: Ordenamiento de suministros.....	69
Figura 24: Empaquetado de manómetros.....	69
Figura 25: Ordenamiento de kits de tintes.....	70
Figura 26: Ordenamiento de kit de inspección básico.....	70
Figura 27: Orden y limpieza del equipo durante la inspección.....	71
Figura 28: Etiquetado de los equipos de emisiones.....	72
Figura 29: Estandarización de ubicación de kit de tintes.....	73
Figura 30: Estampa de calibración del equipo.....	73
Figura 31: Estado del almacén luego de la limpieza.....	74

Figura 32: Capacitación teórica.....	75
Figura 33: Capacitación práctica.....	76
Figura 34: Muestreo del tiempo para requerimientos.....	82
Figura 35: Comparativa de tiempos en el requerimiento de equipos	82
Figura 36: Comparativa del tiempo de inspección	83
Figura 37: Comparativa del tiempo de la gestión documentaria	84
Figura 38: Comparativa de ingresos económicos según cotización del mercado 2023.....	88

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

API: American Petroleum Institute.

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

ASNT: American Society for Nondestructive Testing.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

END: Ensayos no destructivos.

GLP: Gas Licuado de Petróleo.

INACAL: Instituto Nacional de Calidad.

ISO: International Organization for Standardization.

NFPA: Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

NDT: Non destructive Testing.

NPT: National Pipe Thread.

NTP: Norma Técnica Peruana.

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

PDCA: Plan-Do-Check-Action.

PHVA: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar.

S.A.C: Sociedad Anónima Cerrada

RESUMEN

La empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. en su necesidad de mejorar el proceso de inspección con la finalidad de evitar no conformidades por parte de los organismos fiscalizadores en recipientes a presión de GLP y de la misma forma, acelerar la gestión documentaria entregada al cliente, evidenció falencias en algunos aspectos durante el proceso de inspección, los cuales son: el requerimiento de equipos de inspección, ejecución de inspección mediante ensayos no destructivos y la gestión documentaria del recipiente a presión de GLP inspeccionado.

El tipo de investigación que se empleó fue la aplicada con un enfoque cuantitativo, diseño experimental y de nivel pre-experimental. Se manipuló la variable independiente con la finalidad de establecer el reconocimiento de las causas que origina el problema de investigación, el cual es mejorar el proceso de inspección. El método es deductivo, ya que se partió de las bases de las teorías para aplicarla en la solución del problema que es mejorar el proceso de inspección.

Se aplicó el ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección donde se partió de la planificación de estrategias que puedan mejorar el proceso, luego se ejecutó las medidas implementadas en el paso anterior, luego se verificó los resultados que se evidenciaron en el paso anterior donde se pudo apreciar mejoras en los tiempos y finalmente en la etapa de actuar se detalló las futuras mejoras como parte de las bases del ciclo de Deming.

PALABRAS CLAVES: Ciclo de Deming, proceso de inspección, recipiente a presión de GLP, mejora del proceso.

ABSTRACT

In the company MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. In its need to improve the inspection process to avoid unwanted observations by the inspection bodies in LPG pressure vessels and in the same way, speed up the management of its certification with the client, evidenced shortcomings in some aspects of the inspection process which are: the requirement of inspection equipment, execution of inspection through non-destructive tests and the documentary management of the inspected LPG pressure vessel.

The type of research that was used was applied with a quantitative approach, with an experimental design and pre-experimental level. Our independent variable will be manipulated to establish an effect of the causes that originate our research problem, which is to improve the inspection process. The method is deductive, since it started from the bases of the theories to apply it in the solution of the problem that is to improve the inspection process.

The Deming cycle was applied to improve the inspection process where the planning of strategies that can improve the process started, then the measures implemented in the previous step were executed, then the results that were evidenced in the previous step were verified where we were able to appreciate improvements in time and finally in the act stage, future improvements were detailed as part of the Deming cycle bases.

KEY WORDS: Deming cycle, inspection process, LPG pressure vessel, process improvement

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de recipientes a presión es muy común en la industria petrolera, como en la sociedad; lo podemos encontrar en los domicilios, en los restaurantes, en los grifos e incluso en las grandes industrias.

Es un medio por el cual se puede generar ingresos y abastecer la necesidad del cliente para su utilización como fuente de calor.

El ente regulador y fiscalizador en el Perú es OSINERGMIN, cuya función es evaluar la conformidad del estado de los recipientes a presión de GLP. Es imperativo para el dueño del recipiente tener en regla toda gestión documentaria que acredite las óptimas condiciones de su recipiente, es por ello por lo que las empresas certificadoras en recipientes a presión como lo es MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C deben contar con correcto control documentario, planes de inspección y con equipos de inspección en óptimas condiciones.

De lo mencionado párrafo arriba, se va a aplicar el Ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. La empresa es consciente de aplicar la mejora en el proceso de inspección, así como la capacitación de los lineamientos que debe tener cada uno de su personal para poder aplicarlo en campo.

Se analizaron las mejoras para el proceso de una inspección en recipientes a presión: capacitaciones del personal, verificación del estado de equipos de inspección, protocolos de inspección, aplicación de ensayos no destructivos, gestión documentaria, fiscalización y toma de mejoras en el proceso para garantizar una mejora continua.

En el presente informe final de tesis titulado “Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, Callao” se realizó una investigación de tipo aplicada con un enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación no experimental y de tipo aplicada.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, dónde se describe la importancia de manejar un correcto proceso de inspección en una empresa

certificadora en recipientes a presión de GLP, del planteamiento del problema, los objetivos, las justificaciones y las delimitaciones de la investigación.

En el capítulo II, se comenta sobre el marco teórico, donde se hizo referencia las investigaciones previamente elaboradas como antecedentes para la tesis, bases teóricas, marco conceptual, definición de términos básicos referidos al Ciclo de Deming, al proceso de inspección y a las teorías relacionadas con los recipientes a presión de GLP.

En el capítulo III, se plantearon las hipótesis generales y las específicas, además de las variables que permitieron la elaboración de la matriz de operacionalización.

En el capítulo IV, se desarrolla la metodología aplicada en la tesis, la cual consiste en el diseño metodológico, tipo de investigación, población y muestra, lugar de estudio, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, análisis y procesamiento de datos y por último los aspectos éticos en la investigación.

En el capítulo V, se elaboran los resultados obtenidos luego de la investigación, se contrasta la información previamente recabada con los datos que se consiguieron luego de la aplicación del ciclo de Deming.

En el capítulo VI, se elabora la discusión de los resultados de la investigación, se ejecuta un análisis de los antecedentes nacionales e internacionales para definir similitudes en resultados y/o procedimientos con lo que se llegaron a la solución de su problema general y específicos.

En los capítulos VII, VIII y IX, se finaliza con las conclusiones de los autores, las recomendaciones y las referencias bibliográficas de la investigación con los anexos, respectivamente.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

Según la norma internacional (API-510, 2022) en el ítem 5.3.2. Se detalla que los inspectores deben familiarizarse con el historial previo de los recipientes de las que son responsables, de la misma forma, deben revisar los resultados de la inspección anterior del recipiente, las reparaciones anteriores, el plan de inspección actual, así como cualquier evaluación de ingeniería y/u otras inspecciones de servicio similares. El propósito de lo que indica la norma es el manejo adecuado de los procesos de inspección, las cuales permitan al ente acreditador evaluar el estado del recipiente a presión de GLP para brindarle un mejor servicio al cliente.

En Latinoamérica se tiene la utilización de la normativa API 510 se obtiene validez en todos los países tales como Argentina, Colombia, Bolivia, Perú, entre otros.

Es debido a lo indicado previamente que existe una institución nacional que regula, supervisa y fiscaliza la actividad del sector hidrocarburos (OSINERGMIN) que exige una conformidad al 100 % en la documentación de cada recipiente a presión de GLP que se inspecciona, como se detalla en el artículo 18 del Decreto Supremo N° 027-94-EM (2016). Al ser un documento revisado por un ente nacional se evalúa de forma minuciosa cada detalle a tomar en cuenta como, por ejemplo; la información de fabricación del recipiente, los mecanismos de daño que más afectan al recipiente, el tipo de inspección (externa y/o interna), frecuencias de inspección, los protocolos de inspección mediante ensayos no destructivos, equipos calibrados a utilizar y los resultados finales.

Es debido a lo anterior mencionado que, la trazabilidad de la información histórica y la realizada actualmente es menester para una futura evaluación, de no cumplirse con lo requerido, OSINERGMIN procede a clausurar el uso del recipiente a presión de GLP, lo cual genera pérdidas económicas al cliente y a su vez a la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. Además, tras indagar información del proceso de inspección que se maneja en la empresa se puede deducir que presenta falencias en el aspecto del orden de equipos de

inspección, carencia de los protocolos, procedimientos y de un protocolo de inspección para la ejecución de los servicios designados. A su vez se evidenció un retraso en los tiempos de ejecución de la inspección en los recipientes de GLP, tiempos para el requerimiento de equipos de inspección y también al momento de gestionar la ejecución del documento de inspección del recipiente inspeccionado, esto se pudo evidenciar porque existe una gran carga documentaria lo que por consiguiente genera una pérdida económica, a su vez no genera una buena imagen para la empresa.

Por este motivo, se debe plantear estrategias para poder solventar los problemas dentro del trabajo, dichas estrategias deben ser de un simple manejo y que no repercuta significativamente en lo económico en la empresa, por ello se determinó que la solución para el problema se basa en la aplicación del ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, Callao.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo aplicar el ciclo del Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?
- ¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?
- ¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar el ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

1.3.2. Objetivos específicos

- Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.
- Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.
- Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación práctica

Debido a que busca solucionar un problema práctico mediante la mejora del proceso de inspección, basándose en el ciclo de Deming para la mejora continua. Se estima que se pueda competir con las otras empresas en el mercado y de la misma manera mejorar el proceso actual manteniendo la calidad. Esta mejora es posible gracias al interés de la empresa de mejorar el producto final como es en este caso es el recipiente a presión que almacena y abastece al cliente de GLP.

1.4.2. Justificación metodológica

Debido a que ayuda a mejorar un procedimiento basado en los resultados obtenidos del presente trabajo, a fin de poder implementarse durante el proceso de mejora continua y estar al nivel de otras empresas de

inspección de recipientes a presión, logrando garantizar la operatividad y buen funcionamiento dentro de los marcos de las normas existentes.

1.4.3. Justificación legal

Debido a que el organismo supervisor de la inversión en energía y minería (OSINERGMIN) solicita la documentación legal aplicada en el recipiente y los accesorios. El documento solicitado debe ser emitido por una empresa que esté acreditada con el instituto nacional de calidad (INACAL). De lo mencionado previamente, MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C se encuentra acreditado por INACAL, es por esto por lo que, los documentos emitidos se basan principalmente en la norma internacional API 510, teniendo como apoyo la normativa ASME VIII Sec.I, ASME II Div.D, API 572, ASME V, para la inspección, aplicación de ensayos no destructivo y verificación de diseño (según ASME VIII Sec.I).

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Delimitación teórica

El presente informe final de tesis está delimitado teóricamente por las bases que implican la aplicación del Ciclo de Deming, a su vez las bases de los códigos internacionales, API, ASME, ASNT y ASTM.

1.5.2. Delimitación temporal

El presente informe final de tesis está delimitado por el tiempo debido a que se tiene presente un cronograma con la fecha tentativa de finalización de actividades (3 meses comprendido entre febrero y mayo del 2023), la cual depende de la complejidad, cantidad e imprevistos en la realización y habilitación del recipiente a presión inspeccionado.

1.5.3. Delimitación espacial

El trabajo en mención se desarrolló bajo el mismo procedimiento a nivel nacional en los diferentes puntos de inspección realizados por la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Para Montesinos y otros (2020) en su artículo titulado: “Mejora continua en una empresa en México: Estudio desde el ciclo Deming” el objetivo principal fue analizar los resultados tras la aplicación del ciclo de Deming en el área de inventario de una empresa de una planta de almacenamiento y distribuidora de GLP. Su investigación es de tipo aplicada y diseño experimental. Los investigadores plantean en la etapa de planificación utilizar herramientas como los flujogramas, diagrama de Pareto, lluvia de ideas y el diagrama Ishikawa. Dichas herramientas tienen como finalidad evaluar la fuente de la problemática y de las causas. Realizó un plan de acción y de seguimiento (a lo que planificaron), siendo un mecanismo de control de gestión, también la implementación de formatos de control (check list). Finalmente, la verificación de datos muestra una mejoría en el proceso de inventariado en la empresa distribuidora de GLP, siendo estos al inicio con un valor de 2.64% en el año 2016, de un 3.09% en el año 2017 y del 4.04% en el año 2018. Se concluye que la aplicación de la mejora continua según la metodología del ciclo Deming en el área de inventarios, potenció su rendimiento al pasar el tiempo. Según el autor, indica que se puede aplicar en otros campos de la industria.

De la investigación se puede rescatar el uso de herramientas de gestión como parte de una estrategia de mejora continua, los autores aplican el ciclo de Deming para plantear mejoras a corto y largo plazo (las cuales demuestran resultados beneficiosos), al finalizar los resultados estadísticos se garantiza que se puede obtener resultados favorables, por lo que se llegó a la conclusión que emplear la estrategia de mejora continua a través del ciclo de Deming es apropiado para este trabajo de investigación.

Para Sarwar y Mahbub (2018) en el artículo titulado: “A study on the application of the Deming cycle to improve the management of LPG cylinders”, tiene como objetivo utilizar un enfoque PDCA para implementar

un sistema de gestión de cilindros de GLP en una empresa local. El tipo de investigación es de carácter aplicado y de un diseño experimental. Primero, planificaron el proyecto identificando los problemas existentes y estableciendo objetivos y metas claras para mejorar el proceso de gestión de los cilindros de LPG. Luego, llevaron a cabo la implementación del sistema de gestión, incluyendo la capacitación del personal y la mejora de los procesos de control de inventario y seguimiento de los cilindros vendidos a los consumidores. En la fase de verificación, se llevaron a cabo pruebas y se recopiló información para evaluar los resultados de la implementación. Por último, en la fase de acción, se realizaron ajustes y mejoras al sistema de gestión en función de los resultados de las pruebas y la retroalimentación de los empleados y los consumidores. Del artículo científico se terminó por concluir que elaborar una planificación con protocolos de mejora en una empresa facilita la mejora en la gestión de cilindros de GLP, en efecto se deduce que dichos protocolos se pueden utilizar en otras ramas de la gestión de equipos.

De la investigación se rescata la aplicación metodológica del trabajo para el Ciclo de Deming orientado en la gestión de cilindros de GLP, precisamente en la primera etapa detalla los problemas y la planificación de las tareas, luego en la segunda etapa menciona la importancia de la capacitación del personal y la gestión de equipos de inspección, posteriormente en la tercera etapa menciona la recolección de datos de las inspecciones y lo que se fue implementando para que en la cuarta (y última) etapa pueda dar una resolución en las mejoras y sobre que mejoras deberían aplicarse en el futuro.

Para Lee (2017) en el artículo titulado: "Application of Deming's PDCA cycle to improve the quality of lpg tank inspection" su objetivo principal es registrar los datos de inspección de los tanques antes y después de la aplicación del ciclo PDCA (Ciclo de Deming) para verificar si las mejoras posteriores a la aplicación. Su investigación es del tipo aplicada y de diseño experimental. Se evaluó la efectividad de las acciones correctivas implementadas.

También se registraron los tiempos necesarios para llevar a cabo las inspecciones antes y después de la mejora del proceso. Los resultados mostraron una disminución significativa en el número de fallas en las inspecciones después de la aplicación del ciclo PDCA. Finalmente, se concluyó en su investigación sobre una mejora en la precisión de las mediciones. Además, se logró una reducción en el tiempo requerido para realizar el proceso de inspección que definió el autor en su investigación. Del artículo se rescata la implementación de las acciones correctivas, dando una muestra de datos antes y una muestra después de la ejecución de inspecciones, debido a que complementó en la definición de procedimientos para reducir los tiempos en el proceso de inspección para que de esa manera se pueda mejorar los estándares de competitividad en la empresa, puesto que los tiempos están ligados a la gestión de trabajo en las inspecciones, económica y en datos estadísticos.

Para Corrales (2016) en su tesis titulada: “Implementación de un sistema de gestión de la calidad según ISO 9001 en empresa de certificación en ensayos no destructivos”, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Politécnica de Madrid, tuvo como objetivo general la implementación de un sistema de gestión de la calidad basándose en la ISO 9001 en una empresa de certificación en ensayos no destructivos para brindar un mejor servicio en el rubro de la inspecciones en ensayos no destructivos. La investigación es del tipo aplicada y cuenta con un diseño experimental. Se concluye finalmente que contar con una certificación de calidad en ISO 9001 resulta beneficioso para la mejoría en la calidad de las inspecciones en ensayos no destructivos, generando de esa manera un mayor ingreso económico a mediano plazo.

De la presente investigación, si bien su investigación entra a detallar en aspectos gerenciales, se rescata el control de procedimientos de inspección (Sistema de Calidad – sección 3) el cual explica sobre la elaboración de un manual de calidad y de procedimientos de los ensayos no destructivos, analógicamente implementado como parte del proceso de

mejora en nuestro trabajo. Los aspectos que tiene en cuenta son la documentación previa requerida, competencias, recursos, revisión de procedimientos previamente estudiados, criterio de aceptación o rechazo de indicaciones durante las inspecciones y del registro documentario.

Para Sánchez (2013) En su tesis titulada: “Aplicación de las 7 herramientas de la calidad a través del ciclo de mejora continua de Deming en la sección de hilandería en la fábrica Pasamanería S.A.” para optar el título de Ingeniero Industrial en la Universidad de Cuenca, tiene como objetivo principal aplicar un ciclo de mejora basado en la planificación, hacer, verificar y actuar en base a los datos obtenidos. Su investigación es de tipo aplicada y de diseño experimental. Como primer punto el autor propone el análisis de los problemas y organizar las posibles soluciones, para su finalidad estableció 7 herramientas de control de gestión como el diagrama Ishikawa. Seguidamente cuando verificó los datos de su mejora se vio en la necesidad de establecer cuadros comparativos para dar seguimiento al avance de la mejora en los tiempos determinados. Finalmente, el autor concluye que aplicar herramientas de control para gestionar la mejora en su empresa termina siendo beneficioso en un aspecto económico y mejora el rendimiento en el trabajo y lleva un mejor control en sus equipos.

De la presente investigación se rescata el tipo de investigación aplicada y el diseño empleado, además que la presente tesis se centra en aplicar la planificación mediante herramientas de control y las mejoras que le fueron útiles para optimizar el rendimiento en sus trabajadores.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Para Macote (2021) en su tesis titulada: “Implementación de plan de inspección por ensayos no destructivos a recipientes a presión en servicio de acuerdo al código de inspección API 510 para evitar reparaciones no programadas en la empresa Agencia Peruana de Inspecciones NDT S.A.C.” para optar el título profesional de Ingeniero Mecánico en la Universidad Tecnológica del Perú tuvo como su objetivo implementar un

plan de inspección basado en ensayos no destructivos para recipientes a presión bajo los códigos de inspección API 510, el propósito es evitar reparaciones inoportunas en la empresa donde laboran. El tipo de investigación empleada es aplicada y de diseño no experimental. Se concluye en su investigación que la aplicación del plan de inspección permitió realizar menores reparaciones (generando mayores ingresos) y a su vez permitió detectar mayores mecanismos de fallas para que de esa manera se ejecute un mejor trabajo (evitando reparaciones no programadas).

De la presente tesis se rescata el procedimiento de inspección que manejaron. Con la finalidad de prevenir la programación inesperada de las reparaciones de los recipientes a presión, dicha información es imperativa para la elaboración de un protocolo de inspección que permita mejorar aspectos de eficiencia en los trabajadores de la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Para García y Huamán (2021) en su tesis titulada: "Implementación de un Sistema de Gestión de Calidad, basado la norma ISO 9001:2015, para mejorar el control de los procesos en una empresa de ensayos no destructivos en el año 2019", para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Privada del Norte tuvo como objetivo principal el implementar un sistema de gestión de calidad para mejorar el control de los procesos en la empresa donde labora. El tipo de investigación empleada es aplicada y de diseño no experimental. Como conclusión determinó que la implementación de un sistema de gestión de calidad sí mejoró el control de los procesos. La empresa en ensayos no destructivos obtuvo como producto de la implementación: una trazabilidad mejorada en sus servicios, una mejor gestión documentaria, esto a través de la política y objetivos de calidad que se propusieron.

De la presente tesis se puede distinguir que el implementar un sistema de gestión de calidad en base a la mejora continua resulta beneficioso con el proceso de inspección en la empresa de ensayos no destructivos, puesto

que se verificó mediante datos económicos y estadísticos un mayor ingreso luego de haber aplicado la ISO 9001.

Para Castellano (2021) en su tesis titulada: “Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar los procesos de almacenamiento de una empresa distribuidora de madera industrial, Lima – 2018” para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional del Callao tuvo como objetivo principal determinar en qué medida el ciclo de Deming puede mejorar el proceso de almacenamiento en la empresa, para ello empleó parámetros y porcentajes de cumplimiento de actividades. El tipo de investigación empleada es aplicada y de diseño experimental. Se concluyó que de forma muy efectiva el ciclo de Deming permitió la mejora en el almacenamiento de equipos y suministros debido a lo siguiente: En planificar obtuvo un 57.89%, en hacer obtuvo un 100%, en verificar un 100% y en actuar un 100%, dando un promedio general de 89.47% el cual representa el nivel de cumplimiento del ciclo de mejora aplicando la metodología de Deming. Según los datos estadísticos basados en la prueba T-Student y siendo una muestra menor a 30 de su población, obtuvo resultados positivos donde pudo demostrar que la aplicación del ciclo de Deming pudo mejorar su proceso de almacenamiento.

De la presente tesis se puede concluir que el nivel de cumplimiento para el ciclo de Deming de tal manera que se puede evidenciar un porcentaje de cada actividad realizada, además se rescata la forma en la que llevó sus resultados basándose en la estadística descriptiva e inferencial, donde demostró que las hipótesis que planteó el autor son verdaderas, en el presente trabajo también se aplica la estadística para demostrar la veracidad de la hipótesis. Por último, se rescata que su variable independiente y sus dimensiones son similares a la que se planteó en el capítulo 1 de la presente investigación.

Para Ávila y Quispe (2018) en su tesis titulada: “Aplicación del ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de reparación de

tanques de combustible de una empresa Metal Mecánico. San Martín de Porres, 2018”, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad César Vallejo tuvo como objetivo general determinar como la aplicación del Ciclo de Deming puede mejorar la productividad en los procesos de reparación bajo normativas en tanques de combustible de una empresa metal mecánica. Siendo su investigación de tipo aplicada y de diseño experimental, se puede tomar como parámetros los lineamientos que utilizó en el Ciclo de Deming. Estos lineamientos fueron la de planificar (se determinaron actividades y objetivos), hacer (capacitación del personal y el uso debido de procedimientos durante la inspección), verificación (corroboración con los objetivos planificados y determinar dichos resultados) y por último el actuar (contrastar dichos resultados con lo que se tenía previamente para planificar un esquema de mejora continua).

De la presente tesis se destaca y concluye que al momento de planificar estrategias basadas en la mejora continua plantearon capacitar al personal para garantizar una mejora en la calidad del trabajo brindado, puesto que en la investigación se evidenció una falencia en este aspecto y en función de esa debilidad se planificó varios métodos de mejora, en el presente trabajo también se aplica (como parte del plan) la capacitación del personal para el posterior análisis de la efectividad basado en los resultados (reducción de tiempos) en las inspecciones en campo.

Para Cuzcano (2019) en su tesis titulada: “Implementación de un Sistema de Gestión de calidad en una empresa de ensayos no destructivos según la norma ISO 9001: 2015 para mejorar la calidad de sus servicios”, para optar el título profesional de Ingeniero Industrial en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos tuvo como objetivo general analizar la importancia e influencia de la implementación de un sistema de gestión de la calidad según la norma ISO 9001: 2015 en la mejora de la calidad de los servicios en una empresa de ensayos no destructivos. Siendo su investigación de tipo descriptiva y de diseño pre-experimental. Como conclusión principal se tiene que la mejora en los procesos incrementó debido a la evaluación de

los indicadores evidenciados, esto evoluciona constantemente y son paralelos al trabajo interno (Ciclo de Deming). Dichos indicadores están basados en las competencias del personal que a su vez se refleja en la eficiencia al momento de realizar las inspecciones.

De la presente tesis se destaca la metodología que aplicó para la mejora del servicio en ensayos no destructivos, si bien se basa en la ISO 9001 para ejecutar las mejoras, esta presenta las bases del ciclo de Deming como medidas para determinar las mejoras en el proceso de inspección.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Ciclo de Deming

El ciclo Deming está conformado por cuatro etapas: Planear, hacer, verificar o controlar y actuar. Estos procesos los establece la organización en la que se aplicará. Este ciclo es un instrumento el cual se enfoca en la solución de los problemas y en la mejora continua. Por medio de un diagnóstico inicial, se identifican los defectos que se encuentra en una empresa para poder mejorar haciendo una comparativa entre los planes respecto a los resultados, posteriormente se analiza el resultado no deseado para replantear una mejora en el diseño, para que de esa manera se pueda conseguir un resultado aceptable. (Castillo, 2019)

Figura 1: Esquema del Ciclo de Deming



Fuente: Asesorias.com (2020)

Los conceptos se definen así:

Planear: Se establece la planificación y la visualización del objetivo que tiene la empresa al cual la empresa quiere llegar en un tiempo determinado. Ya determinado el objetivo, se debe emplear un diagnóstico para tener conocimiento de la condición actual en la cual nos encontramos y las áreas que son necesarias mejorar definiendo su problemática y el impacto que puedan. Posteriormente, se emplea una teoría para una solución posible que tenga como finalidad resolver un punto.

Hacer: En esta etapa desarrollamos el plan de trabajo que se ha realizado en la fase previa “Planear” en conjunto con algún control para supervisar que se ejecute según lo planificado. Dentro de los métodos de control se encuentra el diagrama de Gantt.

Verificar: En la etapa de verificación se comparan los resultados esperados con los obtenidos reales acorde a los indicadores establecidos en la etapa previa, debido a que aquello que no se puede medir tampoco se puede mejorar en forma sistemática.

Actuar: En esta etapa finaliza el ciclo, debido a que, cuando se verifiquen los resultados se obtenga el resultado que se tenía previsto, entonces se puede sistematizar y documentar los cambios obtenidos; sin embargo, si al realizar una verificación se concluye que no se ha logrado lo esperado, entonces se debe actuar inmediatamente, corregir el planteamiento y realizar un nuevo plan de trabajo, repitiendo nuevamente el ciclo.

2.2.2. Metodología 5S

El objetivo de las 5S es generar un ambiente de trabajo eficiente, seguro, agradable y ordenado, que permita desempeñar eficientemente los servicios diarios, estableciendo así estándares de calidad de los servicios ejecutados. La metodología ayuda a hacer las mejoras en las actividades a costo reducido, logrando mantener el lugar de trabajo con limpieza y orden. Se busca mejorar las condiciones de trabajo, motivación del personal, eficiencia, y, por lo tanto, mejorar la productividad, mejorar la calidad y aumentar la competitividad en la empresa. (Jara, 2017)

La metodología consta de estos 5 pasos:

Seiri (Seleccionar): Retirar objetos los cuales no cumplen una función en el área de trabajo y posteriormente, deshacerse de ellos.

Seiton (Organizar): Ordenar los objetos importantes y útiles, estableciendo espacios específicos, de manera que se puedan localizar y emplear fácilmente.

Seiso (Limpiar): Quitar la suciedad y prevalecer la zona de trabajo totalmente aseada de tal manera que se mantenga así durante la jornada laboral.

Seiketsu (Estandarizar): Lograr que los procedimientos, prácticas y actividades logrados en los primeros tres pasos se mantengan, de tal manera que se ejecuten conscientemente.

Shitsuke (Disciplina): Entrenar al personal con respecto a la metodología que se está aplicando, de tal manera que se convierta en un hábito.

2.2.3. Gas Licuado de Petróleo – GLP

El gas licuado de petróleo (también conocido por sus siglas GLP) es una mezcla compuesta principalmente por los gases hidrocarburos propano y butano, la cual se encuentra en estado líquido bajo presión y temperatura ambiente. Se obtiene como subproducto en el proceso de producción del petróleo y gas natural.

El GLP tiene un uso amplio en hogares, empresas y por otra parte, en la industria como calefactor y combustible de automóviles. (Calderón, y otros, 2018)

Tabla 1: Composición de GLP

Componente	Fórmula Química	Composición por volumen (%)
Propano	C ₃ H ₈	60
Butano	C ₄ H ₁₀	40

Fuente: (Calderón, y otros, 2018)

Alguna de sus propiedades es:

- No es tóxicos ni corrosivos.
- En su composición no contiene azufre.
- Es un combustible económico
- Es excesivamente frío, porque cuando se ha licuado se ha sometido a bajas temperaturas de bajo 0°.

Tabla 2: Propiedades aproximadas del GLP

Propiedades aproximadas del GLP (unidades métricas)		Propano Comercial	Butano Comercial
<i>Presión de vapor en KPa (Presión absoluta) a:</i>	20°C	1000	220
	40°C	1570	360
	45°C	1760	385
	55°C	2170	580
<i>Peso específico</i>		0.504	0.582
<i>Punto de ebullición inicial a 1 atm de presión, °C</i>		-42	-9
<i>Peso por metro cúbico de líquido a 15.56°C, kg</i>		504	582
<i>Calor específico del líquido, KJ x Kg, a 15.56 °C</i>		1.464	1276
<i>Metros cúbicos de vapor por litro de líquido a 15.56 °C</i>		0.271	0.235
<i>Metros cúbicos de vapor por Kg de líquido a 15.56 °C</i>		0.539	0.410
<i>Peso específico del aire (aire = 1) a 15.56 °C</i>		1.50	2.01
<i>Temperatura de ignición en aire, °C</i>		493-549	482-538
<i>Temperatura máxima de llama en aire, °C</i>		1980	2008
<i>Límites de inflamabilidad en aire, % de vapor en la mezcla aire-gas</i>	Inferior	2.15	1.55
	Superior	9.60	8.60
<i>Calor latente de vaporización en el punto de ebullición</i>	KJ x Kg	428	388
	KJ x L	216	226
<i>Cantidad de calor total luego de la vaporización</i>	KJ x m³	92430	121280
	KJ x Kg	49920	49140
	KJ x L	25140	28100

Fuente: OSINERGMIN

2.2.4. Propiedades de los materiales en recipientes de GLP

Para la selección de materiales en la fabricación de recipientes a presión de GLP, la norma internacional ASME indica detalladamente la forma de suministros de los materiales más empleados. En la División I de la Sección VIII del ASME contiene los requerimientos indispensables, restricciones específicas y guías no obligatorias para los materiales, diseño, fabricación, examinación, inspección, prueba y certificación documentada. (Ortega, 2015)

Propiedades mecánicas: Tomando en consideración las propiedades mecánicas características del material, es menester que tenga una buena resistencia a la tensión, alto punto de cedencia o fluencia y mínima reducción de área. Es por estas propiedades principalmente, que se establecen los esfuerzos de diseño para el material.

Propiedades físicas: Se busca que el material analizado tenga bajo coeficiente de dilatación térmica.

Propiedades químicas: La principal propiedad (y que es determinante) química que se debe analizar en el material es la resistencia a la corrosión. Esta propiedad es importante, ya que un material mal seleccionado generará múltiples problemas en el mecanismo estructural del recipiente a presión.

2.2.5. Corrosión

Es un proceso electroquímico natural que se produce cuando están en un ambiente corrosivo. El proceso provoca la degradación de los materiales, por lo que afecta en sus propiedades físicas y químicas, de esta forma disminuyendo su vida útil. La corrosión puede suceder por distintos factores, tales como los ácidos, exposición constante a la humedad, sales, gases y otros elementos corrosivos. Existen diversos tipos de procesos de corrosión los cuales dependen de factores tales como la naturaleza o condiciones donde se encuentren expuestos. (Salazar, 2015)

- **Corrosión generalizada (uniforme):** Es un tipo de corrosión la cual afecta uniformemente la superficie en una zona del material que está expuesto a un ambiente corrosivo. En comparación con los otros tipos de

corrosión, la corrosión generalizada puede provocar una disminución significativa en la resistencia mecánica del material, lo que afecta su integridad estructural.

- **Corrosión localizada:** Es un tipo de corrosión la cual afecta una zona específica de la superficie del material expuesto a un ambiente corrosivo. Se produce a causa de la formación de una pequeña área de concentración de agentes corrosivos la cual provoca una reacción química que disuelve y debilita el material en esa zona. La corrosión localizada puede formar grietas, poros, picaduras o perforaciones la cual afecta en sus propiedades mecánicas.
- **Corrosión galvánica:** Proceso electroquímico el cual se produce cuando dos metales diferentes se encuentran en contacto directo en presencia de un electrolito.
- **Corrosión por fisuras:** Se produce debido a la interacción de tensiones mecánicas y ambientes corrosivos. Este tipo de corrosión debilita la estructura del material y también compromete su integridad.
- **Corrosión por picaduras (Pitting):** Es un tipo de corrosión localizada que se produce en la superficie de un material cuando se encuentra a un ambiente corrosivo. Las picaduras deben ser evaluadas por el inspector evaluador para verificar la criticidad de esta, debido a que, dentro de la normativa según sea el uso del material tiene un margen de aceptación.

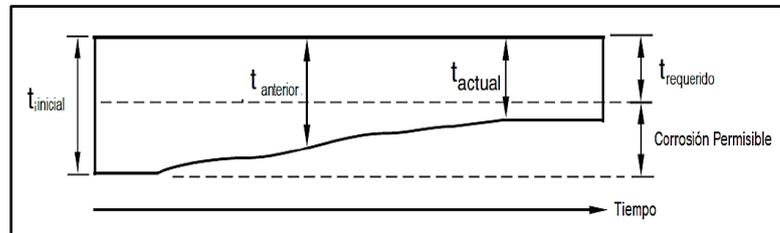
2.2.6. Velocidad de corrosión

La velocidad de corrosión es la pérdida de metal base ocasionada por la corrosión o la reacción química con el medio donde se encuentra, la cual se puede producir de forma interna o externa.

El cálculo se obtiene de la resta de la lectura del espesor actual tomando restado al espesor tomado en una visita anterior (o en su defecto comparado con el nominal) y se divide entre el intervalo de tiempo. Cuando hay una inspección previa la velocidad de corrosión se conocerá como “velocidad de corrosión a corto plazo”, mientras que si se usa respecto al nominal

(fabricación) será “velocidad de corrosión a largo plazo”. Estas ayudan a identificar mecanismos de corrosión recientes. (API-510, 2022)

Figura 2: Tendencia de pérdida de material con el paso del tiempo



Fuente: (API-510, 2022)

2.2.7. Vida remanente

Es el proceso de evaluación que determina el tiempo de servicio restante antes que deba ser retirado del servicio o reevaluado. Esto se realiza a través de los cálculos previos obtenidos de la velocidad de corrosión, cálculo de espesores a través del ensayo de ultrasonido y verificación del espesor requerido según el ASME VIII. Div. 1. (API-510, 2022)

2.2.8. Tipos de recipientes a presión según su uso

Para uso en transporte:

Principalmente para el transporte de GLP de un punto a otro, pueden ser catalogados como cisternas y graneleras.

Cisterna: Una cisterna es un recipiente a presión el cual se encuentra empotrado sobre una base móvil para su transporte. Las cisternas por lo general son recipientes que van desde los 10 000 galones hasta los 15 000 galones. Dentro de sus características pueden ser cisternas que cuenten con dos válvulas (salida de líquido y retorno de vapor) en la zona trasera del recipiente y otras válvulas de llenado y válvulas internas en medio del cuerpo, otro modelo está compuesto de todas las válvulas en la zona central del cuerpo (considerando que en ambos casos las válvulas de seguridad se instalan en la zona superior). Una de sus funciones principales son los transportes de GLP a zonas mineras. (Hurtado, 2013)

Para el transporte y abastecimiento en minas, grifos. Cuenta con dos válvulas (salida de líquido y retorno de vapor) en la parte posterior del cabezal, con tres válvulas en el cuerpo del tanque (manómetro, medidor de presión y medidor de temperatura), tres válvulas adicionales en la parte inferior y dos válvulas de dispositivo de alivio de presión distribuidas simétricamente en la parte superior.

Figura 3: Cisterna para transporte de GLP



Fuente: Propia

Granelera: Al igual que la cisterna también se emplea para el transporte y abastecimiento, sin embargo, también se emplea en el abastecimiento de consumidores directos (tanques de pequeñas capacidades). Se caracteriza por tener todas sus válvulas en la parte del cabezal posterior (exceptuando el medidor de volumen el cual se mantiene en el cuerpo). Además, puede tener entre una a dos dispositivos de alivio de presión dependiendo su capacidad. (Arias, 2019)

Figura 4: Granelera para transporte de GLP



Fuente: Propia

Para almacenamiento y distribución:

Tipo aéreo: Estos tanques se pueden encontrar empotrados en las industrias. Su principal función es almacenar y distribuir el GLP según las redes a las cuales se encuentra conectadas, las características son idénticas a la cisterna. (Arias, 2019)

Figura 5: Recipiente a presión de GLP en estación de servicio



Fuente: Propia

Tipo soterrado: Recipiente a presión estacionario que se encuentra bajo tierra cuya superficie superior (que puede ser el cabezal o una zona del cuerpo donde están instaladas las válvulas) se encuentra situada por debajo del nivel del terreno. Si el nivel superior del recipiente que se encuentra bajo tierra está por encima del nivel terrestre, entonces se concluye que el recipiente se encuentra soterrado. (NTP-321.123, 2012)

Figura 6: Recipiente soterrado instalado en estación de servicio.



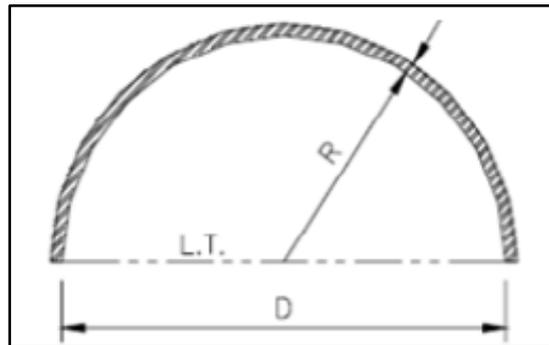
Fuente: Propia

2.2.9. Tipo de recipientes a presión según la forma de los cabezales

- **Cabezal de tapa semiesférica**

Son usadas de forma exclusiva para poder soportar presiones críticas, la silueta se compone de una media circunferencia, su costo es relativamente alto, sin embargo, no hay límite dimensional para su fabricación. (Del Castillo, 2018)

Figura 7: Cabezal semiesférico.

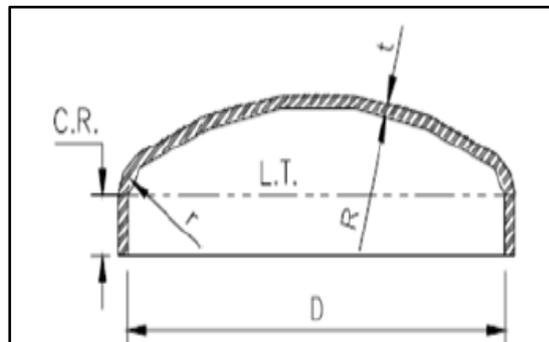


Fuente: (Del Castillo, 2018)

- **Cabezal de tapa toriesférica**

Son las más aceptadas en la industria peruana, pero menos utilizados en el mercado de fabricación, una de sus características es la de su gran capacidad para soportar altas presiones, y la característica que lo diferencia de las otras estructuras es que el radio del abombamiento es aproximadamente igual al diámetro. (Del Castillo, 2018)

Figura 8: Cabezal toriesférico.

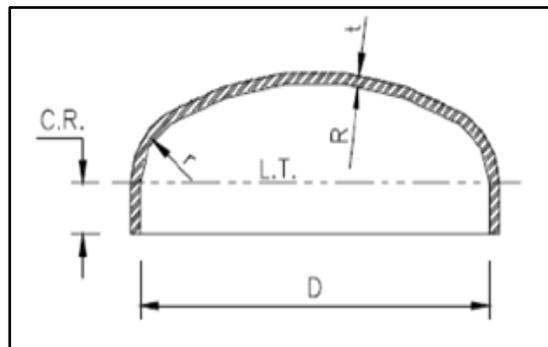


Fuente: (Del Castillo, 2018)

- **Cabezal de tapa semielípticas**

Este tipo de cabezales son empleados cuando el espesor calculado a través de la memoria de cálculos es alto, debido a que los cabezales semielípticos son capaces de soportar presiones superiores a las que superan los cabezales toriesféricos. Para procesar la fabricación de estos cabezales son troquelados, la silueta muestra una elipse cuya relación es 2:1. (Del Castillo, 2018)

Figura 9: Cabezal semielípticos.



Fuente: (Del Castillo, 2018)

2.2.10. Presión interna en recipientes a presión de GLP

Si se somete a una presión interna a un recipiente a presión, esto generará un esfuerzo circunferencial y longitudinal, por lo tanto, ambos esfuerzos deben ser determinados para el diseño. De este modo, los códigos empleados para diseñar recipientes a presión toman en cuenta lo anterior mencionado para establecer las reglas en el diseño y solamente difieren algunos códigos de otros en el factor de seguridad empleado por cada Código. (Del Castillo, 2018)

2.2.11. Tipo de válvulas e instrumentación

Los recipientes a presión cuentan con una serie de válvulas específicas según sea su condición de uso. Sin embargo, siempre hay válvulas que deben estar presentes de manera obligatoria según las normas reguladoras internacionales y estos son:

- **Válvula chek-Lok de exceso de flujo**

El Chek-Lok es una válvula que ha sido diseñada para proveer medios de extracción del GLP de recipientes a presión estacionarios antes de mover el recipiente a otro punto. (REGO, 2011)

Figura 10: Válvula chek-Lok.



Fuente: Propia

- **Multiválvula**

Las multiválvulas combina distintas funciones de válvulas en una sola unidad, dentro de las cuales tenemos la salida del flujo líquido y el cálculo de la presión interna. Su diseño ha sido modificado conforme a las nuevas y constantes cambios en las necesidades de la industria. Todos los diseños mantienen bajos los costos de fabricación y disminuyen los gastos de operación para el distribuidor de GLP. (REGO, 2011)

Figura 11: Multiválvula.



Fuente: Propia

- **Válvula de alivio de presión**

Una válvula de alivio de presión (también conocido como dispositivo de alivio de presión) descarga cuando alguna circunstancia extraordinaria ocasiona una condición de mayor presión en el recipiente. La acción que realiza para la descarga se conoce como “Acción Pop”. Si la válvula es accionada y el motivo es por un incendio, esta se debe remover de servicio y se debe reemplazar por una válvula nueva. La vida útil confiable de las válvulas de alivio de presión puede variar mucho, dependiendo del ambiente en que se encuentren. Es recomendable cambiar la válvula de alivio de presión cada diez años o de ser posible antes, con el fin de evitar algún accidente por deterioro del mecanismo de la válvula. (REGO, 2011)

Figura 12: Válvula de seguridad.



Fuente: Propia

- **Medidor de volumen (Rotogage)**

Han sido diseñados para que puedan proporcionar la visibilidad del contenido de GLP de forma precisa. Para que pueda operar el Rotogage, se debe abrir una la válvula de venteo y girar el tubo de nivel del espacio de vapor al espacio de líquido del recipiente. La diferencia en el perfil de la descarga indica cuando se ha llegado al nivel de líquido. La inscripción del disco indicará cuánto es el porcentaje de contenido. (REGO, 2011)

Figura 13: Multiválvula.



Fuente: Propia

- **Manómetro**

Son instrumentos empleados para medir la presión del contenido líquido y gaseoso del recipiente.

El objetivo principal de los manómetros, son los de determinar las presiones absolutas.

Figura 14: Manómetro.



Fuente: Propia

2.2.12. Ensayos no destructivos

Los ensayos no destructivos son definidos como aquellos métodos que se emplean para ensayar un material sin perjudicar su estructura y uso en un futuro. Una definición más concisa es que la examinación se ejecuta sobre un objeto de cualquier tamaño o tipo para determinar la presencia o ausencia de discontinuidades o evaluar otras características. (Romero, 2017)

De los principales ensayos no destructivos utilizados están los siguientes:

- **Ensayo de inspección visual**

El ensayo de inspección visual es catalogado como el primer ensayo que se debe realizar (posteriormente se ejecutan los requeridos) en la inspección de un recipiente a presión. Se puede ejecutar de forma directa (con los ojos o algún adicional como una lupa que sirva para optimizar la visibilidad) o de forma indirecta (empleando una herramienta tal como el boroscopio donde el ojo humano no tiene acceso a lo que se quiere observar). El propósito del ensayo de inspección visual es el de evaluar y detectar la posible presencia de anomalías superficiales y en caso de no encontrar anomalías, la validación y conformidad de lo observado. (Romero, 2017)

Las ventajas de emplear el ensayo de inspección visual son las siguientes:

- Es una observación básica en la superficie a ser evaluada
- No se requieren ayudas visuales complejas, por ejemplo, para la inspección visual directa nos apoyamos de fuentes de iluminación, lupas, reglas, entre otros.
- El costo para realizar este ensayo es bajo en comparación a otras técnicas donde empleamos herramientas o consumibles.
- Además del control visual, se emplea el control dimensional empleando herramientas tales como el flexómetro, cinta métrica, entre otros.
- Se puede emplear en gran parte de las aplicaciones de la industria.

Figura 15: Inspección visual



Fuente: Propia

- **Ensayo por líquidos penetrantes**

Es un método de ensayo tipo físico y químico el cual tiene como propósito detectar discontinuidades las cuales están expuestas a la superficie en materiales no porosos. La interacción física del compuesto químico con la superficie del material analizado ingresa a la discontinuidad superficial y luego tras aplicar el revelador, emerge a la superficie para indicar visualmente el tamaño y ubicación de la indicación. Dentro de las observaciones más comunes se encuentran los poros, socavaciones, grietas, costuras (o traslapes) entre otros. (Romero, 2017)

Las ventajas que tiene este ensayo no destructivo son las siguientes:

- La examinación superficial es rápida, en todo el proceso de examinación en la zona específica no toma mucho tiempo.
- Se puede aplicar en distintas superficies, tales como metales, aleaciones ferrosas y no ferrosas, vidrio y algunos otros materiales orgánicos.
- Los consumibles empleados en este ensayo no son costosos y si el área a evaluar es pequeña se puede emplear un kit de consumibles portátiles.
- El evaluador verifica directamente (de forma visual) la indicación localizada o la conformidad en caso de no encontrar indicaciones.

Los pasos para llevar a cabo la inspección visual por líquidos penetrantes.

- 1) Preparación y limpieza de la superficie.
- 2) Aplicación del penetrante.
- 3) Tiempo de penetración.
- 4) Remoción del exceso de penetrante.
- 5) Aplicación del revelador.
- 6) Realización de la inspección.
- 7) Resultado e informe de lo inspeccionado.
- 8) Limpieza total de la superficie analizada.

Figura 16: Inspección por tintes penetrantes



Fuente: Cárdenas, inspectores en soldaduras

- **Ensayo por partículas magnéticas**

Es un método de ensayo no destructivo físico el cual se aplica únicamente a materiales ferromagnéticos y tiene como propósito detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales.

El principio fundamental de este ensayo se basa en que las líneas de flujo magnético inducidas (a través del yugo) son distorsionadas por una falta de continuidad en el material analizado.

Es por esto por lo que, la distorsión genera un efecto el cual se conoce como “pérdida de flujo magnético” y que atrae el medio examinado (conformado por partículas magnéticas) a la superficie formando una indicación. (Romero, 2017)

Las ventajas de emplear el ensayo son las siguientes:

- Es capaz de localizar las indicaciones superficiales y subsuperficiales (en donde la inspección visual o líquidos penetrantes no llegan).
- No requiere una limpieza muy extensa, debido a que por sus propiedades magnéticas aplicadas en la zona a evaluar permite determinar la discontinuidad.
- Es un método económico, rápido y versátil el cual se puede aplicar a zonas irregulares y de gran sensibilidad.
- No requiere un entrenamiento extenso y tampoco requiere muchos equipos complejos (se emplean las partículas magnéticas ya sea en polvo o líquido y el yugo).

Figura 17: Inspección por partículas magnéticas - yugo



Fuente: Propia

- **Ensayo por ultrasonido**

Es un método de ensayo no destructivo volumétrico en el cual se emplean ondas ultrasónicas para analizar materiales sin alterar su estructura.

Mediante el ensayo, se ve empleado una característica la cual se denomina “impedancia acústica” la cual es el resultado de la densidad del material y la velocidad con la que se propaga el sonido en un material (dependiendo de su característica) en el cual recibimos una respuesta la cual se denomina “eco” o “reflexión”.

En el ensayo de ultrasonido se emplean ondas sonoras con frecuencias que son mayores a los 20 000 ciclos por segundo (20kHz). (Romero, 2017)

Debido a que la inspección por ultrasonido tiene su fundamento en los fenómenos mecánicos, puede ser adaptado para que se determine la integridad estructural en los materiales de ingeniería. Sus principales aplicaciones consisten en:

- Detección de discontinuidades.
- Medición de espesores, extensión y grado de corrosión.
- Determinación de características físicas.
- Evaluar la influencia de variables en el proceso de fabricación del material.

2.3. Marco Conceptual

En el presente marco conceptual, se desarrollará el desarrollo relacionado a la investigación del informe final de tesis. Se expondrán los conceptos del objeto de estudio, lo cual servirá como sustento teórico para la tesis titulada “Aplicación del ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa Marconsult Certificaciones S.A.C, Callao”.

2.3.1. Ciclo de Deming

Según el autor Oakland (2020) menciona que el ciclo de Deming es una herramienta que permite mejorar continuamente los procesos y productos de una empresa. Este ciclo consta de cuatro fases: planificación, ejecución, verificación y acción. El objetivo de este ciclo es mejorar la calidad, aumentar la eficiencia y reducir los costos.

Según el autor Evans y Lindsay (2014) menciona que el ciclo PDCA es un proceso sistemático y continuo que consta de cuatro etapas: planificación, implementación, verificación y acción. Este ciclo se utiliza para mejorar la calidad de los procesos y productos, reducir los errores y aumentar la eficiencia.

Según el autor Juran (1993) menciona que el ciclo de Deming es un proceso continuo de mejora que consta de tres fases: planificación, control y mejora. El objetivo de este ciclo es mejorar la calidad de los procesos y productos, aumentar la satisfacción del cliente y reducir los costos.

Según Bonilla y otros (2010), el ciclo de Deming se basa en la aplicación de la mejora continua, la cual tiene sus principios en el sistema de planificar, hacer, verificar y actuar.

Según los autores podemos generalizar que el ciclo de Deming es un proceso continuo y sistemático que tiene como objetivo mejorar la calidad, reducir costos y mejorar la eficiencia de alguna actividad productiva.

2.3.2. Planificar

Según el autor Oakland (2003) define a la planificación como concepto dentro del ciclo de Deming como el punto donde se establecen los objetivos y los estándares que posteriormente se emplearán en el desarrollo.

Según el autor podemos concluir que la planificación requiere un análisis previo en el campo donde se empleará para establecer los objetivos en lo que queremos mejorar, los estándares y las limitaciones que tenemos, para posteriormente pasar a la siguiente fase.

2.3.3. Hacer

Según el autor Oakland (2003) define a la fase “hacer” como concepto dentro del ciclo de Deming como “la ejecución y medición del rendimiento real”.

Según podemos concluir, la fase “hacer” hace referencia a la ejecución del plan previamente analizado y determinado para su realización. Posteriormente debemos hacer la medición del rendimiento con los datos reales obtenidos, debido a que, de la fase “planificar” tenemos un objetivo teórico el cual se ve reflejado en la fase “hacer” tras su ejecución.

2.3.4. Verificar

Según el autor Oakland (2003), define a la fase “verificar” como la fase donde se debe comparar los resultados reales con los objetivos y estándares previamente determinados.

Según podemos concluir, la fase verificar será la fase donde se contrasta los resultados planificados en la fase “planificar” en comparación a los resultados obtenidos en la fase “hacer”. De esta manera podemos medir que tanto porcentaje de la planificación se ha cumplido y cuáles fueron los puntos bajos, para que se pueda verificar las partes donde no se obtuvieron los resultados esperados

2.3.5. Actuar

Según el autor (Oakland, 2003), define la fase “actuar” como la fase donde se deben tomar las medidas necesarias para solucionar las falencias e introducir las mejoras necesarias.

Según podemos concluir, en esta fase se deben tomar las decisiones correctivas de acuerdo con las conclusiones obtenidas de la comparación entre los resultados esperados comparado a los resultados obtenidos. Esta fase es la que finaliza el ciclo de Deming, sin embargo, también es la que funciona como un preámbulo al nuevo ciclo en la fase de planificación.

2.3.6. Procedimiento de inspección

Según API-510 (2022), especifica o describe cómo se va a realizar una actividad. Puede incluir los métodos que se emplearán, los equipos o los materiales que se utilizarán, las calificaciones del personal involucrado y la secuencia de trabajo.

Según el autor Kennedy (1987) menciona que el procedimiento de inspección se define como el proceso de medición y evaluación de una pieza o producto para determinar si cumple con los requisitos de calidad y especificaciones técnicas establecidas. El procedimiento incluye la selección y calibración de los instrumentos de medición, la preparación de la pieza, la realización de la medición y el registro y evaluación de los resultados.

Según la autora Tague (2005) menciona que el procedimiento de inspección se define como un conjunto de actividades planificadas y sistemáticas para evaluar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos para un producto o proceso. El procedimiento incluye la identificación de los requisitos de inspección, la selección de los métodos y herramientas de inspección, la realización de la inspección, el registro y evaluación de los resultados y la implementación de acciones correctivas y preventivas en caso de no conformidades.

Según los autores podemos generalizar que el procedimiento de inspección es un conjunto de actividades planificadas en la cual se determina si el producto evaluado cumple con los requisitos de calidad y especificaciones evaluadas a través de técnicas.

2.3.7. Recipientes a presión

Según Dennis (2013) menciona que un recipiente a presión es un contenedor diseñado para contener líquidos o gases a una presión superior a la atmosférica, y que tiene una forma y construcción adecuadas para soportar la presión sin deformarse permanentemente o romperse.

Según Megyesy (2008) menciona que un recipiente a presión es un contenedor diseñado y construido para contener fluidos o gases a una presión mayor que la atmosférica, y que se caracteriza por tener paredes

suficientemente resistentes y rígidas para soportar la carga interna sin sufrir deformaciones plásticas o rupturas.

Según la norma ASME Secc VIII Div.1 (2015) define a un recipiente a presión como un recipiente que contiene fluidos bajo presión interna o externa, y que se caracteriza por tener una presión máxima de diseño mayor a 15 psi o un volumen mayor a 5 pies cúbicos

Según los autores podemos generalizar que el recipiente a presión es diseñado y construido con la finalidad de contener fluidos o gases a una presión superior a la atmosférica, y que las paredes son lo suficientemente rígidas y resistentes para soportar la carga interna sin sufrir deformaciones permanentes.

2.4. Definición de términos básicos

- **Ciclo de Deming:** Ciclo que busca la eficiencia en las actividades que realiza una empresa a través de cuatro etapas (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).
- **Consumidor directo de GLP:** Persona legal que asume el uso de un recipiente a presión de GLP a través de un contrato con una empresa autorizada distribuidora de éste con el propósito de almacenarlo y distribuirlo para su uso cotidiano o comercial.
- **Dispositivo de alivio de presión:** Conocido como “válvula de seguridad” es una válvula la cual tiene como finalidad prevenir los accidentes en los recipientes a presión mediante un mecanismo de acción pop el cual se activa cuando detecta presiones excesivas en un determinado momento.
- **Documento de inspección:** Documento de carácter legal donde se certifica un recipiente inspeccionado, o en su defecto un informe detallando reparaciones o rechazo por incumplimiento de las normativas.
- **Ensayo no destructivo:** Ensayos que tienen como finalidad detectar discontinuidades en piezas y elementos metálicos o no metálicos.
- **Flexómetro:** Cinta metálica que sirve para medir longitudes.
- **Galga de soldadura:** Instrumento de medición que sirve para medir profundidades (deformaciones, picaduras, socavaciones, etc.)
- **Gas licuado de petróleo:** Mezcla principalmente de los hidrocarburos propano y butano.
- **Inspección:** Procedimiento en el cual se realizan los ensayos programados en orden secuencial, de la cual se obtienen resultados los cuales posteriormente son analizados para entregar un resultado conclusivo de aceptación, reparación o rechazo.

- **Medidor de espesores:** Equipo electrónico de ultrasonido empleado para medir espesores a una plancha metálica.
- **Plan de inspección:** Plan aplicado para esquematizar un proceso de inspección, teniendo como partes la revisión histórica, verificación de equipos y calibración, aplicación de ensayos no destructivos, resultados, frecuencia de inspección y conclusiones.
- **Protección catódica:** Técnica para controlar la corrosión de una superficie metálica, mediante la conversión de esta superficie en el cátodo de una celda electroquímica. Se aplica a tanques y tuberías de acero soterradas.
- **Recipiente a presión:** Contenedor sellado, fabricado y verificado bajo normativas internacionales con la finalidad de contener gases líquidos a una presión significativa la cual es diferente a la presión que circula en el ambiente.
- **Tiempo de inspección:** Tiempo programado para realizar cada ensayo no destructivo en el recipiente a presión.
- **Velocidad de corrosión:** Velocidad con la que una zona evaluada (CML - Monitoreo de control para verificación de condición) en el recipiente a presión tiende a perder espesor
- **Vida remanente:** La vida remanente es el resultado teórico de cuánto tiempo funcionará el recipiente en óptimas condiciones en caso no sea sometido a agentes que puedan perjudicar (tal como la humedad, falta de mantenimiento o recubrimiento)

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La aplicación del ciclo de Deming permite mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

3.1.2. Hipótesis específicas

- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.
- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.
- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

3.2. Operacionalización de variables

3.2.1. Definición conceptual de variables

Ciclo de Deming

VI: Según el autor Oakland (2020) menciona que el ciclo de Deming es una herramienta que permite mejorar continuamente los procesos y productos de una empresa. Este ciclo consta de cuatro fases: planificación, ejecución, verificación y acción. El objetivo de este ciclo es mejorar la calidad, aumentar la eficiencia y reducir los costos.

Proceso de inspección

VD: Según API-510 (2022), ítem 3.1.66, especifica o describe cómo se va a realizar una actividad. Puede incluir los métodos que se emplearon, los equipos o los materiales que se utilizaron, las calificaciones del personal involucrado y la secuencia de trabajo.

Definición operacional de variables

Ciclo de Deming

VI: Se trata de una herramienta que permite mejorar continuamente los procesos y los productos. Su objetivo principal es mejorar la calidad y aumentar la eficiencia de los procesos a realizar, en este caso se busca mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP.

Proceso de inspección

VD: Los procesos de inspección se definen mediante los lineamientos que defina el inspector, basándose en los conceptos que requiera la normativa en recipientes a presión de GLP. Estos procesos van desde el planeamiento de la inspección, requerimiento de equipos, ejecución de la inspección hasta el tema de gestión documentaria para la certificación del recipiente a presión de GLP.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 3. Tabla de operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Índices	Método y técnica
CICLO DE DEMING	Según el autor (Oakland, 2020) menciona que el ciclo de Deming es una herramienta que permite mejorar continuamente los procesos y productos de una empresa. Este ciclo consta de cuatro fases: planificación, ejecución, verificación y acción. El objetivo de este ciclo es mejorar la calidad, aumentar la eficiencia y reducir los costos.	Se trata de una herramienta que permite mejorar continuamente los procesos y los productos. Su objetivo principal es mejorar la calidad y aumentar la eficiencia de los procesos a realizar, en este caso se busca mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP.	Planificar	Actividades	% actividades planificadas	Tipo: Aplicada Diseño: Experimental Nivel: Pre-experimental
			Hacer	Objetivos	% objetivos cumplidos	
			Verificar	Cumplimiento del proceso	% cumplimiento del proceso	
			Actuar	Cumplimiento de mejora continua	% cumplimiento de mejora continua	
PROCESO DE INSPECCION	Los inspectores deben considerar los tipos de mecanismos de daño activos y los modos de daño correspondientes activos en el recipiente a presión para determinar la(s) mejor(es) técnica(s) a usar durante el proceso de inspección. (API-510, 2022).	Los procesos de inspección se definen mediante los lineamientos que defina el inspector, basándose en los conceptos que requiera la normativa en recipientes a presión de GLP. Estos procesos van desde el planeamiento de la inspección, requerimiento de equipos, ejecución de la inspección hasta el tema de gestión documental para la certificación del recipiente a presión de GLP.	Requerimiento de equipos inspección	Calibración y estado de equipos de inspección	Metodología 5S	Enfoque: Cuantitativa Método: Deductivo
				Tiempo de preparación de requerimientos	Tiempo (minutos)	
			Ejecución de inspección	Evaluación de competencias	Calificación	Técnicas: Observación Documentaria
				Tiempo de ejecución	Tiempo (minutos)	
			Documento de inspección	Evaluación de competencias	Calificación	Instrumentos: Fichas documentadas
				Tiempo de procesamiento	Tiempo (minutos)	

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1. Diseño metodológico

Tipo Aplicada: Según Valderrama (2013) menciona que la investigación aplicada busca específicamente aplicar los conocimientos existentes a la elaboración de normas y procedimientos tecnológicos, con el propósito de controlar procesos en la realidad. En la presente investigación se aplicó las teorías del ciclo de Deming, de las inspecciones a recipientes de GLP y de los ensayos no destructivos para emplearlo en la mejora del proceso de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Diseño de investigación experimental: Según Hernández (2014) el diseño de una investigación es experimental cuando el investigador pretende establecer un posible efecto a una causa que se suscita durante la investigación. El diseño de investigación es experimental debido a que manipulará la variable independiente con la finalidad de establecer un efecto de las causas que originan el problema de investigación, dicho efecto está ligado a las inconformidades en el proceso de inspección, por ello es por lo que se propone mejorar dicho proceso aplicando la metodología del ciclo de Deming.

Nivel pre-experimental: Según el autor Valderrama (2014) explica que en el diseño de un grupo que existe pre prueba y post prueba, indica que existe tres etapas: inicia con administrar una prueba preliminar con la finalidad de medir la variable dependiente, luego la aplicación en la muestra para que finalmente en la post prueba se medirá nuevamente la variable dependiente. Durante la investigación se recolectó información de cómo era la ejecución del proceso de inspección antes de aplicar el ciclo de Deming, al finalizar se procesó una nueva información con la finalidad de medir la mejora.

Enfoque cuantitativo: Según Valderrama (2013) este enfoque busca analizar y explicar la relación causa-efecto mediante datos que deben ser validados y confiables, con la finalidad de obtener resultados exactos.

En el transcurso de la investigación se recolectó datos de los tiempos en cada dimensión del proceso de inspección (variable dependiente), de tal manera que se midió el porcentaje de mejora del proceso luego de aplicar el ciclo de Deming.

4.2. Método de investigación

Método deductivo: Según Bernal (2010) este método consiste fundamentalmente en el análisis de un principio, teorema, metodología o ley de aplicación fundamental y que a su vez tenga validez. Para que dicha información sirva para la aplicación de una solución del problema o una mejora en particular. En la investigación se indagó información acerca de los principios del ciclo de Deming, normativas de construcción e inspección en recipientes a presión de GLP y sobre protocolos de ensayos no destructivos para mejorar el proceso de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

4.3. Población y muestra

Según Bernal (2010) al definir la población se refiere al conjunto de todos los elementos que comparten características similares y sobre las cuales hace referencia dentro de la investigación. La muestra es una parte dentro de la población, de la cual se obtiene la información para el desarrollo de su estudio, mediante la cual se ejecutará la observación y la medición de la variable del objeto de estudio.

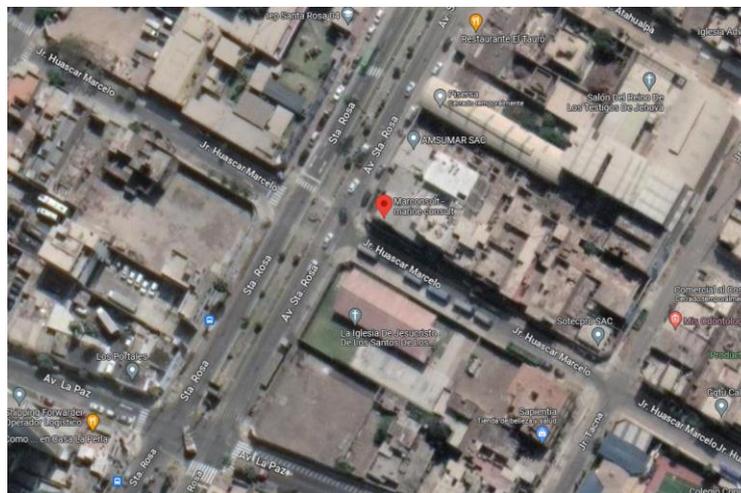
La población serán los recipientes a presión de GLP debido a que nos brindará la información necesaria para dar solución a las hipótesis específicas. Con la información de cada recipiente puedo definir: Los equipos de inspección que se debe tener para un correcto servicio, definir los protocolos de inspección para ejecutar de forma correcta los ensayos no destructivos, finalmente se puede procesar el documento de forma eficiente al conocer la naturaleza y condiciones a las que está siendo sometido el recipiente. La muestra será 20 recipientes de GLP inspeccionados dentro del periodo de marzo-abril del año 2023.

4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado

El informe final de tesis tiene como lugar de estudio en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C, como dirección legal en Av. Santa Rosa Nro. 797 – La Perla, Callao, que es el lugar dónde se procesó la información y dónde se plantearon las mejoras del ciclo de Deming.

El periodo de desarrollo de toda la investigación está comprendido desde febrero hasta mayo del 2023.

Figura 18: Mapa de la ubicación del lugar de estudio



Fuente: Google Maps

4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información

Según Bernal (2010) define algunas técnicas válidas para la recolección de la información durante la investigación. Durante el desarrollo de la tesis se empleó la observación porque durante la recolección de la información se tuvo que evidenciar de forma visual el proceso de inspección en las diferentes etapas del ciclo de Deming para determinar la mejor estrategia para la mejora del proceso de inspección, además se empleó el análisis de documentos porque se tuvo que recabar información de normativas, teorías aplicadas y de protocolos antiguos de inspección para definir los pasos a seguir en la investigación.

También como argumenta Ríos (2017) que un instrumento es en síntesis una herramienta para la recolección de datos proveniente de una unidad de análisis. Para la investigación se empleó una ficha de observación, que en el lugar de trabajo se denomina constancia de servicio, es una ficha de tipo estructurada que detalla una fecha, momento, lugar, duración del trabajo y la firma autorizada del inspector que realizó el trabajo en campo, a su vez contiene los detalles de la información de la inspección para su análisis en la gestión documentaria y de los equipos empleados durante el servicio.

4.6. Análisis y procesamiento de datos

Con los datos recopilados durante la investigación para establecer la mejora del proceso en la empresa.

En función a la información recopilada podemos determinar que el análisis se va dividir en las siguientes etapas:

ETAPA 1: PLANIFICAR

- Elaboración de un diagrama causa-efecto
- Diseño de un flujograma del proceso
- Planificación de medida de orden y limpieza en el almacén
- Recopilación de protocolos de inspección antiguos
- Planificación del diseño de un manual de inspección
- Planificación de capacitación
- Planificación de evaluación
- Discusión de la planificación con la jefatura

ETAPA 2: HACER

- Aplicación de la metodología 5S
- Elaboración del manual de inspección
- Ejecución de la capacitación
- Ejecución de la evaluación

ETAPA 3: VERIFICAR

- Verificación de resultados de la reducción de tiempos
- Verificación de resultados de la evaluación
- Análisis y reporte de resultado a la jefatura

ETAPA 4: ACTUAR

- Análisis económico de las ventajas del ciclo de Deming
- Actuar para la mejora para preparación de equipos
- Implementación de mejoras en una inspección
- Ejecución de capacitaciones como medida de mejora
- Planificación con la jefatura para las medidas de mejora

Las etapas propuestas están constituidas por 4 etapas, las cuales están basadas en las dimensiones de la variable independiente. La primera parte que es la de PLANIFICAR, se planificará las estrategias y métodos para elaborar los objetivos que debemos cumplir posteriormente. Se planteará también las propuestas con el área gerencial.

La segunda etapa es la de HACER, se desarrollará las actividades previamente planificadas del paso anterior, en este paso es dónde se ejecutarán las mejoras. La tercera etapa es la de VERIFICAR, en este paso se evaluará los datos obtenidos del proceso anterior, a su vez será la que defina que tanto se ha mejorado el proceso gracias al ciclo de Deming.

La cuarta esta consta de ACTUAR, en esta última etapa se determinará en base a la verificación de los resultados que es lo que necesita mejorar la empresa. Se realiza una nueva propuesta de mejora con el área gerencial para verificar que es lo que se puede seguir mejorando.

4.6.1. Planificar

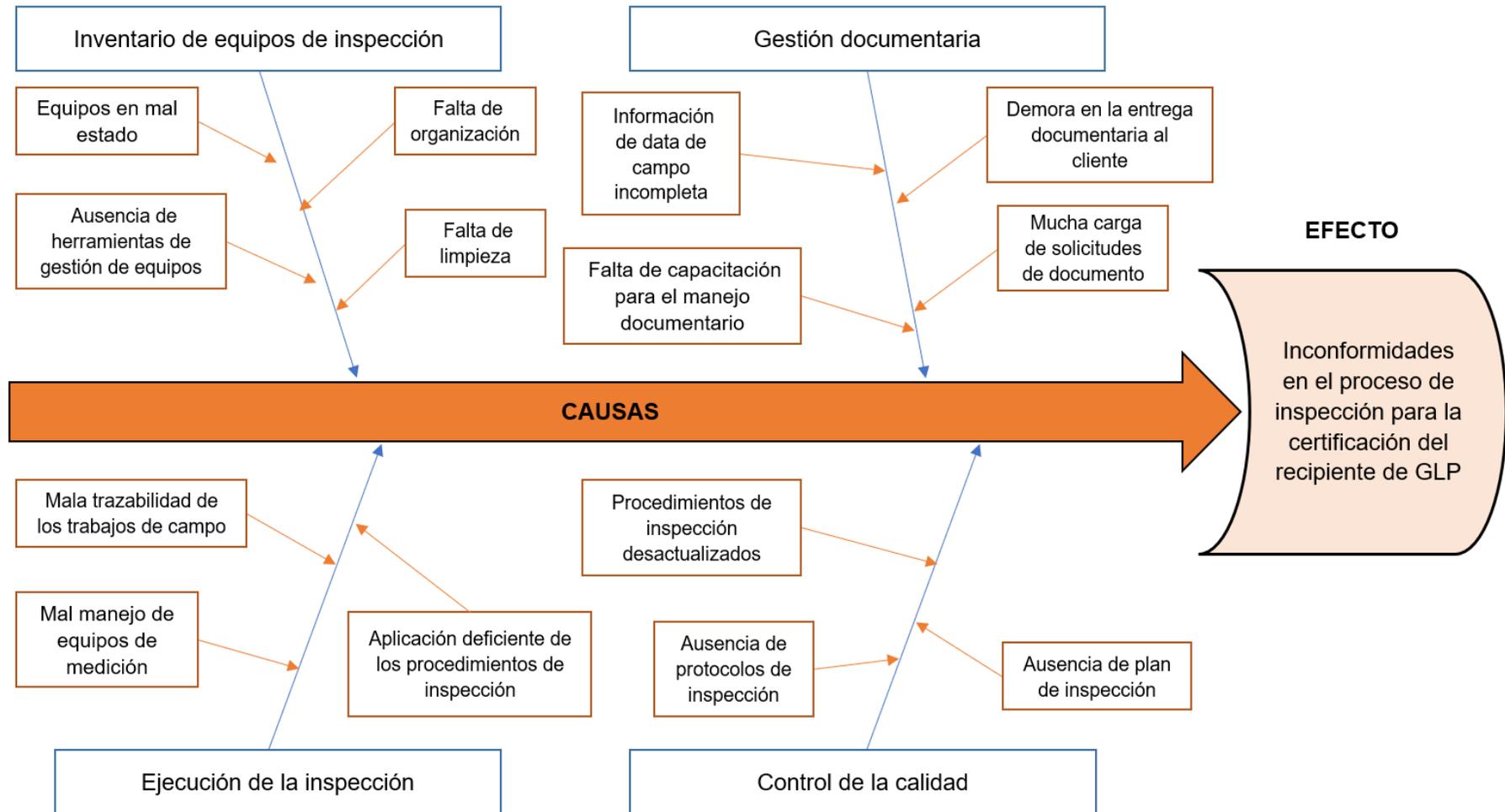
- **Elaboración de un diagrama causa-efecto**

Para poder plantear las estrategias necesarias para la mejora del proceso de inspección se tiene que definir las causas y efectos de la problemática. Esto es imperativo para poder definir qué aspectos se deben mejorar del proceso de inspección para poder definir las actividades a planificar. El diagrama Ishikawa nos permitió visualizar cuatro causas principales en el proceso de inspección la cual originan en el efecto de las inconformidades presentadas: calibración de equipos, protocolos de inspección, definición de procedimientos y gestión documentaria.

- **Diseño de un flujograma para el proceso**

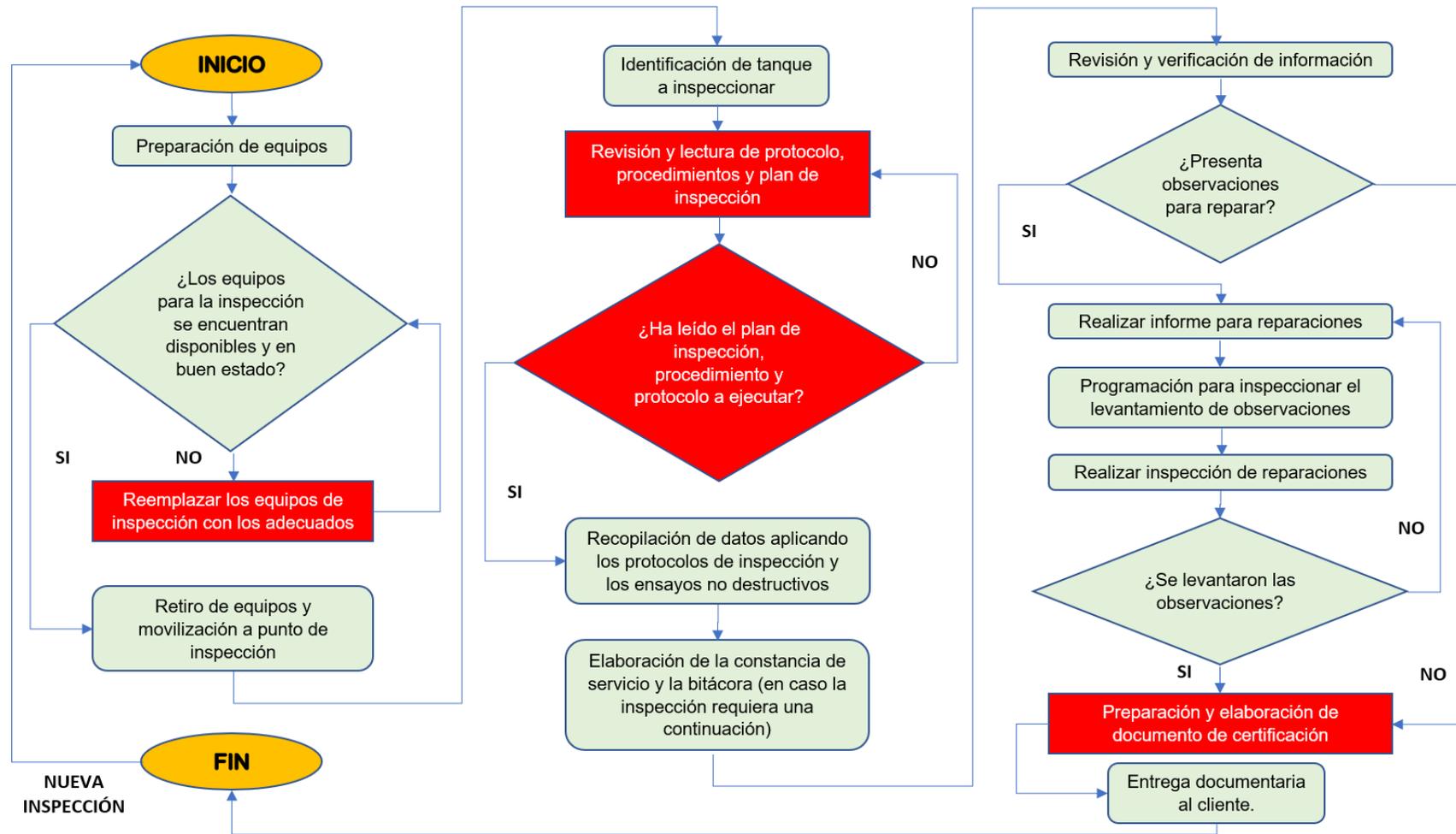
Luego de definir las causas y el efecto de la problemática, podemos esquematizar los pasos que conlleva el proceso de inspección, se tomó en cuenta aspectos desde el uso adecuado de los equipos de inspección hasta la entrega documentaria al cliente. El flujograma detalla los pasos que se siguen durante el proceso de inspección de un recipiente a presión de GLP, junto al diagrama Ishikawa podremos determinar las soluciones adecuadas.

Figura 19: Diagrama Ishikawa



Fuente: Propia

Figura 20: Flujograma del proceso de inspección



Fuente: Propia

- **Planificación de medida de orden y limpieza en el almacén**

En el flujograma se detalló la disponibilidad de los equipos de inspección, es imperativo que estén en buen estado, debido a que ante una mala lectura (por la falta de calibración o daño) puede arrojarnos un mal resultado del certificado de inspección, por consecuencia originando en el peor de los casos un accidente por deflagración de GLP.

Dicho esto, se realizó un conteo de los equipos donde vemos un desorden organizacional de los equipos de inspección, también equipos en mal estado, no existe una zona específica para ubicar cada equipo. Esto se ve reflejado en los tiempos que demanda a cada inspector para realizar sus requerimientos, esto origina que el tiempo de llegada al punto de inspección sea más tarde de lo coordinado en la programación.

Figura 21: Estado del almacén - antes



Fuente: Propia

Por ello se planteó utilizar la metodología de las 5S, la cual consiste en seleccionar los equipos que aún están operativos con respecto a los que ya no tienen alguna utilidad, ordenar el almacén donde se guardan los equipos, limpiar los equipos antes y después de utilizarlos, estandarizar los procesos ya mencionados de tal manera que se vea reflejado una mejora y por último seguir aplicando la metodología hasta evidenciar un cambio, se tuvo un tiempo prudencial desde enero del 2023 para ir realizando los cambios, de

tal manera que el almacén esté en óptimas condiciones para la plena disposición de los inspectores.

- **Recopilación de protocolos de inspección antiguos**

En el proceso de recopilación de información como guía para planificar formas de mejora en el proceso de inspección nos encontramos con formatos antiguos del año 2021 y 2022. Dichas guías contenían lineamientos muy básicos y que quedaban implícitos para el entendimiento de los inspectores. Esto debido que citaban párrafos de la normativa API 510 y a las normas auxiliares con las que se sustenta, dicha información resulta irrelevante ya que lo que se busca es tener un documento oficial dónde se detalle el paso a paso del servicio a realizar, mas no citas de una norma a la que cada inspector ya tiene conocimiento.

Otro documento que se evidenció fueron procedimientos para la ejecución de los ensayos no destructivos: inspección visual, medición de espesores por UT, partículas magnéticas y aplicación de líquidos penetrantes. Para todos estos casos resultó de la misma manera a la guía anterior, la lectura de estos no se llegaba a entender del todo.

Por consecuencia, ha originado el efecto principal de la problemática dentro de la investigación. No obstante, se planteó un nuevo protocolo para fomentar el correcto actuar dentro y afuera de la inspección, dicho documento será un manual que todo inspector tendrá a la mano para poder mejorar el proceso de inspección, mejorando específicamente tiempos y los conocimientos con respecto a los códigos internacionales de inspección.

- **Planificación del diseño de un manual de inspección**

En el punto anterior se evidenció la ausencia de protocolos, guías con poca información o de algún instructivo para realizar una inspección, el cual es un problema debido a que cuando un personal nuevo es contratado y desconoce sobre la forma del proceso de inspección. Desde la parte de los equipos a emplear hasta saber que normas internacionales aplicar para realizar un documento.

Es por esa razón que se planteó la idea de diseñar un manual para solventar las deficiencias citadas anteriormente, de la siguiente manera para que pueda ser muy compacto y didáctico posible.

- ❖ Definición de términos básicos
- ❖ Siglas y abreviaturas
- ❖ Referencias a las normativas aplicadas
- ❖ Herramientas y equipos necesarios
- ❖ Diagramas lógicos de cada gestión en campo
- ❖ Imágenes complementarias
- ❖ Esquematización de lo hecho en campo
- ❖ Ilustración de cómo hacer un documento
- ❖ Guía de uso de Software

- **Planificación de capacitación**

En este paso se planificó la capacitación de lo que está plasmado en el manual de inspección, esto con la finalidad de orientar al personal sobre todos los lineamientos que debe seguir el inspector desde que adquiere algún requerimiento de equipos hasta la elaboración documentaria del recipiente a presión de GLP. Dicha capacitación constará de una de 2 etapas, la etapa teórica y la etapa práctica.

- **Planificación de evaluación**

Una vez que se finalizó la capacitación se realizó una evaluación de conceptos, con respecto al contenido del manual de inspección: La capacitación consistió únicamente de aspectos teóricos, sin embargo, no se pudo determinar una fecha tentativa para la evaluación práctica por temas logísticos y porque no se podía parar el personal tanto tiempo para realizar pruebas de campo. No obstante, si se planeó supervisar los tiempos de trabajo de cada inspector con la finalidad si hubo alguna reducción en los tiempos.

- **Discusión de la planificación con la jefatura**

Una vez detallado a lo que se quiso llegar, se coordinó a una reunión con la jefatura de nuestra área de trabajo para mencionar las propuestas de mejora,

accedieron a escucharlas y estuvieron en acuerdo con el 90% de lo que le planificamos.

Tabla 4: Checklist del cumplimiento en la etapa de planificación

Cumplimiento de actividades de la etapa: PLANIFICAR		
		Sí No
1	Se accedió a clasificar los equipos de inspección	X
2	Se accedió a llevar un orden dentro del almacén	X
3	Se accedió a llevar limpieza continua	X
4	Se accedió la calibración de equipos de forma más seguida	X
5	Se accedió a dar de baja equipos inservibles	X
6	Se accedió a delimitar las zonas de trabajo	X
7	Se accedió a modificar los antiguos formatos de guías por un manual de inspección	X
8	Se accedió a prestar información para nuestra investigación	X
9	Se accedió a la implementación de un software para el control de equipos	X
10	Se accedió a el uso de guías de remisión para el control de equipos	X
11	Se accedió a dar capacitaciones al personal	X
12	Se accedió a manejar los tiempos para la capacitación	X
13	Los inspectores aceptaron tomar la capacitación	X
14	Se accedió a tomar una prueba de conocimientos	X
15	Se manejó los tiempos para la prueba escrita	X
16	Se manejó los tiempos para la prueba práctica	X
17	Se llevó de manera normal la capacitación y la prueba	X
18	Se accedió a revisar los manuales de inspección para su aprobación	X
19	Se accedió a brindar apoyo logístico para cualquier requerimiento extra	X
20	Se accedió a brindar facilidad de tiempos para la investigación en la etapa de planificación	X

4.6.2. Hacer

- **Aplicación de la metodología 5S**

1) SELECCIONAR

En la selección de equipos se va a clasificar los equipos que se encuentran a disposición de la empresa hasta el presente año 2023.

Los equipos operativos serán los que se tomen para su evaluación en las etapas siguientes de la metodología de las 5S. Los equipos de baja definitiva serán puestos a disposición del encargado del almacén para que pueda hacer llegar su reporte al área de gerencia y los de baja temporal serán tomados en cuenta para su calibración a futuro.

Otro aspecto para tomar en cuenta que se tiene en consideración equipos que se puedan calibrar, mas no aspectos de los consumibles que se usan en campo.

En total había luego de la selección de equipos del almacén:

Al seleccionar los bloques patrón escalonados se identificó un total de 9 bloques, de los cuáles hay 3 operativos nomás. El resto pasa al grupo de “baja definitiva” debido a presentar daños mecánicos.

Tabla 5: Inventario de bloques patrón

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-019	BLOQUE PATRON 10 PASOS	TIME	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-041	BLOQUE PATRON 07 PASOS	SIUI	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-042	BLOQUE PATRON 07 PASOS	SIUI	STEP BLOCK	CALIBRADO
DT-044	BLOQUE PATRON 07 PASOS	SIUI	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-046	BLOQUE PATRON 09 PASOS	TIME	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-047	BLOQUE PATRON 07 PASOS	SIUI	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-115	BLOQUE PATRON 10 PASOS	SIUI	STEP BLOCK	CALIBRADO
DT-116	BLOQUE PATRON 10 PASOS	SIUI	STEP BLOCK	BAJA DEFINITIVA
DT-117	BLOQUE PATRON 10 PASOS	SIUI	STEP BLOCK	CALIBRADO

Se identificó un total de 21 calibradores (galgas), de las cuáles hay 7 operativas, 9 para baja temporal y el resto son para baja definitiva.

Tabla 6: Inventario de calibradores de soldadura

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-002	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-004	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-006	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-009	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA DEFINITIVA
DT-010	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA DEFINITIVA
DT-011	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA DEFINITIVA
DT-012	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA DEFINITIVA
DT-013	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA DEFINITIVA
DT-107	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-109	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-109	CALIBRADOR DE SOLDADURA BRIDGE CAM	G.A.L. GAGE CO	BRIDGE CAM	CALIBRADO
DT-110	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-111	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-112	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-113	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	BAJA TEMPORAL
DT-125	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO
DT-126	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO
DT-127	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO
DT-128	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO
DT-129	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO
DT-130	CALIBRADOR DE SOLDADURA V-WAC	G.A.L. GAGE CO	V-WAC	CALIBRADO

Se identificó 21 de estas cintas, de las cuales hubo que dar de baja 10 cintas, para calibrar 6 cintas y 5 son cintas operativas.

Tabla 7: Inventario de cintas métricas

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
ML-4119	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4120	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4121	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4122	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4123	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4124	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4125	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4126	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4128	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4129	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA DEFINITIVA
ML-4632	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4633	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	BAJA DEFINITIVA
ML-4634	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	BAJA DEFINITIVA
ML-4635	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4636	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	BAJA TEMPORAL
ML-4637	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-791	CALIBRADO
ML-4638	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	BAJA DEFINITIVA
ML-4640	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	CALIBRADO
ML-4641	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	CALIBRADO
ML-4642	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	CALIBRADO
ML-4643	CINTA MÉTRICA	STANLEY	34-262	CALIBRADO

Al seleccionar la cantidad totales de flexómetro, siendo 20. Se evidenció una cantidad de 14 flexómetros operativos, 4 flexómetros para calibrar y sólo 2 son para dar de baja definitivamente.

Tabla 8: Inventario de flexómetros

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-134	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	OPERATIVO
DT-137	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-3974	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-3975	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	BAJA TEMPORAL
ML-3976	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	BAJA TEMPORAL
ML-3977	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	BAJA TEMPORAL
ML-3978	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	BAJA TEMPORAL
ML-4414	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4416	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4418	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4419	FLEXÓMETRO	STANLEY	30-262	BAJA DEFINITIVA
ML-4421	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4422	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4423	FLEXÓMETRO	STANLEY	30-262	BAJA DEFINITIVA
ML-4424	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4425	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4426	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4427	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4428	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO
ML-4429	FLEXOMETRO	STANLEY	30-626	CALIBRADO

Al seleccionar el conteo de manómetros pudimos evidenciar que hay 19 manómetros, de los cuales 7 están operativos, 2 son para calibrar y el resto son equipos de baja, debido a que se encuentran con algún daño mecánico.

Tabla 9: Inventario de manómetros

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-88	MANOMETRO 500 PSI	ENZO	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-89	MANOMETRO 400 PSI	S.H.M	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-90	MANOMETRO 300 PSI	FIMET	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
DT-92	MANOMETRO 600 PSI	HL INSTRUMENTS	ANALOGICO	BAJA DEFINITIVA
MFP-22569	MANOMETRO 200 PSI	HL INSTRUMENTS	NO INDICA	CALIBRADO
MFP-22570	MANOMETRO 200 PSI	HL INSTRUMENTS	ANALOGICO	CALIBRADO
MFP-22571	MANOMETRO 200 PSI	HL INSTRUMENTS	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
MFP-22572	MANOMETRO 200 PSI	HL INSTRUMENTS	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
MFP-22573	MANOMETRO 200 PSI	HL INSTRUMENTS	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
MFP-22576	MANOMETRO 600 PSI	HL INSTRUMENTS	NO INDICA	BAJA TEMPORAL
MFP-22579	MANOMETRO 600 PSI	DYNAMIC	ANALOGICO	CALIBRADO
MFP-22580	MANOMETRO 600 PSI	DYNAMIC	NO INDICA	CALIBRADO
MFP-22581	MANOMETRO 600 PSI	DYNAMIC	ANALOGICO	BAJA DEFINITIVA
MFP-22582	MANOMETRO 600 PSI	DYNAMIC	NO INDICA	BAJA DEFINITIVA
MFP-22583	MANOMETRO 600 PSI	DYNAMIC	ANALOGICO	BAJA DEFINITIVA
MFP-22585	MANOMETRO 200 PSI	WEIZZ	ANALOGICO	CALIBRADO
MFP-22586	MANOMETRO 200 PSI	WEIZZ	NO INDICA	CALIBRADO
MFP-22588	MANOMETRO 200 PSI	WEIZZ	NO INDICA	CALIBRADO
MFP-22589	MANOMETRO 200 PSI	WEIZZ	NO INDICA	BAJA TEMPORAL

Se seleccionó en un total de 28 medidores de espesores: 19 equipos operativos/calibrados, 3 equipos para mandar a calibrar y el resto son equipos que están de baja definitiva.

Tabla 10: Inventario de medidores de espesores

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-073	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-074	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-075	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	CALIBRADO
DT-076	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	CALIBRADO
DT-077	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-078	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-079	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-081	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA TEMPORAL
DT-083	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	CALIBRADO
DT-100	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA TEMPORAL
DT-101	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-102	MEDIDOR DE ESPESORES	SIUI	CTS-30C	BAJA DEFINITIVA
DT-131	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	BAJA TEMPORAL
DT-132	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	CALIBRADO
DT-151	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA U	CMXDL+	CALIBRADO
DT-152	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	CALIBRADO
DT-153	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	CALIBRADO
DT-154	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	CALIBRADO
DT-155	MEDIDOR DE ESPESORES	DAKOTA	CMXDL+	CALIBRADO

Se seleccionó en un total de 4 equipos de emisiones acústicas, todos estos se encuentran operativos con la calibración vigente.

Tabla 11: Tabla de inventario de los equipos de emisiones acústicas

CÓDIGO	EQUIPO / INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	ESTADO
DT-EA-01	EQUIPO DE EMISIONES ACÚSTICAS	VALLEN SYSTEM	MB6-V2	CALIBRADO
DT-EA-02	EQUIPO DE EMISIONES ACÚSTICAS	VALLEN SYSTEM	MB19-V2	CALIBRADO
DT-EA-03	EQUIPO DE EMISIONES ACÚSTICAS	VALLEN SYSTEM	MB6-V2	CALIBRADO
DT-EA-04	EQUIPO DE EMISIONES ACÚSTICAS	VALLEN SMART LINE	MB6-V2	CALIBRADO

Fuente: Propia

2) ORDENAR

Para el proceso de ordenar se tomó en cuenta la estandarización de equipos previamente elaborado, de tal manera que sólo cuente con los equipos que están calibrado y a su vez presente un buen estado operativo. Se ordenó en base a dos aspectos: El uso en conjunto para un servicio determinado y ser de las mismas características. A continuación, se mencionará la forma en que se ordenó los equipos de inspección, como métodos eficientes para reducir los tiempos:

Figura 22: Ordenamiento de herramientas



Fuente: Propia

Como se muestra en la Fig.22, se ordenó los equipos de emisiones acústicas de tal manera que tengan a la mano los cables de conexión, herramientas de corte, manómetro paramétrico, sujetadores magnéticos, palpadores acústicos, entre otros implementos. Para su ordenamiento se necesitó de la ayuda de un personal capacitado dentro de la empresa que sepa de los requerimientos básicos del equipo de emisiones acústicas.

Figura 23: Ordenamiento de suministros



Fuente: Propia

Como se muestra en la Fig.23, se ordenó los frascos para removedor de pintura para que el inspector que necesite dicho consumible pueda obtenerlo en un menor tiempo. Se puso a simple vista con etiquetas con el nombre de cada inspector.

Figura 24: Empaquetado de manómetros



Fuente: Propia

Como se muestra en la Fig.24, se ordenó los manómetros en buen estado, consiguiendo unas cajas para protegerlas de algún corte o golpe. A su vez se mandó a calibrar los manómetros restantes. Se tomó en cuenta protegerlos debido a que los manómetros de baja fueron por daños de esta magnitud.

Figura 25: Ordenamiento de kits de tintes



Fuente: Propia

Como se muestra en la Fig.25, se ordenó los kits de líquidos penetrantes, ordenándolo en la clasificación de: revelador a la izquierda, cleaner en medio y penetrante rojo a la derecha.

Figura 26: Ordenamiento de kit de inspección básico



Fuente: Propia

Como se muestra en la Fig.26, se ordenó por kits de inspección para que en caso de emergencia se pueda tener equipos ya predeterminados como, por ejemplo: Cinta métrica, flexómetro, medidor de espesores, galga de soldadura, manómetro y gel acoplante.

3) LIMPIEZA

Para el tercer paso de la metodología 5S consiste en limpiar y preservar los equipos de inspección en todo momento.

Para ello se determinaron actividades fundamentales para conservar el cuidado de los equipos tanto dentro como afuera de la empresa.

- La primera actividad es revisar que los equipos de inspección estén debidamente limpios en el almacén antes de salir a un servicio programado.
- La segunda actividad consiste en mantener la limpieza de los equipos durante la inspección, como los servicios son en zonas de alto grado de contaminación, los equipos están propensos a suciedad.
- La tercera actividad con respecto a la limpieza será de igual forma a la primera actividad, preservar la limpieza al momento de guardar los equipos en su lugar designado.

Figura 27: Orden y limpieza del equipo durante la inspección



Fuente: Propia

4) ESTANDARIZACIÓN

El siguiente paso de la metodología es estandarizar cada equipo de tal forma que esté señalizado, de tal manera que pueda preservar el orden y la limpieza del almacén. Este paso consiste en repetir los 3 pasos anteriores de tal manera que haya una costumbre por parte del personal.

Se señaló las áreas dónde se deben guardar los equipos para tener un mejor control del almacén, estos ubicados mediante etiquetas amarillas en una zona determinada del almacén. Se realizó lo mismo con los consumibles como los tintes, reveladores y limpiadores.

Figura 28: Etiquetado de los equipos de emisiones



Fuente: Propia

El proceso para delimitar los líquidos se necesitó de letreros donde se indique dónde va cada implemento en específico, al ser estos líquidos elaborados con químicos altamente inflamables se deberán almacenar en un lugar a temperatura ambiente para preservar sus condiciones físicas.

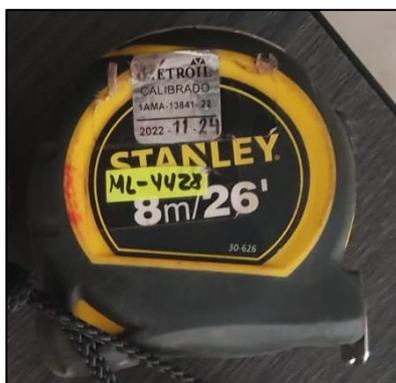
Figura 29: Estandarización de ubicación de kit de tintes



Fuente: Propia

Finalmente se debe contar con la estampa de calibración junto con la codificación del equipo. Esto únicamente para los equipos que se pueden calibrar, la importancia de tener un equipo calibrado radica en que es una garantía para el operador saber que su equipo está midiendo correctamente.

Figura 30: Estampa de calibración del equipo



Fuente: Propia

5) MEJORA

En el proceso de mejora se completará con la disciplina de mejora de la metodología 5S. Estableciendo una cultura de importancia para el orden y la limpieza dentro del almacén de la empresa. Explicando que los equipos deben estar en óptimas condiciones y que se debe reportar ni bien exista alguna irregularidad, con la finalidad de acortar los tiempos de requerimientos de equipos por parte de los inspectores de la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Figura 31: Estado del almacén luego de la limpieza



Fuente: Propia

- **Elaboración del manual de inspección**

La elaboración del manual de inspección consistió en los siguientes pasos:

1.- Definir la estructura del manual: El esquema debe estar conforme a los lineamientos establecidos por la empresa para temas de auditoria con INACAL. De la misma forma, dicha estructura fue revisada por la jefatura de la unidad.

2.- Definición de términos básicos: Se realizó un apartado de términos correspondientes al lenguaje de inspección NDT.

3.- Limitación de los alcances normativos: Se limitó el uso del manual a las normativas internacionales aplicadas, estos como: ASME, API, ASNT, entre otras más.

4.- Campo de aplicación: Se hizo énfasis en que el manual está destinando para la inspección en recipientes a presión de GLP, mas no para algún otro equipo operativo dentro del campo de la ingeniería.

5.- Protocolos de inspección: En el manual se mencionó los procedimientos que debe seguir el inspector desde el inicio de un trabajo de campo hasta el final de las actividades. En este apartado se mencionó el método correcto de cada técnica de ensayo no destructivo, de los equipos

necesarios para la ejecución del trabajo y de formas más eficientes para realizar una inspección.

6.- Protocolo de ejecución documentaria: Así mismo se agregó un apartado para la ejecución de algún documento, partiendo desde conceptos básicos en el uso de softwares hasta el amplio conocimiento en la normativa para el criterio de aceptación o rechazo de las observaciones que se evidencian en campo.

7.- Aplicación de la normativa API-510: Con la ayuda de las fórmulas y teorías planteadas en el marco teórico de la presente tesis, se realizó una explicación de cómo aplicarlas para realizar el certificado de inspección.

8.- Revisión de personal involucrado: El manual tuvo una validez en su contenido gracias a que personal capacitado de la empresa dio su visto bueno al contenido, a su vez esto paso por jefatura para dar conformidad al contenido y posteriormente a la capacitación.

- **Ejecución de capacitación**

Durante el proceso de capacitar al personal se estuvo instruyendo aspectos elementales de ingeniería que deben dominar. Estos aspectos se basan a su vez en lo que demanda la normativa aplicada y que fue plasmada en el manual de inspección. Las capacitaciones constaron en una inducción de forma teórica y luego una inducción en campo.

Figura 32: Capacitación teórica



Fuente: Propia

Figura 33: Capacitación práctica



Fuente: Propia

- **Ejecución de evaluación**

La evaluación consistió en una serie de preguntas acerca de conocimientos de campo: aplicación correcta de las técnicas en ensayos no destructivos, criterios de aceptación, cálculos de esfuerzos para un recipiente a presión en servicio, cálculos de la velocidad de corrosión, cálculos de la vida remanente y sobre la elaboración de un certificado.

El examen se puntúa de la siguiente manera:

Tabla 12: Escala para las notas de evaluación

Nota (0-20)	Escala
18-20	Muy bueno
14-17	Bueno
10-13	Regular
6-9	Malo
0-5	Muy malo

Fuente: Propia

4.6.3. Verificar

- **Verificación de resultados en la reducción de tiempos**

a.- La verificación de la reducción de tiempos que le demandó a cada inspector conseguir sus implementos se basó en un promedio de tiempos

por días para determinar que tanto fue mejorando luego de la implementación. Dicho sea de paso, también se comparó con una muestra de 20 días antes de que se implementara un orden en el almacén de equipos.

Día 1 – martes 4 de abril:

Tabla 13: Tiempo de requerimientos día 1

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Marzo L.	5	5.10
2	Luis B.	5.25	
3	Gerardo G.	5	
4	William R.	5.5	
5	Jean Pierre A.	4.75	

Día 2 – miércoles 5 de abril:

Tabla 14: Tiempo de requerimientos día 2

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Luis B.	5	5.08
2	José C.	4.75	
3	Joel N.	5.5	
4	Carlos M.	5.25	
5	Hugo M.	5	
6	Marco L.	5	

Día 3 – jueves 6 de abril:

Tabla 15: Tiempo de requerimientos día 3

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Diego F.	5.25	5.08
2	Reyber R.	5	
3	Javier T.	5	
4	Kevin Z.	5.25	
5	Luis B.	4.75	
6	Hugo M.	5.25	

Día 4 – viernes 7 de abril:

Tabla 16: Tiempo de requerimientos día 4

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Diego F.	5	5.05
2	Luis B.	4.75	
3	José C.	5.25	
4	Miguel T.	5.25	
5	Dincarjoj C.	5	

Día 5 – sábado 8 de abril:

Tabla 17: Tiempo de requerimientos día 5

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Miguel T.	5	4.96
2	Elizabeth R.	5.25	
3	José C.	5.25	
4	Dincarloj C.	4.5	
5	Reyber R.	5	
6	Hugo M.	4.75	

Día 6 – lunes 10 de abril:

Tabla 18: Tiempo de requerimientos día 6

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	José C.	4.75	4.92
2	Reyber R.	5	
3	Elizabeth R.	5	
4	Dincarloj C.	4.75	
5	Joel N.	5	
6	Diego F.	5	

Día 7 – martes 11 de abril:

Tabla 19: Tiempo de requerimientos día 7

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Dincarloj C.	5	4.95
2	Luis B.	4.75	
3	José C.	5.25	
4	Javier T.	5	
5	Joel N.	4.75	

Día 8 – miércoles 12 de abril:

Tabla 20: Tiempo de requerimientos día 8

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Javier T.	5	4.85
2	Reyber R.	4.75	
3	Hugo M.	5	
4	Javier T.	4.75	
5	Joel N.	4.75	

Día 9 – jueves 13 de abril:

Tabla 21: Tiempo de requerimientos día 9

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Hugo M.	4.75	4.83
2	Miguel T.	5	
3	Marco L.	4.75	
4	Dincarloj C.	5	
5	Carlos M.	4.5	
6	Luis B.	5	

Día 10 – viernes 14 de abril:

Tabla 22: Tiempo de requerimientos día 10

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Kevin Z.	4.5	4.75
2	Javier T.	5	
3	Luis B.	4.75	
4	Dincarloj C.	4.5	
5	Diego F.	5	
6	Juan C.	4.75	

Día 11 – sábado 15 de abril:

Tabla 23: Tiempo de requerimientos día 11

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Yeiny G.	4.5	4.79
2	Reyber R.	4.75	
3	Kevin Z.	4.75	
4	Elizabeth R.	4.75	
5	Hugo M.	5	
6	José C.	5	

Día 12 – lunes 17 de abril:

Tabla 24: Tiempo de requerimientos día 12

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Luis B.	4.5	4.71
2	Javier T.	4.75	
3	Carlos M.	4.75	
4	William R.	4.5	
5	Juan C.	5	
6	Miguel T	4.75	

Día 13 – martes 18 de abril:

Tabla 25: Tiempo de requerimientos día 13

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Jean Pierre A.	4.5	4.75
2	Reyber R.	4.75	
3	Elizabeth R.	5	
4	William R.	4.5	
5	Joel N.	4.75	
6	Gerardo G.	5	

Día 14 – miércoles 19 de abril:

Tabla 26: Tiempo de requerimientos día 14

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Luis B.	4.75	4.65
2	José C.	4.75	
3	Marco L.	4.5	
4	Kevin Z.	4.5	
5	Miguel T.	4.75	

Día 15 – jueves 20 de abril:

Tabla 27: Tiempo de requerimientos día 15

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Gerardo G.	4.25	4.63
2	Joel N.	4.75	
3	Elizabeth R.	4.75	
4	Dincarloj C.	4.5	
5	Marco L.	4.75	
6	José C.	4.75	

Día 16 – viernes 21 de abril:

Tabla 28: Tiempo de requerimientos día 16

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Andrés C.	4.5	4.46
2	Miguel T.	4.75	
3	Marco L.	4.25	
4	Dincarloj C.	4.5	
5	Christian A.	4.25	
6	Jean Pierre A.	4.5	

Día 17 – sábado 22 de abril:

Tabla 29: Tiempo de requerimientos día 17

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Yeiny G.	4.5	
2	Miguel T.	4.5	
3	Kevin Z.	4.25	
4	Christian A.	4.75	4.50
5	Hugo M.	4.25	
6	Diego F.	4.75	

Día 18 – lunes 24 de abril:

Tabla 30: Tiempo de requerimientos día 18

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Miguel T.	4.25	
2	Joel N.	4.25	
3	Yeiny G.	4.5	4.45
4	Diego F.	4.5	
5	José C.	4.75	

Día 19 – martes 25 de abril:

Tabla 31: Tiempo de requerimientos día 19

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Juan C.	4.5	
2	Miguel T.	4.5	
3	Elizabeth R.	4.5	
4	Dincarloj C.	4.75	4.46
5	Luis B.	4.25	
6	Diego F.	4.25	

Día 20 – miércoles 26 de abril:

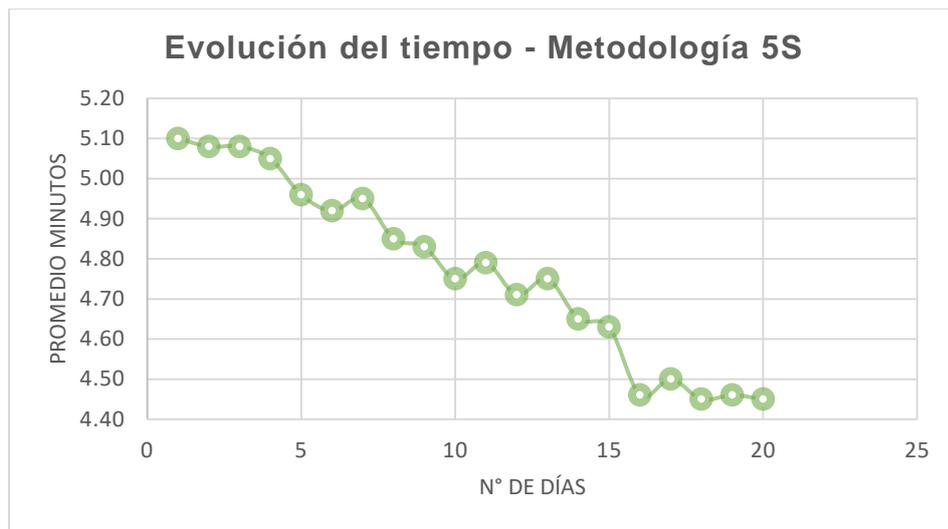
Tabla 32: Tiempo de requerimientos día 20

N°	Inspector	tiempo (minutos)	tiempo promedio
1	Yeiny G.	4.25	
2	Joel N.	4.5	
3	Gerardo G.	4.5	4.45
4	Miguel T.	4.5	
5	Dincarloj C.	4.5	

Fuente: Propia

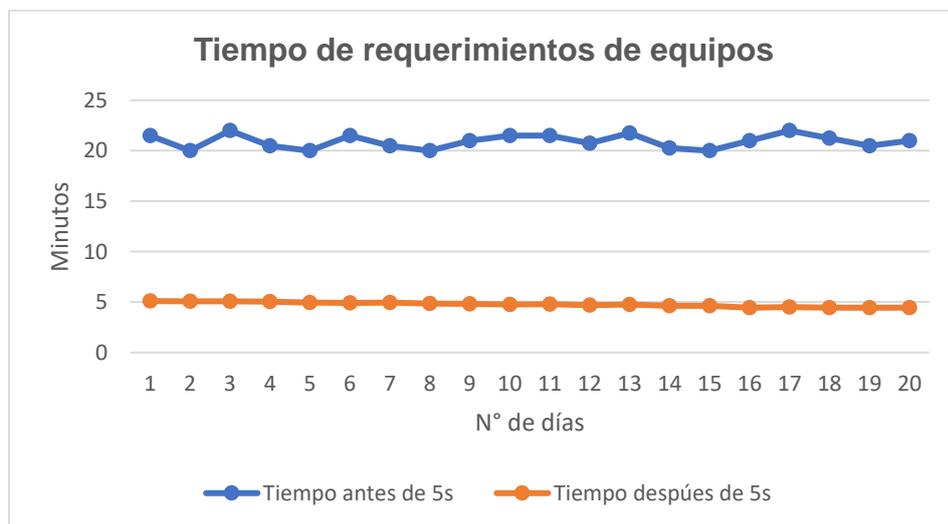
Luego de transcurrido los 20 días se evidenció que la mejora del tiempo parte de los 5 minutos y llegó a mejorar hasta en 4.5 minutos. Teniendo en cuenta que los tiempos antes de aplicar la metodología oscilaban los 20 minutos para obtener los equipos para la inspección.

Figura 34: Muestreo del tiempo para requerimientos



Fuente: Propia

Figura 35: Comparativa de tiempos en el requerimiento de equipos



Fuente: Propia

Como resultado final se puede señalar lo siguiente:

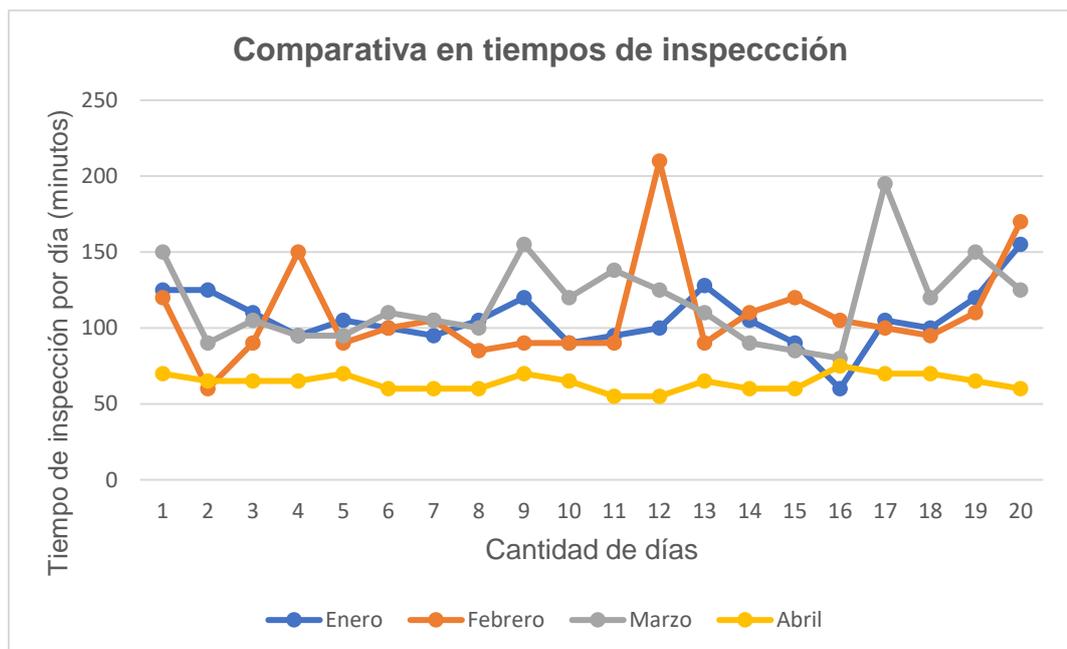
- Al comenzar el experimento se evidenció una tardanza promedio de 5 minutos y ese tiempo se estabilizó hasta los 4 minutos con 30 segundos.

- Antes de la implementación el tiempo promedio era de 20 minutos para la preparación de equipos.
- Se redujo aproximadamente a una cuarta parte los tiempos en requerimientos, a su vez por la aplicación de la metodología 5S me garantiza que los equipos que estoy seleccionando están en óptimas condiciones.
- Los datos fueron tomados en función al promedio del tiempo por día que demandaba a cada inspector conseguir sus requerimientos para los servicios que les eran programados.

b.- La verificación de la reducción de tiempos que le demandó a cada inspector ejecutar los trabajos en campo se tomó en base a 20 muestras en 20 días distintos en el mes de abril, comparado con 20 días de meses anteriores (enero, febrero y marzo) cuando aún no se había capacitado al personal con los protocolos adecuados para mejorar el proceso de inspección en la empresa. Como primera muestra tenemos un cuadro dónde se visualiza los tiempos luego de la capacitación del personal.

Como segunda muestra tenemos el siguiente cuadro dónde podemos ver que en meses anteriores existía una inconsistencia en los tiempos de inspección, de la misma forma había inspecciones muy prolongadas.

Figura 36: Comparativa del tiempo de inspección

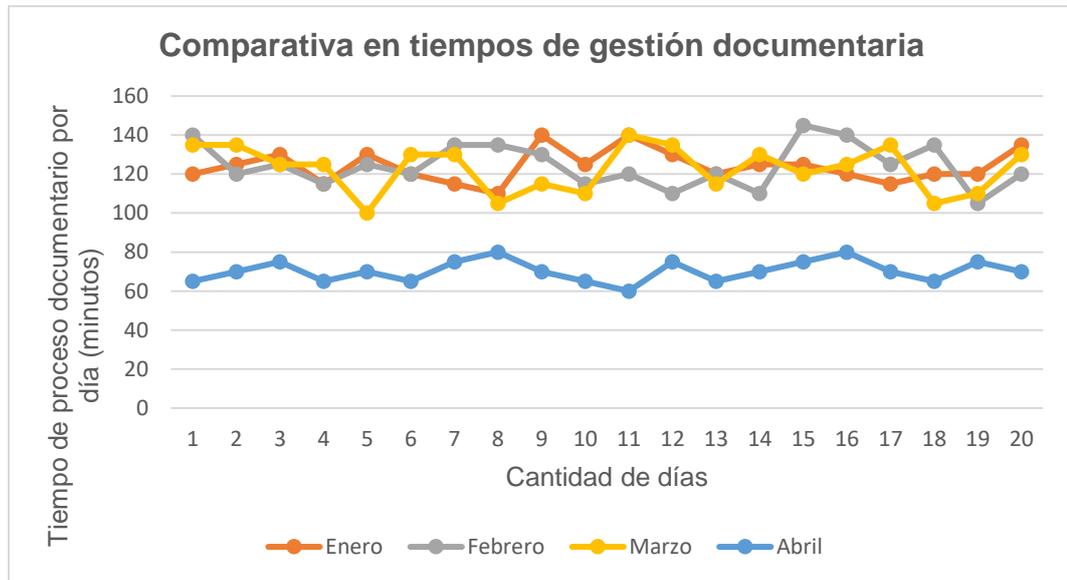


Fuente: Propia

Como resultado final se puede señalar lo siguiente:

- Luego de la capacitación del personal se pudo obtener tiempos más regulares con respecto a meses anteriores
 - Estos tiempos son más reducidos con respecto a las muestras anteriores, a su vez podemos garantizar que están realizando un correcto trabajo ya que sus conocimientos en normativas y protocolos han sido evaluados previamente.
 - La curva amarilla (abril) indica que en promedio ahora un inspector puede tardar 60 a 70 minutos en realizar una inspección un solo recipiente.
- c.- La verificación de la reducción de tiempos que le demandó a cada inspector realizar el documento de inspección se tomó de la misma forma, en base de 20 datos previo en los meses anteriores para contrastarlo con los 20 datos actuales luego de la capacitación y la evaluación.

Figura 37: Comparativa del tiempo de la gestión documental



Fuente: Propia

Como resultado final se puede señalar lo siguiente:

- Luego de la capacitación del personal se pudo obtener tiempos más regulares con respecto a meses anteriores
- Estos tiempos son más reducidos con respecto a las muestras anteriores, a su vez podemos garantizar que están realizando un correcto trabajo ya que

sus conocimientos en normativas y protocolos han sido evaluados previamente.

- La curva azul (abril) indica que en promedio ahora un inspector puede tardar 60 minutos en realizar el certificado de inspección o en su defecto un informe de inspección.

- **Verificación de resultados en la evaluación**

Cuando se terminó de evaluar al personal, se verificó los resultados de sus pruebas para determinar si llegaron a comprender el contenido del manual, para esto se empleó una escala que se muestra en la Tabla 32, de las 15 evaluaciones se evidenció que las puntuaciones oscilaban entre 18 a 20. Esto se tomó de forma satisfactoria debido a que los inspectores estarán alineados a una forma correcta de ejecutar el proceso de inspección.

Tabla 33: Resultados de evaluación por inspector

Dirección de correo electrónico	Puntuación	Escala
inspector4.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
practicante.certi2@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
practicante.certi3@marconsult-fidens.com	18	Muy bueno
practicante.certi4@marconsult-fidens.com	18	Muy bueno
inspector3.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector26.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector13.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector6.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
certificaciones.industriales@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector9.certi@marconsult-fidens.com	18	Muy bueno
inspector17.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector.integridad2@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
Inspector14.certi@marconsult-fidens.com	20	Muy bueno
inspector20.certi@marconsult-fidens.com	18	Muy bueno
inspector7.certi@marconsult-fidens.com	18	Muy bueno

Fuente: Propia

- **Análisis y reporte de resultado a la jefatura**

Luego de recabar la información se mencionó a la jefatura para divulgar los resultados de tal manera que se pueda analizar fallas para una posible mejora. Se detalló lo siguiente:

- La implementación de las 5S ayudó a que haya más equipos operativos.
- Los tiempos para el requerimiento de equipos de inspección es 5 minutos en promedio.
- Los tiempos en inspecciones se acortaron y que por consiguiente se pudo realizar más servicios para cumplir la jornada laboral.
- Los tiempos para realizar documentos se acortó, ahora se entrega los documentos al cliente en menor tiempo lo que origina menor carga laboral y la menor posibilidad de cometer errores por la prisa.
- Se analizó el manual y los protocolos de inspección para verificar si existe alguna mejora, de tal manera que se adecue a otros servicios más complejos.

4.6.4. Actuar

Después de la aplicación de las mejoras en la empresa, si bien obtuvimos resultados positivos, debemos considerar factores adicionales para mejorar el proceso, a continuación, se explicará cada observación y el planteo de las ideas en las mejoras.

- **Análisis económico de las ventajas del ciclo de Deming**

El análisis económico se analizó de la siguiente manera:

- La cantidad de recipientes a presión de GLP inspeccionados en un periodo de 04 meses.
- El mes de abril es cuando se ejecutó el ciclo de mejora continua (Deming).
- Tomando en cuenta las cotizaciones durante el mercado en este periodo enero-abril 2023.
- El tiempo neto de trabajo por día es de 8 horas y 20 días en promedio al mes.

- Costo cotización por recipientes inspeccionado = \$ 500

Enero - Marzo 2023:

Tiempo para requerimiento de equipos promedio = 1/3 hora

Tiempo para inspección por tanque promedio = 2 horas

Tiempo para procesar el documento del tanque promedio = 2 horas

Tiempo total = 4 1/3 horas

Al día se procesará completamente el servicio de 2 recipientes de GLP

$$N^{\circ} \text{ recipientes procesados} = 500 * 2 * 20 = 20000 \text{ dolares al mes}$$

Considerando que para los meses enero, febrero y marzo del 2023 se repitió la ganancia de \$20000 por cada mes. Ahora se analizó de la misma manera para el siguiente mes que es cuando se ejecutó el ciclo de Deming considerando las mejoras en los tiempos.

Abril 2023, aplicando el ciclo de Deming:

Tiempo para requerimiento de equipos promedio = 1/12 hora

Tiempo para inspección por tanque promedio = 1.2 horas

Tiempo para procesar el documento del tanque promedio = 1.2 horas

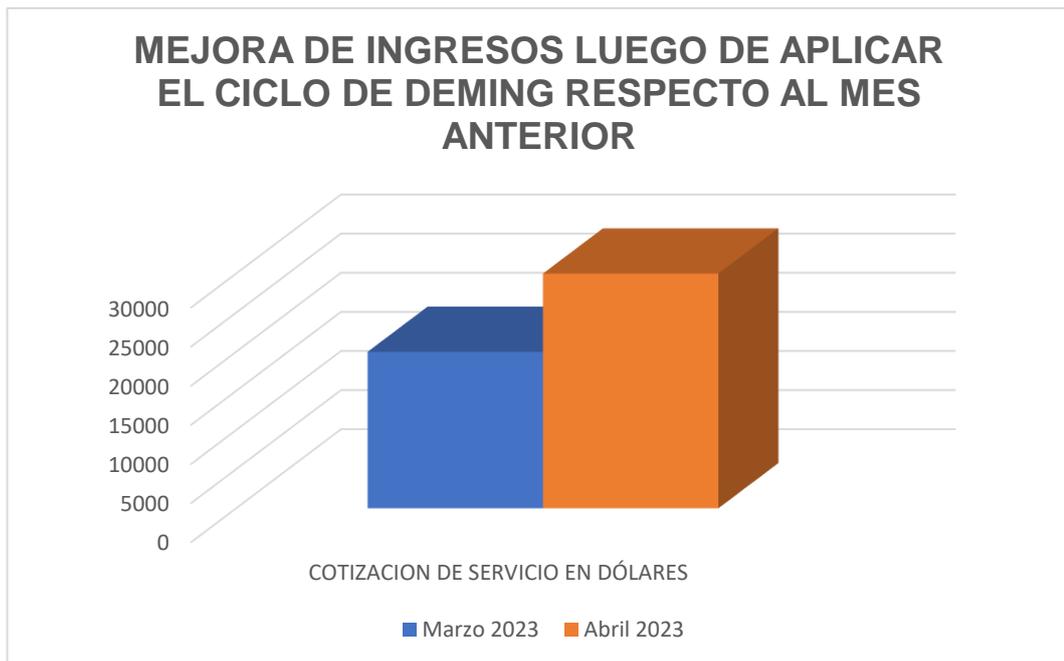
Tiempo total = 2.5 horas

Al día se procesará completamente el servicio de 3 recipientes de GLP, que es 1 recipiente adicional a lo que se evidenció meses anteriores.

$$N^{\circ} \text{ recipientes procesados} = 500 * 3 * 20 = 30000 \text{ dolares al mes}$$

La mejora de ingreso económico es de 10000 dólares al mes sólo únicamente por la planificación de estrategias de mejora para los servicios, esto debido a que se recortaron los tiempos en el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP.

Figura 38: Comparativa de ingresos económicos según cotización del mercado 2023



Fuente: Propia

- **Actuar para mejora para preparación de equipos**

Cuando aplicamos esta mejora, teníamos como propósito mejorar los tiempos en los retiros de equipos, esto debido a que, notamos tiempos muertos y demoras continuas, reclamos en el grupo de coordinaciones debido a que los inspectores no encontraban los equipos.

Observamos la mejora en el proceso, sin embargo, consideramos que podemos emplear factores complementarios para una mejora en el futuro. Tales como:

- Implementación de una página web privada donde se tenga el control de equipos disponibles y de esta forma el inspector pueda retirar inmediatamente los equipos, disminuyendo aún más el tiempo de retiro de equipos.
- La automatización de las guías de remisión, si bien este es un agente complementario a lo analizado, los inspectores al retirar los equipos ya organizados (tras la aplicación de la metodología) aún siguen llenando el formato de permiso de forma manual. Al implementar un software que permita el llenado de guías de remisión (en base a la implementación de

la web privada) podríamos decir de forma informal que, el inspector “ingresa a la base, toma los equipos y se retira rumbo al punto de inspección”.

- **Implementación de mejoras en una inspección**

El propósito del manual era facilitar el procedimiento de inspección en campo de los inspectores para que sigan una secuencia lógica y organizada en las inspecciones y no olviden pequeños detalles al realizarla, además de tener una guía práctica en sus celulares que puedan revisar en cualquier momento y les facilite en las dudas.

De igual forma, para el personal de gabinete que recopila la información de campo, la procesa y emite el certificado o informe del recipiente evaluado, esta guía permite la facilidad para entender para punto en los registros y el documento que finalmente se envía al cliente.

El manual pretende disminuir los errores en campo (como por ejemplo olvidar alguna foto, medición dimensional o una mala práctica en la toma de espesores, no verificar la válvula de seguridad, entre otros), como en gabinete (olvidar llenar algún dato importante, no revisar la información correctamente, aplicar el análisis de la normativa de forma parcial o errónea). Finalmente, se observó que los resultados fueron fructuosos, debido a que se evidencia la reacción del personal en los tiempos de inspección (los cuales se evidenciaron que en meses pasados eran hasta incluso de dos horas) ya que el tiempo en promedio se redujo hasta en un 45% aproximadamente. Las ideas adicionales como parte de la mejora continua que podríamos añadir son:

- Creación de manuales más complejos para servicios específicos que no se realizan con mucha frecuencia, el propósito de hacer este manual es que todo el personal (que incluso no ha realizado el servicio antes por ser más complejo) pueda tener una base teórica y práctica de como ejecutar el servicio.
- Mejorar el manual añadiendo información más específica o con más ejemplos, esto con el fin que cualquier inspector nuevo (o incluso al

personal que está empezando su vida profesional en el rubro) tenga una noción de cómo realizar los servicios con el propósito.

- **Ejecución de capacitaciones como medida de mejora**

El propósito de hacer la evaluación del personal es poder ver el nivel de conocimiento que tienen tras la explicación del manual de procedimiento para inspección de campo y gabinete.

Los resultados fueron fructuosos debido a que todos obtuvieron calificaciones altas, evidenciándose el compromiso por aprender y mejorar dentro del sector. Además, también los resultados se ven reflejados en las inspecciones en los puntos de inspección en la reducción de tiempos y en gabinete al procesar una cantidad mayor de documentos diariamente y tener menos dudas que antes, ya que uno de los factores que generaba tiempos muertos en el proceso de documentos era la constante duda del personal sobre cierta evaluación en la documentación.

Finalmente, planteamos lo siguiente para seguir con la mejora continua:

- Evaluaciones cada trimestre con mayor complejidad cada vez, esto con el fin de poder evaluar los puntos bajos en los inspectores, si detectamos que con temas más complejos los inspectores tienen la tendencia a no entender, se puede brindar la capacitación con un personal experimentado en el tema para solventar esa carencia.
- Capacitaciones al personal en diferentes puntos de la normativa o en otras normativas aplicadas al sector (al menos 2 veces al mes). Esto con el fin de promover la lectura de la normativa aplicable y el conocimiento ante cualquier imprevisto donde un inspector deba realizar un servicio poco frecuente.

4.7. Aspectos éticos en investigación

El presente trabajo se realizó siguiendo los protocolos de inspección y éticos referidos a la imparcialidad durante el servicio. Los resultados fueron evaluados y contrastados con la normativa aplicada con total imparcialidad para dar un correcto control de calidad y evaluación para su seguimiento.

V. RESULTADOS

5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Análisis descriptivo de la variable independiente

Durante el proceso del ciclo de Deming se siguieron 4 procesos: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Cada una de las etapas tuvieron un respectivo porcentaje de cumplimiento de actividades, la cual se va a representar en el siguiente cuadro de control:

Tabla 34: Resultado de cumplimiento del ciclo de Deming

Dimensión	Indicadores	% cumplimiento
Planificar	% actividades planificadas	90
Hacer	% objetivos cumplidos	100
Verificar	% cumplimiento del proceso	90
Actuar	% cumplimiento de mejora continua	85

Fuente: Propia

Podemos notar que en hay porcentajes altos de cumplimiento, esto debido a que la empresa permitió gran parte de la aplicación de las mejoras para evaluarlas en: requerimiento de equipos, inspección en campo y en la certificación de los recipientes a presión de GLP. Para ello nos apoyamos de la herramienta SPSS para sacar algunos datos descriptivos del proceso.

Tabla 35: Media y mediana del ciclo de Deming

Estadísticos		
Porcentaje cumplimiento		
N	Válido	4
	Perdidos	0
	Media	91,2500
	Mediana	90,0000

Fuente: Propia

De la tabla se rescata que el porcentaje total de cumplimiento es del 91.25% y una mediana del 90%, estos números nos indican que el porcentaje de

cumplimiento de actividades en el ciclo de Deming es bastante positivo, teniendo en cuenta que lo favorable es que se llegue a un 80% como mínimo para un mejor análisis de las mejoras.

5.1.2. Análisis descriptivo de la variable dependiente

El resultado descriptivo de la variable dependiente está en función de 3 dimensiones: Requerimientos de inspección, ejecución de inspección y la gestión documentaria.

- **Resultado del tiempo en requerimientos de equipos**

En la tabla se muestra los tiempos que se recabó por día antes y después de la aplicación de la metodología de las 5s como medida de mejora dentro del ciclo de Deming. Los tiempos se redujeron en promedio de 20 minutos a 5 minutos.

Tabla 36: Tiempo antes y después de la metodología 5S

N°	Tiempo antes de 5s	Tiempo después de 5s
1	21.5	5.10
2	20	5.08
3	22	5.08
4	20.5	5.05
5	20	4.96
6	21.5	4.92
7	20.5	4.95
8	20	4.85
9	21	4.83
10	21.5	4.75
11	21.5	4.79
12	20.75	4.71
13	21.75	4.75
14	20.25	4.65
15	20	4.63
16	21	4.46
17	22	4.50
18	21.25	4.45
19	20.5	4.46
20	21	4.45

Fuente: Propia

Ahora con los datos se procede a realizar el cálculo de los datos estadísticos de cuanto en promedio se redujo los tiempos en función a los tiempos que se tardaba antes de aplicar un orden y limpieza en el almacén.

Tabla 37: Datos descriptivos en SPSS – Hipótesis 1

		Descriptivos	
		Estadístico	Desv. Error
Tiempo antes del Método 5S	Media	20,9250	
	Mediana	21,0000	
	Desv. Desviación	,68393	,15293
	Mínimo	20,00	
	Máximo	22,00	
Tiempo después del Método 5S	Media	4,7710	
	Mediana	4,7700	
	Desv. Desviación	,22817	,05102
	Mínimo	4,45	
	Máximo	5,10	

Fuente: Propia

Se pudo evidenciar una media de 4.771 minutos con la muestra de datos que se recolectó luego de la aplicación de la metodología 5S, lo cual se puede expresar en un tiempo de 5 minutos o incluso menos para que un inspector pueda obtener sus equipos de inspección en óptimas condiciones. A comparación con la muestra antes de la metodología que tiene una media de 20.925 minutos, dicho de otra forma, antes un inspector le demandaba 21 minutos aproximadamente en conseguir sus requerimientos.

- **Resultado del tiempo en inspección en campo**

Conforme a la verificación de los resultados de la evaluación del personal y del tiempo de inspección en campo de la muestra de 20 constancias de servicio donde detalló el desarrollo del servicio.

Se puede evidenciar que se tomó la muestra de 3 meses previos de la capacitación del personal y en el mes de abril se procedió a tomar el muestreo de los resultados de la mejora. La finalidad es poder contrastar los

resultados descriptivos de la evolución en los tiempos de inspección, considerando también que el personal cuenta con las competencias necesarias para realizar una eficiente inspección en campo, esto demostrado en la evaluación de las competencias.

Tabla 38: Tiempo de inspección durante 4 meses

Tiempo en minutos de la inspección				
N°	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	125	120	150	70
2	125	60	90	65
3	110	90	105	65
4	95	150	95	65
5	105	90	95	70
6	100	100	110	60
7	95	105	105	60
8	105	85	100	60
9	120	90	155	70
10	90	90	120	65
11	95	90	138	55
12	100	210	125	55
13	128	90	110	65
14	105	110	90	60
15	90	120	85	60
16	60	105	80	75
17	105	100	195	70
18	100	95	120	70
19	120	110	150	65
20	155	170	125	60

Fuente: Propia

Tabla 39: Datos descriptivos en SPPS – Hipótesis 2

Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Inspección Enero	Media	106,4000	
	Mediana	105,0000	4,32703
	Desv. Desviación	19,35105	
Inspección Febrero	Media	109,0000	
	Mediana	100,0000	7,50088
	Desv. Desviación	33,54494	
Inspección Marzo	Media	117,1500	
	Mediana	110,0000	6,44543
	Desv. Desviación	28,82483	
Inspección Abril	Media	64,2500	
	Mediana	65,0000	1,21801
	Desv. Desviación	5,44711	

Fuente: Propia

Se obtiene de la Tabla 39 lo siguiente: La desviación estándar de los primeros tres meses son valores muy altos en comparación con el del mes de abril, eso implica que la variación del tiempo ha sido más constante en dicho mes. Además, presenta una media de 64.25 en el mes de abril.

- **Resultado del tiempo de la gestión documentaria**

De acuerdo con la verificación de los resultados de la evaluación del personal y del tiempo de la gestión documentaria de la muestra de 20 certificados de inspección donde detalló las observaciones de lo evidenciado en campo.

Se puede evidenciar que se tomó la muestra de 3 meses previos de la capacitación del personal y en el mes de abril se procedió a tomar el muestreo de los resultados de la mejora. La finalidad es poder contrastar los resultados descriptivos de la evolución en los tiempos de la gestión

documentaria, considerando también que el personal cuenta con las competencias necesarias para realizar un certificado de inspección en el menor tiempo posible con la finalidad de no generar atrasos.

Tabla 40: Tiempo de la gestión documentaria de 4 meses

Tiempo en minutos de gestión documentaria				
N°	Enero	Febrero	Marzo	Abril
1	120	140	135	65
2	125	120	135	70
3	130	125	125	75
4	115	115	125	65
5	130	125	100	70
6	120	120	130	65
7	115	135	130	75
8	110	135	105	80
9	140	130	115	70
10	125	115	110	65
11	140	120	140	60
12	130	110	135	75
13	120	120	115	65
14	125	110	130	70
15	125	145	120	75
16	120	140	125	80
17	115	125	135	70
18	120	135	105	65
19	120	105	110	75
20	135	120	130	70

Fuente: Propia

Tabla 41: Datos descriptivos en SPSS – Hipótesis 3

Descriptivos			
		Estadístico	Desv. Error
Gestión documentaria Enero	Media	124,0000	1,83533
	Mediana	122,5000	
	Desv. Desviación	8,20783	
Gestión documentaria Febrero	Media	124,5000	2,48416
	Mediana	122,5000	
	Desv. Desviación	11,10950	
Gestión documentaria Marzo	Media	122,7500	2,67727
	Mediana	125,0000	
	Desv. Desviación	11,97311	
Gestión documentaria Abril	Media	70,2500	1,22877
	Mediana	70,0000	
	Desv. Desviación	5,49521	

Fuente: Propia

Se obtiene de la Tabla 41 lo siguiente: La desviación estándar de los primeros tres meses son valores muy altos en comparación con el del mes de abril, eso implica que la variación del tiempo ha sido más constante en dicho mes. Además, que la media en el mes de abril es de 70.25 a comparación de los primeros 3 meses del año en donde se evidencia una media superior a los 120 minutos para la ejecución de un documento.

5.2. Resultados inferenciales

De los datos recopilados durante la pre prueba nos permitirán comparar los datos obtenidos luego de realizar la prueba. Dándole validez al objetivo de mejorar el proceso de inspección debido a la aplicación del ciclo de Deming aplicado en los recipientes a presión de GLP.

Partiendo de las hipótesis específicas que se plantearon en el capítulo III de la presente tesis se va a determinar mediante procedimientos estadísticos si se acepta o se rechaza las hipótesis. Como la muestra consta de 20 datos nos

basaremos en la prueba de Shapiro-Wilk para la toma de decisiones en la prueba de normalidad.

1.- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Para determinar su aceptación se procedió con la prueba de normalidad.

Donde se tiene que la significancia:

Sig > 0.05, se acepta la H_0

Sig < 0.05, se rechaza la H_0

Se formula los siguientes enunciados:

H_0 = Presenta distribución normal

H_1 = No presenta distribución normal

Tabla 42: Tabla de normalidad hip. específica 1

Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Tiempo antes 5S	,150	20	,200*	,920	20	,101
Tiempo después 5S	,133	20	,200*	,919	20	,095

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

El valor de Sig. antes (0.101) y después (0.095) de la implementación de las 5S como parte de la planificación como mejora del ciclo de Deming son mayores a 0.05, me indica que los datos de la muestra presentan una distribución normal. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se procede aplicar una estadística paramétrica conocida como t-Student.

Para ello se formula las siguientes hipótesis:

H_0 = La aplicación del ciclo de Deming no mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección.

H_1 = La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección.

Teniendo el siguiente criterio:

$\text{Sig} > 0.05$, se acepta la H_0

$\text{Sig} < 0.05$, se rechaza la H_0

Tabla 43: T-Student de hip. específica 1

	Prueba de muestras emparejadas								
	Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
Inferior				Superior					
Tiempo Antes y después 5S	16,15400	,73712	,16483	15,80902	16,49898	98,006	19	,000	

Fuente: Propia

Mediante la prueba t-Student se obtuvo una significancia del 0.000 la cual es menor a 0.05, por consiguiente, se rechaza H_0 y se acepta la hipótesis H_1 . A su vez con los datos descriptivos recopilados previamente se verificó que la media de tiempos bajó de 20.925 a 4.771.

2.- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Para determinar su aceptación se procedió con la prueba de normalidad.

Donde se tiene que la significancia:

$\text{Sig} > 0.05$, se acepta la H_0

$\text{Sig} < 0.05$, se rechaza la H_0

Se formula los siguientes enunciados:

H_0 = Presenta distribución normal

H_1 = No presenta distribución normal

Tabla 44: Tabla de normalidad hip. específica 2

Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Inspección Ene	,179	20	,093	,934	20	,187
Inspección Feb	,238	20	,004	,805	20	,001
Inspección Mar	,148	20	,200*	,917	20	,086
Inspección Abr	,182	20	,080	,924	20	,117

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

El valor de Sig. luego de la capacitación y evaluación del personal como planificación del ciclo de Deming como parte de la mejora es de 0.117, el cual es mayor a 0.05, me indica que presenta una distribución normal. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se aplicara estadística paramétrica conocida como t-Student.

Para ello se formula las siguientes hipótesis:

H_0 = La aplicación del ciclo de Deming no mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones

H_1 = La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones

Teniendo el siguiente criterio:

Sig > 0.05, se acepta la H_0

Sig < 0.05, se rechaza la H_0

Tabla 45: T-Student de hip. específica 2 para enero-abril

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Inspección Ene – Abr	42,15000	20,69395	4,62731	32,46493	51,83507	9,109	19	,000

Fuente: Propia

Tabla 46: T-Student de hip. específica 2 para febrero-abril

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Inspección Feb –Abr	44,75000	35,92664	8,03344	27,93581	61,56419	5,570	19	,000

Fuente: Propia

Tabla 47: T-Student de hip. específica 2 para marzo-abril

Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Inspección Mar – Abr	52,90000	28,55816	6,38580	39,53437	66,26563	8,284	19	,000

Fuente: Propia

De las 3 tablas anteriores se obtuvo un valor significancia menor a 0.05 para los 3 meses anteriores a la mejora en los tiempos en la ejecución de inspección en recipientes de GLP, por consiguiente, se acepta la hipótesis específica 2.

3.- La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

Para determinar su aceptación se procedió con la prueba de normalidad.

Donde se tiene que la significancia:

Sig > 0.05, se acepta la H_0

Sig < 0.05, se rechaza la H_0

Se formula los siguientes enunciados:

H_0 = Presenta distribución normal

H_1 = No presenta distribución normal

Tabla 48: Tabla de normalidad hip. específica 3

Pruebas de normalidad						
	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Doc. Ene	,187	20	,065	,938	20	,220
Doc. Feb	,157	20	,200*	,960	20	,548
Doc. Mar	,178	20	,098	,923	20	,111
Doc. Abr	,180	20	,088	,920	20	,097

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Propia

El valor de Sig. luego de la capacitación y evaluación del personal como planificación del ciclo de Deming como parte de la mejora es de 0.097, el cual es mayor a 0.05, me indica que presenta una distribución normal. Por lo que se acepta la hipótesis nula y se aplicara estadística paramétrica conocida como t-Student.

Para ello se formula las siguientes hipótesis:

H_0 = La aplicación del ciclo de Deming no mejora los tiempos en la gestión documentaria

H_1 = La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la gestión documentaria.

Teniendo el siguiente criterio:

Sig > 0.05, se acepta la H_0

Sig < 0.05, se rechaza la H_0

Tabla 49: T-Student de hip. específica 3 para enero-abril

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior				
Documentos Ene – Abr	53,75000	10,98743	2,45686	48,60772	58,89228	21,877	19	,000

Fuente: Propia

Tabla 50: T-Student de hip. específica 3 para febrero-abril

	Prueba de muestras emparejadas							
	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
			Inferior	Superior				
Documentos Feb – Abr	54,25000	11,03523	2,46755	49,08535	59,41465	21,985	19	,000

Fuente: Propia

Tabla 51: T-Student de hip. específica 3 para marzo-abril
Prueba de muestras emparejadas

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv.	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Documentos Mar - Abr	52,50000	14,00188	3,13092	45,94692	59,05308	16,768	19	,000

Fuente: Propia

De las 3 tablas anteriores se obtuvo un valor significancia menor a 0.05 para los 3 meses anteriores a la mejora del proceso de inspección, por consiguiente, se acepta la hipótesis específica 3. Finalmente pudimos definir que los resultados favorecen a las 3 hipótesis planteadas, por lo cual podemos decir que el ciclo de Deming pudo mejorar los tiempos en la gestión documentaria en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación y demostración de las hipótesis con los resultados

Hipótesis general

Se planteó que la aplicación del ciclo de Deming permite mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C. Para entender el proceso de inspección nos remitimos al flujograma (figura 20), dónde se especifican los pasos que conlleva el proceso de inspección y en dónde se enfocan las estrategias de mejora. Cada uno de los cuatro pasos del ciclo presenta una cantidad de actividades para el manejo del proceso y se obtuvo un porcentaje de cumplimiento. Estos fueron los siguientes: Planificar (90%), Hacer (100%), Verificar (90%) y Actuar (85%). En promedio se obtuvo un cumplimiento un 91.25% en las actividades.

En “planificar” no se llegó al 100%, debido a que se presentaron algunas actividades propuestas a gerencia que no se pudieron concretar.

En “hacer” se ejecutaron todas las actividades para recabar información posteriormente.

En “verificar” no se llegó al 100% debido a que hubo personal que se encontraba realizando servicios fuera de Lima en el momento que se realizó la evaluación, no obstante, sí estuvo alineado posteriormente con las nuevas bases del proceso de inspección.

En “actuar” no se llegó al 100% debido a que, al momento de plantear los puntos que se podrían mejorar no se determinó con gerencia si se podría proceder con alguna nueva implementación y tampoco dieron una respuesta con certeza de cuando se podría gestionar dichas mejoras.

Hipótesis específicas

H1: La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

En dicha hipótesis específica se evidenció que luego de la aplicación de las 5S se lograron obtener tiempos en promedio de hasta 5 minutos, cuando antes de aplicar la metodología se tenía un tiempo pasando los 20 minutos. Lo cual

representa una mejora significativa. Esto se ve reflejado en la verificación de la hipótesis mediante la estadística paramétrica T-Student, en donde se aceptó la hipótesis debida que el valor de la significancia es menor a 0.05.

H2: La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

En dicha hipótesis específica se evidenció que luego de la implementación de un manual de inspección para el uso correcto de protocolos de inspección, posteriormente una capacitación y evaluación, se obtuvieran mejoras en el tiempo de ejecución de la inspección.

Como se evidencia en los resultados estadísticos se observa que en los meses de enero, febrero y marzo el promedio en tiempo era superior a los 100 minutos, mientras que luego de alinear los protocolos en las inspecciones bajaron en promedio a 65 minutos por recipiente a presión de GLP. Esto se evidencia en la aceptación de la hipótesis mediante la estadística paramétrica T-Student debido que el valor de la significancia es menor a 0.05.

H3: La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.

En dicha hipótesis específica se evidenció que luego de la implementación de un manual de inspección para el uso correcto de protocolos en la ejecución de los documentos, posteriormente una capacitación de cómo se realizan los certificados e informes conforme a las normas internacionales, se obtuvieran mejoras en el tiempo en el proceso de gestión documentaria.

Como se muestra en los resultados estadísticos que en los tres primeros meses del año antes de aplicar las estrategias de mejora se obtuvieron tiempos que eran superiores a los 100 minutos (media), pero cuando para el mes de abril se redujeron en promedio a 70 minutos. Luego mediante la estadística inferencial se determinó la aceptación de la hipótesis mediante la estadística paramétrica T-Student debido que el valor de la significancia es menor a 0.05.

6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares

Investigaciones internacionales

- Según Montesinos y otros (2020) en su artículo titulado: “Mejora continua en una empresa en México: Estudio desde el ciclo Deming” tuvo como objetivo principal analizar los resultados obtenidos tras aplicar el ciclo de Deming en el área de inventario en una planta de almacenamiento y distribuidora de GLP, efectuaron herramientas como un flujograma y el diagrama Ishikawa como punto de partida para definir la problemática dentro de un lugar de trabajo, esto debido a que por medio del ciclo de Deming pudieron plantear posibles mejoras, durante su investigación terminaron con porcentajes de mejora cada año. En la presente investigación también se formuló un flujograma de procesos Fig.20 para definir correctamente el concepto de proceso de inspección en la empresa y del diagrama de Ishikawa Fig. 19 para definir la raíz de la problemática. Dichas herramientas se planificaron como parte de las estrategias de mejora continua en el ciclo de Deming, finalizando también con porcentaje de mejoras en alza con respecto a la reducción en el tiempo de inspección y de entrega documentaria, lo que originó una mejora económica para la empresa debido al incremento de servicios que se podía generar al día y en la entrega documentaria al cliente, lo cual permite realizar el cobro del servicio completo.
- Según Lee (2017) en el artículo titulado: “Application of Deming's PDCA cycle to improve the quality of LPG tank inspection” su estudio tuvo como objetivo principal registrar los datos de inspección antes y después del Ciclo Deming y realizar una comparativa en el desempeño que mostraba una empresa en el rubro de inspección en recipientes de GLP. En este caso el propósito de la aplicación se basó en los tiempos de inspección y a su vez en el número de fallas que existían en las inspecciones. El autor buscaba minimizar el tiempo y ubicar todas las fallas posibles para evitar alguna reparación no programada. Es por eso que formuló una guía para esquematizar mejor los conceptos básicos para llevar a cabo una inspección en recipientes de GLP, esta solución lo planteo debido a que previamente

aplico un ciclo de Deming para evidenciar las fallas y soluciones que había en la empresa. En la presente investigación se planteó por medio del ciclo de Deming, el uso de un manual de inspección para que de esa forma el inspector pueda tener una mejor retroalimentación de la normativa API 510, esto en consecuencia generó que puedan realizar las inspecciones de una forma más eficiente y en menor tiempo (como quedó demostrado en las hipótesis específicas y en la variación de tiempos en la sección de resultados), para corroborar ello se llevó a cabo capacitaciones y exámenes para medir la capacidad del personal.

Investigaciones nacionales

- Según Castellano (2021) en su tesis titulada: “Aplicación del ciclo de Deming para mejorar los procesos de almacenamiento de una empresa distribuidora de madera industrial, Lima – 2018” tuvo como objetivo principal determinar en qué medida el ciclo de Deming puede mejorar el proceso de almacenamiento en la empresa, para ello empleó parámetros y porcentajes de cumplimiento de actividades al aplicar el ciclo de Deming para mejorar los procesos de almacenamiento obtuvo un promedio general de cumplimiento del 89.47%, el autor alegó que es una cifra bastante favorable al ser un valor cercado al 100%. En la presente investigación, el porcentaje de cumplimiento de actividades es de 91.25% que es un valor cercano y mayor al del autor citado. Además, que en el proceso se evidenció mejoras gracias a la implementación de un ciclo de Deming en la empresa, estas son: Mejora en el requerimiento de equipos que están en un estado óptimo para su operación, reducción en los tiempos de inspección y en la elaboración del certificado de cada recipiente evaluado.
- Según Macote (2021) en su tesis titulada: “Implementación de plan de inspección por ensayos no destructivos a recipientes a presión en servicio de acuerdo al código de inspección API 510 para evitar reparaciones no programadas en la empresa agencia peruana de inspecciones NDT S.A.C.” implementó un plan de inspección bajo el código de inspección API 510,

siguiendo procedimientos de inspección que demanda la normativa de inspección: velocidad de corrosión, criterios de aceptación, técnicas de inspección mediante END. Estos conceptos los empleó para elaborar un plan de inspección para evitar alguna reparación no deseada en los recipientes a presión de GLP. En la presente investigación, por medio del uso de un manual de inspección se recopiló una mejor información para que el inspector tenga un mayor alcance de la normativa API 510, esto en consecuencia generó que puedan realizar las inspecciones de una forma más eficiente y en menor tiempo, para corroborar ello se llevó a cabo capacitaciones y exámenes para medir la capacidad del personal.

- Según Ávila y otros (2019) en su tesis titulada: “Aplicación del ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de reparación de tanques de combustible de una empresa metal mecánico. San Martín de Porres, 2018” tuvo como enfoque principal capacitar al personal, para ejecutar de forma más eficiente las reparaciones en tanques de combustible. En la presente investigación se empleó la misma idea, capacitar a los inspectores mediante un manual actualizado, que contenga información para llevar a cabo una correcta ejecución de la inspección en recipientes a presión de GLP, de esta forma se optimizó el tiempo de ejecución del servicio en campo.

VII. CONCLUSIONES

- El ciclo de Deming permitió mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP debido a que se estructuró las estrategias necesarias por medio de sus cuatro pasos (planificar, hacer, verificar y actuar). Esto se debe a que el ciclo de Deming es un método muy eficiente para mejorar procesos dentro de una empresa, se necesita un tiempo prudencial para obtener resultados.
- Implementar una metodología 5S como parte de una estrategia del ciclo de Deming permitió generar un orden y una limpieza en el almacén de equipos. Porque de esa manera se obtuvo equipos en mejores condiciones para su operación en campo, además de evitar retrasos al momento de realizar el requerimiento de equipos cada vez que sean requeridos por el inspector.
- La implementación de un manual de inspección como parte de las estrategias de mejora del ciclo de Deming permitió reducir el tiempo durante la ejecución de la inspección mediante técnicas en ensayos no destructivos. Esto quedó evidenciado luego de la medición de tiempos de 65 minutos en promedio a comparación de los más de 120 minutos que demoraban en la muestra de tres meses previos a la aplicación de las mejoras en la empresa.
- La implementación de un manual de inspección como parte de las estrategias de mejora del ciclo de Deming permitió reducir el tiempo durante la gestión documentaria. Esto es debido luego de la aplicación de las estrategias de mejora se evidenció tiempos de 70 minutos en promedio a comparación de los más de 120 minutos que demoraban en la muestra de tres meses previos a la aplicación de las mejoras.
- La implementación de un manual de inspección genera una mejora significativa en la eficiencia operativa (personal de campo y gabinete). La reducción de los tiempos de inspección en campo y de la gestión documentaria no solo agiliza la entrega de documentos al cliente, sino que también aumenta el ingreso promedio por trabajo de inspector asignado.

VIII. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar una auditoria complementaria de todos los procesos que se llevaron a cabo, de tal manera que exista un mejor control de los procesos establecidos.
- Si se desea implementar un software para el control de equipos de inspección, se deberá aplicar el proceso del ciclo de Deming nuevamente para hacer la comparativa en los tiempos respecto a los actuales (con la herramienta ya aplicada) contra los tiempos que ejecutará el software, a su vez, se pretende que también pueda reemplazar las guías de remisión con las que se cuentan actualmente.
- Se recomienda la utilización de un sistema de la gestión de la calidad ISO:9001 debido a que, al ser un método más completo al ciclo de Deming, puede originar un mejor control en las mejoras del sector.
- Las capacitaciones y evaluaciones al personal se deben realizar de forma periódica para evidenciar el avance de las competencias de cada inspector, a su vez seguir implementando la evaluación de competencias.
- El avance de la investigación al tener un alcance para recipientes a presión de GLP con características similares, esto puede ser llevado para su implementación a recipientes con características más complejas.
- Se debe planificar un programa de control de mantenimiento para los equipos de inspección, si bien la metodología 5S implementada gracias al ciclo de Deming permitió tener equipos en condiciones favorables, esto a través del tiempo puede originar que los equipos puedan estar defectuoso y una medida sería realizar un control para el mantenimiento.
- En una nueva implementación se recomienda planificar un control para el transporte de equipos de inspección, esto es debido a que muchos se trasladan a provincia lo cual es un motivo para sufrir algún daño en el camino, al ser equipos muy costosos es imperativo su cuidado para salvaguardar los bienes de la empresa.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

API510. 2014. *Código de inspección de recipientes a presión: Inspección en servicio, clasificación, reparaciones y alteraciones*. Washington : API Publishing Services.

API-510. 2022. *Pressure Vessel Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration*. Washington : API Publishing Services: 11th Edition.

ARIAS CASTELLANO, Romel Richar. 2019. *Aplicación y estandarización del método de cálculo volumétrico en tanques estacionarios de planta de almacenamiento y envasado de GLP* [en línea]. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero en Petróleos]. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Disponible: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20000/1/CD-9355.pdf>

ASME. 2015. American Society of Mechanical Engineers Secc VIII Div.1.

ÁVILA PELTROCHE, Saúl Arnulfo y QUISPE SANTIVÁÑEZ, Grimaldo Wilfredo. 2018. *Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar la productividad en el proceso de reparación de tanques de combustible de una empresa metal mecánico*. San Martín de Porres, 2018. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Lima : Universidad César Vallejo.

BERNAL, César A. 2010. *Metodología de la investigación* [en línea]. 3ª. ed. Bogotá: Pearson. ISBN 978-958-699-128-5. Disponible en: <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf.pdf>

BONILLA, Elsie. et al. 2010. *Mejora continua de los procesos*. Lima : Fondo Editorial Universidad de Lima, 2010. 978-9972-45-241-3.

CALDERÓN SIERRA, Mayerly y CALDERÓN CALDERÓN, Elkin Yesid. 2018. *Análisis Ambiental Comparativo del Uso del Gas Licuado del Petróleo (GLP)*

Como Combustible Sustituto del Gas Natural Vehicular (GNV) en Colombia [en línea]. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero de Petróleos]. Bucaramanga : Universidad Industrial de Santander. Disponible en: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2018/172349.pdf>

CASTELLANO SILVA, Marcial Oswaldo. 2021. *Aplicación del Ciclo de Deming para mejorar los procesos del almacenamiento de una empresa distribuidora de madera industrial, Lima - 2018*. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Callao: Universidad Nacional del Callao.

CASTILLO PINEDA, Lady. 2019. *El modelo Deming (PHVA) como estrategia competitiva para realzar el potencial administrativo* [en línea]. Tesis [Titulo profesional de Administrador de Empresas] Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/34875>.

CORRALES OJEADO, Andrés. 2016. *Implementación de un sistema de gestión de la calidad según ISO 9001 en empresa de certificación en ensayos no destructivos* [en línea]. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en: https://oa.upm.es/44096/1/PFC_ANDRES_CORRALES_OJEADO.pdf

CUZCANO CALDERÓN, Kristofer Antony. 2019. *Implementación de un sistema de gestión de calidad en una empresa de ensayos no destructivos según la Norma ISO 9001: 2015 para mejorar la calidad de sus servicios*. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Felipe Díaz. 2018. *Recipientes a presión* [en línea]. México : Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m5/Recipientes%20a%20presion.pdf

DENNIS, Moss. 2013. *Pressure Vessel Design Manual*. Butterworth-Heinemann.

EVANS, James R. y LINDSAY, William M. 2014. *Administración y control de calidad*. 9ª. Edición. Cengage Learning.

GARCÍA TRASMONTE, Grecia Gianina y HUAMÁN HUALLPA, Nicasia Soledad. 2021. *Implementación de un sistema de gestión de calidad, basado la norma ISO 9001:2015, para mejorar el control de los procesos en una empresa de ensayos no destructivos en el año 2019*. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Industrial]. Lima : Universidad Privada del Norte.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. 2014. *Metodología de la Investigación*. México D.F. : Mc Graw Hill Education. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

HURTADO DE MENDOZA, Martin Alejandro. 2013. *Proyecto fin de carrera: Camión Cisterna de GLP*. Departamento de Ingeniería Química y Combustibles.

JARA RIOFRÍO, Marco Antonio. 2017. *El método de las 5S: Su aplicación*. ISSN: 1390-6968.

JURAN, Joseph Moses. 1993. *Manual de Control de Calidad Vol.1*. Editorial: McGraw-Hill / Interamericana de España.

KENNEDY, Clifford. 1987. *Inspection and Gaging*. 6ª Edición. Industrial Press Inc.

LEE. 2017. *Application of Deming's PDCA Cycle to Improve the Quality of LPG Tank Inspection*. Corea del Sur : Journal of Mechanical Science and Technology, 1738-494X.

MACOTE CARHUAS, Jorge Luis. 2021. *Implementación de plan de inspección por ensayos no destructivos a recipientes a presión en servicio de acuerdo al código de inspección API 510 para evitar reparaciones no programadas en la empresa Agencia peruana de inspecciones NDT S.A.C*. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Mecánico]. Lima : Universidad Tecnológica del Perú.

MEGYESY, Eugene. 2008. *Pressure Vessel Handbook 14th Edition*. Pressure Vessel Handbook Pub.

MONTESINOS GONZÁLES, et al. 2020. *Mejora Continua en una empresa en México: estudio desde el ciclo Deming* [en línea]. Artículo científico. Zulia : Revista Venezolana de Gerencia. ISSN : 1315-9984. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/290/29065286036/29065286036.pdf>

NTP-321.123. 2012. *Gas Licuado de Petróleo. Instalaciones para Consumidores Directos y Redes de Distribución*. Lima : Norma Técnica peruana.

OAKLAND, John S. 2020. *Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases 4th Edición*. Oxford : Routledge.

OAKLAND, John S. 2003. *Total Quality Management text with cases*. Oxford : Butterworth Heinemann.

ORTEGA DELGADO, Luis Manuel. 2015. *Análisis y diseño de recipientes a presión para el almacenamiento de GLP*. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Físico]. Lima : Universidad Nacional de Ingeniería.

REGO. 2011. *Equipo de Gas LP y Amoniaco Anhidro*. EE.UU: Catálogo L-102-SV.

RIOS RAMIREZ, Roger Ricardo. 2017. *Metodología para la investigación y redacción*. Málaga : Servicios Académicos Intercontinentales S.L., 2017. ISBN-13: 978-84-17211-23-3.

ROMERO GARCÍA, Edwin. 2017. *Análisis de una propuesta para la planeación y el desarrollo de la especialidad en ensayos no destructivos (END) e inspección* [en línea]. Tesis [Titulo profesional de Ingeniero Mecánico]. México D.F. : Instituto Politécnico Nacional. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/24188?show=full>

SALAZAR JIMÉNEZ, José Alberto. 2015. *Introducción al fenómeno de corrosión: tipos, factores que influyen y control para la protección de materiales (Nota técnica)* [en línea]. Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2015. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v28n3/0379-3982-tem-28-03-00127.pdf>

SÁNCHEZ RACINES, Sergio Andrés. 2013. *Aplicación de las 7 Herramientas de la calidad a través del ciclo de mejora continua de Deming en la sección de hilandería en la fábrica Pasamanería S.A.* [en línea]. Tesis [Título profesional de Ingeniero Industrial]. Cuenca - Ecuador : Universidad de Cuenca. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/501>

SARWAR, Tanvir y MAHBUB, Javed. 2018. *A Study on the Application of the Deming Cycle to Improve the Management of LPG Cylinders*. International Journal of Industrial Engineering Computations, 2018. ISSN: 1923-2926.

TAGUE, Nancy R. 2005. *Quality Toolbox*. ASQ Quality Press.

VALDERRAMA MENDOZA, Santiago. 2013. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica* [en línea]. 2ª. ed. Lima: Editorial San Marcos. ISBN: 978-612-302-878-7

ANEXOS

Matriz de consistencia

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
PROBLEMA GENERAL ¿Cómo aplicar el ciclo del Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?	OBJETIVO GENERAL Aplicar el ciclo de Deming para mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	HIPOTESIS GENERAL La aplicación del ciclo de Deming permite mejorar el proceso de inspección en recipientes a presión de GLP en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	CICLO DE DEMING	Planificar	Actividades	Tipo: Aplicada Diseño: Experimental Nivel: Pre-experimental Enfoque: Cuantitativo Método: Deductivo Técnicas: Observación Documentaria
				Hacer	Objetivos	
				Verificar	Cumplimiento del proceso	
				Actuar	Cumplimiento de mejora continua	
PROBELMAS ESPECIFICOS ¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?	OBJETIVOS ESPECIFICOS Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	HIPOTESIS ESPECIFICAS La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en el proceso de requerimientos de los equipos de inspección en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	PROCESO DE INSPECCIÓN	Requerimientos de inspección	Calibración y estado de equipos de inspección	
					Tiempo de preparación de requerimientos	
				Ejecución de inspección	Evaluación de competencias	
					Tiempo de ejecución	
¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?	Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la ejecución de las inspecciones en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	PROCESO DE INSPECCIÓN	Documento de inspección	Evaluación de competencias	
					Tiempo de procesamiento	
¿Cómo aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.?	Aplicar el ciclo de Deming para mejorar los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.	La aplicación del ciclo de Deming mejora los tiempos en la gestión documentaria en la empresa MARCONSULT CERTIFICACIONES S.A.C.				Instrumentos: Fichas documentadas

Anexo 2: Permiso de la empresa para emplear sus datos

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE DATOS DE LA EMPRESA**

Yo Julio Noé Sánchez Sánchez
identificado con DNI 29327765 en mi calidad de Gerente General
del área de de
la empresa/institución Marine Consultants SAC con
R.U.C.N° 20207844072

OTORGO LA AUTORIZACIÓN

A los señores Karin Dora Zuleta Zante y Carlos David Morón Rojas
identificado con los DNI N° 76514224 75046941, bachilleres de la facultad de Ingeniería
Mecánica y de Energía que utilice la siguiente información de la empresa:

- Datos de los equipos de inspección
- Logo de la empresa
- Formatos de la empresa en su totalidad

con la finalidad de que pueda desarrollar su tesis para optar el grado de ingeniero.

Con respecto al uso del nombre de la empresa, en mi calidad de representante legal, manifiesto que:

() Se debe mantener en reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o
(x) Se puede mencionar el nombre de la empresa en la tesis.

Adjuntar a esta carta la siguiente información del representante legal (firmante):

- Vigencia de Poder o Ficha RUC o consulta RUC (para el caso de empresas privadas).
- ROF o MOF o Resolución de designación, (para el caso de empresas públicas)
- Copia del DNI del Representante Legal (para validar su firma en el formato).


Julio Sánchez Sánchez
Gerente General
Firma y Sello del Representante Legal
DNI:

El Tesisista declara que los datos emitidos en esta carta y en la Tesis son auténticos. En caso de comprobarse la falsedad de datos, el bachiller será sometido al inicio del procedimiento disciplinario correspondiente; asimismo, asumirá toda la responsabilidad ante posibles acciones legales que la empresa, otorgante de información, pueda ejecutar.


Firma del Bachiller
DNI: 75046941 / 76514224

Anexo 3: Ficha de asistencia para la capacitación

LISTA DE ASISTENCIA

REGISTRO DE INDUCCIÓN, CAPACITACIÓN, ENTRENAMIENTO Y SIMULACROS DE EMERGENCIA



RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL:		ACTIVIDAD ECONÓMICA		RUC:
MARINE CONSULTANT SAC		SERVICIOS		20207844072
DOMICILIO (Dirección, distrito, departamento, provincia):		ACTIVIDAD ECONÓMICA		
AV. SANTA ROSA 797 LA PERLA		MARCAR (X)		
Nº TRABAJADORES EN EL CENTRO LABORAL	CAPACITACION (N)	ENTRENAMIENTO ()	SIMULACRO ()	REUNION ()
20				

Tema /Curso/ Reunión: La Perla - Callao Fecha: 09-03-2023 Capacitador y/o Responsable: INSTRUSTOR AP-510

Sede: La Perla - Callao Fecha: 09-03-2023 Horario: 9:00 - 13:00 Nº HORAS: 4

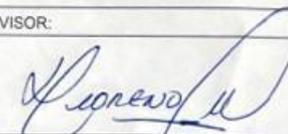
Nº	RESPONSABLE DEL REGISTRO	Nombre	DNI	Cargo	Fecha		Firma
					Tipo de Vinculación	UNN y/o Empresa	
					Interno	Externo	
1	Luis Borrajo Chovarria	Inspector	72882888	Inspector	X		FG
2	Javier Torres Curiel	Inspector	008582257	Inspector	X		FG
3	Juan Manuel Choque Quispe	Inspector	73042525	Inspector	X		FG
4	Gerardo Gonzales Layme	Inspector	70985427	Inspector	X		FG
5	Elizabeth Rivera Serna	Inspector	42771464	Inspector	X		FG
6	Guacía Zavala Hidalgo	Inspector	70854139	Inspector	X		FG-103
7	Jenno D. Comba S	Inspector	0610026037	Inspector		X	FG
8	Jean Pierre Arbieta Campana	Inspector	73335761	Inspector	X		FG
9	Hugo Morán Mavalán	Inspector	47597334	Inspector	X		FG
10	Allygor Christian Alexander	Inspector	70991793	Inspector	X		FG

MC-F-GH-12
Versión: 06

Página 1 de 2

Aprobado 2021-05-15

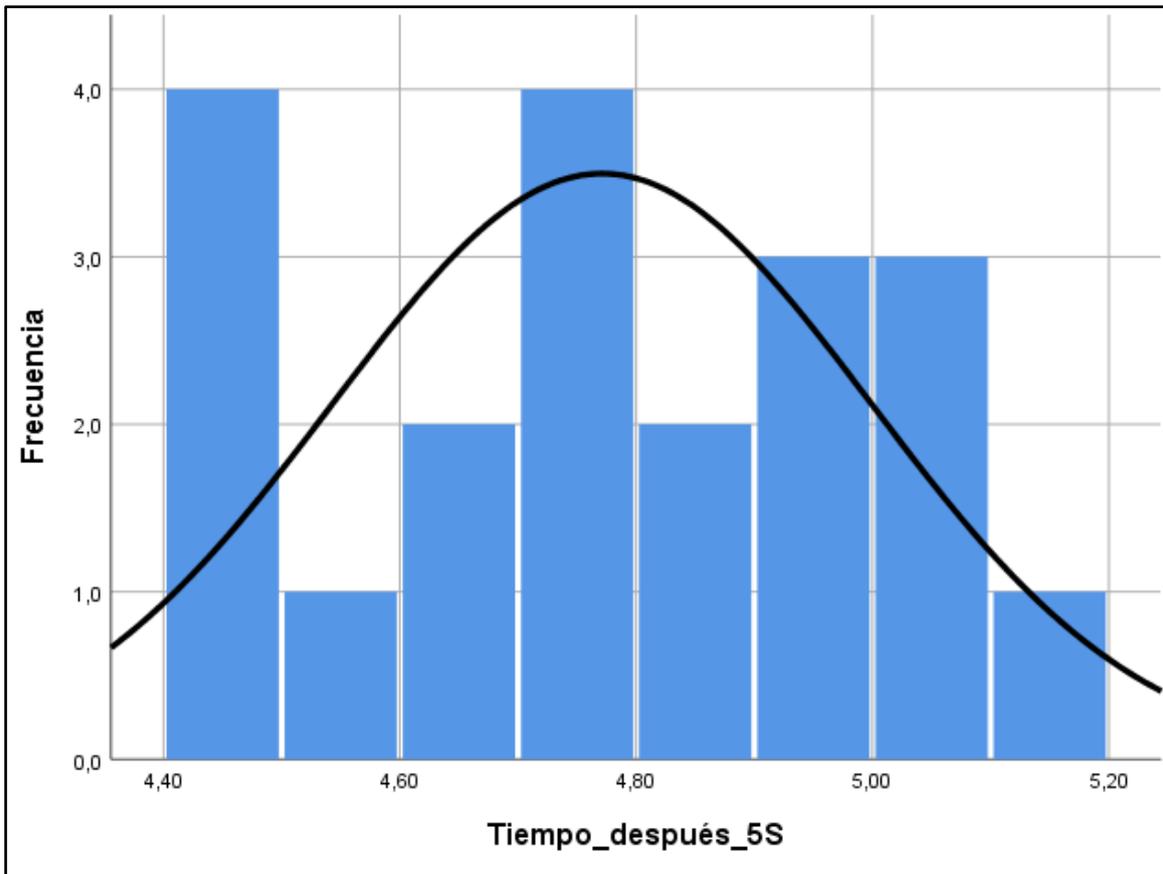
Anexo 4: Constancia de servicio para recabar información

CONSTANCIA DE SERVICIO		 MARCONSULT <small>SUPERVISIONES & CERTIFICACIONES</small>		
DATOS GENERALES		Nº 012505		
CLIENTE:	SOLGAS S.A	FECHA:	12-04-2023	
R.U.C.:	20100176450	COTIZACIÓN Nº:	Contrato	
LUGAR:	Jr. Trujillo N° 285 - Huancayo - Junin	N°JOB:	L0322005	
SERVICIO A REALIZAR:	INSPECCION EXTERNA (API-510)			
EQUIPOS INSPECCIONADOS:	01 RECIPIENTE VERTICAL DE 120 GAL CON SERIE: M1142423			
HORA DE INICIO DE INSPECCIÓN	10:30 HRS	HORA DE FINALIZADO LA INSPECCIÓN:	11:30 HRS	
DETALLE DEL SERVICIO				
EL SERVICIO CONSIDERA UN RIESGO A LA IMPARCIALIDAD <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO DETALLE:				
EL SERVICIO SE REALIZÓ NORMALMENTE <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
En coordinación con el Sr. Edgar Pumarica se llevo al punto de inspección realizando lo siguiente:				
* Inspección Visual				
* Analisis Dimensional				
* Medición de Espesores				
* Verificación DAP (Valvula Seguridad)				
			Usario: Albergue Ana María Gelicich	
			Codigo de Instalación: 60061386	
EQUIPOS DE MEDICIÓN				
SE UTILIZARON EQUIPOS DE MEDICIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO				
NOMBRE DE EQUIPO	CÓDIGO	MARCA / MODELO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN	FECHA DE CALIBRACIÓN
Medidor de Espesores	DT-154	DAKOTA	20-51657-AR8	08-05-2022
Cinta Metrica	ML-4643	STANLEY	1AD-1609-2022	25-11-2022
Flexometro	DT-137	STANLEY	1AD-1152-2022	23-08-2022
Bloque Patron	DT-117	SIUI	LA-292-2022	20-05-2022
OBSERVACIONES * El recipiente no presente soporte civil (se encuentra anclado directo al piso).				
* Datos recopilados en campo seran evaluados				
INSPECTOR / SUPERVISOR:		REPRESENTANTE DEL CLIENTE:		
Firma:		Firma:		
Nombre:	Hugo Moreno Morales	Nombre:	Virginia Camarena Gave EJECUTIVA CAROLINA MARIA GELICICH DORREGARAI	
IMPORTANTE: Los datos registrados en la constancia de servicio serán los mismos que se utilizarán para la emisión de los correspondientes certificados y/o informes. El representante deberá verificar y notificar algún cambio u observación antes de firmar. <i>"Este documento no es válido sin la presentación del respectivo Certificado/Informe".</i>				
MC-F-CI-22 Versión. 07		Aprobado: 2021-05-11		

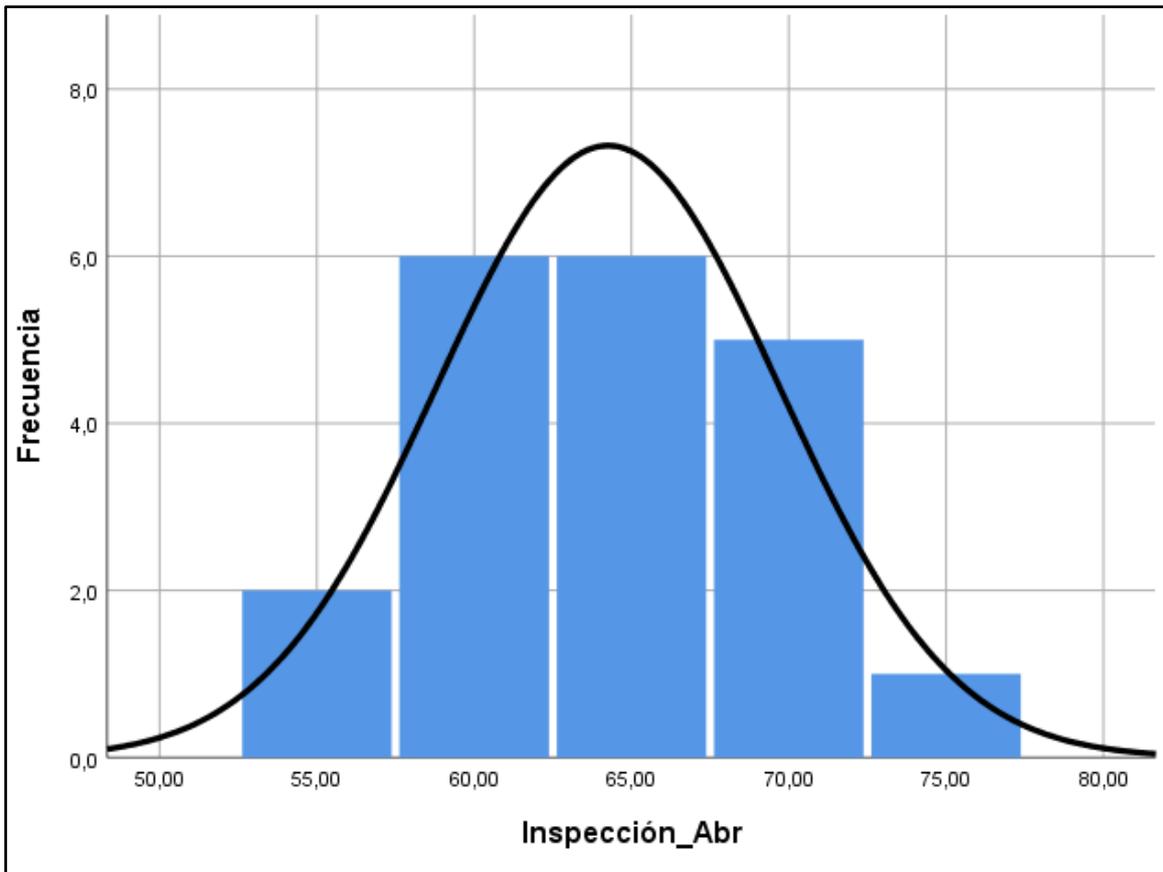
Anexo 5: Guías de remisión para solicitud de equipos

 MARCONSULT SUPERVISIONES & CERTIFICACIONES MARINE CONSULTANTS S.A.C. Av. Santa Rosa 797 - La Perla - Callao - Callao - Callao - Central (51-1) 611 2200 E-mail: contacto@marconsult-fidens.com / Website: http://www.marconsult-fidens.com		R.U.C. 20207844072		
		GUIA DE REMISION - REMITENTE		
Fecha de Emisión: 03/05/23		Fecha de Inicio Del Traslado: 03/05/23		
DIRECCIÓN DE PARTIDA OFICINA LA PERLA		DIRECCIÓN DE LLEGADA ME/DOIL SAC.		
DESTINATARIO Apellido y Nombre/Razón Social: AV. VENEZUELA N° 2040 UHA.		IDENTIFICACIÓN DEL VEHÍCULO Y DEL CONDUCTOR Vehículo Marca y Placa N°: N° de Certif. De Insc. MTC: N° Lic. de Conducir:		
RUC N° _____ Tipo y N° Doc. Ident. _____		COMPROBANTE DE PAGO Tipo _____ N° _____		
CANT.	UNIDAD DE MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PESO	COSTO MINIMO DEL TRASLADO
18	Pza.	Cinta Métrica. MARCA: STANLEY MODELO: 34-791 CODIGO: ML-4644 AL ML-4661		
18	Pza.	FLEXOMETROS MARCA: STANLEY. MODELO: 30-626 CODIGO: ML-4464 AL ML-4481 REF.: ORDEN DE COMPRA N° 058		
MOTIVO DEL TRASLADO		DATOS DEL TRANSPORTISTA		p. MARCONSULT S.A.C. _____ _____ R.U.C. _____
1.- Venta <input type="checkbox"/> 7.- Traslado de bienes para transformación <input type="checkbox"/> 2.- Venta sujeto a confirmación del Comprador <input type="checkbox"/> 8.- Recibo de bienes transformados <input type="checkbox"/> 3.- Compra <input type="checkbox"/> 9.- Traslado por emisor itinerante de comprobante de pago <input type="checkbox"/> 4.- Consignación <input type="checkbox"/> 10.- Traslado de Zona Primaria <input type="checkbox"/> 5.- Devolución <input type="checkbox"/> 11.- Importación <input type="checkbox"/> 6.- Traslado entre establecimiento de una misma empresa <input type="checkbox"/> 12.- Exportación <input type="checkbox"/> 13.- Otros <input type="checkbox"/>		Nombre y Apellidos / Razón Social: _____ _____ _____		
SANDRA MENDOZA JIMENEZ - R.U.C. 10098210486 Serie 004 Del 2001 Al 2200 F.I. 09-03-2023 - Aut. Sunat N° 14916084023				DESTINATARIO

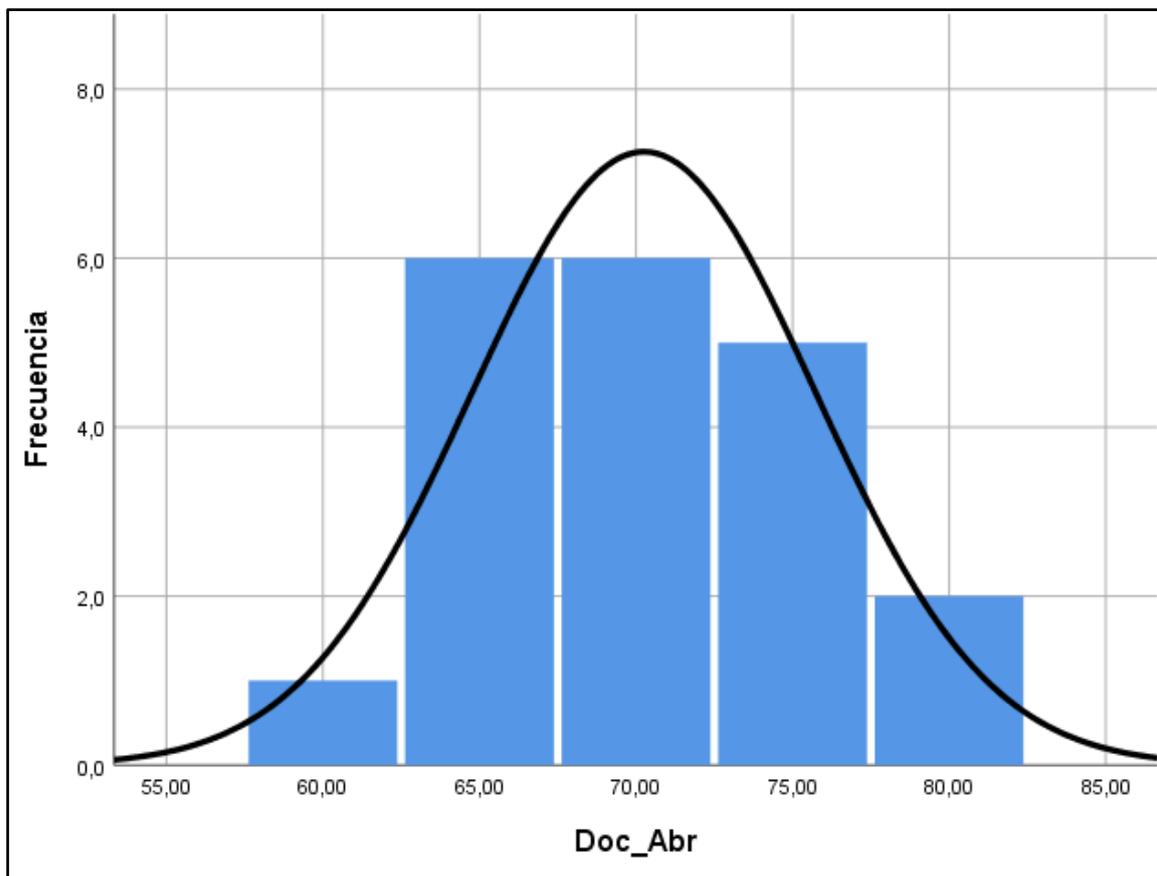
Anexo 6: Histograma de tiempo en requerimiento de equipos luego del ciclo de Deming



Anexo 7: Histograma de tiempo en ejecución de inspección luego del ciclo de Deming



Anexo 8: Histograma de tiempo en ejecución de inspección luego del ciclo de Deming



Anexo 9: Examen de capacitación

Evaluación de conocimientos

Dirigido al personal de gabinete y campo en la empresa Marconsult Certificaciones S.A.C

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. Correo *

2. La velocidad de pérdida de metal por erosión, erosión/corrosión, o las reacciones químicas con el medio, ya sea interno o externo. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

- Velocidad de corrosión
 Vida remanente
 Tasa de crecimiento de corrosión

3. Es la corrosión que se distribuye más o menos uniformemente sobre la superficie del metal, opuesto a la corrosión localizada. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

- Corrosion leve
 Corrosión superficial
 Corrosión generalizada

4. Una estrategia que define cómo y cuando un recipiente a presión o un dispositivo de alivio de presión serán inspeccionados, reparados y/o mantenidos. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

- Plan de inspección
 Planificación de servicio
 Plan de trabajo en campo

5. Una inspección realizada desde el interior de un recipiente a presión utilizando técnicas visuales y/o END. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

- Inspección interna
 Inspección interna asistida
 Inspección externa

6. Un documento que especifica o describe como una actividad se va a realizar. Puede incluir métodos a ser empleados, equipos o materiales a utilizar, las calificaciones del personal involucrado y la secuencia de trabajo. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

- Protocolo
 Procedimiento
 Documento de proyección

7. Técnica que sirve para detectar fisuras, porosidad o cráteres que se extienden en la superficie del material la cual requiere la limpieza, luego la aplicación del penetrante y finalmente el revelador para la evaluación. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

Inspección visual

Líquidos penetrantes

Partículas magnéticas

8. Tomando en consideración los siguientes datos: * 2 puntos

-Presión de diseño 250psi
-Año de fabricación 2005

Indique cual sería la presión en el ensayo de prueba hidrostática del recipiente

Marca solo un óvalo.

325 psi

350 psi

375 psi

9. Tomando en cuenta que al realizar los cálculos de la vida remanente, esta nos dio 23.84 años. Indique cuantos años le corresponde al recipiente para su próxima inspección interna y externa. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

10 años y 5 años

12 años y 5 años

5 años para ambos

10. La fórmula de la velocidad de corrosión a corto plazo está definida por: * 1 punto

Marca solo un óvalo.

$(t_{\text{actual}} - t_{\text{previo}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

$(t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

$(t_{\text{inicial}} - t_{\text{actual}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

11. La fórmula de la velocidad de corrosión a largo plazo está definida por: * 2 puntos

Marca solo un óvalo.

$(t_{\text{actual}} - t_{\text{previo}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

$(t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

$(t_{\text{inicial}} - t_{\text{actual}}) / (\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}})$

12. Tomando en cuenta que la válvula de seguridad instalada en el recipiente es del fabricante REGO la cual muestra como fecha de fabricación 01E20, indique cuando sería la fecha en la que vencería tomando en cuenta que cumplirá su ciclo sin inconvenientes. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

Quinta semana de febrero del 2030

Quinta semana de enero del 2030

Primera semana de mayo del 2030

13. Un recipiente fabricado en el año 2016 cuenta con una vida remanente de 23.02 años. Tomando en consideración que sólo se realizó una inspección externa (en el año 2022), indique en que año se realizará la próxima inspección interna. * 1 punto

Marca solo un óvalo.

2025

2026

2027

2028

14. Se tiene una serie de tanques con años de fabricación 2005, 2009 y 2014. Indique el año de la norma de fabricación ASME VIII Div.1 que le corresponde a cada uno * 2 puntos

Marca solo un óvalo.

- 2004, 2007 y 2010
 2004, 2007 y 2014
 2004, 2010 y 2013
 2004, 2007 y 2013

15. Indique en qué parte de la norma se puede encontrar el esfuerzo del material para la evaluación con la memoria de cálculo. * 2 puntos

Marca solo un óvalo.

- ASME II Div.A
 ASME II Div.D
 ASME VIII Div.1
 ASME V

16. Teniendo en cuenta los siguientes datos: * 2 puntos

- Espesor promedio: 7 mm
- Espesor mínimo: 6.50 mm
- Espesor requerido: 6 mm
- Profundidad de picadura: 4 mm
- Area de picadura: 50 cm²

Indique cual es el criterio considerado para el rechazo según el API 510 Ítem 7.4.3

Marca solo un óvalo.

- condición A
 condición B
 condición C
 A y B
 A y C
 B y C



**MANUAL DE
PROCEDIMIENTO DE
INSPECCION Y
DOCUMENTACION
PARA INSPECCIONES
EXTERNAS**

**Kevin Zavaleta
Carlos Morón**

Abril de 2023

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	Pag 1
1.1 JUSTIFICACIÓN	Pag 2
2. DEFINICIONES, SIGLAS Y ABREVIATURAS	Pag 2
2.2. SIGLAS Y ABREVIATURAS	Pag 5
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	Pag 5
4. ALCANCE Y CAMPOS DE APLICACIÓN	Pag 6
5. HERRAMIENTAS DE APLICABILIDAD	Pag 6
5.1. APLICACIÓN PARA SERVICIO EN EL PUNTO DE INSPECCIÓN	Pag 6
5.2. APLICACIÓN PARA INSPECTORES DE GABINETE	Pag 18
6. CONTACTO PARA CONSULTAS	Pag 41

1. INTRODUCCIÓN

El presente “Manual de Procedimientos de Inspección en recipientes a presión contenedores de GLP” describe el paso a paso en las diferentes actividades y tareas de acuerdo al proceso de inspección externa, que es según (API510, 2014) “Una inspección realizada desde el exterior de un recipiente a presión para encontrar condiciones que pueden afectar la capacidad del recipiente para mantener la integridad en cuanto a la presión o condiciones que comprometen la integridad de las estructuras de soporte. La inspección externa se puede realizar ya sea mientras el recipiente se encuentra operando o mientras el recipiente está fuera de servicio o puede ser realizada al mismo tiempo que una inspección en línea”.

La inspección de recipientes a presión de Gas Licuado del Petróleo (GLP) es una tarea crítica para garantizar la seguridad y la integridad de los equipos. La inspección externa es una parte fundamental de este proceso, ya que permite detectar posibles daños o deformaciones que puedan comprometer la seguridad del equipo.

1.1. JUSTIFICACIÓN

El propósito de este manual es proporcionar una guía para realizar la inspección externa de los recipientes a presión de GLP. El manual detallará el procedimiento para la inspección visual, dimensional, toma de espesores, verificación de la válvula de seguridad y el proceso documentario. Este manual también incluirá la revisión de datos y la aplicación de la norma API 510, que es esencial para garantizar la seguridad y la integridad de los recipientes a presión de GLP.

Este manual está dirigido a inspectores de recipientes a presión de GLP, ingenieros, supervisores y cualquier otra persona involucrada en la inspección de los recipientes a presión de GLP. La información proporcionada en este manual es útil para la industria de petróleo y gas, así como para cualquier otra industria que utilice recipientes a presión de GLP.

2. DEFINICIONES, SIGLAS Y ABREVIATURAS

2.1. DEFINICIONES

Abolladura: Deformación localizada de una superficie que causa una reducción en la sección transversal o un cambio en la forma del recipiente o componente.

Código de construcción: Es el código o estándar por el cual un recipiente fue construido originalmente, tal como API/ASME o un código especial del estado/no ASME o cualquier otro código de construcción con el cual se construyó el recipiente.

Código de inspección: Una referencia al código API 510.

Control de calidad: Aquellas actividades físicas que se realizan para comprobar el cumplimiento de las especificaciones del plan de control de calidad.

Corrosión generalizada: Es la corrosión que se distribuye uniformemente sobre la superficie del metal, opuesto a la corrosión localizada.

Corrosión localizada: Corrosión que en gran medida esta confinada a un área limitada de la superficie del metal de un recipiente a presión.

Discontinuidad: Falta de continuidad; falta de cohesión (de unión); interrupción en la estructura física normal del material o producto.

Defecto: Discontinuidad cuyo tamaño, forma, orientación, ubicación o propiedades son inadmisibles para alguna norma específica.

Documentación: Registro que contienen descripciones de diseño específico del recipiente, capacitación del personal, planes de inspección, resultados de la inspección, ensayos no destructivos, reparación, alteración, reclasificación y pruebas de presión, evaluaciones FFS, procedimientos o cualquier otra información pertinente para el mantenimiento de la integridad y fiabilidad de recipientes.

Dueño/usuario: Dueño/usuario que ejerce el control sobre la operación, ingeniería, inspección, reparación, alteración, pruebas de presión y reclasificación de esos recipientes a presión.

Ensayos: Referido a los ensayos mecánicos para determinar datos tales como dureza, resistencia y tenacidad.

Espesor requerido: Espesor mínimo sin el margen por corrosión para cada elemento de un recipiente a presión basado en los cálculos apropiados de diseño y la tensión admisible, considerando cargas de presión, mecánicas y estructurales.

Evaluación de aptitud para el servicio (FFS): Una metodología por la cual defectos y otras condiciones de deterioro, daños o condiciones de operación de un recipiente a presión son evaluadas para determinar la integridad del mismo para servicio continuo.

Indicaciones: Respuesta o evidencia resultante de la aplicación de un examen no destructivo que puede ser no relevante, o que puede considerarse discontinuados o defectos tras un análisis posterior.

Ingeniero: Ingeniero de recipientes a presión

Inspección: La evaluación externa, interna o en línea de la condición de recipientes a presión por el inspector autorizado o su personal designado de acuerdo con este código.

Inspección en línea: Una inspección realizada desde el exterior de un recipiente a presión mientras está funcionando usando procedimientos NDE para establecer la aptitud de los límites de presión para su operación continua.

Inspección externa: Una inspección realizada desde el exterior de un recipiente a presión para encontrar condiciones que pueden afectar la capacidad del recipiente para mantener la integridad.

Inspección interna: Una inspección realizada desde el interior de un recipiente a presión utilizando técnicas y viajes y/o NDE.

Inspector: Título abreviado para un inspector autorizado de recipientes a presión calificado y certificado de acuerdo con este código.

Margen por corrosión: Espesor del material adicional disponible para permitir la pérdida de metal durante la vida útil del componente del recipiente, también conocido como “corrosión allowance”.

Plan de inspección: Una estrategia que define como y cuando un recipiente a presión o un dispositivo de alivio de presión serán inspeccionados, reparados y/o mantenidos.

Posiciones de monitoreo de condición (CML): Zonas designadas en recipientes a presión donde se llevan a cabo exámenes externos periódicos con la finalidad de evaluar la condición del recipiente.

Procedimiento: Documento que especifica o describe como una actividad se va a realizar. Puede incluir métodos a ser empleados, equipos o materiales a utilizar, las calificaciones del personal involucrado y la secuencia de trabajo.

Prueba de presión: Prueba realizada en los recipientes a presión que han estado en servicio y que han sufrido una alteración o una reparación en sus límites de presión.

Punto de inspección: Locación donde el inspector realizará sus labores.

Recipientes a presión: Contenedor diseñado para soportar presión interna o externa.

Reporte de datos del fabricante: Documento que contiene datos e información del fabricante de recipiente a presión que certifica que los materiales de construcción del recipiente cumplen con ciertos requisitos de propiedades de los materiales, tolerancias, etc.

Velocidad de corrosión: La velocidad de pérdida de metal por erosión, erosión/corrosión, o las reacciones químicas con el medio, ya sea interno y/o externo.

2.2. SIGLAS Y ABREVIATURAS

Tabla 1: Cuadro de siglas y abreviaturas

CML	Posición de monitoreo de la condición
FFS	Aptitud para el servicio
MAWP	Presión máxima admisible de trabajo
MT	Examen por partículas magnéticas
NDE	Examen no destructivo
PMI	identificación positiva de material
PT	Examen por líquidos penetrantes
QA	Aseguramiento de la calidad
QC	Control de calidad
RBI	inspección basada en el riesgo
SMAW	Soldadura de arco con electrodo revestido
UT	Examen por ultrasonido
VT	Examen por inspección visual

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Tabla 2: Referencias normativas

Num	Nombre original de la normativa	Año
1	API 510 Inspector Certification Examination Body of Knowledge	2022
2	API Recomendend Practice 571, Damage Mechanisms Affecting Fixed Equipment in the Refining Industry	2020
3	API Recomendend Practice 572, Inspection of Pressure Vessels	2016
4	API Standard 579-1/ ASME FFS-1, Fitness for Service	2021
5	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section II. Materials	2021
6	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section V. Nondestructive Examination	2021
7	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII. Rules for Construction of Pressure Vessels. Division 1	2021
8	ASNT SNT-TC-1A, Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing	2020

4. ALCANCE Y CAMPOS DE APLICACIÓN

Este manual es de acatamiento obligatorio para todos los inspectores de campo, gabinete, supervisores u otros usuarios que laboren dentro de la empresa Marconsult Certificaciones S.A.C.

El área o campo de aplicación del manual:

- Preparación de equipos.
- Inspección en campo.
- Control de información recopilada.
- Revisión de información recopilada.
- Procedimiento de documentación.

Se establecen los responsables de la operación del procedimiento:

- Inspectores
- Jefatura
- Supervisores

5. HERRAMIENTAS DE APLICABILIDAD

A continuación, se desarrollará cada uno de los procedimientos aplicados en la inspección de recipientes a presión de GLP para una inspección externa según actividades y sistemas los cuales fueron revisados y contrastados con la normativa y los instructivos.

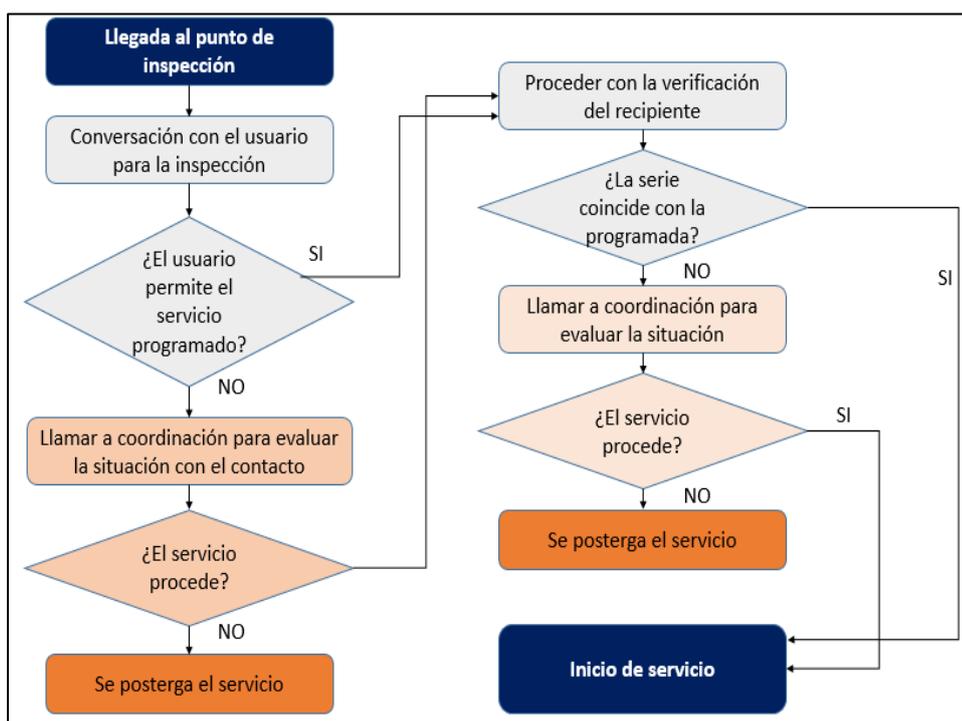
5.1. APLICACIÓN PARA SERVICIO EN EL PUNTO DE INSPECCIÓN

La primera sección está dirigida a los inspectores y su labor en el punto de inspección, realizando ensayos no destructivos en la zona externa del recipiente. Se divide en cinco pasos fundamentales que se deberán seguir progresivamente durante la inspección para generar un servicio eficiente y ordenado.

5.1.1. PREPARACIÓN EN EL PUNTO DE INSPECCIÓN

Es importante que el inspector, al llegar al punto de inspección designado, se prepare para establecer contacto tanto con el usuario como con el coordinador (en caso de que sea necesario). Los pasos para hacerlo se detallan en el siguiente flujograma.

Ilustración 1: Flujograma previo al inicio de servicio



Como se puede observar en el flujograma, existen dos posibles inconvenientes que pueden surgir durante la inspección externa, además de otros factores ajenos como el clima o la ausencia del usuario. Es por ello que, ante cualquier problema, es necesario contar con el contacto del coordinador para buscar una solución. Por otra parte, si el servicio cumple todas las condiciones, como la respuesta inmediata del usuario y la correspondencia de la serie del recipiente a inspeccionar con la programada, se puede proceder con el siguiente paso: el inicio de la inspección externa.

5.1.2. INSPECCIÓN VISUAL

Paso 1:

Una vez que hemos logrado distinguir el recipiente a presión que vamos a analizar es importante separar cada parte (cabezales, cuerpo(s) y boquillas) codificándolo desde el cabezal A hasta el cabezal B, cuerpo (1, 2 o 3 cuerpos según convenga) y boquillas (C1, C2, C3 según convenga la cantidad). En la siguiente imagen se puede apreciar un ejemplo de lo comentado:

Ilustración 2: Vista del recipiente inspeccionado con la respectiva codificación



Como se puede apreciar en la imagen, el tanque fue codificado en los cuerpos con “cuerpo 1” y “cuerpo 2”. De igual forma la copla fue identificada como “C1” y el cabezal como “B”.

Paso 2:

Una vez codificado el recipiente, es importante aplicar el método visual de manera detallada. Para ello, el inspector debe evaluar exhaustivamente el recipiente, desde la zona superior hasta la inferior, para detectar cualquier discontinuidad que pueda ser considerada como un defecto. Algunas de las observaciones más comunes en la inspección externa de recipientes a presión de GLP son: abolladuras, discontinuidades en el cordón, porosidad y, la más frecuente, corrosión (picaduras)."

Para la evaluación de estas zonas es importante tener en cuenta la evaluación según el API 510 – 2014, el cual establece tres condiciones para su evaluación:

Tabla 3: Extracto de la norma API 510 para evaluación de picaduras

Ítem 7.4.3 – Evaluación de picaduras

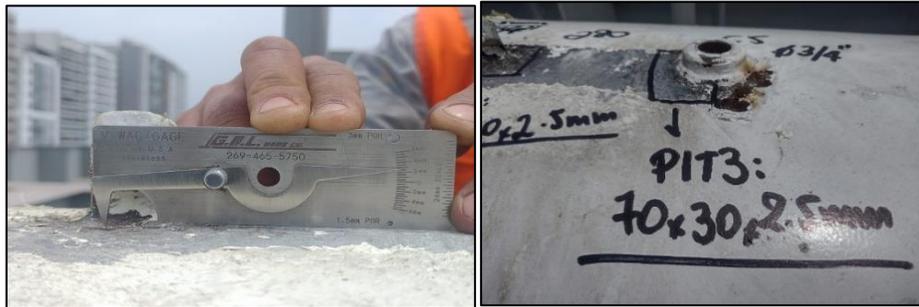
Durante la inspección en curso, se pueden ignorar las picaduras muy dispersas, siempre y cuando todas las siguientes condiciones sean verdaderas:

- a) El espesor remanente en la parte más profunda de la picadura es mayor que la mitad del espesor requerido ($\frac{1}{2} t_{requerido}$)
- b) La superficie total de las picaduras que son más profundas que el margen de corrosión no excede 7 in^2 (45 cm^2) dentro de cualquier círculo de diámetro 8 in (20 cm).
- c) La suma de las dimensiones de las picaduras que son más profundas que el margen por corrosión a lo largo de cualquier línea recta de 8 in (20 cm) no excede de 2 in (5 cm).

Fuente: API 510, 2014.

La evaluación se realizará utilizando una galga V-WAC, se debe medir la profundidad de la picadura y encerrar en una figura geométrica tal como un círculo, cuadrado o rectángulo con la finalidad de poder calcular correctamente el área donde se ubica la picadura, a continuación, se presenta una imagen con fines ilustrativos:

Ilustración 3: Verificación de la observación empleado la galga V-WAC

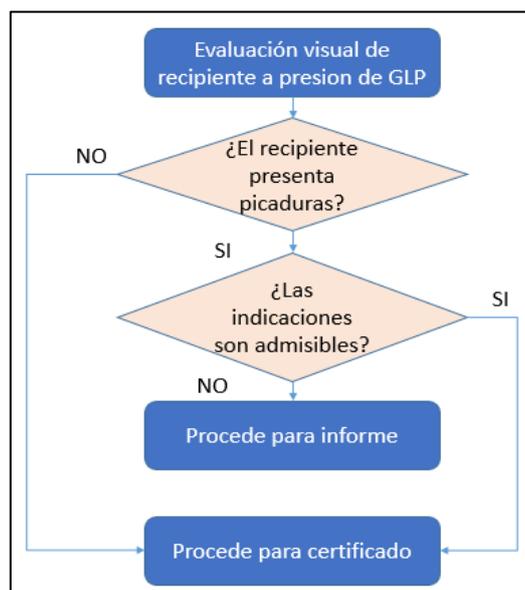


Es importante destacar que, para una correcta evaluación, la superficie donde reposará la parte inferior de la galga debe estar limpia. Además, la zona a evaluar debe estar en contacto directo con el metal base, sin rastros de pintura. Para habilitar esta zona, se puede utilizar removedor de pintura. Una vez aplicado, se debe retirar el producto y limpiar la superficie con lija y un cepillo para retirar los excedentes de pintura y óxido del recipiente.

Paso 3:

Una vez que tenemos las zonas ubicadas con picaduras y evaluadas (en caso el recipiente a presión de GLP tuviese), se procederá a evaluar con el siguiente diagrama de flujo para la evaluación:

Ilustración 4: Flujograma para el análisis de picaduras



Como podemos observar en el diagrama de flujo anterior, debemos tomar en consideración este asunto para la evaluación, en el caso de la abolladura se deberá dimensionar y dividir la zona en rejillas, las cuales representaran puntos donde se deben tomar espesores, con el fin de poder verificar el daño mecánico que pudo haber ocasionado.

Ilustración 5: Procedimiento en caso de encontrar abolladuras en el recipiente analizado



En el ejemplo mostrado podemos observar que se realizó la rejilla en una zona observada, se dividió de tal forma que se cubrió toda la zona afectada para su evaluación mediante el equipo medidor de espesores.

5.1.3. MEDICIÓN DIMENSIONAL

Paso 1:

Como primer paso es importante hacer el listado de herramientas que emplearemos dentro del servicio de inspección, las herramientas son:

- Cinta métrica
- Flexómetro
- Regla metálica
- Vernier
- Plomada
- Galga V-WAC

Además, es menester mencionar que es responsabilidad del inspector cumplir con el uso correcto de los equipos y la recopilación de datos de forma objetiva, también se deberá reportar cualquier inconveniente tales como datos diferentes a la placa de identificación.

Paso 2:

A continuación, se indicará el uso correcto de los equipos antes mencionados para las diferentes evaluaciones en las mediciones:

- a) **Diámetro exterior:** Se debe verificar que la cinta métrica no tenga doblez y se encuentre alineada al realizar la medición. La dimensión indicada en el registro será mayor al valor mínimo de detección del equipo. Agarre la cinta métrica y desdoble verificando que el sector donde se muestran los centímetros (cm) no se encuentre doblado al dar la vuelta por completo al recipiente, el valor que obtendremos se conoce como “Desarrollo”, del cual obtenemos el diámetro externo con la siguiente formula:

$$diámetro\ externo = \frac{desarrollo}{\pi}$$

b) **Longitud de cabezales**

- Recipientes a presión verticales
Utilizar una regla metálica y un nivel, delimitar la horizontal en el punto más alto del cabezal, luego realizar la medición de la altura del cabezal con el uso de un flexómetro hasta la mitad del cordón circunferencial más próximo. Si el recipiente tiene asa, trasladar la medida de la altura al asa, luego, realizar la medida por la parte exterior del asa hasta la mitad del cordón circunferencial más próximo.
- Recipientes a presión horizontales
Utilizar una plomada desde la parte más externa del cabezal, con la finalidad de obtener una vertical, tomar la medida de la longitud del cabezal con un flexómetro hasta la mitad del cordón circunferencial más próximo.

- c) **Longitud de cuerpos**: Utilizar un flexómetro para medir el ancho de cada cuerpo, la medición se efectúa desde la mitad de un cordón circunferencial a la mitad del cordón circunferencial más próximo.
- d) **Ubicación de conexiones (boquillas)**
- En cuerpos
Utilizar un flexómetro para realizar las mediciones entre centros de conexiones y tomar como referencia una longitud hacia una de las costuras circunferenciales, dependiendo de la ubicación de la conexión. En el esquema de inspección, anotar en la representación gráfica de la sección circular del recipiente a presión, la ubicación de las conexiones.
 - En cabezales
Utilizar un flexómetro para medir la distancia entre el centro del cabezal y el centro de la conexión.
En el esquema de inspección, anotar en la representación gráfica de la sección circular del recipiente a presión, la ubicación de las conexiones.
- e) **Dimensiones de conexiones**: Utilizar un Vernier para medir el diámetro exterior y/o interior de las conexiones (coplas o tubos). Para medir el diámetro de conexiones mayores a 4", medir la circunferencia y determinar de manera indirecta el diámetro.
En el caso de conexiones bridadas, se debe medir también la longitud del tubo que sobresale al casco. Realizar la medición desde la intersección del eje neutro del tubo y la superficie exterior del casco, hasta la cara de la brida, utilizando un nivel y un flexómetro
- f) **Profundidad y longitud de discontinuidades superficiales**: Tal como se mencionó en el ítem 5.1.2 en el paso 2.

Paso 3:

Los datos obtenidos en las mediciones serán rellenados en la hoja dimensional "Esquema de inspección para tanques VT, según la codificación interna MC-F-CI-53, Versión: 05, aprobado el 2022-09-21". A continuación, se muestra el esquema vacío y el esquema con los datos llenos.

Ilustración 6: Hoja de "datos de campo", donde se recopila toda la información

Esquema de inspección para tanques VT – Equipos a presión vertical

ORDEN DE SERVICIO:		Equipo/Serie:		Intensidad Luminosa (lux)	
Año de Fabricación:	Fecha de Inspección:	Materia:	Tipo de Cabezal:		
Desarrollo:	Altura de cabezal:	Capacidad:	Longitud:	Diámetro:	
Espesor nominal cuerpo:	Espesor Nominal cabezal:	Marca válvula de seguridad:	Fecha de fabricación válvula de seguridad:		

Válvulas:

CABEZAL SUPERIOR

CABEZAL INFERIOR

Estado del recubrimiento: _____

MC-F-CI-53 Versión: 05 Aprobado: 2022-09-21

Ilustración 7: "Datos de campo" con los datos recopilados

Esquema de inspección para tanques VT EQUIPOS A PRESION HORIZONTAL

DE SERVICIO: 10322-05		Equipo/Serie: M0925354		Intensidad Luminosa (lux)	
Fabricación: 209	Fecha de Inspección: 15/02/23	Materia: -	Tipo de Cabezal: Intierforis		
No: 3268	Altura de cabezal: 470	Capacidad: 1000 gal	Longitud: 190.81"	Diámetro: 40.96"	
nominal cuerpo: 0.238"	Espesor Nominal cabezal: 0.202"	Marca válvula de seguridad: REGO	Fecha de fabricación válvula de seguridad: 01C08 18636G		

S:

- C1: DAP
- C2: Charbro
- C3: Med. Vol
- C4: Multivalv
- C5: Llenado
- C6: Tapon

CABEZAL A

CABEZAL B

CUERPO 1: 1315 CUERPO 2: 1255 CUERPO 3: 1310

Estado del recubrimiento: _____

53 A Aprobado: 2022-09-21

5.1.4. MEDICIÓN DE ESPESORES

Para evaluar correctamente los valores de espesores del recipiente a presión, el inspector deberá tomar medidas en 60 puntos de la línea media circunferencial por cada zona del recipiente, tal como se muestra en los siguientes esquemas:

Ilustración 8: Esquema para la medición de espesores para los cuerpos

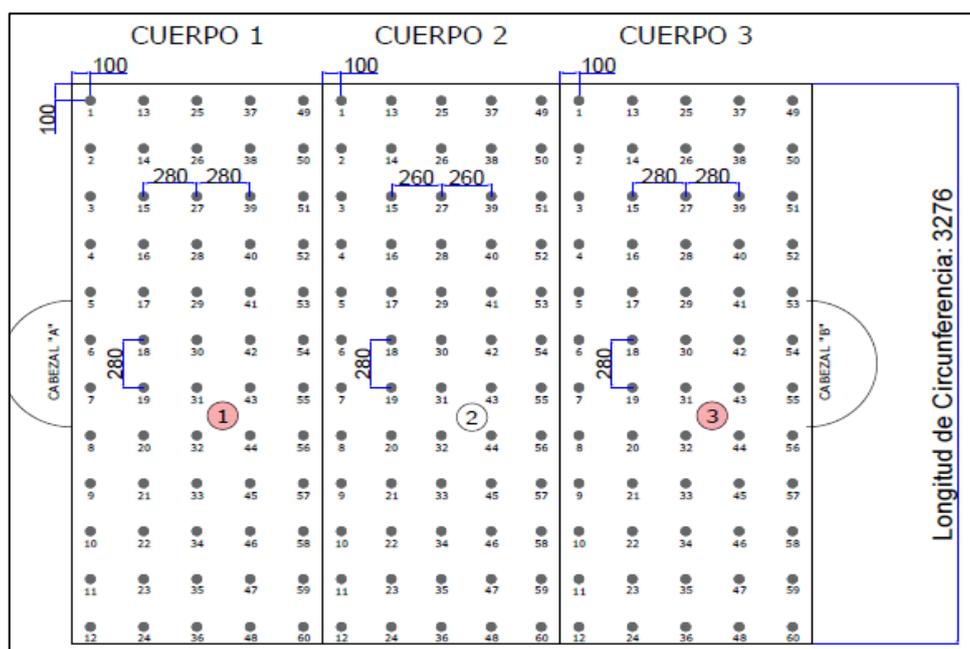
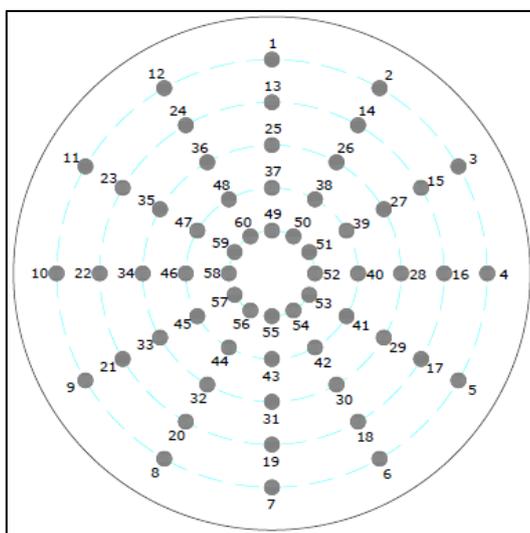


Ilustración 9: Esquema de medición de espesores para los cabezales



Como se puede observar en los gráficos, estas son las distribuciones simétricas de la toma de espesores, los pasos que debe seguir el inspector para tomar los espesores son:

1. Verificar la calibración del equipo con un bloque patrón en buenas condiciones y calibrado.
2. Verificar la velocidad en el equipo y el método aplicado.
3. Verter en una superficie libre de suciedad (o en un depósito pequeño) una cantidad de gel Acoplante.
4. Una vez realizado el paso previo, tomar con cuidado la zona del palpador y verter suavemente.
5. Posteriormente, colocar el palpador en una zona libre de suciedad o restos del recipiente hasta que el equipo confirme el correcto contacto.
6. Guardar el dato recopilado.
7. Realizar el mismo procedimiento nuevamente con cada CML y guardar la información recopilada.

Luego en trabajo de gabinete todos los datos obtenidos se registran en el Registro de medición de espesores (mc-f-ci-14), el cual se mostrará más adelante.

5.1.5. VERIFICACIÓN DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD

Durante la verificación del recipiente, es fundamental evaluar el estado de la válvula de seguridad, la cual tiene como función liberar la presión interna del recipiente en caso de que esta sobrepase el límite máximo permitido, mediante una acción conocida como "pop". En el siguiente cuadro se presentan los aspectos que deben ser verificados:

Tabla 4: Consideraciones para la evaluación de la válvula de seguridad

Vigencia	Según los fabricantes, el uso continuo de la válvula de seguridad debe ser como máximo de 10 años en caso no sufra ningún cambio o daño.
Limpieza	Debe encontrarse limpio, sin restos de suciedad ocasionada por el ambiente (polvo, tierra, u otro desecho).
Complemento	Debe contar con su tapa protectora de goma para evitar la presencia de suciedad.
Datos en la válvula	Debe poder identificarse el código de fabricación, año de fabricación y los otros datos que verifican su legitimidad.

A continuación, se muestra una válvula de seguridad vigente:

Ilustración 10: Válvula de seguridad verificada en inspección



Según los datos observados podemos verificar lo siguiente:

- El código de fabricación es 7583G y su fecha de fabricación es 06B13.
- El fabricante es REGO

Revisando en el catálogo observamos los siguientes datos:

Ilustración 11: Extracto del catálogo del fabricante REGO donde indica los datos de la válvula

Válvulas de Alivio de Presión “Acción Pop” Semi Internas para Contenedores ASME de las Series 7583, 8684 y 8685

Diseñadas para uso como válvulas de alivio primarias en contenedores ASME tales como los tanques de 250, 500 y 1,000 galones. Underwriters’ Laboratories certifica sistemas de contenedores en los que se colocan estas válvulas fuera del capuchón sin protección adicional, si se colocan cerca del capuchón con un tapón protector.




Información Para Ordenar Productos

Número de Parte	Conf. de Inicio de Descarga en PSIG	Conexión del Contenedor NPT M.	Altura Total (Aprox.)	Altura por Arriba del Copie (Aprox.)	Llave Hexagonal	Capacidad de Flujo SCFM/Aire		Apropiado para Tanques c/Área de superficie de hasta:*	Tapón Protector (Incluido)
						UL (a una presión de configuración del 120%)	ASME (a una presión de configuración del 120%)		
7583G	250	3/4"	8 7/8"	1 7/8"	1 1/4"	1980	1806	80 Pies2	7583-40X
8684G		1"	9 3/4"	1 9/8"	1 1/2"	2620	2565	113 Pies2	8684-40
8685G		1 1/4"	11 1/8"	1 11/8"	2"	4385	4035	212 Pies2	7585-40X

Ilustración 12: Lectura para fecha de fabricación

1990 a la fecha — Código de Fecha Dígito-Letra-Dígito	La letra en el código de fecha es la semana
El primer dígito en el código de fecha es el mes	A — 1ra Semana
1 — Enero	B — 2da Semana
2 — Febrero	C — 3ra Semana
3 — Marzo	D — 4ta Semana
4 — Abril	E — 5ta Semana
10 — Octubre	
5 — Mayo	
11 — Noviembre	

Los siguientes 2 dígitos en el código es el año	
91 — 1991	97 — 1997
92 — 1992	98 — 1998
93 — 1993	99 — 1999
94 — 1994	00 — 2000
95 — 1995	01 — 2001
96 — 1996	02 — 2002
03 — 2003	etc.
EJEMPLO: 6A92 = Primer semana de junio, 1992	

Las conclusiones que podemos obtener son:

- La válvula fue correctamente instalada en el recipiente.
- La fecha de fabricación fue en la segunda semana de junio del 2013 y tiene vigencia hasta Junio del 2023.

5.2. APLICACIÓN PARA INSPECTORES DE GABINETE

Una vez que se finaliza el servicio, se debe verificar que la información esté completa y se pueda procesar. El proceso de documentación (verificación de información, proceso de documento y revisión final) se debe realizar esquemáticamente tal como se muestran en los siguientes pasos:

5.2.1. VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN

Es importante verificar toda la información oportuna la cual se sube en Google Drive, para esto debemos tener en consideración que la forma de subida de información es:

1.1. *Cientes > Cliente > año > job > mes > dia > informacion*

A continuación, se muestra un ejemplo

Ilustración 13: Vista de una carpeta con la información subida



En este caso se corrobora que el inspector canalizó la información del servicio que realizó el día 09-01-2023.

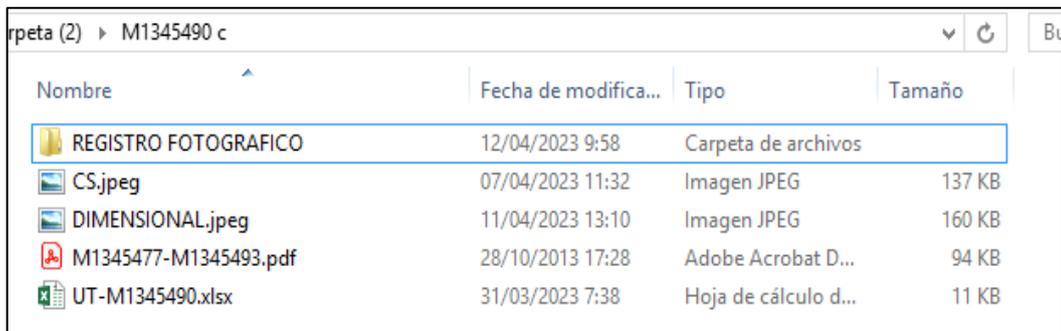
La información cargada debe contener la siguiente información:

- Carpeta con la evidencia fotográfica
- La hoja con la medición de espesores
- La verificación por la hoja dimensional
- La constancia de servicio
- La documentación histórica del recipiente

A continuación, se muestra una carpeta descargada que contiene la información completa y se ha subido correctamente. El recipiente que evaluaremos en los siguientes puntos es de la serie M1345490, con el fin de

ilustrar de manera práctica los procesos y pasos a seguir en la inspección externa de recipientes a presión de GLP.

Ilustración 14: Carpeta con la información completa



Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
REGISTRO FOTOGRAFICO	12/04/2023 9:58	Carpeta de archivos	
CS.jpeg	07/04/2023 11:32	Imagen JPEG	137 KB
DIMENSIONAL.jpeg	11/04/2023 13:10	Imagen JPEG	160 KB
M1345477-M1345493.pdf	28/10/2013 17:28	Adobe Acrobat D...	94 KB
UT-M1345490.xlsx	31/03/2023 7:38	Hoja de cálculo d...	11 KB

Ilustración 15: Registro fotográfico



En los siguientes títulos, realizaremos el procedimiento para la certificación de inspección externa.

5.2.2. HOJA DE DATOS

Lo primero que haremos será descargar la plantilla de documentos (la cual ha sido remitida a los correos de los inspectores para su uso de documentación en gabinete) y seleccionaremos la plantilla pertinente, en este caso, para evaluación de recipientes a presión de consumidores directos.

Una vez que ingresemos al Excel podemos visualizar las diferentes hojas (las cuales se describen en los siguientes títulos) y empezaremos con la hoja "Datos".

Paso 1:

El primer paso consistirá en revisar los espesores medidos por los inspectores en campo y verificar la coherencia y conformidad de los resultados. Una vez completada esta revisión, procederemos a copiar los espesores en la sección correspondiente de la "tabla de espesores".

Ilustración 16: Tabla de espesores en la hoja "datos"

TABLA DE ESPESORES								
CUERPO 1	CUERPO 2	CUERPO 3	CUERPO 4	CUERPO 5	CUERPO 6	CUERPO 7	CABEZAL A	CABEZAL B
4,70							4,45	4,30
4,67							4,38	4,30
4,68							4,29	4,28
4,68							4,25	4,19
4,70							4,23	4,18
4,71							4,28	4,32
4,70							4,34	4,41
4,73							4,36	4,31
4,76							4,36	4,26
4,76							4,44	4,18
4,76							4,35	4,17
4,75							4,24	4,28

Paso 2:

Para continuar, es necesario introducir la serie del recipiente en el espacio correspondiente. Una vez ingresada la serie, se debe verificar que el promedio de los valores de espesores introducidos en el paso anterior para el cuerpo y cada cabezal del recipiente coincidan con los valores mostrados debajo de la serie en la sección de "Espesor mínimo cuerpo".

Ilustración 17: Hoja de datos donde se muestra la serie y datos dimensionales

	A	B	C
1	Nº Serie	M1345490	
2	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)	4,67	cumplen
3	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
4	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
5	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
6	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
7	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
8	Espesor Mínimo Cuerpo (mm)		
9	Espesor Mínimo Cabezal A (mm)	4,05	
10	Espesor Mínimo Cabezal B (mm)	3,99	cumplen
11	Desarrollo (mm)	2518	
12	Altura Cabezal (h) (mm)	373	
13	Longitud del Cilindro (L1) (mm)	1450	

Luego, se debe introducir el valor del desarrollo, altura de cabezal y longitud de cuerpo. Estos valores los obtenemos de la hoja dimensional o también conocido como "data de campo".

Ilustración 18: Hoja de "datos de campo"

Esquema de inspección para tanques VT EQUIPOS A PRESION HORIZONTAL					MARCONSULT		
ORDEN DE SERVICIO:	0322005	Equipo/Serie:	M1345490	Intensidad luminosa (lux)	---		
Año de Fabricación:	2013	Fecha de inspección:	29-03-23	Material:	---		
Desarrollo:	1519	Altura de cabezal:	373 mm	Capacidad:	250 gal	Longitud:	86.5"
Espejo nominal cuerpo:	0.187"	Espejo nominal cabezal:	0.156"	Marca válvula de seguridad:	REGO	Fecha de fabricación válvula de seguridad:	07/13 / 75836
Válvulas: C1: check lock 1" C2: Waterman 1 1/4" C3: Automático 1" C4: llenado 1 1/2" C5: DAP 1 1/4"		CABEZAL A 					
CABEZAL B 		Estado del recubrimiento: _____					

Como podemos observar, son los mismos valores introducidos. Además, podemos notar que también hay otros valores pertinentes que nos servirán para complementar en la hoja "Datos".

Paso 3:

A continuación, en la hoja de datos, podemos encontrar una sección para introducir los datos de fabricación del recipiente, que son los valores nominales especificados por el fabricante.

Ilustración 19: Placa de identificación instalada por el fabricante



Ilustración 20: Datos de la placa

LONGITUD	86,5	2197,10	86,5 " (2197,10 mm).
DIAMETRO	31,5	800,10	31,5 " (800,10 mm).
TCUERPO	0,183	4,65	0,183 " (4,65 mm).
TCABEZAL	0,156	3,96	0,156 " (3,96 mm).

Paso 4:

En la sección de materiales del recipiente, verificaremos los materiales de acuerdo a la documentación histórica.

Ilustración 21: Datos de placa de documentación histórica

(Code Case numbers)		(Special Service per U	
6. Shell:	SA-455	0.183"	0"
	(Material spec. number, grade)	(Nominal thickness)	(Corr. allow.)
7. Seams:	TYPE 1 *	Full	100%
	[Long. (welded, dbl., snl., lap, butt)]	R.T. (Spot or Full)	Eff. (%)
8. Heads:	(a) Material	SA-285C	
		(Spec. no., grade)	
	Location (Top, Bottom, Ends)	Minimum Thickness	Corrosion Allowance
(a)	ENDS	0.156"	0"
			N/A
			N/A
If removable, bolts used (describe other fastenings)			

Como podemos observar, en la documentación histórica del recipiente verificamos que el material del cuerpo es ASME SA 455 y en los cabezales ASME SA 285 Gr.C.

Las propiedades del material (para nuestro calculo en la memoria de cálculo utilizamos el esfuerzo) las podemos verificar en ASME II Div.D.

Ilustración 22: Datos donde figura el material y el esfuerzo según ASME II Div.D

Material Cuerpo 1(Dureza)	SA-455		FALSO	21400
Material Cuerpo 2(Dureza)	SA-455		FALSO	21400
Material Cuerpo 3(Dureza)			FALSO	
Material Cabezal A (Dureza)	SA-285 Gr.C		FALSO	15700
Material Cabezal B (Dureza)	SA-285 Gr.C		FALSO	15700

Paso 5:

En la hoja de datos observamos los siguientes datos los cuales llenaremos de la siguiente forma:

1. Certificado: Se colocará el número de certificado una vez finalizado todo el proceso documentario.
2. Job: Se colocará el Job que figure en la constancia de servicio
3. Cliente: Figura en la constancia de servicio
4. Dirección: Esta es la dirección legal del cliente, se puede verificar en la ficha de SUNAT.
5. Capacidad: Figura en la placa de identificación del recipiente o en la data de campo.
6. Tipo: Verificar en el registro fotográfico del servicio en campo.
7. Servicio: Verificar en el registro fotográfico del servicio en campo.
8. Fabricante: Verificar en la placa de identificación instalada por el fabricante en el recipiente a presión y en la documentación histórica.
9. Lugar de inspección: Verificar en la constancia de servicio, es el lugar donde se realizó la inspección.
10. Año de fabricación: Verificar en la placa de identificación, data de campo y en la documentación histórica
11. Año de re inspección: Año en el que se realizó el servicio.
12. Usuario: Verificar en la constancia de servicio, es la persona que utiliza el recipiente a presión.
13. Año de la norma: Se debe tomar en cuenta el año inmediato de la norma de fabricación ASME VIII Div. 1 para este punto, según el siguiente cuadro se tiene la siguiente información.

Tabla 5: Referencia para año de cada norma ASME

Antes del 2013, cada 3 años	2013, 2010, 2007, 2004, 2001...
AÑO 2013	
Posterior al 2013, cada 2 años	2015, 2017, 2019 ...

Debido a que el recipiente a presión fue fabricado en el 2013, utilizaremos la norma del año 2010.

Ilustración 23: Información del recipiente

Certificado de Inspección	1308-2023	
JOB	10322004	
Cliente	SOLGAS S.A	
Dirección	Cal. Carpaccio Nro. 250 Int. 701 - San Borja (Torre del Arte Piso 7) - Lima	
Capacidad	250	gal (USA)
Tipo (Horizontal/Vertical)	Horizontal	
Servicio (Soterrado / Estacionario/Transport)	estacionario	
Fabricante	Trinity Containers	
Lugar de Inspección	Saenz Peña 1771, Chiclayo - Lambayeque	
Año de Fabricación	2013	
Año de Reinspección	2023	
Usuario	VIP-HB-PRECIO UNO LEGUIA	
Año de Norma	2010	

Paso 6:

En la hoja de datos también tenemos los datos de la válvula de seguridad, los cuales podemos verificar en el registro fotográfico y en la data de campo.

Ilustración 24: Datos para la válvula de seguridad

Cantidad de Válvulas de Seguridad	1
Marca de Válvula	REGO
Modelo de Válvula	7583G
Fecha de Válvula	07D13

Paso 7:

Finalmente, completaremos los datos tales como fecha de certificado, fecha de inspección. Los datos referidos a los números de registros y fecha de emisión de registros se realizarán en el momento que finalice la documentación.

Ilustración 25: Datos para el llenado de fechas de inspección

Fecha del Certificado (Lugar,día,mes y año)	Callao, 12 de Abril del 2023		Fechas de Inspección
Inspección Visual	9172	-2023	29/03/2023
Emisión Acústica	9179	-2023	29/03/2023
Registro de Ensayo de Dureza		-2023	
Inspección Dimensional	9173	-2023	29/03/2023
Inspección de Espesores	9174	-2023	29/03/2023
Registro Características de Materiales		-2023	
Memoria de Cálculo	9175	-2023	29/03/2023
Registro de Ensayo de Ultrasonido		-2023	
Velocidad de Corrosión	9176	-2023	29/03/2023
Vida Remanente	9177	-2023	29/03/2023
Dispositivo de Alivio de Presión	9178	-2023	29/03/2023
Fechas de Inspección	el 29 de marzo del 2023.		
FECHA DE EMISION DE REGISTROS	12/04/2023		

Con este último paso, hemos finalizado el control de datos en la hoja “datos”. A continuación, empezaremos con los registros, nos centraremos en el contenido de estos, es por esto por lo que se considera lo siguiente:

- “1. Datos generales” será igual para todas las hojas de registros
- “2. Requisito” describe la sección dentro de la normativa pertinente (ASME y API) como sustento del registro.

Ilustración 26: Datos generales y requisitos, permanece igual en todos los registros.

1. DATOS GENERALES	
CLIENTE	: SOLGAS S.A
PRODUCTO INSPECCIONADO	: 01 Tanque estacionario con capacidad de 250 gal (USA) tipo Horizontal.
MATERIAL	: Cabezales SA-285 Gr.C / Cuerpo SA-455
Nº DE SERIE	: M1345490
LUGAR DE INSPECCIÓN	: Saenz Peña 1771, Chiclayo - Lambayeque
FECHA DE INSPECCIÓN	: 29/03/2023
2. REQUISITO	
* Código API 510 Tenth Edition 2014. Includes Addendum 1 (May 2017), Addendum 2 (March 2018) “Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration”	
* Código API RP 572 Fourth Edition 2016 “Inspection Practice for Pressure Vessels”	

5.2.3. REGISTRO VISUAL

En el registro visual colocaremos la evidencia fotográfica de la inspección realizada, la cantidad de imágenes puede variar de acuerdo con el criterio de inspector que realice el documento, sin embargo, las imágenes que deben figurar siempre son:

- Vista del recipiente (completo)
- Placa de identificación
- Válvula de seguridad
- Foto de las otras válvulas

Entre otras fotos podría visualizarse las orejas del recipiente, el soporte civil, la zona de los cordones, vista lateral del recipiente, entre otras fotos. A continuación, se muestra una evidencia de las fotos seleccionadas en el documento.

Ilustración 27: Registro fotográfico



Posteriormente, en el último punto indicaremos si presentó observaciones, en caso no presentara se deja con “No presenta observaciones”, luego se revisa el checklist y finaliza la hoja de registro dimensional.

Ilustración 28: Zona final donde figuran las observaciones

6. OBSERVACIONES		
-Sin observaciones.		
7. RESULTADOS		
	SI	NO
* El tanque se encuentra dispuesto en forma horizontal.	✓	
* Los cordones de soldadura presentan discontinuidades que exceden los límites de la norma.		✓
* Externamente el tanque presenta concavidades, abolladuras o distorsiones.		✓
* El tanque presenta zonas de reparaciones o modificaciones.		✓
* El tanque presenta corrosión u oxidación.		✓
* Las conexiones y coplas se encuentran en buen estado.	✓	

5.2.4. REGISTRO DIMENSIONAL

En el siguiente punto verificaremos que los datos introducidos en la hoja “datos” hayan sido colocados correctamente. Gracias a la función concatenar, nos facilita el llenado en esta página.

De igual forma, podemos observar que los resultados en la dimensión verificada también provienen de la hoja de data de campo.

Ilustración 29: Equipos utilizados y resultados de medición

3. EQUIPO(S) UTILIZADOS		
DESCRIPCIÓN	CÓDIGO	FECHA DE CALIBRACIÓN
01 Flexómetro 0-8 m	ML-3976	19/05/2022
01 Cinta Métrica 0-60 m	ML-4642	25/11/2022

4. RESULTADOS		
ZONA DE MEDICIÓN	DIMENSIÓN VERIFICADA (mm)	DIMENSIÓN VERIFICADA (pulg)
Ø Exterior	802	31 9/16
Ø Interior	792	31 3/16
Longitud de Circunferencia	2518	99 2/16
Longitud del Cilindro	1450	57 1/16
Longitud Total	2196	86 7/16
Diametro de entrada de Hombre	-----	-----
Embutido (r, h)	373	14 11/16
Redondez (UG - 80) < 1 %	-----	-----

5.2.5. REGISTRO DE ESPESORES

En el registro de espesores, verificamos los equipos colocados en la hoja “Datos”. También podemos ver que, en 5. Resultados, se coloca el espesor requerido (valor obtenido a través de la memoria de cálculo), espesor promedio verificado (el promedio de todos los espesores obtenidos en cierto sector) y el espesor mínimo (el menor de todos los espesores obtenidos).

Ilustración 30: Equipos utilizados en la medición de espesores y resultados

4. EQUIPOS UTILIZADOS			
EQUIPO	CALIBRADO / VERIFICADO	FECHA CALIBRACIÓN	CÓDIGO / N° CERTIFICADO
Medidor de Espesores por UT	VERIFICADO	29/03/2023	DT-152
Bloque Patrón escalonado	CALIBRADO	19/05/2022	DT-115

5. RESULTADOS			
ZONA INSPECCIONADA	ESPESOR REQUERIDO (mm)	ESPESOR PROMEDIO VERIFICADO (mm)	ESPESOR MINIMO (mm)
CABEZAL A	3,16	4,32	4,05
CABEZAL B	3,16	4,31	3,99
CUERPO	4,66	4,78	4,67

5.2.6 REGISTRO DE VELOCIDAD DE CORROSIÓN

Como noción inicial hay que entender que la velocidad de corrosión en resumidas cuentas es la pérdida de material con el pasar del tiempo (años). Por lo general, los fabricantes utilizan el espesor del material en la fabricación a sobre medida respecto a la nominal declarada en la placa de identificación. Es por este motivo que, no podemos calcular la velocidad de corrosión del material. A continuación, en la imagen observamos los datos concatenados de la hoja “datos” donde observamos lo anteriormente explicado.

Ilustración 31: Datos en la comparativa con el espesor nominal

3. EVALUACION DE DATA DE MEDICION DE ESPESORES								
Componente de Tanque	N° Ptos Verificados	Espesor inicial Fabricación	Medición anterior		Medición actual		Velocidad de Corrosión	
			Valor mín. (mm)	Fecha	Valor mín. (mm)	Fecha	LT (mm/año)	ST (mm/año)
Cabezal A	60	3,96			4,05	2023	---	
Cabezal B	60	3,96			3,99	2023	---	
Cuerpo 1	60	4,65			4,67	2023	---	

Entonces, ¿Qué podemos hacer en estos casos? Según el API 510, indica que, en caso de suceder estos casos, nosotros podemos utilizar una velocidad de corrosión de otro recipiente a presión con los mismos materiales y con la misma condición en el servicio. Es por esto que elegimos la velocidad para el recipiente del documento citado (la imagen se muestra a continuación).

Ilustración 32: Datos para el cálculo de la velocidad de corrosión

4. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN	
$\text{Velocidad de corrosión (LT)} = \frac{t_{\text{inicial}} - t_{\text{actual}}}{\text{tiempo entre } t_{\text{inicial}} \text{ y } t_{\text{actual}} \text{ (años)}} \quad \text{Velocidad de corrosión (ST)} = \frac{t_{\text{previo}} - t_{\text{actual}}}{\text{tiempo entre } t_{\text{previo}} \text{ y } t_{\text{actual}} \text{ (años)}}$	
t _{inicial} ; es el espesor inicial (primera medición de espesor durante la fabricación o durante inspección)	
t _{actual} ; es el espesor actual medido durante la última inspección	
t _{anterior} ; es el espesor medido previo al espesor actual y después del espesor inicial.	
Nota; El inspector decidirá cual de ambas velocidades de corrosión (LT; termino largo) o (ST; Termino corto) calculada utilizará para el cálculo de vida remanente. Se usará la velocidad de corrosión a largo plazo por ser más fiable (entre inicial y	
5. OBSERVACIONES	
- Debido a que los valores de la velocidad de corrosión en cuerpo y cabezales son indeterminados, se toman como referencia valores de velocidad de corrosión de un equipo con materiales y servicio similares como especifica el Código API 510 (Ítem 9.3.3 Parte C). Velocidades de corrosión referenciales tomadas del "Certificado de Inspección N° 0070-2022" con JOB 10322005 y registro de velocidad de corrosión N° 0579-2022.	
Los valores de velocidad de corrosión para el tanque son los siguientes:	
Velocidad de corrosión a largo plazo para cabezales (mm/año): 0,0059	
Velocidad de corrosión a largo plazo para cuerpo (mm/año): 0,0024	

Entonces, como podemos observar, la velocidad “teórica” con la que el material se va perdiendo por año es 0.0059 mm/año en los cabezales y 0.0024 mm/año en el cuerpo. Estos valores serán de suma importancia para el siguiente Ítem.

5.2.7 REGISTRO DE MEMORIA DE CÁLCULO

Los valores de la memoria de cálculo se extraen de la hoja “datos”. Las fórmulas las obtenemos de ASME VIII Div.1 del año respectivo para su evaluación. Como podemos observar, tras ejecutar la formula nos da un valor numérico en mm. Este valor se conoce como “espesor requerido” (el resultado mostrado en el Ítem 4). Podemos entender que el espesor requerido es el mínimo espesor que debe contener el recipiente dentro de los valores obtenidos durante la inspección. Si un valor resulta ser menor al requerido se debe evaluar mediante FFS.

Ilustración 33: Datos de la memoria de cálculo para los cabezales

3. DATOS PARA CALCULO DE CABEZALES SEMIESFERICOS				
DATOS				
Diametro Interior (D)	:	792,16	mm	
Radio Interior (R)	:	396,08	mm	
Presión de Diseño (P)	:	250,00	PSI	
Esfuerzo Permisible (S)	:	15700	PSI	
Eficiencia (E)	:	1		
Material	:	SA-285 Gr.C		(NORMA ASME SECC II PARTE D - 2010)
4. FORMULA PARA CALCULO DE ESPESOR DE CABEZALES SEMIESFERICOS				
ESPESOR DE CABEZAL		$(P * R) / (2 * S * E - 0.20 * P)$		ASME SECC VIII, DIV. 1 (UG-32) -2010
ESPESOR CABEZAL		3,16	mm	
		0,124	pulg	
OBSERVACIONES	ESPESOR (MÍNIMO VERIFICADO POR MARCONSULT	3,99	mm	
		0,157	pulg	
5. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE MÁXIMA PRESIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO (MAWP) EN CABEZALES				
PRESIÓN DE TRABAJO (MAWP)		$(2 * S * E * t) / (R + 0,2 * t)$		ASME SECC VIII, DIV. 1 (UG-32) -2010
ESPESOR (t)		t actual mínimo encontrado en campo		API 510 - Ítem 7.3.3
ESPESOR (t)		3,99	mm	PRESIÓN DE TRABAJO (MAWP)
		0,157	pulg	316 PSI

Analógicamente (como en la imagen mostrada), haremos lo mismo para calcular el espesor requerido en el cuerpo del recipiente.

Ilustración 34: Datos de la memoria de cálculo para los cuerpos

8. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE ESPESOR DE CUERPO CILINDRICO				
ESPESOR DE CUERPO		$(P * R) / (S * E - 0.60 * P)$	ASME SECC VIII, DIV. 1 (UG-27) - 2010	
ESPESOR DE CUERPO		4,66 mm		
		0,183 pulg		
OBSERVACIONES	ESPESOR (MÍNIMO) VERIFICADO POR MARCONSULT		4,67 mm	
			0,184 pulg	
Pág. 1 de 2				
9. FÓRMULA PARA CÁLCULO DE MÁXIMA PRESIÓN ADMISIBLE DE TRABAJO (MAWP) EN CUERPO				
PRESIÓN DE TRABAJO (MAWP)		$(S * E * t) / (R + 0,6 * t)$	ASME SECC VIII, DIV. 1 (UG-27) - 2010	
ESPESOR (t)		t actual mínimo encontrado en campo	API 510 - Ítem 7.3.3	
ESPESOR (t)		4,67 mm	PRESIÓN DE TRABAJO (MAWP)	
		0,184 pulg	251	PSI

5.2.8 REGISTRO DE VIDA REMANENTE

Una vez que hemos calculado el espesor requerido, tenemos toda la información correspondiente para evaluar la vida remanente del recipiente, la vida remanente se basa en una fórmula matemática que emplea el espesor requerido, espesor mínimo de la zona evaluada y la velocidad de corrosión. La fórmula se define de la siguiente forma:

$$Vida\ remanente = \frac{T_{requerido} - T_{minimo}}{Velocidad\ de\ corrosion}$$

La hoja del registro se define de la siguiente forma:

Ilustración 35: Datos de la vida remanente

3. CÁLCULO DE VIDA REMANENTE						
Elección de la velocidad de corrosión:						
Velocidad de corrosión - LT:	<input checked="" type="checkbox"/>					
Velocidad de corrosión - ST:	<input type="checkbox"/>					
$Vida\ remanente = \frac{t_{actual} - t_{requerido}}{velocidad\ de\ corrosion}$						
Detalles de las variables utilizadas en el cálculo de Vida Remanente: Espesor actual ; es el espesor actual mínimo en una CML de cada componente del tanque. Espesor requerido ; es el espesor calculado en el registro de memoria de cálculo						
	Cabezal A	Cabezal B	Elección	Cuerpo		Elección
Vida Remanente	151,09	140,93	140,93	4,26		4,26
La vida remanente para los cabezales es de: 140,93 años.						
La vida remanente para el cuerpo es de: 4,26 años.						

Como podemos observar, al realizar la evaluación obtenemos valores numéricos (en años), para determinar la vida remanente del recipiente tomaremos el más crítico entre todos los valores observados.

Podemos determinar que la vida remanente más crítica en los cabezales es 140.93 años, mientras que en el cuerpo, 4.26 años.

Haciendo una comparación entre ambos, podemos concluir que la vida remanente del recipiente es de 4.26 años.

Sin embargo, al otorgar la vigencia del recipiente no utilizaremos directamente el valor obtenido, sino que nos guiaremos de la siguiente tabla para catalogar el resultado y dar una vigencia:

Vida remanente calculada (resultado)	Conclusión
Entre 0 – 2 años	Se brinda la vigencia tal cual sea el resultado
Entre 2 – 4 años	Vigencia de 2 años
4 años a más (*)	$\frac{\text{Vida remanente}}{2}$

(*) Se debe tomar en consideración que, en caso la vida remanente sea mayor a 4 años tiene una restricción: Para la vigencia de inspección externa será de 5 años y para la vigencia de inspección interna, de 10 años. A continuación, un ejemplo.

Ejemplo 1:

La vida remanente tras realizar el cálculo obtenido es 28 años.

Solución:

Comparando con la tabla debemos dividir el resultado entre 2, por lo tanto, obtenemos 14 años.

Sin embargo, la vigencia de inspección se limita a 5 años como máximo.

Conclusión: La vigencia externa del recipiente es de 5 años, y en caso aplique para la vigencia interna, esta será 10 años.

5.2.9 REGISTRO DE DISPOSITIVO DE ALIVIO DE PRESIÓN

Tal y como se había mencionado en el apartado para la inspección en campo, la verificación de la válvula de seguridad es importante, el registro de la válvula de seguridad indicará todos los datos pertinentes para la conformidad de esta.

Ilustración 36: Datos de la válvula de seguridad

3. DATOS DE INSPECCIÓN			
Disp. de alivio de presión	Requerimiento	Verificación	Condición
Detalle	API 510: 2014 Item 6.2.1.1(c)	Válvula de Alivio de Presión Semi-Interna, con "Acción - Pop" para Recipientes ASME	ACEPTADO
Presión de seteo del fabricante		250 PSI	ACEPTADO
Instalación		De acuerdo a la Hoja Técnica de válvulas de alivio de presión REGO	ACEPTADO
Fecha de Fabricación	N/A	07D13 (Cuarta semana de Julio del 2013).	ACEPTADO
Fecha de Vencimiento	API 510: 2014 Item 6.6.3.2	Julio del 2023	ACEPTADO
Marca	N/A	Válvula marca: REGO	ACEPTADO
Código	N/A	Número de parte: 7583G	ACEPTADO

5.2.10 VERIFICACIÓN DE CERTIFICACIÓN

Una vez que hemos finalizado la revisión de los registros, procederemos con la verificación de la hoja del certificado, el cual contiene los datos del recipiente y el resumen de todos los resultados obtenidos en los registros. Es importante verificar que todos los datos hayan sido correctamente colocados. Debido a que el documento presenta 10 partes, mostraremos y explicaremos cada parte.

Parte 1: Datos generales

Ilustración 37: Parte 1 con datos generales

1. DATOS GENERALES	
1.1	CLIENTE: SOLGAS S.A
1.2	DIRECCIÓN: Cal. Carpaccio Nro. 250 Int. 701 - San Borja (Torre del Arte Piso 7) - Lima
1.3	USUARIO: VIP-HB-PRECIO UNO LEGUIA

1. 4 PROPÓSITO DE LA INSPECCIÓN:	
Inspeccionar al recipiente a presión en servicio indicado en el ítem 3, de acuerdo a los requerimientos del código API 510 Tenth Edition 2014. Includes Addendum 1 (May 2017), Addendum 2 (March 2018) "Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration" en lo referido a:	
<p style="text-align: center; font-size: 2em; opacity: 0.5;">Página 1</p>	
<ul style="list-style-type: none"> a) Inspección externa de recipientes a presión (Ítem 5.5.4). b) Evaluación de equipos existentes con documentación mínima (ítem 7.7). c) Métodos de monitoreo de condición mínima (ítem 5.7.1 (d) y (h)). d) Determinación del espesor requerido (Ítem 7.6). e) Determinación de la velocidad de corrosión (Ítem 7.1) f) Cálculo de vida remanente (Ítem 7.2) g) Frecuencia de inspección externa (Ítem 6.4) h) Inspecciones de dispositivos de alivio de presión (Ítem 6.6) 	
	
- Código API RP 572 Fourth Edition 2016 "Inspection Practice for Pressure Vessels"	
<ul style="list-style-type: none"> a) Inspección Externa (Ítem 9.3) b) Inspección Interna (Ítem 9.4) 	

Como podemos observar, en la sección de datos generales se verifican los datos colocados en la hoja "datos". Destaca el nombre del cliente, dirección, usuario y los ensayos empleados en el documento, los cuales representan el alcance de la inspección.

Parte 2 y parte 3: Datos de producto en placa y data de campo.

En este apartado podemos observar los datos del recipiente, por una parte, en el apartado 2 observamos los datos extraídos de la placa de identificación, mientras que, en el apartado 3 observamos los datos de los resultados obtenidos en la inspección.

Ilustración 38: Datos de la parte 2 y parte 3

2. DATOS DEL PRODUCTO (DECLARADO) EN PLACA DE FABRICACIÓN	
Los datos declarados corresponden a la placa de identificación instalada en el tanque.	
Nº de Serie	: M1345490.
Fabricante	: Trinity Containers
Tipo de Tanque	: Horizontal *
Servicio	: LPG Domestic Tank. *
Mínima Temperatura de Diseño (MDMT)	: - 20 °F @ 250 PSI.
Máxima Presión Admisible (MAWP)	: 250 PSI @ 125 °F.
Año de Fabricación	: 2013
Diámetro Exterior	: 31,5 "
Tipo de Cabezal	: Hemi.
Capacidad	: 250 gal (USA)
Espesor Cuerpo	: 0,183 "
Espesor Cabezal	: 0,156 "
Longitud Total	: 86,5 "
Material Cuerpo	: SA-455. *
Material Cabezales	: SA-285 Gr C *

3 . DATOS DEL PRODUCTO (VERIFICADO) DATA DE CAMPO	
01 Tanque estacionario con capacidad de 250 gal (USA) tipo Horizontal.	
Fabricante	: Trinity Containers
Servicio:	: Almacenamiento de GLP.
Nº de serie	: M1345490.
Capacidad	: 250 gal (USA)
Espesor Cuerpo (Mínimo)	: 4,67 mm.
Espesor Cabezal (Mínimo)	: 3,99 mm.
Material Cuerpo	: SA-455.
Material Cabezales	: SA-285 Gr.C.
Tipo de Cabezal	: Semiesféricos.
Diámetro Exterior	: 802 mm.
Longitud Total	: 2.196 mm.
Presión de Diseño	: 250 PSI.
Código de Fabricación	: ASME SECC VIII Div. 1 - 2010
Año de Fabricación	: 2013.

Parte 4, 5 y 6: Lugar y fecha de inspección, Examinación por técnicas y requisitos, códigos y normas.

En este apartado podemos ver la dirección, ciudad y fecha donde se realizó el servicio, además, la normativa aplicada para la evaluación de los recipientes, tal como se muestra en la siguiente imagen:

Ilustración 39: Datos de la parte 4, parte 5 y parte 6

4 . LUGAR Y FECHA DE INSPECCIÓN	
Saenz Peña 1771, Chiclayo - Lambayeque; el 29 de marzo del 2023.	
5 . EXAMINACION POR TECNICAS NDT	
CÓDIGO ASME SECC V- 2021	: Non-destructive Examination.
NORMA ASTM E 797-21 (2021)	: Standard Practice for Measuring Thickness by Manual Ultrasonic Pulse-Echo Contact Method.
6 . REQUISITOS, CODIGOS Y NORMAS	
CÓDIGO ASME SECC VIII, Div.1: 2010	: Rules for Construction of Pressure Vessels.
CÓDIGO API 510 (2014) (Including Add. 1 (May 2017) & Add. 2 (March 2018))	: Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration.
CÓDIGO API RP 572 – 2016.	: Inspection Practice for Pressure Vessels.

Parte 7: Resultado de la inspección

En los resultados de la inspección, observaremos el resumen de todos los registros creados y los propósitos documentarios en la verificación de datos.

A continuación, se muestran los resultados con un breve resumen de la norma como sustento.

Ilustración 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46: Datos de la parte 7 y sus sub índices

7. 1	INSPECCION EXTERNA API 510 - 2014 (ítem 5.5.4).
	<p>ítem 5.5.4.1.3 Si el recipiente esta fuera de redondez, flacidez y distorsiones deben ser inspeccionados visualmente.</p> <p>API 572 provee más información y debe ser utilizado cuando se ejecuta la inspección.</p> <p>INSPECCION EXTERNA API 572 (ítem 9.3)</p> <p>ítem 9.3; Daños mecánicos como cavidades, abolladuras deben ser inspeccionadas. La profundidad y extensión de cualquier cavidad superficial debe ser medida cuando la costura de la cavidad es bastante larga para afectar la resistencia del recipiente. Todas las cavidades deben ser reportadas.</p> <p>Resultado:</p> <p>De acuerdo al registro de Inspección Visual N° 9172-2023 adjunto al certificado, se ha verificado que el recipiente no presenta cavidades, hendiduras ni abolladuras. No presenta corrosión u oxidación, por lo tanto, el recipiente cumple los requisitos indicados en el código API 510 (ítem 5.5.4) y API RP 572 (ítem 9.3).</p>

7. 2	EVALUACIÓN DE EQUIPOS CON DOCUMENTACIÓN MÍNIMA - API 510 - 2014 (ítem 7.7)
	<p>Para los recipientes a presión que no tienen placa de identificación o ninguna documentación de diseño y construcción, los pasos descritos en este ítem pueden ser usados para verificar la integridad de funcionamiento.</p> <p>Resultado:</p> <p>De acuerdo al documento "Form U-1A Manufacturer's Data Report for Pressure Vessels (M1345477-M1345493)" proporcionado por el cliente, el material de los cabezales es SA-285 Gr.C y el material del cuerpo es SA-455. Por lo tanto el cálculo de espesor requerido será en función al esfuerzo permisible del código de construcción ASME SECCION VIII Div. 1: 2010.</p>

7. 3	MÉTODOS DE MONITOREO DE CONDICIÓN – API 510-2014 (ítem 5.7.1 (d), (h))
	<p>ítem 5.7.1 (d); Medición de espesores por ultrasonido para detectar el espesor de los componentes y detector de fallas por ultrasonido para detectar grietas internas, superficiales y otras discontinuidades alargadas.</p> <p>Resultado:</p> <p>De acuerdo al registro de Medición de Espesores N° 9174-2023, el espesor de la pared nominal muestra variaciones de espesor respecto al espesor de la pared de las partes de tanque (cabezales y cuerpo). Por lo tanto, el espesor requerido será determinado de acuerdo a lo indicado en ítem 7.5 del presente certificado.</p>

7. 4 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO – API 510 - 2014 (Ítem 7.6)
El espesor requerido debe ser basado sobre consideraciones de presión, mecánicas y estructurales usando la fórmula de diseño y el esfuerzo admisible del código.
7.4.1 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO CABEZALES
Resultado: De acuerdo a la Memoria de Cálculo N° 9175-2023 adjunta al certificado, el espesor de los cabezales del tanque no debe ser menor de 0,124" (3,16 mm) y el espesor (mínimo) es 0,157" (3,99 mm). Por lo tanto, los espesores de los cabezales cumplen con los requerimientos del código ASME SECCION VIII - Div. 1-2010 (UG-32).
7.4.2 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR REQUERIDO CUERPO
Resultado: De acuerdo a la Memoria de Cálculo N° 9175-2023 adjunta al certificado, el espesor de cuerpo del tanque no debe ser menor de 0,183" (4,66 mm) y el espesor (mínimo) verificado es 0,184" (4,67 mm). Por lo tanto los espesores del cuerpo cumplen con los requerimientos del código ASME SECCION VIII - Div. 1-2010 (UG-27).

7. 5 DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN - API 510: 2014 (Ítem 7.1)
La velocidad de corrosión es determinada por la diferencia entre dos lecturas de espesores dividido por el intervalo de tiempo de las lecturas.
Resultado: De acuerdo al registro de Velocidad de Corrosión N° 9176-2023, la velocidad de corrosión de los cuerpos es de 0,0024 mm/año. Y la velocidad de corrosión de los cabezales es de 0,0059 mm/año.
7. 6 CÁLCULO DE VIDA REMANENTE - API 510: 2014 (Ítem 7.2)
La vida remanente del recipiente (en años) será calculada de la siguiente formula:
$Vida\ remanente = \frac{t_{actual} - t_{requerido}}{velocidad\ de\ corrosión}$
Resultado: De acuerdo al registro de Vida Remanente N° 9177-2023, la vida remanente de los cabezales es de 140,93 años y del cuerpo es de 4,26 años.

7. 7 FRECUENCIA DE INSPECCIÓN EXTERNA - API 510: 2014 (Ítem 6.4)
Ítem 6.4.1; A menos que se justifique por una evaluación Basada en Riesgo, cada recipiente expuesto sobre la superficie debe tener una inspección visual externa a un intervalo que no exceda el menor de 5 años o la requerida inspección interna / On-stream.
Resultado: El monitoreo de la condición externa del tanque descrito en el ítem 3 se deberá realizar dentro de 2 años (29/03/2025) como se establece en el código de inspección.

7 . 8	INSPECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE ALIVIO DE PRESIÓN – API 510: 2014 (Ítem 6.6.3.2)
	<p>Ítem 6.6.3.2; A menos que exista experiencia documentada y/o una evaluación RBI indique que es aceptable un intervalo mayor, los intervalos de ensayo e inspección para los dispositivos de alivio de presión en los servicios de procesos típicos no deberían exceder:</p> <p>b) 10 años para servicios limpios (que no produzcan atascamientos) y no corrosivos.</p>
	<p>Resultado:</p> <p>De acuerdo al registro de Dispositivo de Alivio de Presión N° 9178-2023, el dispositivo de alivio de presión marca REGO N° de Parte: 7583G, ha sido instalado de acuerdo a la hoja técnica del fabricante y la presión de seteo fue de 250 PSI. Aceptado.</p>

Parte 8: Documentación aplicable

En la documentación aplicable vemos la verificación de creación de registros, la cantidad y adicionamos el documento histórico, el cual adjuntaremos al documento final entregado al cliente.

Ilustración 47: Datos de la parte 8

8 .	DOCUMENTACIÓN APLICABLE																		
	<p>El recipiente a presión descrito en el ítem 3 del presente documento, fue inspeccionado de acuerdo a los requerimientos de los códigos descritos en el ítem 1.4. Los siguientes ensayos y supervisiones fueron realizados por MARCONSULT:</p>																		
8 . 1 .	INSPECCIONES REALIZADAS POR MARCONSULT Y PLAN DE INSPECCION																		
	<table border="0"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: right;">Registro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Inspección Visual</td> <td style="text-align: right;">Nº 9172-2023</td> </tr> <tr> <td>Inspección Dimensional</td> <td style="text-align: right;">Nº 9173-2023</td> </tr> <tr> <td>Inspección de Espesores</td> <td style="text-align: right;">Nº 9174-2023</td> </tr> <tr> <td>Memoria de Cálculo</td> <td style="text-align: right;">Nº 9175-2023</td> </tr> <tr> <td>Velocidad de Corrosión</td> <td style="text-align: right;">Nº 9176-2023</td> </tr> <tr> <td>Vida Remanente</td> <td style="text-align: right;">Nº 9177-2023</td> </tr> <tr> <td>Dispositivo de Alivio de Presión</td> <td style="text-align: right;">Nº 9178-2023</td> </tr> <tr> <td>Emisión Acústica</td> <td style="text-align: right;">Nº 9179-2023</td> </tr> </tbody> </table>		Registro	Inspección Visual	Nº 9172-2023	Inspección Dimensional	Nº 9173-2023	Inspección de Espesores	Nº 9174-2023	Memoria de Cálculo	Nº 9175-2023	Velocidad de Corrosión	Nº 9176-2023	Vida Remanente	Nº 9177-2023	Dispositivo de Alivio de Presión	Nº 9178-2023	Emisión Acústica	Nº 9179-2023
	Registro																		
Inspección Visual	Nº 9172-2023																		
Inspección Dimensional	Nº 9173-2023																		
Inspección de Espesores	Nº 9174-2023																		
Memoria de Cálculo	Nº 9175-2023																		
Velocidad de Corrosión	Nº 9176-2023																		
Vida Remanente	Nº 9177-2023																		
Dispositivo de Alivio de Presión	Nº 9178-2023																		
Emisión Acústica	Nº 9179-2023																		
	<p>PLAN DE INSPECCION CODIGO MC-F-CI-55 Para recipiente con serie M1345490</p>																		
8 . 2 .	INSPECCIONES SUBCONTRATADAS POR MARCONSULT																		
	<p>Marconsult para el tanque descrito en el ítem 3, no subcontrato actividades.</p>																		
8 . 3 .	DOCUMENTOS DEL EQUIPO PROPORCIONADO POR EL CLIENTE																		
	<p>- Form U-1A Manufacturer's Data Report for Pressure Vessels (M1345477-M1345493).</p> <p>Nota: el recipiente a presión cuenta con placa de identificación instalada por el fabricante.</p>																		

Parte 9: Conclusiones

En esta parte observamos las conclusiones obtenidas de acuerdo con los resultados obtenidos. Además, también mostramos los requisitos evaluados en el análisis documentario.

Ilustración 48: Datos de la parte 9

9 . CONCLUSIONES	
* El (Producto) descrito en el ítem 3 (producto verificado) cumple con los requisitos evaluados en el ítem 6 (requisitos, códigos y normas), los resultados se describen en el ítem 7 (resultados de la inspección) del presente certificado de inspección.	
* La próxima inspección externa será dentro de 2 años (29/03/2025), a partir de la fecha que presente la inspección de acuerdo al ítem 7.8 (Frecuencia de Inspección Externa - API 510: 2014 (Ítem 6.4)) del presente documento.	
* La próxima inspección interna será dentro de 2 años (29/03/2025), a partir de la fecha que presente la inspección de acuerdo al ítem 7.9 (Frecuencia de Inspección Interna - API 510: 2014 (Ítem 6.5)) del presente documento.	
9 . 1 REQUISITOS EVALUADOS	
CÓDIGO API 510 (2014) (Including Add. 1 (May 2017) & Add. 2 (March 2018))	: Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration.
CÓDIGO API RP 572 – 2016	: Inspection Practice for Pressure Vessels.
CÓDIGO ASME SECC VIII, Div.1: 2010.	: Rules for Construction of Pressure Vessels

Parte 10 y parte 11: Condiciones del certificado y conformidad del certificado

En esta parte encontramos la condición legal y conformidad del documento, la limitación y validez documentaria.

Ilustración 49: Datos de la parte 10 y parte 11

10 . CONDICIONES DEL CERTIFICADO	
El presente certificado es conforme solo para el propósito indicado en el ítem 1.4 (propósito de la inspección), del producto inspeccionado descrito en el ítem 3 (producto verificado), y a los resultados indicados en el ítem 7 (resultados de la inspección) del presente certificado de	
El presente certificado no excluye las inspecciones periódicas del equipo, accesorios y tuberías según requisitos, normas y decretos supremos aplicables.	
El presente certificado no incluye la certificación de accesorios del equipo. Ejemplo: conexiones y accesorios en el equipo (termómetros, manómetros, medidor de volumen, dispositivos de alivio y otras válvulas). Es responsabilidad del dueño del equipo salvaguardar la integridad de los accesorios del recipiente a presión del ítem 3 (producto verificado).	
11 . CONFORMIDAD DEL CERTIFICADO	
Este Certificado es correspondiente para el producto indicado en el ítem 3 (producto verificado) y las condiciones señaladas en el presente documento, siempre que el producto mencionado no sea alterado ni modificado en su conformado.	

Una vez que hemos finalizado con la revisión del certificado, sólo quedará enviar el documento al cliente para finalizar con el servicio

6. Contacto para consultas

Persona	Área de trabajo	Correo
Milathy Martínez	Jefe de inspectores	jefeinspecciones@marconsult- fidens.com
Dennis García	Jefe de documentación	certificaciones.industriales@marconsult- fidens.com
Solano Mena	Jefe de coordinaciones	coordinaciones.certi@marconsult- fidens.com
Diego Fonseca	Inspector en recipientes	inspector.integridad1@marconsult- fidens.com