

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Análisis de la soldabilidad del acero al manganeso
en la reparación de cajas Eriez de la industria minera
en el taller de mantenimiento Fainser S.A.C.**

Demetrio Rodriguez Mercedes

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Lima, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Néstor Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Jersoon Jesús Lazo Huaynalaya
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 16 de Enero de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "**ANÁLISIS DE LA SOLDABILIDAD DEL ACERO AL MANGANESO EN LA REPARACIÓN DE CAJAS ERIEZ DE LA INDUSTRIA MINERA EN EL TALLER DE MANTENIMIENTO FAINSER SAC**", perteneciente al estudiante **DEMETRIO RODRIGUEZ MERCEDES**, de la E.A.P. de **Ingeniería Industrial**; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 9 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 01) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, DEMETRIO RODRIGUEZ MERCEDES, identificado con Documento Nacional de Identidad No. 09891084, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "Análisis de la soldabilidad del acero al manganeso en la reparación de Cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento FAINSER SAC", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizada, desarrollada o publicada, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

17 de Enero de 2024.

Revisión Tesis

INFORME DE ORIGINALIDAD

9 %	9 %	2 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
4	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
6	fr.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
7	hugepdf.com Fuente de Internet	<1 %
8	moam.info Fuente de Internet	<1 %
9	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %

10	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
12	1library.co Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
17	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
18	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
20	Submitted to Florida International University Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to CEIPA Fundación Universitaria CEIPA	<1 %

Trabajo del estudiante

22	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	saber.ucv.ve Fuente de Internet	<1 %
24	#N/A. "PAP de la Plataforma DOM-1 - Pozo Fortuna 1XD – ST3, en el Lote 116-IGA0000823", R.D. N° 388-2017-MEM/DGAAE, 2021 Publicación	<1 %
25	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unican.es Fuente de Internet	<1 %
27	revistas.uss.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	tvd.wiki Fuente de Internet	<1 %
29	Erick Chávez Flores. "Impacto de los conflictos socioambientales en la gestión turística. Caso departamento de Cajamarca", Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 2020 Publicación	<1 %

baixardoc.com

30	Fuente de Internet	<1 %
31	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
32	DQ ASESORIA & CONSULTORIA E.I.R.L.. "EIA del Proyecto Planta de Fundición de Plomo-IGA0016427", R.D. N°213-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2022 Publicación	<1 %
33	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
34	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
35	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
36	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
37	dokumen.tips Fuente de Internet	<1 %
38	www.semhr.com Fuente de Internet	<1 %
39	Agustín Gualco, Hernán G. Svoboda, Estela S. Surian. "Efecto de los parámetros de soldadura sobre la microestructura de recargues nanoestructurados base hierro	<1 %

depositados por FCAW-S", Soldagem & Inspeção, 2014

Publicación

40	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
42	Submitted to UNILIBRE Trabajo del estudiante	<1 %
43	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
44	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
47	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
48	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

50	www.mdpi.com Fuente de Internet	<1 %
51	Mónica Chillarón Pérez. "Análisis y desarrollo de algoritmos de altas prestaciones para reconstrucción de imagen médica TAC 3D basados en la reducción de dosis.", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
52	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
53	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
54	guia.hispavista.com.pe Fuente de Internet	<1 %
55	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	www.dropbox.com Fuente de Internet	<1 %
58	Yoshiro Yamada. "Metallic Material for Springs", Materials for Springs, 2007 Publicación	<1 %
59	dle.rae.es Fuente de Internet	<1 %

60	echo.ilo.org Fuente de Internet	<1 %
61	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
62	repositorio.cuc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
63	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
65	www.documentation.emersonprocess.com Fuente de Internet	<1 %
66	www.eddytronic.cl Fuente de Internet	<1 %
67	www.elsitioagricola.com Fuente de Internet	<1 %
68	www.stolle-ot.de Fuente de Internet	<1 %
69	Ana Lucía Marzocca, Flavio Soldera, Mónica Zalazar, María Inés Luppó. "Estudio de la microestructura de un cordón de soldadura de un acero P91 mediante microscopía electrónica de transmisión", <i>Matéria</i> (Rio de Janeiro), 2018 Publicación	<1 %

70	Arturo Barjola Ruiz. "Membranas poliméricas de intercambio iónico con aplicación en pilas de combustible de temperatura intermedia", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
71	GUTIERREZ QUISPE GUINA LYSZET. "ITS del Proyecto de Modificación y/o Ampliación de un Establecimiento para Instalación de Gasocentro de GLP de la Empresa Epal Negocios-IGA0015573", R.D. N° 298-2021-MINEM/DGAAH, 2022 Publicación	<1 %
72	eesa-journal.com Fuente de Internet	<1 %
73	hmuller.home.cern.ch Fuente de Internet	<1 %
74	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
75	repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.espe.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
77	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
78	repositorio.ugm.cl Fuente de Internet	<1 %

79	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
80	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
81	web.fonade.gov.co Fuente de Internet	<1 %
82	www.prensalibre.com Fuente de Internet	<1 %
83	www.theibfr.com Fuente de Internet	<1 %
84	www.webcita.com Fuente de Internet	<1 %
85	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 16 (2000)", Brill, 2004 Publicación	<1 %
86	"Inter-American Yearbook on Human Rights / Anuario Interamericano de Derechos Humanos, Volume 12 (1996)", Brill, 1998 Publicación	<1 %
87	Leonardo Quijano B., H. Mauricio Díez Silva, Maricela I. Montes Guerra, Hugo Fernando Castro Silva. "Implementación de procesos sostenibles vinculando industrias regionales: reciclaje de residuos siderúrgicos como proyecto de cambio de la manpostería en	<1 %

Boyacá-Colombia", Revista Escuela de Administración de Negocios, 2014

Publicación

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 1 words

ASESOR

Mag. JERSON JESÚS LAZO HUAYNALAYA

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Continental, por ofrecer modalidades de educación sin límites, elegir una de ellas me ha permitido seguir con mis actividades laborales y estudiar sin interrumpirlas.

A Dios y a mis padres, por darme la vida, a mi esposa e hija, familiares y amigos que en todo momento supieron alentarme y me apoyaron moralmente en el progreso de mis actividades estudiantiles universitarias.

A la empresa Tampa Tank Inc./FSS, por permitirme trabajar de modo virtual y presencial. A los ingenieros amigos y compañeros de trabajo de la empresa, que de buena voluntad han colaborado con ideas y aportes en la etapa de mi formación académica que son virtudes esenciales del campo de la ingeniería.

A los docentes, por su preocupación para compartir sus enseñanzas, arengándome siempre que lo difícil puede hacerse fácil, motivándome para ejercer la labor estudiantil con pasión y lograr culminarlos con éxito.

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme salud, mantenerme con mis facultades, quien guía siempre mi camino y me da el ánimo necesario para alcanzar mis propósitos.

A mi esposa e hija, padres y demás familiares, por brindarme emotivos ánimos para continuar hacia adelante.

A mi espíritu propio, quien me motiva a continuar estudiando pese a las adversidades, dándome la fortaleza de concretizar el objetivo anhelado.

Demetrio Rodriguez Mercedes

ÍNDICE

Asesor	xiv
Agradecimiento.....	xv
Dedicatoria	xvi
Índice.....	xvii
Índice de tablas.....	xix
Índice de figuras	xx
Resumen	xxi
Abstract	xxii
Introducción	xxiii
Capítulo I.....	24
Planteamiento del estudio	24
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	24
1.2. Problema general.....	33
1.2.1. Problemas específicos	33
1.3. Objetivos.....	33
1.3.1. Objetivo general.....	33
1.3.2. Objetivos específicos.....	34
1.4. Justificación e importancia	34
1.4.1. Justificación teórica.....	34
1.4.2. Justificación práctica.....	34
1.4.3. Justificación metodológica.....	34
1.4.4. Justificación social.....	35
1.5. Hipótesis	35
1.5.1. Operacionalización de las variables	36
Capítulo II.....	38
Marco teórico	38
2.1. Antecedentes de investigación	38
2.2. Bases teóricas.....	42
2.3. Modelos aplicativos	45
2.3.1. Modelo aplicativo para elaboración de WPS	45
2.3.2. Modelo aplicativo para ensayo por tintes penetrantes.....	47
2.4. Procesos de soldadura.....	49
2.4.1. Proceso de soldadura manual por electrodos revestidos (SMAW)	49
2.4.2. Proceso de soldadura semiautomática con protección gaseosa y alambres sólidos (GMAW).....	50

2.4.3. Proceso de soldadura semiautomática con protección gaseosa y alambres tubulares (FCAW)	51
2.4.4. Proceso de soldadura manual con electrodo de tungsteno no consumible y gas inerte de protección (GTAW).....	52
2.5. Posiciones del soldeo.....	52
2.5.1. Posiciones de calificación y de aplicación de soldadura	52
2.6. Velocidad de producción.....	55
2.7. Tasa de deposición de soldadura.....	55
2.8. Definición de términos básicos	55
Capítulo III.....	57
Metodología	57
3.1. Método y alcance de la investigación	57
3.2. Diseño de la investigación	59
3.3. Población y muestra	60
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	60
Capítulo IV.....	78
Resultados y discusión	78
4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información	78
4.2. Prueba de hipótesis.....	79
4.3. Discusión de resultados.....	80
4.4. Análisis de impacto económico	82
Conclusiones	90
Recomendaciones.....	91
Lista de referencias.....	92
Anexos	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados de caja Eriez 1 mediante la técnica de Tintes penetrantes (PT)	28
Tabla 2. Resultados de caja Eriez 2 mediante la técnica de PT	30
Tabla 3. Operacionalización de las variables.....	37
Tabla 4. Posicionamiento de las uniones y tipos de posiciones de soldeo	53
Tabla 5. Relación de volumen aportado de soldadura en unidad de tiempo	55
Tabla 6. Composición química del acero al manganeso por ASTM	63
Tabla 7. Composición química del acero al manganeso por FUNACSAC.....	64
Tabla 8. Composición química del acero al manganeso por Laboratorio de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería	65
Tabla 9. Especificación de cantidad de pruebas requeridas por el estándar	72
Tabla 10. Ubicación de puntos de indentación por dureza Brinell en el espécimen	76
Tabla 11. Ubicación de puntos de indentación por dureza Brinell en el espécimen.	76
Tabla 12. Resultados de los instrumentos	77
Tabla 13. Comparativo de resultados de técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	81
Tabla 14. Descripción de las ventajas de la existencia del WPS	83
Tabla 15. Descripción antes y después de la implementación del WPS	83
Tabla 16. Costo estimado de mano de obra.....	84
Tabla 17. Costo estimado de transporte	85
Tabla 18. Costo estimado de la reparación de la caja Eriez en Perú y Brasil	85
Tabla 19. Costo estimado de la reparación de la caja Eriez en Perú y Brasil	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caja Eriez suspendida SE Series 7000 Modelo MC 7935 y MC 7938.....	25
Figura 2. Limpieza de las cajas Eriez de la capa de recubrimiento	26
Figura 3. Localización de defectos en la caja Eriez 1	29
Figura 4. Localización de defectos en la caja Eriez 2.....	31
Figura 5. caja Eriez suspendida.....	43
Figura 6. Soldadura de recargue u Overlay Weld	44
Figura 7. Etapas procedimentales para evaluar la especificación del procedimiento de la soldadura (Welding Procedure Specification: WPS).....	47
Figura 8. Pasos de aplicación de tinte penetrante	49
Figura 9. Equipo de proceso SMAW	50
Figura 10. Equipo de proceso GMAW	51
Figura 11. Equipo de proceso FCAW.....	51
Figura 12. Equipo de proceso GTAW	52
Figura 13. Hoja técnica del electrodo UTP 63.....	67
Figura 14. Hoja técnica del electrodo UTP 720-A.....	68
Figura 15. Hoja técnica del electrodo UTP 720-A.....	69
Figura 16. Cupón de platina soldada	71
Figura 17. Ensayo de tinte penetrante realizado al cupón soldado.....	71
Figura 18. Trazo de corte transversal a la soldadura del cupón.....	72
Figura 19. Espécímenes cortados transversalmente a la soldadura del cupón.....	73
Figura 20. Espécimen (P3 espejo) probado por macrografía en un corte transversal.....	73
Figura 21. Espécimen P3 probado por dureza Brinell en el corte transversal	74
Figura 22. Espécimen P3 Espejo probado por dureza Brinell en el corte transversal	75
Figura 23. Soldadura de reparación de las cajas Eriez.....	79
Figura 24. Gráfica comparativa de costos: Antes y después de la implementación del WPS .	88

RESUMEN

En el siglo XVIII, Robert Hadfield, metalurgista británico, hizo un aporte importante al rubro metalúrgico al obtener mediante investigaciones el acero al manganeso, una aleación metálica que luego se denominó “aceros Hadfield” (1) que se ha venido usando en la industria minera y otros sectores.

Las actividades de expansión industrial, minera y comercial hicieron que la organización Eriez comenzara a fabricar cajas electromagnéticas con este acero al manganeso con el mismo nombre de la organización, cuya tarea era separar los artículos ferromagnéticos de la materia prima que ingresa desde la cantera a la molienda en la industria minera de transformación.

La presente tesis denominada “Análisis de la soldabilidad del acero al manganeso en la reparación de Cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC”, se aboca al análisis de soldabilidad del acero al manganeso mediante el desarrollo metalúrgico de soldadura en la elaboración del *Welding Procedure Specification* (WPS) para reparar soldaduras existentes en cajas Eriez. Esto es importante porque permite un ahorro de tiempo y costos, al aportar un procedimiento en un mercado que hay poca información al respecto.

El análisis de la soldabilidad comprende seis etapas. La primera etapa consiste en analizar las normativas. La segunda etapa, comprende la elección del material base y el electrodo. En la tercera etapa se consideran las variables esenciales de las normas y recomendaciones de los fabricantes de materiales para elaborar la propuesta del WPS. En la cuarta etapa, es la etapa de la experimentación que consiste en armar y soldar un cupón utilizando un soldador experimentado guiado por el WPS propuesto. En la quinta etapa, se realizan los ensayos NDT sugeridos por la norma ASTM A488/A488M-18E2. A continuación se realizan las pruebas de laboratorio de macrografía y dureza Brinell (HB). En la sexta etapa, se hace el análisis de los resultados de la etapa de la experimentación. Se comparan los resultados con las especificaciones de la normativa. En la séptima etapa, se elabora la documentación resultante, iniciando con el *Procedure Qualification Record* (PQR). Luego se complementa el WPS propuesto indicando los parámetros que servirán de guía para su uso en producción. Finalmente, se elabora el *Welder Performance Qualification* (WPQ). Con base en la información tomada durante el soldeo del cupón. Aquí es importante considerar las variables esenciales del soldador. En esta etapa los documentos son firmados por un Inspector Certificado de Soldadura (CWI).

Palabras claves: defectos, mantenimiento, procedimiento, reparación, soldabilidad

ABSTRACT

In the 18th century, Robert Hadfield, a British metallurgist, made an important contribution to the metallurgical industry by obtaining manganese steel through research, a metallic alloy that was later called “Hadfield steels” (1) that has been used in the mining industry and other sectors. The industrial, mining and commercial expansion activities made the Eriez organization begin to manufacture electromagnetic boxes with this manganese steel with the same name of the organization, whose task was to separate the ferromagnetic articles from the raw material that enters from the quarry to the grinding in the transformation mining industry. This thesis called "Analysis of the weldability of manganese steel in the repair of Eriez Boxes of the mining industry in the Fainser SAC maintenance workshop", focuses on the analysis of the weldability of manganese steel through the metallurgical development of welding in the Development of the Welding Procedure Specification (WPS) to repair existing welds in Eriez boxes. This is important because it saves time and costs by providing a procedure in a market where there is little information about it. Weldability analysis comprises six stages. The first stage is to analyze the regulations. The second stage includes the choice of the base material and the electrode. In the third stage, the essential variables of the standards and recommendations of the material manufacturers are considered to prepare the WPS proposal. In the fourth stage, it is the experimentation stage that consists of assembling and welding a coupon using an experienced welder guided by the proposed WPS. In the fifth stage, the NDT tests suggested by the ASTM A488/A488M-18E2 standard are carried out. Next, macrography and Brinell hardness (HB) laboratory tests are carried out. In the sixth stage, the results of the experimentation stage are analyzed. The results are compared with the specifications of the regulations. In the seventh stage, the resulting documentation is prepared, starting with the Procedure Qualification Record (PQR). Then the proposed WPS is complemented indicating the parameters that will serve as a guide for its use in production. Finally, the Welder Performance Qualification (WPQ) is elaborated. Based on the information taken during the welding of the coupon. Here it is important to consider the essential variables of the welder. At this stage the documents are signed by a Certified Welding Inspector (CWI).

Keywords: defects, maintenance, procedure, repair, weldability

INTRODUCCIÓN

La presente investigación contiene la siguiente estructura:

El Capítulo I, indica la situación por estudiar, la misma que es documentada a través de evidencias secuencialmente compiladas desde el análisis de la problemática, la evaluación, los objetivos, la justificación e importancia y el planteamiento de solución con el objetivo de determinar la soldabilidad de los aceros al manganeso.

En el Capítulo II, se incluye información basada en teoría y experiencias asociadas a la presente investigación. Compuesta por los antecedentes de estudios vinculados a la presente tesis, bases teóricas que aportan información sustancial a este estudio y un glosario de términos cuyo objetivo sirve para un mejor juicio y entendimiento.

En el Capítulo III, se indica el modelo aplicativo y la secuencia de pasos para lograr el objetivo, se escribe el método y diseño de la investigación, la población y muestra, finalizando el capítulo con las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Finalmente, en el Capítulo IV, se indican por los resultados del tratamiento, análisis de la información, prueba de las hipótesis, la discusión de los resultados y concluyendo el análisis de impacto económico que genera antes y después del análisis de la soldabilidad para aprobar el procedimiento para la reparación de las cajas Eriez.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

En este capítulo se puntualiza la problemática encontrada en el taller de mantenimiento de Fainser SAC, así mismo, se va a evaluar, determinar y plantear la solución para reparar las cajas Eriez fabricadas con aceros al manganeso denominado Hadfield.

1.1. Planteamiento y formulación del problema

Actualmente, en el sector industrial minero existen equipos para separar elementos ferromagnéticos de la materia prima utilizable para elaborar productos terminados para las diversas industrias. Dentro de estos equipos separadores que se utilizan como filtros previos se encuentra las cajas Eriez.

Las cajas Eriez que separan elementos ferromagnéticos son de cuatro tipos según la etapa de purificación de la materia. El presente trabajo de investigación se enfocó en las cajas electromagnéticas suspendidas SE Series 7000 (anexo 1, ficha técnica).

Tienen una condición de operación de trabajar suspendidas por tensores desde las cuatro esquinas que permiten darle una nivelación de acuerdo con el sentido de movimiento de las fajas transportadoras para cumplir con su objetivo de fabricación como electroimán suspendido. El trabajo objetivo de la caja Eriez consiste en la captura continua de elementos ferromagnéticos.

Los modelos de la serie objetos de análisis, cuyas especificaciones técnicas de ambas son: dimensiones de 84"x 84"x 40" (2.134 m x 2.134 m x 1.016 m), su potencia de consumo es de 19 kilowatts de una de ellas y la siguiente caja de 78"x 78" x 39 (1.981 m x 1.981 x 0.991 m),

su potencia de consumo es de 17.16 kilowatts. Estos tipos de cajas tienen limpieza manual, es decir, que periódicamente deben retirarse manualmente los hierros acumulados o con algún separador mecánico instalado de manera opcional.

La captura continua de elementos ferromagnéticos que golpean constantemente a la parte inferior de la misma debido a la fuerza de atracción del electroimán suspendido produce a lo largo del tiempo microfisuras y desgaste. Esta carga de trabajo determina el tipo de desgaste que puede ser mayor o menor de acuerdo con el tiempo del uso del equipo. El tipo de desgaste que han sufrido las cajas en la parte central de las caras es de tipo impacto-abrasivo debido a la huella que dejan los objetos o partículas metálicas de diferente calibre durante el trabajo de atracción por estos electroimanes.

Así mismo, las cajas sufrieron otro ataque y estos son consecuencias de los defectos encontrados en las soldaduras en las aristas de las cajas, pueden ser debido a algunas porosidades o escorias atrapadas que en el momento de fabricación y soldeo de estas estructuras metálicas pudieron no estar expuestas, o estuvieron dentro del rango de las tolerancias aceptables que a través del tiempo iniciaron una corrosión interna que posteriormente afloraron a la superficie.

A continuación, en la figura 1, se pueden ver a la derecha, las cajas en pleno proceso de trabajo.



*Figura 1. Caja Eriez suspendida SE Series 7000 Modelo MC 7935 y MC 7938
Nota: Eriez Manufacturing Co., Eriez, PA. USA*

En la figura 1, en ambas fotografías del lado derecho, se puede apreciar cómo atraen los electroimanes suspendidos muchos artículos ferromagnéticos de la materia prima o de cierto producto desde las fajas transportadoras durante su recorrido antes de ingresar al proceso de molienda o continuar con otro proceso.

Pese a ser construidos estos equipos de material de acero al manganeso, es decir, poseer propiedades de ser dúctiles, tenaces, endurecimiento por trabajo en frío y resistentes al desgaste, sufren deterioros por impacto continuo.

La medición de la vida útil y el mantenimiento de estas cajas se aprecian en cada periodo de tiempo de parada de planta o de mantenimiento donde son enviadas a empresas especializadas para ser inspeccionadas y detectar algunos deterioros a través de los ensayos no destructivos (END). Según los resultados de la presencia de discontinuidades rechazables se debe evaluar un procedimiento de soldadura para su reparación de acuerdo con la normativa técnica y las buenas prácticas de soldadura. Posterior a la reparación, las soldaduras de los elementos son examinados nuevamente por las mismas técnicas de PT y MT para liberar y continuar con el siguiente proceso que es el recubrimiento por pintura.

Existen varias empresas dedicadas al mantenimiento de este tipo de equipos separadores, entre ellas, la empresa Fainser SAC.

Fainser SAC, es una empresa dedicada a la construcción, mantenimiento y reparación de diferentes equipos de la industria metalmecánica y minera.

En el taller, sección de mantenimiento de Fainser SAC, una de las actividades que se realiza es la verificación de la integridad de las cajas Eriez a través del mantenimiento inicial como se puede ver en la figura 2:



Figura 2. Limpieza de las cajas Eriez de la capa de recubrimiento
Nota: Fainser SAC

En la figura 2, se aprecia el trabajo realizado por los colaboradores en el proceso de la remoción del recubrimiento o pintura de las aristas soldadas y de los lados que sufrieron impacto para dar paso a la verificación de las soldaduras existentes y cuantificar los daños.

Posteriormente a la limpieza inicial, las soldaduras existentes y cuerpo de las cajas son inspeccionadas visualmente por el personal de control de calidad de la empresa para poder determinar la posible existencia de porosidades, fisuras, entre otras discontinuidades sobre dichas soldaduras, en la zona afectada por el calor (ZAC) y ciertos daños en las láminas del cuerpo, además verificar si hubo golpes de arco que pudieron afectar al material base de los elementos a reparar, denominadas cajas de separación electromagnéticas o cajas Eriez, cuya fabricación son realizadas con planchas de acero al manganeso.

Durante el control inicial, mediante la inspección visual, unas discontinuidades pequeñas a simple vista fueron observadas en una caja, lo que motivó hacerlo más exhaustiva a todas las soldaduras de las cajas presentes, detectando indicaciones sobre las soldaduras existentes de fabricación en las aristas como también en el cuerpo de las dos cajas. Por esta razón, Fainser SAC solicita la asistencia de inspectores certificados en las técnicas de detección superficial a una empresa dedicada a ensayos no destructivos (END), para realizar pruebas por Tintes penetrantes (PT) sobre las indicaciones observadas en las soldaduras existentes en las cajas y parte del cuerpo. Igualmente, asistir con la técnica de Partículas magnéticas (MT) a las soldaduras tipo filete de las conexiones tubulares y de las escotillas de estas cajas electromagnéticas.

Para determinar la magnitud de los defectos, Fainser SAC a través de su departamento de aseguramiento y control de calidad, realiza las coordinaciones para la asistencia de la compañía de Ensayos No Destructivos *Global Engineering Support SAC*, para comprobar la existencia de discontinuidades. Los resultados de la inspección realizada a las soldaduras existentes por la técnica con partículas fluorescentes fueron satisfactorios, no presentaron discontinuidades, sin embargo, los resultados de la técnica Tinte penetrante (PT) descritos en el informe INF-GES-3744-021 de *Global Engineering Support SAC* indican que las discontinuidades detectadas son rechazadas porque no cumplen con los criterios de aceptación de la normativa en esta técnica, por lo tanto, los defectos deben ser reparados. Porque si dichas discontinuidades no se reparan y estos elementos regresan a cumplir un determinado trabajo podrían sufrir daños mayores y los costos de reparación serían más elevados (anexo 2, Reportes de PT, pp. 16 al 24).

Luego del evento de uso de las técnicas de Ensayos No Destructivos, la empresa de ensayos emite los informes con resultados de la existencia de defectos que lo indican en la Tabla 1:

Tabla 1. Resultados de caja Eriez 1 mediante la técnica de Tintes penetrantes (PT)

Cajón 1				
Parte	END	Conclusiones	Recomendación	Obs.
Soldadura perimetral	PT	La soldadura perimetral presenta catorce zonas con socavaciones Estado: no aceptado	Reparar y reinspeccionar por el mismo método de Líquidos penetrantes	Ver anexo I Reporte 1
Soldadura central	PT	Libre de indicaciones Estado: aceptado	---	Ver anexo I
Soldadura conexiones, tubería Ø 1”	MT	Libre de indicaciones Estado: aceptado	---	Ver anexo II

Nota: Informe de Global Engineering Support SAC

En la tabla 1, se lee que las discontinuidades bajo los criterios para PT en la soldadura perimetral no están aceptadas, localizadas en 14 zonas puntuales, estas discontinuidades superaron los límites de los criterios de aceptación, al ser rechazadas pasan a ser defectos presentes en la soldadura del perímetro de la primera caja.

A continuación, se pretende mostrar una evidencia fotográfica donde se aprecia la presencia de los defectos encontrados por los inspectores de Ensayos No Destructivos (END) después de hacer el revelado a través de la técnica de tintes penetrantes visibles. Ver a continuación la figura 2:

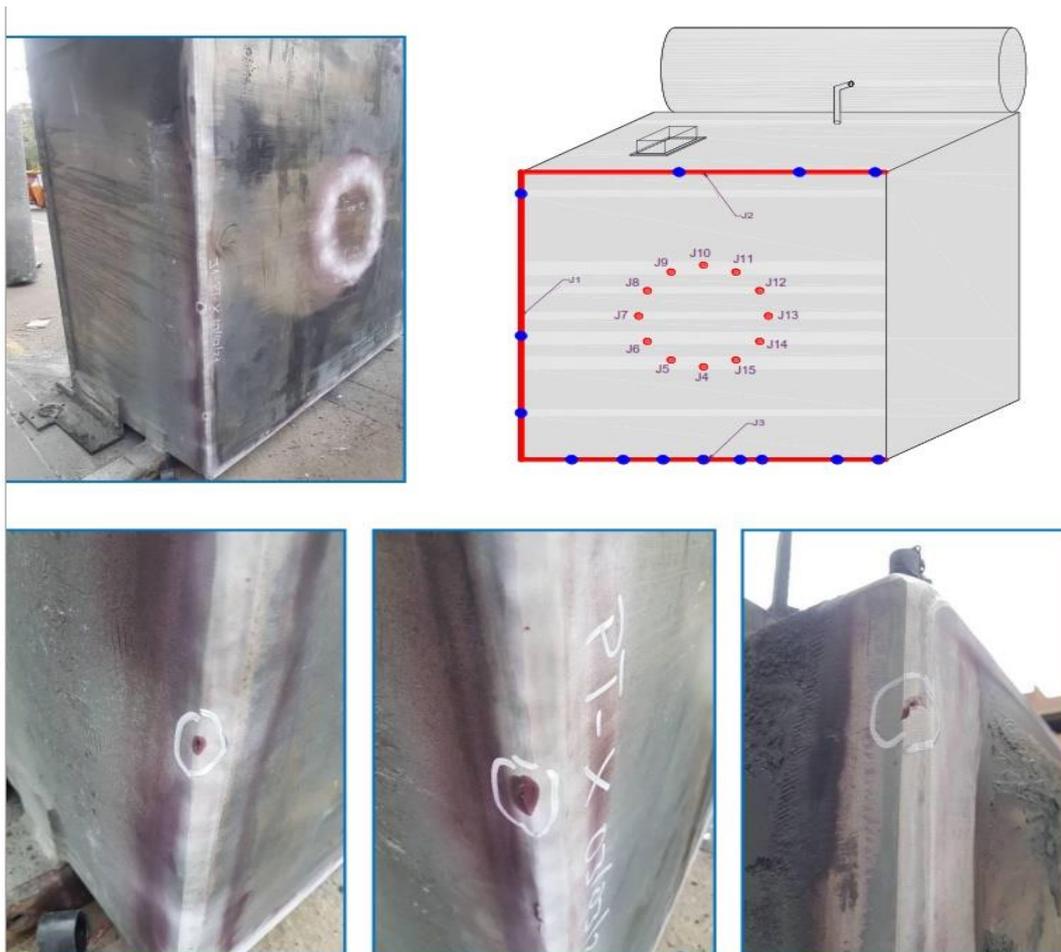


Figura 3. Localización de defectos en la caja Eriez 1
Nota: Informe IF-GES-3744-021 de Global Engineering Support SAC

En la figura 3, se puede apreciar la localización exacta de los defectos en tres aristas soldadas, haciendo un total de catorce defectos, que están identificados mediante puntos azules sobre línea roja en el dibujo tridimensional, y con círculos blancos sobre la mancha roja en el elemento físico, notándose en algunos casos manchas ampliadas, que se revelan como defectos profundos debido a que el tinte blanco absorbe una gran cantidad de tinte rojo alojado expandiendo la dimensión de la mancha.

Del mismo modo, con la caja Eriez 2, en el informe se observan los defectos encontrados que se indican en la tabla 2:

Tabla 2. Resultados de caja Eriez 2 mediante la técnica de PT

Cajón 2				
Parte	END	Conclusiones	Recomendación	Obs.
Soldadura perimetral	PT	La soldadura perimetral presenta una zona con porosidad. Estado: no aceptado	Reparar y reinspeccionar por el mismo método de Líquidos penetrantes	Ver anexo III Reporte 7
Soldadura central	PT	La soldadura perimetral presenta seis zonas con porosidad. Estado: no aceptado	Reparar y reinspeccionar por el mismo método de Líquidos penetrantes	Ver anexo III Reporte 9 y 10
Soldadura conexiones, tubería Ø 1”	MT	Libre de indicaciones Estado: aceptado	---	Ver anexo IV

Nota: Informe de Global Engineering Support SAC

Como se indica en la tabla 2, los reportes de la técnica de tintes penetrantes muestran que hay defectos encontrados en dos ubicaciones de ambas zonas: soldadura perimetral y central respectivamente.

Del mismo modo, realizada la detección superficial usando las mismas técnicas de ensayos no destructivos a la segunda caja donde se notaron discontinuidades a simple vista.

Para demostrar mediante la toma fotográfica lo que se indica en la tabla 2 se publica a continuación la figura 4, donde se aprecian los defectos en una cara del cuerpo y en una arista de esta segunda caja:

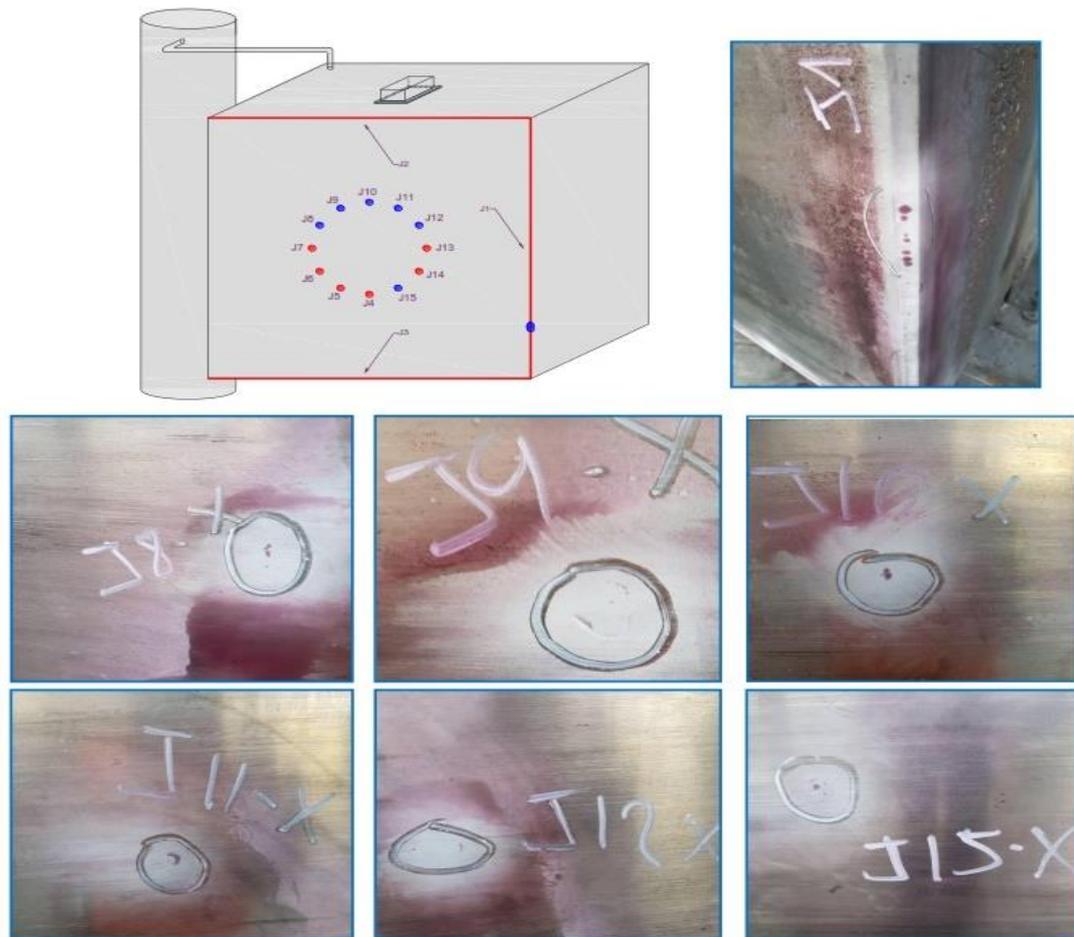


Figura 4. Localización de defectos en la caja Eriez 2
Nota: Informe IF-GES-3744-021 de Global Engineering Support SAC

En la figura 4 se identifican los emplazamientos de los defectos de la segunda caja Eriez, en el dibujo tridimensional los defectos en una de las caras están indicados con puntos azules y en la arista del cuerpo del elemento con círculos con crayón blanco. En este caso, las manchas tienen diámetro pequeño debido que los defectos no tienen mucha profundidad, por lo tanto, alojaron poco tinte coloreado en las cavidades. Es preciso acotar que por buena práctica del campo de la soldadura no debe haber discontinuidades abiertas, debido que por la condición de trabajo que tienen estas cajas de estar en constante vibración transmitida por el movimiento de las fajas transportadoras daría inicio de un posible inicio de fractura.

Como resultado de existir defectos, surge la necesidad de contar con un procedimiento de soldadura (WPS) para reparar estas soldaduras existentes, el mismo que se debe evaluar bajo los estándares que regulan este proceso.

Para la presente investigación se procederá a determinar de qué manera influye el análisis de la soldabilidad del acero al manganeso en la reparación de las cajas Eriez. Debido a las características del material se debe proceder con la evaluación de un procedimiento

calificado por ensayos. Para efectos de este desarrollo se tomará en cuenta el conocimiento de los conceptos de defectos, ensayos, procedimiento de soldadura, reparación y soldabilidad.

El presente estudio, cuyo objetivo es determinar la soldabilidad para reparar las cajas Eriez es viable debido a que la información que se requiera para dar solución a esta problemática es accesible y se cuenta con la documentación respectiva.

Durante el desarrollo del presente mantenimiento, surge la necesidad de hacer reparaciones de tipo relleno por cordones denominado por el código ASME IX como *Lace Welding*, en las cavidades donde se removieron los defectos sobre soldaduras del cuerpo de cajas electromagnéticas suspendidas.

La presente tesis está direccionada al análisis de la soldabilidad del acero al manganeso, la misma que será determinada por medio de la elaboración de un procedimiento escrito y calificado para ser usado durante el mantenimiento de las cajas Eriez utilizadas en el campo minero. Estos elementos son los que se encargan de separar por electro-imantación ciertas piezas metálicas de las fajas transportadoras que llevan la materia prima desde cantera al área de molienda. El análisis de la soldabilidad influye de manera importante la reparación debido a que este material no está dentro del grupo de aceros comunes de bajo carbono, para ello, se considerarán ciertas condiciones técnicas dentro de la soldabilidad, entre ellas es como evitar precalentamientos debido a que es mejor mantener las zonas adyacentes a la soldadura lo más frío posible con cordones de menor longitud.

Como parte de determinar la soldabilidad se deben efectuar varios ensayos y pruebas como parte del desarrollo experimental. Los aplicables para este material como primera instancia es conocer su estructura del mismo acero a través de la Metalografía y Análisis químico. Mediante la metalografía se determina el tipo de microestructura del acero al manganeso y a través del análisis químico se verifica la composición química de elementos aleantes presentes en este material los mismos que dan la propiedad mecánica.

Para realizar la reparación de los mencionados elementos, es necesario contar con la documentación sustentadora, para tal, durante la calificación del procedimiento de soldadura (WPS) están incluidas otras pruebas, inicialmente, indicado líneas arriba son metalografía y de análisis químico, luego es para establecer la característica del material de aporte (electrodos o varillas de soldadura) que se debe usar en la soldadura, para este evento se usará el método Soldadura de recargue (*Overlay Welding*) mediante el proceso de soldadura manual por electrodo revestido (*SMAW: Shielded Manual Arc Welding*); lo siguiente son las pruebas o

ensayos no destructivos, cuyas técnicas brindan soporte para comprobar la sanidad de la soldadura. Para este tipo de calificación de procedimientos se requiere de ensayos en las técnicas VT y PT. Visual (*Visual Test: VT*) que emplea la vista humana soportada por herramientas como: espejos, lupas, reglas, entre otros accesorios y, los ensayos por tintes penetrantes (*Penetrant Test: PT*), técnica que detecta discontinuidades sobre la superficie de la soldadura mediante alojamiento de tinte en las cavidades expuestas o abiertas a la superficie. Posteriormente, con la prueba de Macrografía se determina y se verifica la fusión entre material base con el metal de aporte y, finalmente, con la Prueba de Dureza Brinell (*Brinell Hardness Test*) en el corte transversal del área soldada se verifica cómo afecta el calor por la aplicación de la soldadura al acero al manganeso quien podría cambiar su microestructura y propiedad mecánica.

1.2. Problema general

¿Cómo influye la soldabilidad del acero al manganeso en la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador?

1.2.1. Problemas específicos

- ¿Cuál es el procedimiento de soldadura propuesto con variables esenciales para evaluar la guía a usar en la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador?
- ¿De qué manera brindan soporte los ensayos y pruebas en laboratorio durante la calificación del procedimiento de soldadura por usar en la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador?
- ¿De qué modo va a influenciar el WPS calificado para soldar durante la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la soldabilidad del acero al manganeso en la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador.

1.3.2. Objetivos específicos

1: Proponer la especificación de procedimiento de soldadura para calificar mediante la soldabilidad para las reparaciones de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador.

2: Soportar a través los ensayos y pruebas en laboratorio durante la calificación de la especificación del procedimiento de soldadura, necesario durante reparaciones de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador.

3: Calificar el WPS (*Welding Procedure Specification*) para realizar soldadura de reparación en los cajones electromagnéticos suspendidos para la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador.

1.4. Justificación e importancia

1.4.1. Justificación teórica

Mediante este estudio de investigación se desea aportar conocimientos y experiencia del desarrollo de la calificación de un procedimiento, debido que hasta el momento se ha difundido muy poca información de estos metales en el medio y no hay estudios publicados que guíen en la práctica sobre la soldabilidad de los aceros Hadfield con las recomendaciones de los estándares en aplicaciones de fabricación de elementos ni en áreas de mantenimiento.

1.4.2. Justificación práctica

La tesis aporta con la calificación de un procedimiento bajo los estándares ASTM A488/A488M-18E2 (2) y el ASTM A128 (3) para corroborar en campo la soldabilidad como se indica en estas publicaciones. Bajo esta manera práctica, dentro del desarrollo de la presente tesis se demostrará que la soldadura aplicada cumple con los requerimientos, sustentado con la obtención de resultados satisfactorios mediante los reportes de las pruebas de laboratorio realizados en Macrografía, tinte penetrante (PT) y dureza, bajo las recomendaciones y variables esenciales de las normativas mencionadas.

1.4.3. Justificación metodológica

Para alcanzar el propósito de la presente tesis es proveer un documento donde exista todas las especificaciones y variables esenciales denominado procedimiento de soldadura, sustentado con ensayos no destructivos y pruebas de laboratorio

debidamente firmados por las entidades, para cumplir con la reparación de las cajas Eriez. El fin de todo este proceso es demostrar que en la práctica es efectiva la soldabilidad y su aplicación en los talleres de mantenimiento con soldadura en materiales de aceros al manganeso, además que esta recreación será usada como referencia dentro del rubro metalmecánico. La validación del PQR, WPS y la calificación del soldador (WPQ) es firmado por un Inspector de Soldadura Certificado (CWI).

1.4.4. Justificación social

Este estudio queda como referencia para que en adelante sirva como un mecanismo de compromiso con las normativas dentro del campo de la soldadura.

Realizar soldaduras que garanticen la continuidad de metales de los elementos por reparar mediante la soldadura juega un papel importante debido a que, si se llegara al colapso por defectos, podrían verse en peligro vidas humanas como los operadores de fajas transportadoras en el área de molienda y de procesamiento de las mineras, además de pérdidas de horas de producción.

Después de una serie de análisis se ha visto que través de ensayos bajo las técnicas de NDT realizadas en el taller de mantenimiento se pudo determinar la existencia de ciertos defectos.

Debido a ello, se ha planteado que, para poder ejecutar las reparaciones a las discontinuidades rechazables es elaborando la calificación de un procedimiento de soldadura, el mismo que justifica la soldabilidad y homogeneidad entre el material base con el material de aporte quedando como precedente para trabajos futuros.

1.5. Hipótesis

General

La evaluación de procedimiento de soldadura mediante el análisis de la soldabilidad impacta positivamente en la reparación de las cajas Eriez de la industria minera en el taller de mantenimiento Fainser SAC, Villa El Salvador.

Específicas

- La proposición de la especificación del procedimiento de soldadura va a permitir demostrar a la soldabilidad del acero al manganeso.

- Mediante los ensayos y pruebas se va a lograr medir la calidad y sanidad de la soldadura del cupón de acero al manganeso soldado para el PQR.
- La calificación del WPS va a permitir que los soldadores tengan una guía para realizar soldaduras sanas con buenas propiedades mecánicas.

1.5.1. Operacionalización de las variables

En la tabla 3 se indica la manera de cómo se va a medir las variables:

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica	
VI	“(...) capacidad que tienen los materiales para ser unidos mediante procesos de soldadura, considerando sus naturalezas, y lo más importante, sin presentar daños, transformaciones estructurales perjudiciales, tensiones, o deformaciones en los productos finales” (4).	Propiedad mecánica	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de dureza 	<ul style="list-style-type: none"> • Brinell 	
		Propiedad fisicoquímica	<ul style="list-style-type: none"> • Punto de fusión • Densidad • Impermeabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Macrografía • Examinación por tinte penetrante 	
VD	“Acción y efecto de reparar algo roto o estropeado” (5).	Proceso de soldadura	Manual	<ul style="list-style-type: none"> • Amperaje • Tensión de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad de trabajo • Voltaje de trabajo
		Material de aporte	Varilla revestida	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia cm/m • Habilidad de operación 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de avance • Inspección visual

Como se indica en la tabla 3, se presentan las variables con su respectivo concepto por autores bibliográficos, las dimensiones con su correspondiente análisis descompuesto en las propiedades a investigar con sus respectivos indicadores de medición.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo, a través de estudios e investigaciones previas se va a identificar antecedentes útiles para el desarrollo de la presente tesis, así mismo, las bases teóricas que van a aportar valiosa información sobre metalurgia de soldadura, soldabilidad de aceros al manganeso y un glosario de términos para un mejor entendimiento.

2.1. Antecedentes de investigación

Nacionales

García (6), en su tesis "Fabricación de muela fija trituradora para chancadora en fundición ferrosa", tuvo como objetivo principal informar acerca del grado de importancia del uso de los aceros Hadfield en comparación con otros aceros en fabricación de los elementos de trituración en área de fundición, a su vez, anunciar el uso tecnológico en dichas fabricaciones influenciadas por el aumento porcentual de manganeso del 13 % al 19 % en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de este acero considerando el aporte de propiedades de elementos aleantes y microaleantes. Finalmente, se concluyó con la comprobación de las piezas fabricadas a través de ensayos mecánicos como dureza, tracción, impacto y metalografía; además, de ensayos no destructivos como tintes penetrantes y partículas magnéticas, incluyendo la asistencia en campo (6). Este estudio da una clara muestra del uso e innovación de los aceros al manganeso que la industria va alcanzando día a día, por lo tanto, es preciso que se hagan estudios como el que trata la presente tesis de análisis de soldabilidad, a fin de determinar el material de aporte para posibles reparaciones de elementos con mayores propiedades mecánicas en adelante.

Limay (7), en su tesis “Efecto del tiempo de revenido postsoldadura sobre la resistencia a la tracción en uniones de acero Hadfield ASTM A128”, tuvo como objetivo general determinar efectos del tiempo del tratamiento térmico de revenido posterior a la soldadura correspondiente la resistencia al ensayo de tracción en las juntas soldadas del acero Hadfield ASTM A128 bajo una experimentación aplicada-experimental; y luego de usar cuatro muestras soldadas, de que una de ellas sin tratamiento térmico, las restantes con diferente tiempo de revenido obteniendo como consecuencia diferente resultado a la tracción. El Hadfield obtuvo valores de resistencia en 503 MPa incrementando su valor de ductilidad en un 27.5 % hasta 37.56 % con un buen proceso de tratamiento térmico. Después de determinar el experimento se concluye que el tiempo de revenido afecta de una manera significativa a la propiedad de resistencia a la tensión en las juntas soldadas en el acero Hadfield (7). Como referencia a ello, se debe de controlar la temperatura durante el estudio de la soldabilidad del acero al manganeso en caso no se quiera considerar un tratamiento térmico durante la soldadura de la muestra a ser ensayada y obtener resultados sin cambios microestructurales.

Huamani (8), en su tesis “Evaluación tecnológica y de costos del recargue por soldadura entre los procesos SMAW y GMAW en los aceros Hadfield” tuvo como objetivo general distinguir qué proceso de soldadura (manual: SMAW y semiautomático: GMAW) representa mayores ventajas en cuanto a costos y tecnología, debido a que en diferentes asientos mineros se requiere reducir el desgaste de las máquinas-herramientas. Se tomó ocho muestras o probetas de acero Hadfield, en cuatro de ellas se hizo soldadura de recargue con el proceso SMAW y en las siguientes con proceso GMAW, a ambas condiciones se le hizo la prueba de desgaste tribómetro con cargas nominativas de 2 y 5 Newtons. Se concluyó que las muestras en ambos procesos mostraron resistencia al desgaste, superando el proceso SMAW que muestra una matriz dentrítica martensita mientras que GMAW simplemente matriz martensítica en el análisis metalográfico, además, en cuanto a costos el proceso SMAW resultó ser más costoso que el GMAW en este comparativo (8). Para el estudio del análisis de la soldabilidad para reparar las cajas Eriez se va a usar el proceso SMAW mediante varillas revestidas, pese a que funcionalmente otros procesos podrían ser más económicos, pese a la mejoría en operatividad, costos de maquinaria más económico y resistencia al desgaste por contener mayor dureza que fue demostrada en la comparación.

Quispe (9), en su tesis “Influencia de la dilución en la dureza del recubrimiento protector del acero ASTM A128 (acero Hadfield) con los electrodos Citodur 1000 y Citomangan por el proceso SMAW”, tuvo como objetivo general identificar la dureza después de la dilución en el recubrimiento del acero al manganeso con el proceso SMAW usando electrodos de proceso manual Citodur 1000 y Citomangan. Como este acero al manganeso es

usado en máquinas-herramientas se requiere hacerle recubrimientos de tal manera que se alargue su vida útil. La investigación fue de tipo cuantitativo experimental, descriptivo y explicativo. Para esta identificación se usó dieciséis probetas a las que se les hizo la prueba de dureza antes y después de la soldadura, cuyo resultado arrojó 59 HRC con la dilución de 20 % a 25 % con la intensidad de energía usada entre 120 Amp - 135 Amp con electrodo Citodur 1000, mientras que usando los mismos parámetros de energía y de dilución con Citomangan da aproximadamente 55 HRC, finalmente, mejores características de recubrimiento ofrece el Citodur 1000 (9). Otro aporte de importancia necesario a tomar en cuenta es sobre qué tipo de función va a realizar el material antes de elegir los electrodos para hacer un trabajo de soldadura, por ello, para el presente estudio se usó un electrodo equivalente al acero Hadfield en la soldadura de recargue del cupón.

Bautista et al. (10), en su artículo “Resistencia al desgaste en depósitos de soldadura con alto contenido de Cr sobre un acero ASTM A128”, tuvo como objetivo evaluar la microestructura del material, la microdureza y resistencia al desgaste por abrasión de un determinado grupo de materiales de aporte de recubrimiento sobre la superficie de un acero Hadfield con la finalidad de elegir cuál de ellos puede darle alargamiento de vida útil. Este estudio concluyó que realizar recubrimientos sobre un acero al manganeso, con aporte de cantidad significativa de cromo aumenta la presencia de carburos de cromo, disminuyendo la propiedad de resistencia al desgaste abrasivo. Por otro lado, la prueba de microdureza realizada a un depósito de soldadura de bajo contenido de cromo mostró una baja resistencia, sin embargo, presenta una superficie resistente al desgaste abrasivo por chorros de arena de sílice (10). Este estudio sirve de buena referencia para considerar la efectiva elección del material de aporte para el análisis de la soldabilidad, con bajos contenidos de cromo o nulo con la finalidad de mantener una congruencia entre material de aporte y material base, cuyas superficies serán evaluadas mediante los ensayos y pruebas con la finalidad de evitar desgates de los cordones de soldadura por acción de partículas volátiles presentes en el medio, donde son instaladas las cajas Eriez después de ser reparadas.

Internacionales:

Astudillo et al. (11) en su artículo “Comparative study of the mechanical and tribological properties of a Hadfield and a Fernal steel”, tuvo como objetivo determinar metalográficamente bajo la ciencia de la tribología y estudios de sus microestructuras para comprobar mediante un comparativo sus propiedades de resistencia de los aceros Hadfield y Fernal después del tratamiento térmico. Después de ser sometidos a los ensayos correspondientes se concluyó que ambos materiales presentaron estructura austenítica estable, como resultado de dureza Rockwell, el acero Fernal arrojó 50.018 HRC y el Hadfield 43.786

HRC. Las propiedades mecánicas tanto en dureza como microdureza y resistencia al desgaste de Fermanal son mejores que Hadfield (11). Como es de esperar, los aceros están en constante evolución, aunque el acero al manganeso no tiene un porcentaje significativo de producción en comparación de los aceros al carbono aleados comunes, por ello, este comparativo de propiedades entre ambos metales podría aflorar que en un futuro no tan lejano los cajones Eriez se fabriquen con este sustituto.

Rossi et al. (12), en su artículo “Estudio de aceros al manganeso nitrogenados”, tuvo como objetivo general comparar las características mecánicas y microestructurales de aceros Hadfield con y sin inyección de nitrógeno durante la etapa de fabricación. Se concluyó con esta comparación que adicionar este gas aumenta al manganeso la propiedad de ser resistente al impacto y a la dureza, como también, esto permite menos pérdida de su masa debido a condiciones de desgaste. Sin embargo, los aceros austeníticos son los Hadfield, sus propiedades son afectadas debido a aumento de porcentajes de elementos aleantes (12). Por estas razones, se ha considerado tomar en cuenta elegir el material de aporte dentro de las congruencias para mantener estable su estructura durante el análisis de la soldabilidad.

Sabzi et al. (13), en su artículo “Hadfield manganese austenitic steel: a review of manufacturing processes and properties”, tuvo como objetivo general estudiar los procesos de fabricación del acero Hadfield y sus propiedades estructurales. De acuerdo con las etapas de fabricación se concluyó que este acero está en estado normal con Fe-C-Mn, para mejorar propiedades se le agrega Cr-Ti-Al-Mo-B-V, entre otros. El porcentaje de manganeso es utilizado como el estabilizador de austenita que es lo más importante en Hadfield cuya función es de retrasar que la austenita se transforme en martensita. El Mn forma carburos dentro de la microestructura de este acero, dando una estructura netamente austenítica y monofásica para poseer una estructura tenaz óptima. En condiciones de desgaste lento, el endurecimiento es bajo, pero cuando el endurecimiento aumenta entonces el nivel de desgaste aumenta considerablemente (13). Este artículo demuestra que la soldabilidad de este acero está directamente influenciada por el aporte de calor que juega un papel importante en prácticas de soldadura, por ello, es que este estudio hace ver que el incremento de elementos aleantes a un metal normal va a incrementar la formación de carburos, la misma que es la propiedad microestructural para tomar en cuenta en esta tesis porque durante la dilución y enfriamiento se debe controlar que la soldadura no transforme en martensita.

Park et al. (14) en su artículo “Soldabilidades por fusión de aceros avanzados con alto contenido de manganeso: una revisión”, tuvo como objetivo proporcionar una nueva estrategia general para dar solución a problemas presentados en las soldaduras por fusión en aceros

aleados con elevados contenidos de manganeso, desde la postura de las transiciones microestructurales, cambios de plasticidad y propiedades mecánicas asentadas en la metalurgia de la soldadura. De tal, se concluyó que, sugieren conceptos fundamentales para diseñar los aceros de plasticidad inducida con alto manganeso, acero ligero austenítico con elevado contenido de manganeso y de plasticidad media inducida por transformación de manganeso, presentando resultados de estudios direccionados a las correlaciones microestructurales y propiedades mecánicas de las soldaduras y zonas afectadas por calor de los aceros arriba mencionados (14). Este artículo, aporta a la presente tesis los conocimientos relacionados a enfocar cuidados de no transformar por efectos del calor la microestructura del material aportado y de las zonas adyacentes a la soldadura, por ello, se debe controlar los parámetros eléctricos respetando los sugeridos por el fabricante mediante su hoja técnica de los electrodos.

El Fawkhry (15), en su artículo “Viabilidad del nuevo acero Hadfield tratado en cuchara para fines mineros”, tuvo como objetivo demostrar la ductilidad del acero Hadfield convencional tratado térmicamente y el acero Hadfield tratado en cuchara. Se concluyó que ambos aceros tienen ductilidad similar pero el acero Hadfield tratado en cuchara tiene casi el doble de propiedad de endurecerse por deformación que el Hadfield por tratamiento térmico, por ello, que la resistencia superior al desgaste abrasivo de Hadfield tratado en cuchara tiene la propiedad de endurecer por deformación bajo cargas bajas y altas (15). Por lo visto, en general los aceros austeníticos tienden a cambiar según su tratamiento ya sea en cuchara o térmicamente, sin embargo, son fabricados bajo los requerimientos de ASTM 128 con los porcentajes de aleantes. Para tal efecto se estima que a la soldabilidad de estos materiales va a ser de similar característica, por lo tanto, el análisis no va a diferir entre uno y otro porque mediante la soldabilidad se analiza propiedad mecánica de tenacidad y de compresión el endurecimiento por trabajo es netamente de operación.

2.2. Bases teóricas

Para lograr un acero de excelentes propiedades los autores indican en el libro “Metalurgia física de aceros con alto contenido de manganeso”: “El procesamiento de HMnS requiere una cuidadosa consideración de las condiciones de solidificación para minimizar la segregación y controlar la precipitación y el desarrollo de la microestructura” (16).

El autor de la publicación “Metalurgia de la soldadura”, ilustra en terminologías básicas y varias maneras de realizar la soldadura, soldabilidad de los diferentes tipos de materiales tales como los aceros aleados y los efectos sobre el material base que denomina zona de influencia térmica (ZIT) debido a la influencia del calor que produce cambios macro- y microestructurales (17).

La caja **Eriez** o caja magnética suspendida es una trampa de metales, la misma que es suspendida e instalada sobre las fajas transportadoras de materiales, que por efectos de la energía eléctrica se transforma en una caja magnética convirtiéndose en una trampa de metales transportados (18). A continuación, se muestra en la figura 5 una caja Eriez:



Figura 5. caja Eriez suspendida
Nota: Eriez Manufacturing Co., Eriez, PA. USA

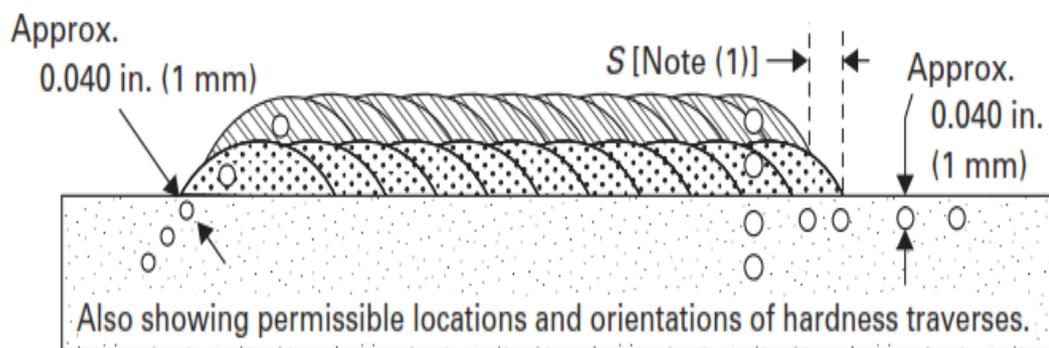
En la figura 5, se muestra una caja suspendida sobre una faja transportadora con la finalidad de atrapar ciertos elementos ferromagnéticos.

El estándar **ASME BPVC 2021 Sección IX** (19), es el encargado de dar la metodología, criterios de aceptación, lista de materiales y consumibles para calificar procedimientos y habilidad del soldador/operador de soldadura. Tiene cuatro partes:

Parte QG, contiene los requerimientos de calificación general de procedimientos y para calificar al personal operativo en procesos de soldadura por arco manual, semiautomático y automatizado. Así mismo, calificar soldadores para el proceso de soldadura por oxigas y operadores de fusión plástica. Indica las variables esenciales, no esenciales y suplementarias. Responsabilidades de las organizaciones y las definiciones usadas en esta publicación.

Parte QW, indica cómo calificar los procedimientos, soldadores y operadores únicamente en procesos por arco eléctrico. Contiene cinco artículos, en el **artículo I** precisa los

requerimientos generales de soldadura. Preparación y calificación de especificación del procedimiento de soldadura (WPS) y calificación de la habilidad del soldador (WPQ), las posiciones de calificación en ranura (Groove) desde 1G hasta 6G y filetes (Fillet) 1F hasta 5F y posiciones de producción como plana, horizontal, vertical y sobrecabeza. Los tipos de ensayos mecánicos, ensayos volumétricos, visual, tintes y sus criterios de aceptación. En el **artículo II**, se puede encontrar la metodología para calificar los procedimientos y las variables esenciales por cada proceso de soldadura incluyendo procesos especiales como soldadura por resistencia y soldadura de recargue. El **artículo III**, contiene la metodología para calificar las habilidades del soldador. Los tipos de cupones, variables esenciales de la habilidad por proceso, soldadura de pernos y soldadura de recubrimientos. En el **artículo IV** se pueden encontrar las variables esenciales, no esenciales y suplementarias para la calificación específica del procedimiento y los cambios que requieren recalificarlo. Además, las variables esenciales detalladas de la habilidad por cada proceso de soldadura, la lista de materiales, grupo de electrodos y tipos de soldadura de recargue mediante cordones, entre ellos el Overlay Weld utilizada en donde se requiere hacer relleno de ciertas concavidades mediante un proceso de soldadura se le denomina soldadura de relleno por cordones (*Lace Welding*). Este tipo de soldadura se muestra a continuación en la figura 6, es de recargue u Overlay Weld:



Overlay Weld

Figura 6. Soldadura de recargue u Overlay Weld

Nota: ASME BPVC 2021 Section IX ASME Boiler and Pressure Vessel Code

En la figura 6, este estándar señala la forma de realizar los cordones y además las zonas sugeridas para la prueba de dureza.

Para poder realizar esta soldadura de recargue, a la que está orientada la tesis, existen dos procesos solamente por el momento que cuentan con material de aporte para proceso SMAW y es el electrodo revestido UTP 720A y para el proceso FCAW el UTP AF 218-O.

Complementando el artículo, se puede encontrar la ubicación de la extracción de los especímenes para procedimientos y de habilidad. Finalizando QW está el artículo V que indica que las organizaciones pueden adoptar un procedimiento estándar y usarlo en su producción.

Parte QB, cubre las especificaciones para calificar procedimientos y soldadores del proceso oxigas que comúnmente se le conoce como soldadura dura, dicho proceso es desarrollado a una temperatura por encima de 450 °C cuya soldadura es a través de la unión por capilaridad. Cubre las variables esenciales y no esenciales, indica los materiales base y materiales de aporte, ensayos para calificación de procedimientos y de habilidad. Se puede encontrar las especificaciones y criterios de aceptación de los ensayos mecánicos.

Parte QF, correspondiente a la unión de plásticos por fusión y electrofusión a los materiales de polietileno. Se puede encontrar desde las responsabilidades de las organizaciones, los ensayos con los criterios de aceptación que requiere cumplir para la aceptación de las uniones para evaluar los procedimientos y calificar a los operadores. Además, las variables esenciales y no esenciales que indican si requiere recalificar o no cuando no se cumple con el estándar. Para complementar esta publicación, se puede encontrar los formatos sugeridos para documentar el desarrollo y aprobación de la realización de la calificación.

Los ensayos no destructivos (END), como su mismo nombre lo revela, son usados para verificar la sanidad de las soldaduras o de los metales ferrosos y no ferrosos sin realizar cambios en su estructura. Usados en producción dentro de la ciencia e ingeniería para evitar pérdidas por fallas. El “ASNT_Nondestructive_Testing_Handbook” indica lo siguiente:

“Los ensayos no destructivos son una rama de las ciencias de los materiales que se ocupa de todos los aspectos de la uniformidad, calidad y serviciabilidad de materiales y estructuras” (20).

2.3. Modelos aplicativos

2.3.1. Modelo aplicativo para elaboración de WPS

El desarrollo de la calificación de la especificación del procedimiento de soldadura se realiza por etapas:

En la primera etapa se propone el procedimiento, eligiendo el material base y de aporte, se escribe sobre el formato sugerido del procedimiento y eligiendo las variables esenciales mostradas en los estándares de soldadura.

En la segunda etapa, con resultados de laboratorio de la metalografía y análisis químico se verificará la congruencia con las características del metal de aporte, con esta evidencia se procede con la soldadura del cupón. Durante el soldeo se verifican valores de amperaje, voltaje y velocidad de avance, luego al finalizar la soldadura se realiza la inspección visual y tintes penetrantes para dar conformidad del área superficial de la sanidad de la soldadura.

En la tercera etapa, se prepara de acuerdo al código los especímenes para ensayos de laboratorio, se corta el cupón a la mitad, transversal a la soldadura, en dicha sección transversal del corte (ambas caras) se debe verificar la dureza en la ZAC (zona afectada por el calor), material base incluyendo zona fundida, así mismo, confirmar la sanidad del cordón de soldadura mediante el ensayo de Macrografía verificando la fusión entre material base (acero Hadfield) y metal de aporte (electrodo básico revestido para aceros al manganeso).

En la cuarta etapa, con resultados de las pruebas de laboratorio se procede a redactar el Registro de calificación del procedimiento (*PQR: Procedure Qualification Record*) en el formato sugerido, indicando todas las variables y parámetros eléctricos que se cumplieron durante la etapa de soldadura del cupón.

En la quinta etapa, se elabora la Especificación del procedimiento de soldadura (*WPS*), colocando los rangos mínimos y máximos a las variables esenciales indicados en la propuesta de la primera etapa.

Culminado el proceso de las cinco etapas se obtendrá el WPS que será usado en producción, cumpliendo lo indicado por los códigos de soldadura que, antes de la soldadura de campo se debe evaluar un procedimiento que contenga las variables esenciales a seguir por los soldadores. En resumen, se tiene la problemática de no contar con un WPS, esto impacta en la ejecución de la reparación de soldadura de los cajones Eriez, debido que, para poder iniciar la reparación de soldadura se debe contar con un documento escrito aceptado, como lo especifican los códigos de soldadura y las buenas prácticas de ingeniería. Además, con la calificación de este WPS se verifica la soldabilidad del acero al manganeso.

En la figura 7 se muestra la secuencia procedimental que se debe cumplir en cuanto a porcentaje de conocimientos que debe conocer todo personal involucrado en

un estudio de soldabilidad para evaluar un procedimiento con respecto a la carga de responsabilidad durante las secuencias experimentales:

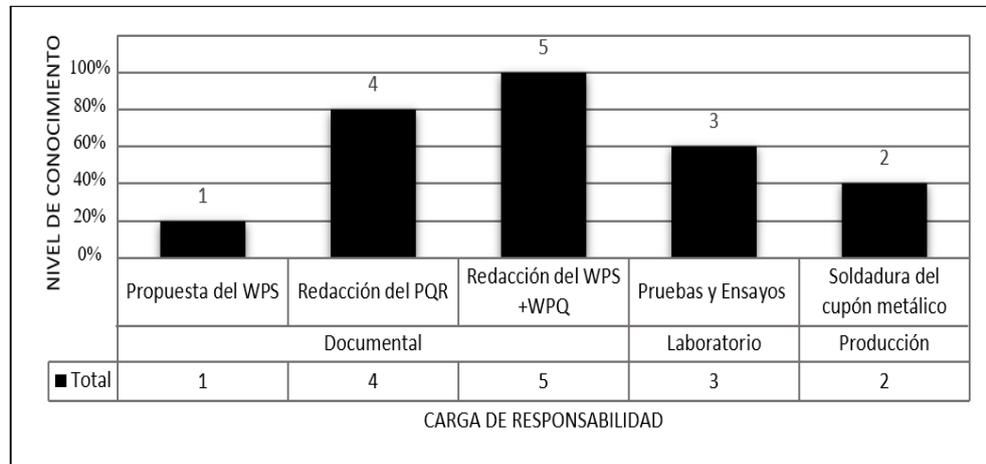


Figura 7. Etapas procedimentales para evaluar la especificación del procedimiento de la soldadura (Welding Procedure Specification: WPS)

Según la figura 7 se indica que la suma de las tareas documentales (etapas 1, 4 y 5) supera a la etapa de producción y a laboratorio, demuestran la gran necesidad de conocimiento de ingeniería, manejo de estándares, normas, códigos y especificaciones, además, de la redacción de la calificación del soldador (WPQ). El peso de las etapas recae sobre la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) como documento fundamental que todo soldador debe usar como guía en todo trabajo para fabricar o reparar, por lo tanto, cada taller debe contar con este documento escrito antes de realizar las soldaduras de producción de un proyecto o servicio de reparación. Este documento está sustentado por los ensayos no destructivos (END) y pruebas de laboratorio realizados a los especímenes extraídos del cupón de prueba.

2.3.2. Modelo aplicativo para ensayo por tintes penetrantes

La técnica de ensayo por tintes penetrantes (PT) usada en este caso es el Tipo II, tintes coloreados removibles con solventes. Tiene tres pasos para cumplir con el objetivo, para ello necesita de tres elementos, limpiador, tinte penetrante y elemento revelador. El modo de uso es el siguiente:

Paso 1: Prelimpiado: después de una limpieza mecánica, se aplica un rocío del elemento limpiador volátil, luego con un trapo industrial o absorbente que no deje residuos se deja limpia la zona a inspeccionar creando una superficie idónea para seguir con el siguiente paso.

Paso 2: Aplicación del tinte penetrante: sobre la superficie limpia, libre de corriente de aire y sin presencia de partículas de polvo se procede a aplicar ya sea por rocío o con brocha manual sobre las áreas de interés a inspeccionar. En este momento este líquido con propiedades de baja viscosidad y alta capilaridad ingresa en las cavidades abiertas a la superficie. De esta forma esta técnica demuestra ser netamente de detección superficial donde las discontinuidades están expuestas para darle paso y alojar al tinte. Durante un determinado tiempo, según indicaciones del fabricante (5 a 15 min generalmente) conocido como tiempo de permanencia, el mismo que permite que el líquido se aloje dentro de las cavidades.

Paso 3: Remoción de exceso: por segunda vez, se aplica este elemento, en esta oportunidad no se aplica directamente, se humecta un trapo industrial de color claro (exceptuando los colores rosa) o absorbente, entonces, suavemente y en un solo sentido se limpia la superficie retirando por completo el tinte dejando el tinte que se alojó en las cavidades por capilaridad.

Paso 4: Aplicación de revelador: se aplica el revelador tipo rocío dejando una apariencia de nieve uniforme sobre el área de interés y se deja el tiempo recomendado para que dicho elemento al secarse se convierta en un polvo tipo talco, el mismo que absorbe el tinte que se quedó en las cavidades manchando de rojo el revelador, de esta manera según la mancha (pequeña o grande) se determina cuan profunda o que dimensión tiene el defecto.

Paso 5: Inspección visual del área de interés: verificar si hay presencia o no de discontinuidades, interpretarlas y evaluarlas si se detecta la presencia.

Paso 6: Limpieza postinspección: remoción de residuos a fin de que no sea obstáculo para una siguiente tarea o en su defecto produzca un posible inicio de corrosión a ciertos materiales.

En la siguiente figura 8, se muestran los pasos de la técnica para aplicación de tintes penetrantes sobre un defecto simulado abierto a la superficie:

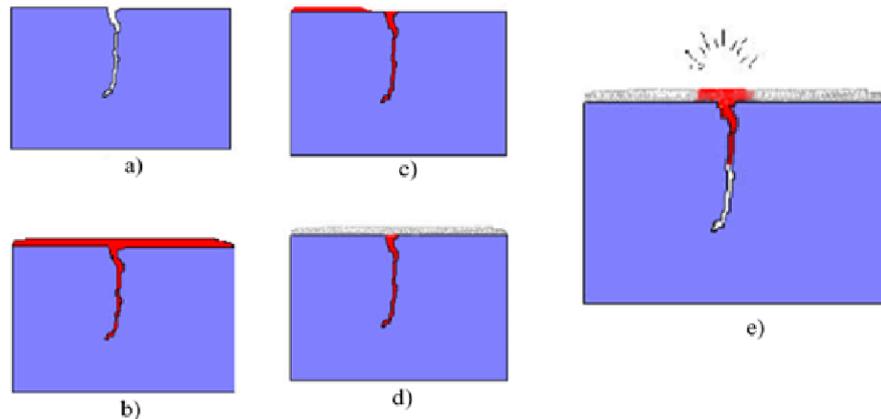


Figura 8. Pasos de aplicación de tinte penetrante
Nota: Líquidos penetrantes. Ing. Ricardo Echevarría. Univ. Nacional del Comahue. Laboratorio END

En la figura 8, se identifica claramente la secuencia de pasos de la aplicación de tintes. En a), corresponde al paso de prelimpieza; seguido el paso b), es el momento donde se aplica el tinte coloreado dando el tiempo necesario para que por capilaridad ingrese a la cavidad y se aloje para que en el paso c) durante la remoción superficial quede retenido en la discontinuidad; posteriormente en d) se aplica el elemento revelador, se da el tiempo de revelado y en e) se aprecia que el revelador absorbe y expone el tinte alojado. En esta etapa el inspector mide el diámetro de la mancha y puede determinar aproximadamente la profundidad de la discontinuidad para luego comparar con los criterios de aceptación de la normativa de esta técnica.

2.4. Procesos de soldadura

En el campo de la soldadura, existen varios procesos con que se realizan los trabajos de unión metálica a través de la fusión, que están conformados por un equipo de artículos o dispositivos electrónico-mecánicos como son: la fuente de poder, alimentadores de alambres sólidos y tubulares, mangueras para abastecer el flujo de gas protector, cables eléctricos, pinza portaelectrodos, antorchas con boquillas de contacto y pinza de contacto a la masa. Entre los principales de mayor uso están:

2.4.1. Proceso de soldadura manual por electrodos revestidos (SMAW)

Este proceso es el más simple, común y económico, el mismo que está conformado por una fuente de poder con una conexión al suministro, cable con pinza portaelectrodo y un cable con pinza para contacto a masa o mesa de trabajo. Para realizar la soldadura se usa electrodos revestidos con una capa de revestimiento adherido al contorno del alambre, que aporta las propiedades mecánicas a la soldadura depositada (figura 9).

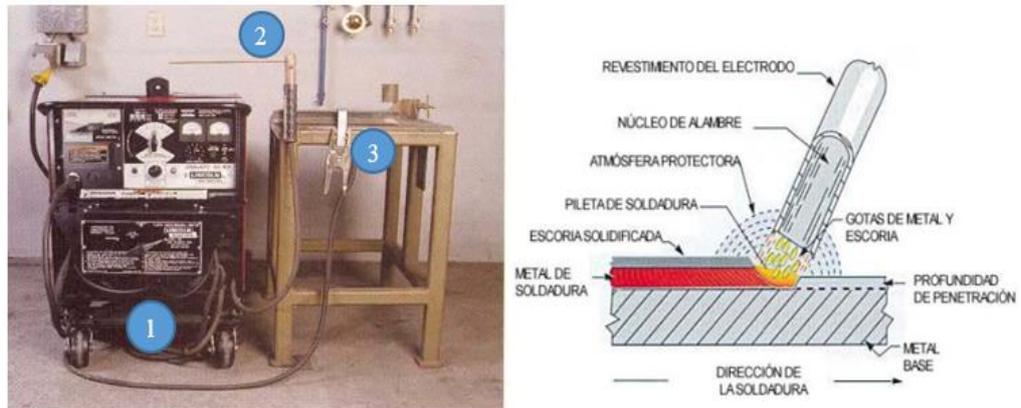


Figura 9. Equipo de proceso SMAW

Nota: Tecnología de inspección de soldadura, Procesos de Unión y corte, American Welding Society

En la figura 9, se puede apreciar en el lado izquierdo marcado con el número 1 la fuente de poder conectada al suministro que transforma la intensidad de energía de uso común del suministro en una necesaria y capaz de fundir el metal base mediante el arco eléctrico formado al contacto del electrodo revestido con el material base el mismo que se muestra al lado derecho, incluyendo las partes de la fusión de soldadura. Con el número 2, cable con pinza portaelectrodo y con el 3, cable con la pinza de contacto a masa o mesa de trabajo.

2.4.2. Proceso de soldadura semiautomática con protección gaseosa y alambres sólidos (GMAW)

Este proceso usa una fuente de poder, un alimentador de alambre, una manguera flexible que contiene el cable eléctrico, un conducto para paso del alambre, un conducto para paso del gas protector y una pistola con salidas para gas, alambre y boquilla de contacto eléctrico, un cable con pinza de contacto a masa o mesa de trabajo; cilindro de gas (inerte, activado o mezcla; inerte como Ar, Ni y He; activado CO₂ y mezcla Ar+CO₂ generalmente), flujómetros con manguera de conexión al alimentador de alambre (figura 10).

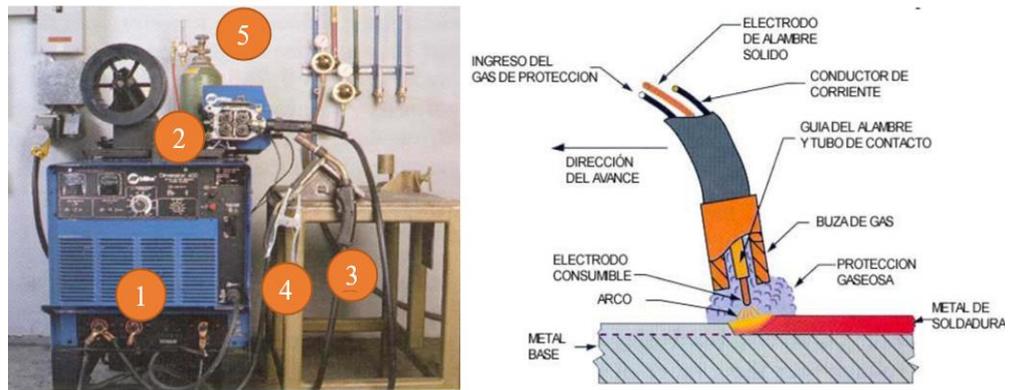


Figura 10. Equipo de proceso GMAW

Nota: Tecnología de inspección de soldadura, Procesos de Unión y corte, AWS

En la figura 10, se aprecia con el número 1: la fuente de poder con su conexión al suministro, con el 2: el alimentador con la bobina de alambre sólido, con el 3: la manguera con la pistola de trabajo, con el 4: el cable con pinza de contacto a masa o mesa de trabajo y con el 5: el cilindro de gas con flujómetro y manguera de abastecimiento. También se aprecia una red de suministros de gases, ello lo tienen algunos talleres de mantenimiento y soldadura, pero generalmente se usa los cilindros. A la derecha se puede ver las partes de la salida de la pistola y el funcionamiento del proceso de soldadura.

2.4.3. Proceso de soldadura semiautomática con protección gaseosa y alambres tubulares (FCAW)

Este proceso es muy similar al proceso GMAW que usa los mismos componentes con una variación en el alambre, en este caso es tubular, dentro del alambre va un fundente que da las propiedades mecánicas a la soldadura y existe dos tipos, un alambre con protección gaseosa (inerte, activado o mezcla; inerte como Ar, Ni y He; activado CO₂ y mezcla Ar+CO₂ generalmente) y otro autoprotegido que no necesita este tipo de protección, por lo tanto, la pistola de trabajo es distinta en ambos (figura 11).

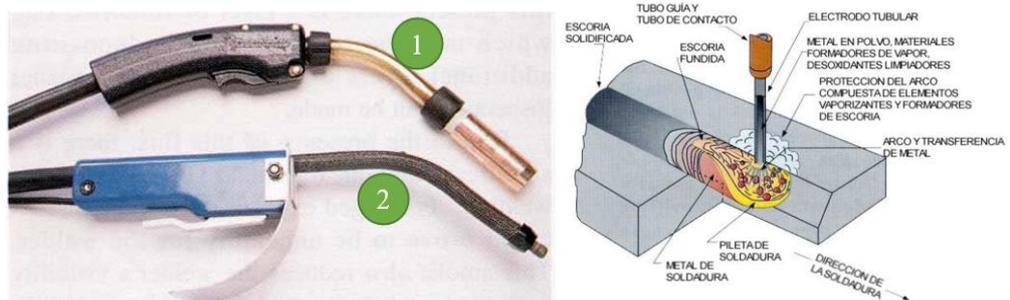


Figura 11. Equipo de proceso FCAW

Nota: Tecnología de inspección de soldadura, Procesos de Unión y corte, AWS

En la figura 11, se aprecia con el número 1 la pistola del proceso de soldadura con alambre tubular con gas de protección y con el 2 la pistola del alambre tubular autoprotegido. A la derecha se observa las partes del proceso de soldadura tubular.

2.4.4. Proceso de soldadura manual con electrodo de tungsteno no consumible y gas inerte de protección (GTAW)

Este proceso usa una fuente de poder con una conexión al suministro, un cable con pinza para contacto a masa o mesa de trabajo, una manguera que conduce energía y conducto para el gas de protección, un cilindro de gas inerte, flujómetros y manguera de abastecimiento a la fuente de poder para este proceso. La operatividad de este proceso consiste en formar un arco entre una varilla de tungsteno de la antorcha y el material base. En el SMAW que tiene una pinza portaelectrodo, en este caso el soldador aporta manualmente el alambre consumible que consiste en una varilla de alambre desnudo de aproximadamente de 900 mm (figura 12).

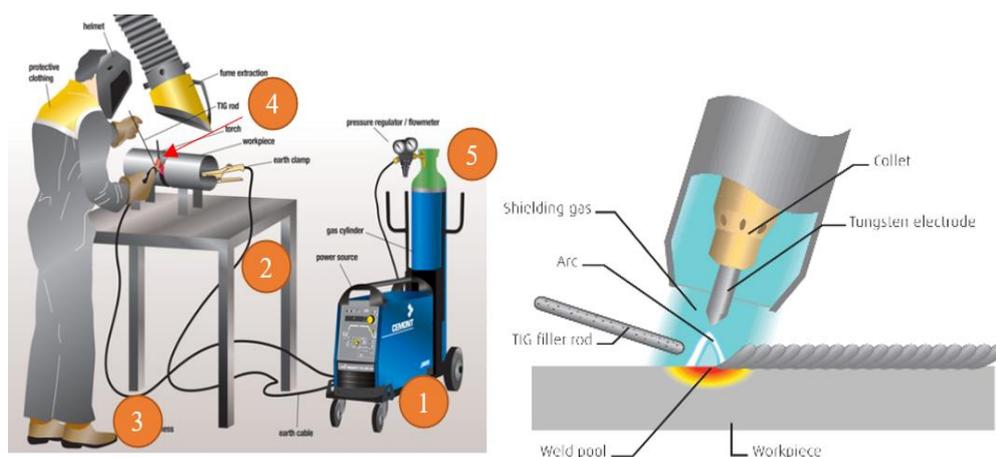


Figura 12. Equipo de proceso GTAW

Nota: <https://farmweld.co.uk/index.php?cmd=tig-operation-and-application>

En la figura 12 se aprecia, en la parte izquierda, la fuente de poder con el número 1, cable de contacto a masa con el 2, la manguera y antorcha manual con el número 3, con el 4 la varilla de aporte señalada con la flecha roja y con el 5 el recipiente de gas con flujómetro de abastecimiento a la fuente de poder a través de una manguera.

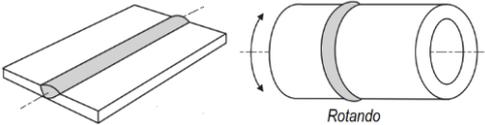
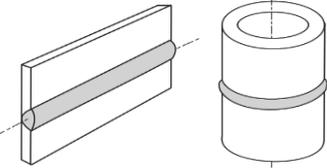
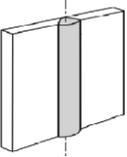
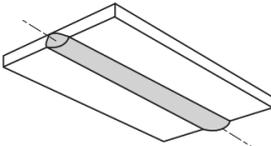
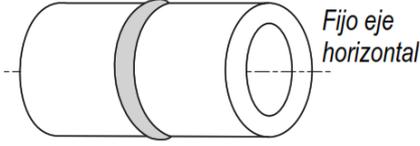
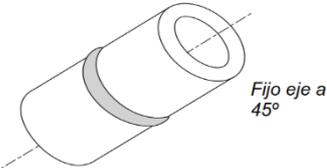
2.5. Posiciones del soldeo

2.5.1. Posiciones de calificación y de aplicación de soldadura

Las posiciones de calificación son estandarizadas por la Sociedad Americana de Soldadura (AWS) como G del inglés “Groove” que significa ranura y con F del inglés “Fillet” que significa filete. En la tabla 4, se detalla cómo se ubica la unión y la

designación de las posiciones de la calificación y de aplicación de la soldadura más usadas:

Tabla 4. Posicionamiento de las uniones y tipos de posiciones de soldeo

Posicionamiento de las uniones	Posición de calificación	Posición de soldadura
	1G	Plana
	2G	Horizontal
	3G	Vertical
	4G	Sobre cabeza o bajo techo
	5G	Soldadura múltiple (plana, vertical y sobre cabeza)
	6G	Soldadura múltiple (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza)
	6GR	Soldadura múltiple (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza)

	1F	Filete plano
	2F	Filete horizontal
	2FR	Filete horizontal rotando el tubo
	3F	Filete vertical
	4F	Filete sobre cabeza o bajo techo
	5F	Soldadura múltiple (plana, vertical y sobre cabeza)
	6F	Soldadura múltiple (plana, horizontal, vertical y sobre cabeza)
	Plana Horizontal	Soldadura múltiple de relleno y de recubrimiento (plana y horizontal)

OVERLAY WELD

Como se aprecia en la tabla 4, las uniones más comunes se pueden calificar y ejecutar bajo posiciones estandarizadas por normativas. La normativa europea para las posiciones de soldadura codifica en **PA, PB, PC, PD y PE**. Donde **A** para ranura y filete posición plana, **B** para filete horizontal, **C** para ranura y filete horizontal, **D** filete sobrecabeza y **E** para ranura y filete sobrecabeza. En el caso de soldadura de recubrimiento no tiene estandarizada una posición de calificación, pero sí una posición de aplicación de producción. Para la presente tesis se ha usado solamente posición de soldadura para ambos casos.

2.6. Velocidad de producción

Con la data extraída de campo durante el soldeo del cupón se llegó a determinar la distancia en un minuto de la deposición de soldadura, que se expresa así:

Velocidad de avance es de 9–10 cm/min (0.35–0.39 in/min) la misma que está indicada en la tabla de valores del PQR hoja 2 de 2, página 31.

2.7. Tasa de deposición de soldadura

En la tabla 5 se explica la deposición teórica continua de aportación:

Tabla 5. Relación de volumen aportado de soldadura en unidad de tiempo

kg	Costo \$ USA	UU de electrodos	Longitud aportado (in)	Tiempo (min)	Volumen aportado (in ³)
0.04	2.14	1	7.87	1.03	0.3
1	47.08	22	173.14	22.66	6.6
6	282.49	132	1038.84	136	40

En la tabla 5, se muestra el volumen de soldadura aportada en la reparación de las dos cajas Eriez que fue de 40 in³ cuyo tiempo fue 2 horas y 16 minutos de producción ininterrumpida con un costo de material de aporte de \$ 282.49 dólares americanos.

2.8. Definición de términos básicos

Austenítico: Aceros no magnéticos resistentes a la corrosión (21).

Capilaridad: Particularidad de la superficie de un líquido que entra en contacto con un sólido que asciende o desciende según este moje o no a la superficie (22).

Discontinuidad: Falta de continuidad o coherencia; condición que interrumpe la normal estructura física del material o de cierto producto (23).

Fermanal: Acero de elevada resistencia a la corrosión (24).

Grano: Es una porción de un material formado por un solo cristal (25).

Macrografía: Proceso de observar un espécimen en la sección transversal a simple vista, o bajo un especificado aumento con o sin el uso de suavizado (26).

Reparación: Corregir un defecto individual o acumulados en la soldadura que ha sido rechazada por inspección no destructiva de acuerdo con los criterios de aceptación de la norma (27).

Soldabilidad: Capacidad de los materiales para ser soldados manteniendo sus propiedades fisicoquímicas y estructurales (28).

Soldadura de filete: Una soldadura aproximadamente triangular que une dos bordes en una junta de esquina, una superficie y un borde en una junta traslapada, o dos superficies en una junta en T (29).

Variable esencial: Un parámetro de proceso considerado crítico para la creación de un cupón de prueba aceptable para el estándar aplicable (29).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

En este capítulo se va a indicar el método y alcance, modelo, diseño, la secuencia de pasos para lograr el objetivo, la población y muestra, así mismo, técnicas de recopilación de datos como fuente de sustento de la presente tesis.

3.1. Método y alcance de la investigación

Método de investigación

Con la intención de dar a saber cómo es el desarrollo de la presente publicación, el método de investigación que se tomó en consideración es el método científico, cuyos fundamentos para resolver problemáticas se basan en lo siguiente:

- **Observación:** Se inicia como estudio de un caso, para la empresa de mantenimiento surge como un reto, por primera vez ingresa los elementos con las características de ser electroimanes y sobre todo con qué material están construidas estas carcazas de la bobina eléctrica.
- **Identificar la problemática:** A través de los ensayos no destructivos se detectaron discontinuidades rechazables que deben ser reparadas, pero no se cuenta con la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) como lo estipula la normativa.
- **Plantear interrogante:** De acuerdo con las necesidades se plantea en este caso más de una interrogante. ¿Qué se necesita para evaluar el procedimiento de soldadura para realizar la reparación?, ¿existe el material base para tal evento?, ¿quién va a calificar y aprobar el procedimiento?

- **Formular las hipótesis:** Se formulan las posibles soluciones que consta de proponer la especificación del procedimiento de soldadura para demostrar la soldabilidad del acero al manganeso. Usar las técnicas de ensayos no destructivos y mecánicos para garantizar la sanidad de las soldaduras y que el material base mantenga sus propiedades. Elaborar el procedimiento.
- **Predicciones basadas en las hipótesis:** Se verifica los parámetros de energía que fueron usados en la soldadura del cupón. Se verifica los criterios de aceptación de los ensayos y las variables esenciales del procedimiento.
- **Experimentación:** La soldabilidad del acero al manganeso es demostrado con los ensayos que cumplen con las normativas y se aprueba el procedimiento o guía para ser usado en producción.
- **Análisis de resultados:** En esta etapa se compara los resultados de las muestras enviadas a laboratorio para pruebas de metalografía, donde se analizó la densidad y fusión. Con el ensayo de dureza se indica que las características del acero no variaron durante el análisis. Con estos resultados se elabora el registro de la especificación del procedimiento (PQR), la especificación del procedimiento de soldadura (WPS) y la calificación de la habilidad del soldador (WPQ).
- **Comunicación de los hallazgos:** Los documentos elaborados (PQR, WPS y WPQ) son firmados por un inspector de soldadura certificado (CWI) y son entregados al departamento de mantenimiento para su uso.

Alcance y diseño

El alcance de esta presente tesis es un desarrollo descriptivo desde el inicio de la planificación desde que llegan las cajas al taller. Con las técnicas de análisis de recolección de datos se han ido recopilando y describiendo las sucesivas etapas y pasos para demostrar el análisis de la soldabilidad con la finalidad de calificar y aprobar el procedimiento de soldadura para la reparación de las cajas Eriez.

El diseño que se usa para este estudio es preexperimental, que ocupa técnicas de análisis basados a causa efecto, como causa es la falta y necesidad del procedimiento de soldadura que va a tener un efecto que se rechace el trabajo o no se cumpla con la fecha de entrega, sin embargo, mediante la elaboración de la propuesta del procedimiento que da el inicio al estudio

de la soldabilidad va a dar los grados de confianza y eficiencia de los resultados de la empresa con el cliente.

Para el presente análisis, se usa métodos o diseños orientados en dos contextos, experiencia de campo o descriptivo que viene a hacer todo el desarrollo práctico-descriptivo y de laboratorio para lograr la validez del experimento. En lo primero define a los estudios efectuados dados en la realidad, mientras que los tratamientos en laboratorio son las condiciones medibles que soportan el efecto logrado. Mediante la presente tesis se intenta demostrar mediante análisis de la normativa relacionada a la soldabilidad del acero al manganeso, de los ensayos no destructivos (END) y pruebas mecánicas en laboratorio, la serie de pasos que son requeribles para fundamentar un suceso basado a prácticas experimentales, que responden a ciertas características de conocimientos en el campo de la soldadura. Con lo indicado, se trata de sustentar este estudio recopilando innumerables datos que va a soportar a la guía o *Welding Procedure Specification* (WPS) para realizar la soldadura de reparación basada en conocimientos teóricos y prácticos.

Del mismo modo, con los resultados de laboratorios efectuados a los especímenes del cupón soldado se sustentarán las características físicas y mecánicas del acero al manganeso, incluyendo la probeta soldada para determinar la soldabilidad.

Para comparar la composición química del material base del acero al manganeso fabricado por una fundición local, se va a usar los artículos de Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). Los datos de los resultados de laboratorio de la fundición y de una universidad estatal serán sometidos a comparación con los escritos en el estándar. Adicionalmente, se consultó bibliografía sobre metalurgia de soldadura y publicaciones sobre comportamientos de soldabilidad de los aceros aleados.

3.2. Diseño de la investigación

El presente estudio que se direcciona a usar es el diseño experimental, por lo tanto, el diseño de la investigación es G X O, donde:

G = grupo donde se hay una identificación del problema

X = tratamiento, donde se realiza una intervención

O = medición, donde se obtiene un resultado

3.3. Población y muestra

Población

Para este estudio sobre análisis de la soldabilidad, la población fue compuesta por un cupón soldado para la examinación. Para tal efecto se cumplió con la metodología para evaluación de la especificación del procedimiento de soldadura por ASME IX Ed. 2021.

Muestra

Para la presente tesis sobre análisis de la soldabilidad, la muestra analizada estuvo conformada por dos especímenes extraídos del cupón soldado. Debido a la cantidad de población se empleó el muestreo no probabilístico discrecional, eligiéndose ambas muestras extraídas para el análisis. Para tal efecto se cumplió con la metodología indicada por el Código ASME IX Fig. QW-462.5(e) donde indica la ubicación del corte en el cupón soldado para extraer la cantidad de especímenes para realizar los ensayos mecánicos. Para mayores detalles ver figura 18 y tabla 9 de este estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se da un alcance sobre las técnicas más usadas en el campo de la ingeniería y para este caso se citan las siguientes:

Análisis de documentos: Esta técnica desde un punto de vista está basada al análisis externo del documento, identificándolo dentro de un grupo y, desde el otro ángulo el contenido de documento o análisis interno.

Observación directa: Esta técnica está comprometida en la observación y registrar de forma directa un proceso de relevancia de un estudio de ingeniería. Implica participación del investigador para obtener datos reales.

Experimental: Implica poner a prueba una hipótesis para comprobar si es viable o no, mediante la recopilación de datos reales e interpretar los resultados.

De acuerdo con el contenido de cada técnica mencionada, se usan bajo el contexto de la presente tesis indicando la secuencia de actividades para lograr el objetivo y demostrar las hipótesis indicadas a continuación:

- **Técnica de análisis de documentos:** Se analizaron las normas de fabricación de los materiales (ASTM A128), norma de soldadura y calificación de procedimientos (ASTM A488), especificaciones de ensayos no destructivos y pruebas mecánicas

direccionado a recabar la información pertinente para complementar los documentos finales que es el objetivo de la presente tesis.

- **Técnica de observación directa:** Antes del inicio de la experimentación se realizó la verificación del acero al manganeso a través de los resultados de metalografía y análisis químico, consecutivamente, se selecciona el proceso de soldadura.
- **Técnica experimental:** Durante el soldeo del cupón se recopilaron datos de las características de los electrodos, parámetros de energía, velocidad de avance y habilidad del soldador. Los resultados de los ensayos y pruebas fueron analizados y comparados con las especificaciones. Los documentos como WPS, PQR y WPQ fueron aceptados y puestos a disposición del departamento de producción.

Proceso experimental de la especificación de procedimiento de soldadura

Con el conocimiento de una serie de bases teóricas y uso de las técnicas se procede a presentar el desarrollo de la presente tesis que direcciona el objetivo general. Para ello se realiza la selección del personal, se evalúan las aptitudes de los trabajadores para determinar la formación académica, conocimientos sobre documentación, estar al tanto del material acero al manganeso y la experiencia en soldabilidad para participar en la evaluación del WPS. La dirección de este análisis es encargada a un ingeniero mecánico colegiado y certificado como inspector en soldadura por AWS, un soldador experimentado y un ayudante.

Al contar con personal competente y con conocimientos para enfrentar las tareas del proceso experimental de calificación del procedimiento se desenvuelve bajo las siguientes etapas:

a) Análisis y selección de las normas

Para evaluar el procedimiento se toma como estándares a ASTM A488/A488M-18E2 (práctica estándar para fundiciones de acero, soldadura, calificaciones de procedimientos y personal) y ASTM A128 (especificación estándar para fundiciones de acero, manganeso austenítico). Bajo estas normativas se hace la propuesta escrita del WPS basado en las especificaciones de material base, aporte, posición a soldar y tipo de junta. Además, se selecciona los ensayos y pruebas que se debe de realizar en laboratorio.

b) Análisis y selección de metal base, de aporte y elección del proceso de soldadura.

Material base de acero al manganeso

Debido a la ausencia del material de acero al manganeso en el medio peruano se solicita a una fundición local que fabrique dicho acero según la normativa ASTM A128/A128M-19 para el cupón. La fundición FUNACSAC (Fundición Nacional SAC) mediante su Informe Técnico de Calidad ITC-N.º: 2021-0021 indica que la elaboración del acero aleado solicitado se encuentra dentro de las especificaciones del acero al manganeso según ASTM A128 grado C con una dureza de 190 HB y 195 HB indicado en el mismo reporte, la misma que se encuentra dentro del rango proporcionado por “la explicación de la metalurgia del acero al manganeso efectos de impacto y abrasión” de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Mayor de San Marcos un rango desde 180 HB a 220 HB (dureza Brinell).

A continuación, se muestra la composición química del acero al manganeso bajo el estándar arriba indicado (tabla 6).

Tabla 6. Composición química del acero al manganeso por ASTM

Grade ^A	Composition, %						
	Carbon	Manganese	Chromium	Molybdenum	Nickel	Silicon	Phosphorus
A ^B	1.05 – 1.35	11.00	---	---	---	1.0 max	0.07 max
B-1	0.9 – 1.05	11.5 – 14.0	---	---	---	1.0 max	0.07 max
B-2	1.05 – 1.2	11.5 – 14.0	---	---	---	1.0 max	0.07 max
B-3	1.12 – 1.28	11.5 – 14.0	---	---	---	1.0 max	0.07 max
B-4	1.2 – 1.35	11.5 – 14.0	---	---	---	1.0 max	0.07 max
C	1.05 – 1.35	11.5 – 14.0	1.5 – 2.5	---	---	1.0 max	0.07 max
D	0.7 – 1.3	11.5 – 14.0	---	---	3.0 – 4.0	1.0 max	0.07 max
E-1	0.7 – 1.3	11.5 – 14.0	---	0.9 – 1.2	---	1.0 max	0.07 max
E-2	1.05 – 1.45	11.5 – 14.0	---	1.8 – 2.1	---	1.0 max	0.07 max
F (J91340)	1.05 – 1.35	6.0 – 8.0	---	0.9 – 1.2	---	1.0 max	0.07 max

Nota: ASTM A128/A128M-19, Table 1 Chemical Requirements

En la tabla 6, está indicado el porcentaje de la composición química para el tipo de acero al manganeso grado C que de estar en el rango de 11.5 % al 14 %.

El Informe Técnico de Calidad ITC N.º: 2021-0021 emitido por la Fundación Nacional SAC, FUNACSAC muestra los porcentajes resultantes del análisis químico a la muestra de acero al manganeso de 100 mm x 280 mm x 15 mm de la colada, cuyos valores se compararon con la normativa ASTM A128/A128M-19 (tabla 7):

Tabla 7. Composición química del acero al manganeso por FUNACSAC

Datos de la colada					
Elementos	Especificado ASTM A 128 ° C	Colada	Colada	Colada	Colada
C	1.05 – 1.30	1.20	----	----	----
Si	1.0 máx.	0.70	----	----	----
Mn	11.50 – 14.00	14.00	----	----	----
Cr	1.5 – 2.50	1.87	----	----	----
P	0.0070 máx.	0.020	----	----	----
S	0.0040 máx.	0.00230	----	----	----

Nota: Informe Técnico de Calidad N.º 2021-0021 de FUNACSAC

En la tabla 7, como se muestra en la columna “colada” el porcentaje de la composición química para el tipo de acero al manganeso ASTM A128 grado C es de 14 % encontrándose dentro del rango de la norma. Ver anexo 3, pág. 25. Reporte de Análisis químico FUNANSAC.

Luego de verificar la calidad del material base en los estándares, el equipo técnico del taller decide enviar a laboratorios de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería una pieza-muestra para una segunda opinión y verificar la composición química (tabla 8):

Tabla 8. Composición química del acero al manganeso por Laboratorio de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería

Elemento	Resultados % ⁽¹⁾	Método utilizado
Carbono, C	1.29	
Manganeso, Mn	14.3	
Silicio, Si	0.608	
Níquel, Ni	0.0745	
Cromo, Cr	1.45	
Fósforo, P	0.0381	
Azufre, S	0.0071	
Vanadio, V	0.0205	
Molibdeno, Mo	0.126	
Cobre, Cu	0.0922	Espectrometría de emisión atómica de descarga luminiscente
Titanio, Ti	0.00734	
Aluminio, Al	0.0446	
Boro, B	0.00223	
Cobalto, Co	0.0198	
Niobio, Nb	0.0152	
Wolframio, W	0.032	
Plomo, Pb	0.011	
Estaño, Sn	0.0302	
Circonio, Zr	0.02	
Hierro, Fe	81.7	
Tántalo, Ta	0.0397	

Nota: Informe Técnico N.º 0909-21-LABISER, Laboratorio de Ciencias de la UNI

En la tabla 8, como se muestra en la columna “Resultados, %”, la composición química para este tipo de acero al manganeso ASTM A128 grado C es de 14.3 %. Con esto se evidencia la conformidad de la cantidad de Mn presente en el acero a usar en la calificación del procedimiento. Ver informe completo del análisis químico en el anexo 4, pág. 25.

Además, se envía una muestra al laboratorio de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería y, con el Informe Técnico Lb4-0430-2021 correspondiente al ensayo metalográfico emitido por esta facultad da como conclusión que la muestra corresponde a un acero de matriz austenítica al manganeso, corroborando la similitud con el material de las cajas. Ver anexo 3, informe del laboratorio de materiales de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

Material de aporte (soldadura)

En este punto de la etapa se analizan las hojas técnicas de materiales de aporte para aceros especiales, se ha elegido la marca más usual en abastecimiento de material de aporte como es Böhler. Se hizo la investigación para determinar el electrodo a usar en el proceso SMAW y se encontró que en el catálogo de esta marca existen dos tipos de electrodos que se usan para soldar aceros al manganeso en el proceso manual. Uno de ellos es el electrodo denominado UTP 63, especificación AWS A5.4 y clasificación E307-16, cuya hoja técnica indica soldar aceros de ASTM A128 (Hadfield) de composición química entre 4.5 % a 7.5 % de Mn. Cabe mencionar que en un proceso de soldeo debe existir congruencia y compatibilidad de elementos aleantes del material de aporte y material base. Es aceptable que la equivalencia de porcentajes de elementos químicos aleantes sean iguales entre metal de aporte con el material base, sin embargo, es recomendable que dichas equivalencias sean superadas por los porcentajes de los electrodos debido a que durante la fusión disminuye ligeramente las propiedades.

El otro electrodo o material de aporte es el UTP 720-A. Es un electrodo de soldadura de formulación propia de la marca Böhler, cuya hoja técnica indica que la composición química de este electrodo cubre realizar trabajos de relleno y revestimiento en aceros de 11.0 % hasta 14.0 % de Mn. Se consultó con el personal de la marca Böhler sobre su estandarización e indican a través de su Gerente de División de Soldaduras *Voestalpine Böhler Welding* en Perú indicó: “que algunos consumibles son equivalentes a ciertos electrodos estandarizados europeos y americanos como es el caso de UTP 63, sin embargo, para UTP 720-A debido a su porcentaje de Mn como está indicada en la ficha técnica, se puede observar que está escrito solamente dos elementos: Mn y Fe, este electrodo no coincide con ningún estándar conocido. Indican que no es de su interés que se estandarice ya que prefieren mantener su formulación propia y única como marca Böhler, para resolver y atender las necesidades de los usuarios finales en componentes de aceros al manganeso que valoran atributos especiales como obtener la misma coloración sin descuidar los otros atributos que poseen los consumibles comunes”.

Así mismo, en el catálogo de soldaduras de la marca Böhler está listado el alambre tubular UTP AF 218-0, de estandarización europea y similar a especificación AWS A5.21 cuya clasificación ER FeMn-G. La composición química indicada en la ficha técnica muestra que su campo de aplicación es para reconstrucción y revestimientos de acero al manganeso de hasta 14 %.

A continuación, se van a mostrar las fichas técnicas en donde se ve las características de cada uno de los materiales de aporte en ambos procesos. Se inicia con los datos técnicos de UTP 63, ver figura 13:

		<h2 style="margin: 0;">UTP 63</h2> <p style="margin: 0;">Electrodo especial totalmente austenítico. Aplicación universal.</p>					
		Clasificaciones		EN 1600 E 18 8 Mn R 32		EN 14700 E Fe 10	
Campos de aplicación							
<p>UTP 63 es totalmente austenítico. Recomendado para unir aceros no aleados y aleados entre sí o con aceros austeníticos al cromo-níquel. Así mismo, está indicado para soldadura de unión entre aceros resistentes a la corrosión y se puede aplicar en aceros resistentes a la producción de escamas por exposición a temperaturas de trabajo > 850°C, materiales no magnéticos y aceros con alto contenido de manganeso [ASTM A 128 (tipo Hadfield)]. UTP 63 es de extensa aplicación en el revestimiento de piezas sometidas al desgaste por rodado o por impacto como en sapos, cruceros y agujas de vía, dientes de excavadoras y muelas de quebradoras, dragas, molinos, etc. También se aplica para capas base a prueba de fisuración en depósitos de revestimientos de media o alta dureza y es aplicable para cordones de raíz en aceros revestidos (clad plate).</p>							
Características							
<p>Se suelda en todas las posiciones excepto la vertical descendente. La escoria se quita fácilmente. La superficie de los cordones es lisa y limpia. El depósito es a prueba de fisuras y posee una alta elasticidad, atenuando y equilibrando así las tensiones internas. El depósito se endurece por trabajo en frío. Tiene resistencia a la corrosión y a la oxidación.</p>							
Propiedades mecánicas del depósito							
Resistencia a la tracción		Alargamiento (l = 4d)		Dureza del depósito de soldadura pura:		Dureza del depósito endurecido al trabajo	
MPa		%					
> 600		> 40		175 - 225 HB		Aprox. 350 HB	
Análisis estándar del depósito (% en peso)							
C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S	Fe
< 0,20	17,00 - 20,00	7,00 - 10,00	4,50 - 7,50	< 1,20	< 0,035	< 0,035	Resto
Instrucciones para soldar							
<p>Mantenga el electrodo en posición vertical con respecto de la superficie de trabajo. Arco corto. Utilizar solamente electrodos secos. Electrodos húmedos por haber estado expuestos al ambiente, se deben secar a una temperatura entre 250 y 300 °C de 2 a 3 h.</p>							
Posiciones de soldadura				Tipos de corriente			
				Corriente Directa / Electrodo positivo (DC/EN) (= +) Corriente Alterna (CA)			
Parámetros recomendados							
Electrodo Ø x L (mm)		3,2 x 350		4,0 x 400		5,0 x 450	
Amperaje		70 - 110		100 - 130		150 -180	
Presentaciones							
StaPac (caja de cartón)		VacPac			CanPac		
Caja de 5 kg		Pregunte a nuestro representante técnico la disponibilidad de esta presentación.			Pregunte a nuestro representante técnico la disponibilidad de esta presentación.		

Figura 13. Hoja técnica del electrodo UTP 63
Nota: Bohler

En la figura 13, se puede leer en el recuadro “campo de aplicación” la recomendación del fabricante para usar este electrodo revestido en aceros austeníticos donde predomina el Cr-

Ni y en medianas cantidades de Mn como se puede apreciar en la subtabla de porcentajes de elementos aleantes. Por lo tanto, no hay congruencia porcentual con el material base y se descarta para este estudio de la soldabilidad.

A continuación, se muestra la ficha técnica del siguiente electrodo revestido UTP 720-A, en la figura 14:



UTP 720-A

Electrodo de revestimiento básico para aceros al manganeso, resistente al impacto

Clasificaciones			
No estandarizada			
Campo de aplicación			
UTP 720 A Se recomienda principalmente para el revestimiento de piezas sujetas a severo impacto y presión. Ideal para unir aceros al alto manganeso (de 11 al 14 % Harfield). Útil en la construcción de piezas desgastadas de piezas al alto manganeso, tales como: dientes de dragas y excavadoras, labios de cucharones, martillos de molinos, tambores, muelas y conos de quebradoras, placas de impacto, equipos para la construcción de vías de ferrocarril, agujas, sapos, cruceros, etc.			
Características			
UTP 720 A se suelda fácilmente en posición plana y horizontal. El baño de fusión se controla sin problema y la escoria se quita fácilmente. Los depósitos se igualan el color del metal base y también se oxidan con el medio ambiente.			
Dureza del depósito de soldadura pura: 200 - 250 HB			
Con el trabajo se endurece: 350 - 400 HB			
Análisis estándar del depósito (% en peso)			
Mn	Fe		
11 - 12	Resto		
Instrucciones para soldar			
Mantener el electrodo en posición perpendicular a la pieza. La soldadura deberá efectuarse con la temperatura mas baja posible. La temperatura entre pases no deberá exceder de 100°C Max. Se recomienda depositar cordones cortos y enfriarlos mientras se efectúa la soldadura, aplicando aire comprimido, paños húmedos, o bien manteniendo la pieza sumergida en agua y sacar solo la parte por soldar. Utilice solo electrodos secos. electrodos húmedos por estar expuestos al ambiente, se deben secar a una temperatura de 300 °C por 2 h			
Posiciones de soldadura	Tipo de corriente		
	Corriente Directa / Electrodo positivo (DC/EP) (= +)		
Parámetros recomendados			
Electrodo Ø x L (mm)	3.2 x 350	4.0 x 450	5.0 x 450
Amperaje (A)	90 - 130	110 - 140	130 - 180
Presentaciones			
StaPac (caja de cartón)	CanPac	VacPac	
Caja de 5 kg	Pregunte a nuestro representante Técnico la disponibilidad de esta presentación	Pregunte a nuestro representante Técnico la disponibilidad de esta presentación	Pregunte a nuestro representante Técnico la disponibilidad de esta presentación
Los datos e información contenidos en esta ficha técnica son exclusivamente para dar orientación acerca de la aplicación de ciertos productos. El usuario es totalmente responsable de la debida utilización de dichos productos para dar cumplimiento con los estándares, especificaciones, procedimientos de mantenimiento y códigos de construcción, fabricación, montaje o reparación aplicables.			

Figura 14. Hoja técnica del electrodo UTP 720-A
Nota: Bohler

En la figura 14, se puede leer en el recuadro “campo de aplicación” la recomendación del fabricante para usar este electrodo revestido en aceros al manganeso con los porcentajes desde 11 % al 14 %. Por esta razón, se procede a elegir este material de aporte y soldar el cupón para calificar el procedimiento por la congruencia porcentual y homogeneidad.

En seguida, con el proceso semiautomático se da a conocer el alambre autoprotegido UTP AF 218-O en la figura 15:



UTP AF 218-O

Alambre tubular auto protegido tipo flux cored, para la reconstrucción de desgastes en piezas de acero al 14% de manganeso o aceros no aleados y de baja aleación.

Clasificaciones					
DIN 8555		AWS A 5.21		EN 14700	
MF 7-GF-200-KP		ER FeMn-G		T Fe 9 - 200	
Campos de aplicación					
Alambre desarrollado para la reconstrucción de piezas fabricadas en acero al alto manganeso (14 % Mn), por ejemplo: para la unión y revestimientos de conos de trituradora, martillos de trituradora, barras de impacto, reconstrucción de dientes de pala, sapos y agujas de vías de ferrocarril, etc. Así como en el revestimiento de aceros no aleados y de baja aleación sujetos a altas cargas de compresión e impacto.					
Características					
Alambre tubular auto protegido tipo flux cored con microestructura austenítica, depósito para la reconstrucción de piezas de acero al 14% de Mn, se puede aplicar en múltiples capas sin limite de espesor.					
Análisis estándar del depósito (% en peso)					
C	Mn	Si	Cr	Ni	Fe
0,90	14,00	0,60	3,50	0,40	Resto
Propiedades mecánicas					
Dureza					
Como depósito de soldadura 200 HB, endurece al trabajo hasta 55 RC					
Posiciones de soldadura			Tipos de corriente		
			Corriente Directa / Electrodo positivo (DC/EP) (= +)		
Instrucciones para soldar					
Limpiar el área a recuperar de material fatigado o endurecido, en piezas de acero al alto manganeso (14%) no se debe precalentar, la temperatura entre pases no deberá exceder de 200 °C (por efecto del calor aportado por la soldadura). De ser necesario, se deberá enfriar la pieza entre pasos con chorro de aire o agua, de preferencia soldar la pieza dentro de un recipiente con agua dejando fuera de la misma la zona a reparar. El depósito presenta buen maquinado con herramienta de carburo de tungsteno, no es posible aplicar el corte oxiacetilénico y no hay límite del espesor a revestir cuidando se sigue la indicación descrita en esta hoja. Utilice técnica de arrastre para aplicar la soldadura conservando el stick-out que se menciona en la tabla de parámetros, cuando sea requerida capa de colchón se debe aplicar UTP AF 402-O o UTP AF 309-O.					
Parámetros recomendados					
Díámetro (mm)	1,6		2,4		2,8
Amperaje (A)	180 - 220		250 - 300		300 - 350
Voltaje (V)	26 - 30		26 - 30		26 - 30
Stick - Out (mm)	35 - 40		35 - 40		35 - 40
Presentaciones					
Presentación Estándar			Otras presentaciones*		
Bobina de 15 kg			Bobina de 15 kg, tambor de 200 kg		
* Consultar previamente con su representante Técnico					
Los datos e información contenidos en esta ficha técnica son exclusivamente para dar orientación acerca de la aplicación de ciertos productos. El usuario es totalmente responsable de la debida utilización de dichos productos para dar su cumplimiento con los estándares, especificaciones, procedimientos de mantenimiento y códigos de construcción, fabricación, montaje o reparación aplicables.					

Figura 15. Hoja técnica del electrodo UTP 720-A

Nota: Bohler

En la figura 15, se puede leer en el recuadro “campo de aplicación” la recomendación del fabricante para usar este alambre tubular autoprotegido en aceros al manganeso con los porcentajes hasta 14 %.

Como resultado del análisis de elegir el material de aporte se ha evaluado por prioridad debido a la existencia de máquinas de soldar en el taller, se eligió electrodo revestido el UTP 720-A que cumple con la homogeneidad con el material base, además el fabricante recomienda para este tipo de materiales al acero Hadfield.

No se pudo considerar el uso del proceso FCAW por necesidad de equipo, obviamente el proceso automático o semiautomático ofrece ventajas de rendimiento, pero se encarece por tener que realizar una reparación puntual.

Selección de proceso de soldadura

Para determinar la soldabilidad y calificar el procedimiento se eligió el proceso SMAW (proceso manual con electrodo revestido).

c) Desarrollo del procedimiento experimental

Actividad previa al soldeo del cupón

Tal como es indicado en el código ASME Sec. IX se elige el tipo de soldadura a realizar denominado como soldadura de recargue en la posición de calificación 1G para soldaduras en posición plana, sobre una platina de 150 mm de largo (c), 96 mm de ancho (d) y 15 mm de espesor (T).

Soldeo del cupón

Se usa soldador con experiencia y una máquina de soldar tipo inversor multiprocesos marca Miller XMT-350 CC/CV, se suelda el cupón con electrodos de 3.2 mm de diámetro UTP 720 A, con la polaridad de energía del electrodo al positivo (polaridad inversa). Se realiza el soldeo a lo largo del cupón con cordones lineales y contiguos en forma horizontal, realizando cinco cordones por capa, resultando un total de 43 mm de ancho (a) x 150 mm (c) de largo por cada una, consiguiendo 4 capas en total con una altura de recargue de 11 mm (b) (figura 16):

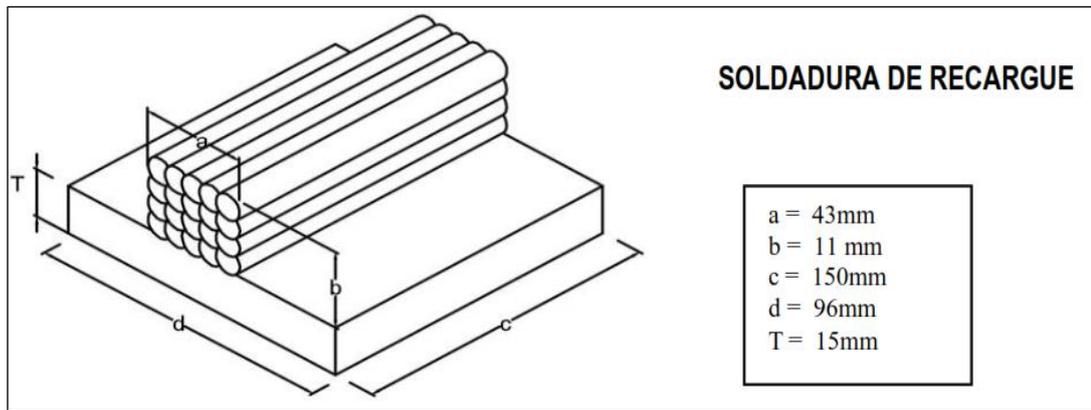


Figura 16. Cupón de platina soldada
Nota: Registro de calificación del procedimiento (PQR)

En la figura 16, se muestra el cupón soldado y las diferentes medidas obtenidas durante el desarrollo del proceso de soldadura SMAW.

Técnicas de ensayos NDT

Después que el cupón ha sido soldado, se procedió a realizar la inspección visual (VT) para determinar la inexistencia de discontinuidades y verificar la uniformidad de la soldadura, dando resultado de buena apreciación y sin discontinuidades. Ver reporte VT en anexo 5.

Para soportar a la técnica VT se realizó ensayo por líquidos penetrantes (PT) cumpliendo con la normativa para verificar ciertas discontinuidades que no pudieron ser detectadas por la vista y se encuentren expuestas a la superficie (figura 17):



Figura 17. Ensayo de tinte penetrante realizado al cupón soldado
Nota: Fainser SAC

En la figura 17, se aprecia que al aplicar el tinte revelador no se aprecia las existencias de manchas rojas que indiquen que el tinte coloreado fue alojado en alguna discontinuidad. Dando como resultado de aprobado y dar paso a las pruebas mecánicas. Ver reporte PT en anexo 6).

Pruebas mecánicas

Cantidad de especímenes

De acuerdo con el ASME Sec. IX, Fig. QW-462.5(e) muestra la ubicación del corte para extraer la cantidad de especímenes para realizar los ensayos mecánicos y en la tabla QW-453 indica la cantidad y tipos de ensayos a realizar. Considerando las especificaciones de la norma, consiste en realizar un corte transversal a la soldadura del cupón en su longitud total quedando en dos partes. Ver figura 18 y tabla 9:

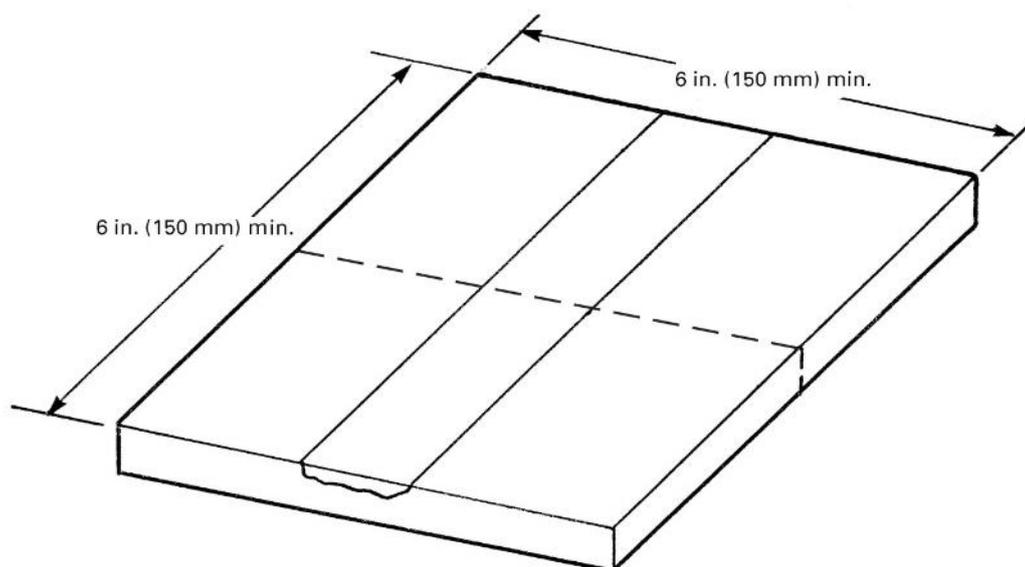


Figura 18. Trazo de corte transversal a la soldadura del cupón
Nota: ASME Sec. IX, Fig. QW-462.5(e)

Tabla 9. Especificación de cantidad de pruebas requeridas por el estándar

Espesor del cupón de prueba (T)	Revestimiento /Recubrimiento	
	Espesor nominal calificado	Tipo y cantidad de pruebas requeridas
Menores que 1" (25 mm) T	T calificado hasta 1" (25 mm)	<ul style="list-style-type: none"> • Líquido penetrante (PT) • 3 lecturas de prueba dureza • Macro-tech
1" (25 mm) a más T	1" (25 mm) a ilimitado	

Nota: ASME Sec. IX, Extracción de la tabla QW-453

De acuerdo con lo indicado en la figura 18 y tabla 9 que corresponde netamente al standard de calificación se procede a ejecutar en forma física del corte del cupón como se aprecia a continuación en la figura 19:



Figura 19. Especímenes cortados transversalmente a la soldadura del cupón
Nota: Inspectronic Business SAC

En la figura 19, se muestra la cantidad de especímenes cortados del cupón soldado, por lo tanto, son dos especímenes para ensayos (P3 y P3 espejo).

Prueba macrográfica: Para realizar esta prueba es necesario pulir al espejo en ambas superficies del corte. *Inspectronic Bussines SAC* hace la Prueba macrográfica sobre ambas caras pulidas, quien en el informe N.º FS-003/M-01-2021 reporta que existe fusión completa entre ambos materiales (base-aporte). En la figura 20 se muestra la prueba a una cara del cupón después del ataque químico.

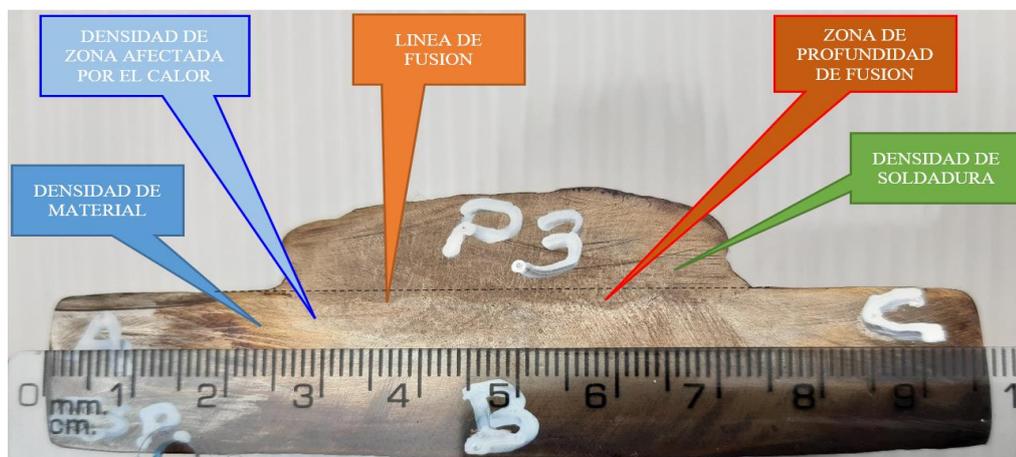


Figura 20. Especímen (P3 espejo) probado por macrografía en un corte transversal
Nota: Inspectronic Business SAC

En la figura 20 mostrada como evidencia del resultado de la prueba macrográfica del espécimen (P3 espejo), se puede apreciar la densidad de la soldadura ligeramente más oscura que la densidad del material base, resultado de haberle aplicado un ataque químico con una sustancia denominada Nital (alcohol + ácido nítrico), cuya proporción es indicada en la normativa ASTM E407. Se aprecia también que la línea de fusión une de forma uniforme a ambos materiales sin presencia de discontinuidades (línea ondulada), además, se puede observar la profundidad de fusión del material de aporte al acero al manganeso desde línea segmentada a la línea de fusión, la zona afectada por el calor y material base (anexo 7, p. 31).

Prueba durométrica: En la Prueba de dureza Brinell sobre ambas caras, en el Informe FS-001/D-01-2021 realizada por la empresa de ensayos *Inspectronic Business SAC*, da como resultado lo siguiente:

- **Cara P3:** En este espécimen, el resultado es de 192 HB a 205 HB, datos que se encuentran dentro del rango de la dureza especificada de 180 HB - 220 HB. A continuación, se muestran los puntos donde se hizo la prueba de dureza Brinell sobre la cara de a esta muestra (figura 21):

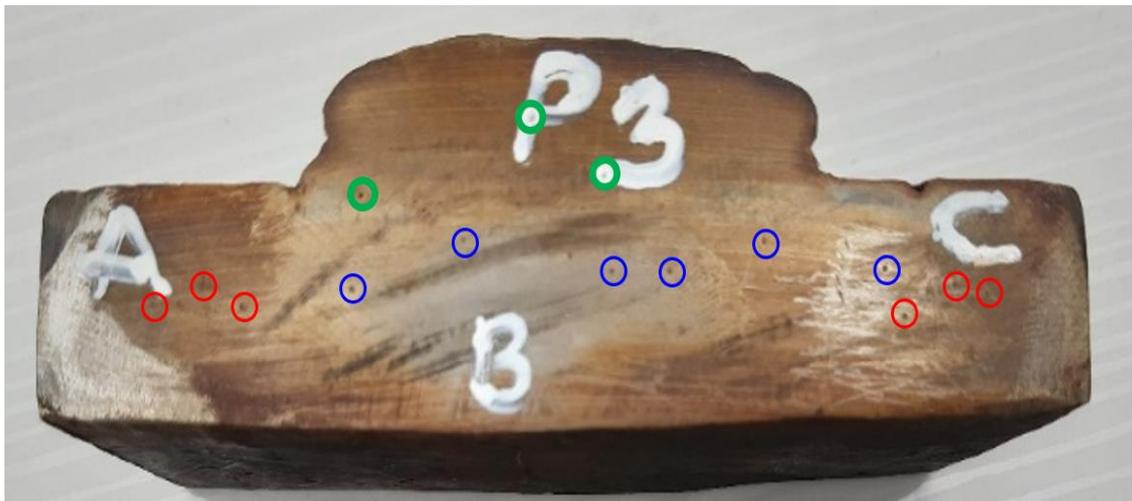
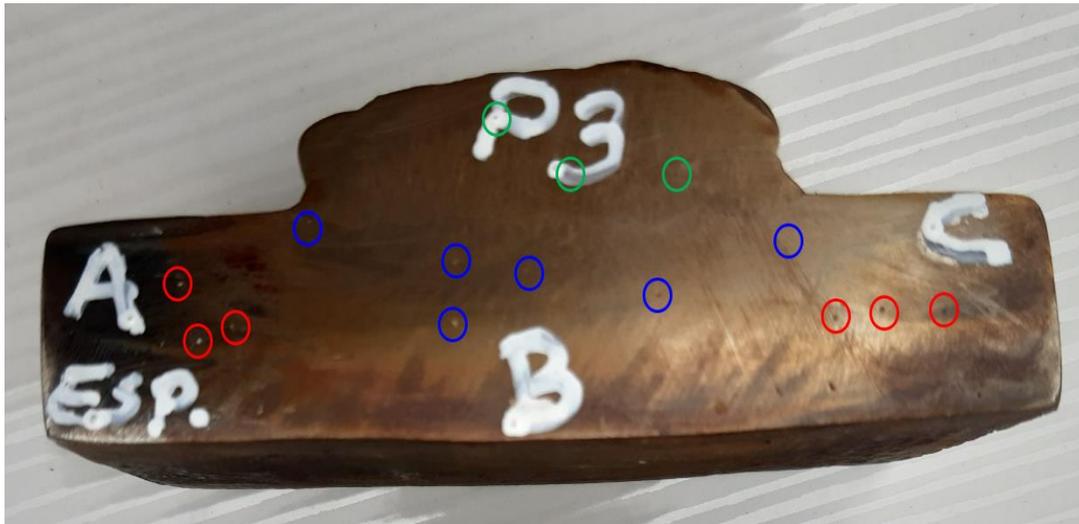


Figura 21. Espécimen P3 probado por dureza Brinell en el corte transversal
Nota: Inspectronic Business SAC

En la figura 21 mostrada arriba, se puede apreciar los puntos marcados por la indentación de la billa usada por el equipo de prueba para penetrar el material y determinar la dureza. Los puntos marcados en círculos rojos indican a los que se les efectuó en la zona material base (zona A y C), los círculos azules en zona afectada térmicamente o por el calor (zona B) y con color verde en el material de soldadura o material de aportación.

- **Cara P3 espejo:** Los resultados obtenidos en este espécimen son de 195 HB a 206 HB, datos dentro de la dureza especificada de 180 HB - 220 HB (figura 22):



*Figura 22. Especimen P3 Espejo probado por dureza Brinell en el corte transversal
Nota: Inspectronic Business SAC*

En la figura 22, de igual manera se puede apreciar los puntos marcados por la indentación de la billa usada por el equipo de prueba para penetrar el material y determinar la dureza. Los puntos marcados en círculos rojos indican a los que se les efectuó en la zona material base (zona A y C), los círculos azules en la ZAC (zona B) y con color verde en el material de soldadura o material de aportación.

En ambos casos, prueba de dureza realizada a los dos especímenes, en los resultados reflejados en el reporte FS-001/D-01-2021 indican tres puntos promediados en cada zona A-C y B. En zona de soldadura (Z-S) solamente se realizó tres aplicaciones de indentación durométrica.

Como consecuencia de la prueba de durometría, dichos resultados indican que no hubo cambios significativos en la dureza inicial y final del material postsoldadura, cuyos valores están dentro del rango permitido y determina que no hay cambios en la estructura del material base, en la zona afectada por el calor y del metal de aporte o soldadura, por lo tanto, cumple con la soldabilidad.

En la página siguiente, en las tablas 10 y 11 (tabla I y tabla II del reporte) se muestra los valores después de la fuerza aplicada a ambos especímenes P3 y P3 espejo:

Tabla 10. Ubicación de puntos de indentación por dureza Brinell en el espécimen

Zona de ubicación	Medida promedio (HB)	Características de la zona evaluada
Z - A	192 – 195 - 193	Metal base
Z - C	195 – 196 - 194	Metal base
Z - B	204 – 205 - 204	ZAC
Z - S	202 – 203 - 201	Cordones de Soldadura

Nota: Inspectronic Business SAC

Tabla 11. Ubicación de puntos de indentación por dureza Brinell en el espécimen.

Zona de ubicación	Medida promedio (HB)	Características de la zona evaluada
Z - A	197 – 196 - 195	Metal base
Z - C	199 – 198 - 197	Metal base
Z - B	205 – 206 - 206	ZAC
Z - S	201 – 203 - 203	Cordones de soldadura

Nota: Inspectronic Business SAC

En las tablas 10 y 11, que corresponde a los dos especímenes, se aprecia las zonas con sus respectivos resultados de la resistencia a la penetración, se aprecia claramente que la ZAC y soldadura tienen mayor dureza que las zonas de material (anexo 8, p. 25. Reporte completo de durometría).

La prueba macrográfica y dureza HB fueron realizadas en los laboratorios de la empresa dedicada a ensayos NDT y pruebas mecánicas Inspectronic Bussines SAC.

Los resultados de las examinaciones NDT y los ensayos mecánicos practicados en laboratorio de acuerdo con la normativa, son pruebas esenciales y requisitos exigidos para calificar el procedimiento y se agrupan en: tintes penetrantes, prueba de macrografía y dureza, estas sirven para verificar que no haya cambios en la microestructura y superficie de los materiales sustancialmente.

Se presenta un cuadro sintético de resultados de los instrumentos usados bajo las técnicas de recolección de datos (tabla 12).

Tabla 12. Resultados de los instrumentos

Ítem	Instrumento	Resultado	Referencia
1	Prueba de metalografía	Acero de matriz austenítico al manganeso	Lb4-0430-2021
2	Análisis cuantitativo de la composición química	Porcentajes de elementos aleantes dentro de la norma	IT N.º 0909-21-Labicer
3	Inspección visual	No presenta discontinuidades	VT – 101/V-12-2021
4	Inspección por PT	No revelan discontinuidades	PT – 201/P-25-2021
5	Prueba macrográfica	Fusión uniforme y continua.	FS-003/M-01-2021
6	Prueba de dureza	Valores en rango especificado	FS-001/D-01-2021
7	Formato de registro del procedimiento	PQR	PQR 002-21
8	Formato especificaciones del procedimiento	WPS	WPS 002-21
9	Formato de calificación del soldador	WPQ	WPQR No.12

En la tabla 12, se pueden ver los resultados y la referencia de documentos justificatorios.

En este capítulo se ha identificado estudios y diversos materiales bibliográficos que han dado sustento al estudio de la soldabilidad. Finalmente, se ha descrito los pasos detallados de la evaluación experimental del procedimiento, uso de las técnicas de ensayos y pruebas. Algunas siglas que también se incluyeron en esta tesis se publican en el anexo 9, p. 29.

Con la información suministrada en este presente capítulo se trata de evidenciar la serie de requisitos que se debe cumplir desde la metodología hasta la obtención de datos necesarios para sustentar la presente tesis del análisis de la soldabilidad de los aceros al manganeso.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aquí se demuestra el resultado del estudio de la soldabilidad de aceros al manganeso a través de los documentos que rigen para reparar las cajas Eriez.

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

Después de realizar el proceso experimental se obtiene lo siguiente:

- a) Registro de calificación del procedimiento (PQR) ver anexo 10, p. 40.

Este documento contiene la información fidedigna tomada durante el soldeo del cupón bajo el WPS propuesto, resultados de los ensayos y pruebas realizadas en laboratorio. Este registro no es revisable salvo por errores de tipeo u otros que no cambien la información de fondo. De él se pueden elaborar o sustentar varios WPS considerando las variables esenciales.

- b) Especificación del procedimiento de soldadura (WPS) ver anexo 11, p. 41.

Este documento, constituye la propuesta de que se parte para soldar el cupón. Una vez que cumplen satisfactoriamente los ensayos y pruebas sustentadas por el PQR, se procede a inscribir los rangos de energía (voltaje y amperaje), velocidad de avance, espesor de material base y posiciones de soldadura permitidos de acuerdo con las especificaciones de las normas de soldadura para usarlo en producción. Este documento está sujeto a revisión de acuerdo con los rangos permisibles por las normativas.

c) Calificación de habilidad del soldador (WPQ). Ver anexo 12, p. 44.

Este documento se emite como constancia que los ensayos y pruebas del cupón del PQR cumplieron con los requerimientos y fueron aceptadas. Se elabora bajo los requerimientos de las variables del soldador usados durante el soldeo del cupón, espesor de material y electrodos a usar en producción. No está sujeto a revisión. Si el soldador ejerce una labor fuera de los rangos para el que está calificado, debe recalificar bajo un WPS aprobado.

Estos documentos fueron firmados por un ingeniero certificado como Inspector de soldadura (*Certified Welding Inspector, CWI*) por la Sociedad Americana de Soldadura. Cuya certificación respalda el valioso reconocimiento de poseer conocimientos de soldadura en el ámbito internacional.

4.2. Prueba de hipótesis

Al inicio, durante la evaluación de las cajas y con los resultados de la existencia de defectos se planteó la calificación del procedimiento y estudio de la soldabilidad, luego aplicarlo en la reparación. Después de los sucesos que sirvieron para determinar la soldabilidad y con los resultados de los indicadores se ha procedido a contar con el PQR WPS y WPQ. Con la calificación del procedimiento y soldador calificado se procede a reparar las cajas Eriez tal como se puede evidenciar en la figura 23:



*Figura 23. Soldadura de reparación de las cajas Eriez
Nota: Fainser SAC*

En la figura 23, se aprecia la etapa de reparación realizadas a las soldaduras de las cajas electromagnéticas de material de acero al manganeso, ejecutada por el soldador calificado, por lo tanto, el estudio de la soldabilidad fue demostrado que valió la pena calificar el WPS.

4.3. Discusión de resultados

Contar con un WPS calificado es muy necesario para el uso en un proceso constructivo, como se ha efectuado en el análisis de la soldabilidad del acero al manganeso de las cajas Eriez. Dicha documentación debe ser aprobada antes de realizar soldaduras de producción. Se evidencia estudios de soldabilidad de aceros diversos como lo demuestran algunas investigaciones cuyos autores se citan a continuación como experiencias reales:

De acuerdo con el estudio realizado por Calderón (30), sobre calificación de tres procedimientos en aceros aleados (cromo-molibdeno ASTM A-335 Gr P11 y acero inoxidable ASTM A-312 TP 316), bajo el estándar ASME B31.3 y el código ASME Sección IX, se usó los procesos de soldadura GTAW, SMAW y combinación GTAW+SMAW. Se aplicó el ensayo visual para verificar la sanidad las soldaduras después de soldar los cupones. Con los resultados de las pruebas mecánicas de tensión y doblez confirmó su hipótesis logrando calificar los procedimientos, uno por cada proceso y en combinación, para ser aplicados en el proyecto “Modernización de la refinería de Talara” en el departamento de Piura (30).

Así mismo, el estudio de Chávez (31) “Elaboración y calificación de un procedimiento de soldadura para la fabricación de tubería forzada con material ASTM A572 Gr.50. Centrales Hidroeléctricas Angel I, II y III Puno” demostró la necesidad de contar con un procedimiento aprobado de la empresa ejecutora del proyecto. Para calificar, se usó el código de calificación ASME Sección IX edición 2015, vigente para esa época, en el proceso de soldadura GMAW. Siguiendo los lineamientos del referido código logró su objetivo principal de elaborar y calificar el procedimiento para ser aplicado en la construcción de las centrales hidroeléctricas en el departamento de Puno, Perú (31).

Por otro lado, el estudio realizado por Castillo (32), “Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo del acero SA612 utilizando en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP según ASME IX” se evaluó un procedimiento considerando el objetivo principal de generar y calificar el procedimiento para fabricar tanques para almacenar gas licuado de petróleo. Después de cumplir con los ensayos de VT, tensión y doblez especificado en el código de calificación confirmó su hipótesis de estandarizar un procedimiento para fabricaciones de tanques en aceros SA612 (32).

Como lo han confirmado los autores anteriormente citados, contar con un WPS calificado es cumplir con las especificaciones de las normativas y estándares de construcción. Con esta documentación debidamente aprobada queda demostrado que analizar la soldabilidad a través de la evaluación de un procedimiento permite realizar soldaduras de construcción y mantenimiento. De otro lado, se ha demostrado la forma como se ha determinado la soldabilidad de los aceros al manganeso a través de la experimentación de manera práctica mediante la calificación del procedimiento de soldadura utilizando los ensayos y pruebas. Por consiguiente, en esta tesis, se ha determinado que la soldabilidad influye directamente en la reparación de las cajas Eriez.

A continuación, como evidencia de los resultados obtenidos del análisis de soldabilidad de aceros al manganeso, en la tabla 13 se muestra el cuadro comparativo de valores cuantitativos de los resultados de técnicas e instrumentos de recolección de datos del proceso experimental.

Tabla 13. Comparativo de resultados de técnicas e instrumentos de recolección de datos

Comparativo de resultados				
Ítem	Resultados	Rango o criterios de la norma / Lab. UNMSM*	Laboratorio Ciencias UNI	Laboratorio 4 Mecánica UNI
Material ASTM A128 Gr C	Colada: 190 - 195 HB	180 – 220 HB*	--	--
Material ASTM A128 Gr C	Colada: Mn 14 %	11.5 – 14.0 %	14.3 %	--
Material ASTM A128 Gr C	Metalografía: acero austenítico	Manganeso Austenítico	--	Austenítico al manganeso
Cupón Soldado	Visual: sin presencia de discontinuidades	Fusión completa	--	--
Cupón Soldado	PT: sin revelar discontinuidades	Fusión completa	--	--
Espécimen P3 del cupón Soldado	Macrografía: fusión completa, continuada sin discontinuidades.	Fusión completa, sin fisuras ni discontinuidades.	--	--
Espécimen P3 Espejo del cupón Soldado	Macrografía: fusión completa, continuada sin discontinuidades.	Fusión completa, sin fisuras ni discontinuidades.	--	--
Espécimen P3 del cupón Soldado	Dureza postsoldadura 192 – 205 HB	180 – 220 HB	--	--
Espécimen P3 Espejo del cupón soldado	Dureza postsoldadura 195 – 206 HB	180 – 220 HB	--	--

En la tabla 13, se compara los resultados de los ensayos y pruebas realizados durante la etapa experimental con respecto a la norma y reportes de los laboratorios. El análisis de la muestra del material de acero en el laboratorio de la fundición local revela un 14 % de presencia de Mn en la aleación. Por otro lado, el laboratorio de Ciencias de la Universidad Nacional de Ingeniería evidencia un 14.3 % de Mn. Estos resultados fueron comparados con lo especificado en el standard cuyos rangos de manganeso oscilan entre 11.5 % a 14 %. Por lo cual, se puede afirmar que los porcentajes de los laboratorios de la fundición y de la UNI corresponde a un acero al manganeso ASTM A128 Grado C o acero Hadfield.

Respecto al análisis de dureza, el laboratorio de la fundición nacional indica un resultado de dureza entre 190HB a 195HB. Con relación a los resultados de las pruebas realizadas a los especímenes del cupón soldado indica que un espécimen dio lecturas de 192HB a 205HB y el siguiente de 195HB a 206HB. Estos resultados fueron comparados con lo indicado por el laboratorio de la Facultad de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos cuyo rango para este tipo de acero es 180HB a 220HB de dureza a temperatura ambiente. Por lo tanto, dado que los rangos de las pruebas realizadas están dentro de los parámetros permitidos se puede concluir que la dureza no ha influido en cambios de la propiedad más allá del rango establecido.

Con relación a los ensayos no destructivos tanto en inspección visual y tintes penetrantes dieron un resultado positivo a buena fusión y negativo a presencia de discontinuidades. Estos resultados indican que cumplen con lo especificado en el código de calificación que debe haber buena fusión sin presentar discontinuidades abiertas a la superficie.

4.4. Análisis de impacto económico

En el análisis de impacto económico se abordó tres aspectos. En primer lugar, desarrollar el impacto descriptivo del WPS en empresas de servicios metalmecánicos; en segundo lugar, el impacto descriptivo de la existencia de un WPS en los departamentos de producción y calidad; y finalmente, el impacto económico propiamente dicho con cifras de los costos estimados.

Se va a iniciar de modo explicativo con la tabla 14 que se muestra a continuación. Se va a indicar los impactos económicos descriptivos de una empresa que cuenta con un WPS frente a quien no lo posee:

Tabla 14. Descripción de las ventajas de la existencia del WPS

Impacto descriptivo del WPS en empresas de servicios mecánicos			
Sin WPS	Impacto económico	Con WPS	Impacto económico
Escasos clientes	Negativo: poco ingreso	Mayor competitividad	Positivo: mayores ganancias
Menor demanda de trabajo	Negativo: economía inestable	Mayores posibilidades de obtener una buena pro de trabajo	Positivo: generación de empleo
Bajo grado de fiabilidad en los procesos de soldadura	Negativo: riesgo de cierre de empresa	Mayor confiabilidad de desarrollo de procesos	Positivo: Considera a los WPS como inversión.
No se aplica la mejora continua	Negativo: alto riesgo de devolución de productos	Trazabilidad y mejora continua	Positivo: bajo desperdicio debido al control de recursos

En la tabla 14 se aprecia que el impacto económico es negativo y perjudicial para una empresa que no cuenta con procedimientos o desconoce lo que significa. Ello genera un bajo grado de confianza de la calidad de los servicios.

También, es importante destacar que las áreas más importantes de la productividad de una empresa son seguridad, producción y calidad. En lo que concierne a esta investigación se enfoca a producción y calidad debido que tiene incidencia más directa en el análisis de la soldabilidad. En la tabla 15 se detallan los puntos más importantes que impactan negativa y positivamente cuando existe o no un WPS.

Tabla 15. Descripción antes y después de la implementación del WPS

Impacto descriptivo de la existencia de un WPS en los departamentos de productividad			
Producción: proceso de reparación		Calidad: aseguramiento y control	
Antes	Después	Antes	Después
No considerado	Indispensable su uso	Trabajos de soldadura fuera de normativa	Trabajo de soldadura bajo los estándares
Se desconoce rango de materiales	Conocimiento de materiales y características técnicas	Soldadura sin considerar rango de espesores	Calidad de la operación de acuerdo con las especificaciones
Uso de soldador no calificado	Soldador calificado	No hay control del rendimiento de deposición de la soldadura	Soldaduras especificadas en cm ³ /min de rendimiento
Mal uso de recursos	Consumo de acuerdo con la cantidad de deposición especificada	Soldaduras con discontinuidades y defectos	Soldaduras que cumplen los criterios de NDT interna y externa

Como se puede apreciar hay varios puntos importantes que cobran relevancia con la implementación del WPS. Como se ha visto en las tablas 14 y 15, la existencia del WPS sí impacta positivamente dentro de la sociedad de la industria metalmecánica, descartando el perjuicio que su implementación sea un gasto para la empresa.

Realizada la valoración cualitativa de la implementación del WPS toca abordar de manera cuantitativa los efectos económicos propiamente dichos en base a cifras estimadas del mercado metalmecánico. Dichas cifras son estimadas tomadas del mercado laboral metalmecánico el mismo que no tiene un régimen que regule los valores de mano de obra certificada y calificada en el país como si lo tiene el régimen de construcción civil.

A continuación, se detalla en la tabla 16 los costos estimados de mano de obra dentro del rubro metalmecánico. Esto con el propósito de hacer un análisis comparativo del efecto económico antes y después de la implementación del WPS. Se toma como base de análisis el costo de mano de obra en Brasil y Perú en la medida que son los lugares en que se ejecuta la reparación de las cajas Eriez, materia de la tesis.

Tabla 16. Costo estimado de mano de obra

Detalle	Costo mano de obra/h	Costo total (8 h/jornal)	Costo de reparación (15 días)
h/hombre operario calificado Perú	USD 6.00	USD 48.00	USD 720
h/hombre operario calificado Brasil	USD 8.00	USD 64.00	USD 960
h/hombre operario no calificado Brasil	USD 5.00	USD 40.00	USD 600
h/hombre operario no calificado Perú	USD 3.00	USD 24.00	USD 360

Así mismo, dado que la reparación de las cajas Eriez se realiza en Brasil (casa Eriez más cercana) o en Fainser SAC en Perú se considera los costos de transporte referenciales de ambos países según valor estimado de carga común equivalente a 20 t, que se muestra en la tabla 17:

Tabla 17. Costo estimado de transporte

Recorrido hacia Brasil	km	Días	Costo USD	Costo/km
Arequipa- Puerto Maldonado	830	1.9	USD 2842.18	USD 3.42
Pto. Maldonado – Bello Horizonte – Brasil	4082	7.6	USD 13 978.04	USD 3.42
	Subtotal		USD 16 820.22	
	Valor de ida y vuelta		USD 33 640.43	
Recorrido hacia Lima	km	Días	Costo USD	Costo/km
Arequipa-Lima	1012	2.2	USD 3465.40	USD 3.42
	Valor ida y vuelta		USD 6930.81	

Nota: Servicios Lubal EIRL (Perú)

En la tabla 17 se aprecian los valores económicos de transporte en tiempo y recorrido. Se considera esta información para tomar la decisión si repararlas dentro del mercado peruano o enviarlas a casa matriz Eriez en Brasil (la más cercana) o a México. Moverlo a Brasil siendo la más cercana, demanda tiempo en traslado, reparar y regresarla a la minera. Por ello, se decide contar con Fainser SAC en Lima – Perú.

Con las cifras previas de las tablas 16 y 17 se elabora un cuadro de costos antes de la implementación del WPS para la reparación de las cajas Eriez y un cuadro de costos después de la implementación del WPS. Finalmente, se hizo una gráfica comparativa de ambos cuadros de costos para evidenciar las ventajas y efectos económicos del análisis de soldabilidad para evaluar el WPS.

Costo estimado antes de la implementación del WPS.

Tabla 18. Costo estimado de la reparación de la caja Eriez en Perú y Brasil

Áreas de incidencia	Aspectos específicos	Costo estimado USD
	Pago a terceros en casa Eriez – Brasil	USD 1500.00
	Pago a terceros en Fainzer – Perú	USD 800.00
Producción: Proceso de reparación	Costo de transporte en Eriez – Brasil	USD 33 640.43
	Costo de transporte en Fainzer – Perú	USD 6930.81
	Costo de reparación en Eriez – Brasil	USD 17 800.00
	Costo reparación en Fainzer – Perú	USD 7450.00
Calidad: Aseguramiento y control	Costo m/h no calificada Eriez (sin WPS)	USD 1800.00
	Costo m/h no calificada Fainser (sin WPS)	USD 1080.00

Como se puede apreciar en la tabla 18 un punto importante es el impacto económico que ocurre cuando se usa mano de obra no calificada toda vez que aumenta su costo por el reproceso debido a la falta de habilidades de los soldadores. Esto está reflejado en la tabla 18 en la que se puede ver en el ítem de calidad que dichos costos se triplican en relación con la tabla 16 concerniente a los costos de la mano de obra no calificada.

A continuación, en la tabla 19 se aprecia cómo disminuye el costo general de la reparación de las cajas Eriez debido a la existencia de la implementación de la especificación del procedimiento de soldadura (WPS).

Costo estimado después de la implementación del WPS

Tabla 19. Costo estimado de la reparación de la caja Eriez en Perú y Brasil

Áreas de incidencia	Aspectos específicos	Costo estimado USD
Proceso	Pago a terceros en casa Eriez – Brasil	USD 1500.00
	Pago a terceros en Fainzer – Perú	USD 800.00
	Costo de transporte en Eriez – Brasil	USD 33 640.43
	Costo de transporte en Fainzer – Perú	USD 6930.81
	Costo de reparación en Eriez – Brasil	USD 15 000.00
	Costo reparación en Fainzer – Perú	USD 6000.00
Calidad	Costo m/h no calificada Eriez (con WPS)	USD 960.00
	Costo m/h no calificada Fainser (con WPS)	USD 720.00

En la tabla 19 se muestra cómo impactan económicamente los procesos de reparación y calidad, notándose claramente que al contar con un WPS el costo de reparación disminuye. Esto debido a que en los trabajos que se realizan después de la implementación del procedimiento deja de ser considerado en los gastos. Así mismo, impacta de manera favorable en el desarrollo de los procesos con que se califica a los soldadores mejorando la habilidad y se elimina el reproceso. También, es preciso mencionar que el WPS no caduca y se implementa por única vez. Obviamente, es revisable y recalificable solo en caso de que haya cambios significativos en las variables esenciales.

A continuación, se muestra la gráfica comparativa generada con base en los datos de las tablas mostradas donde se van a apreciar los valores económicos cuando no se cuenta con un WPS cuya implementación incrementa el costo de reparación.

Gráfica de costos comparativos: antes y después de la implementación del WPS

Siguiente página

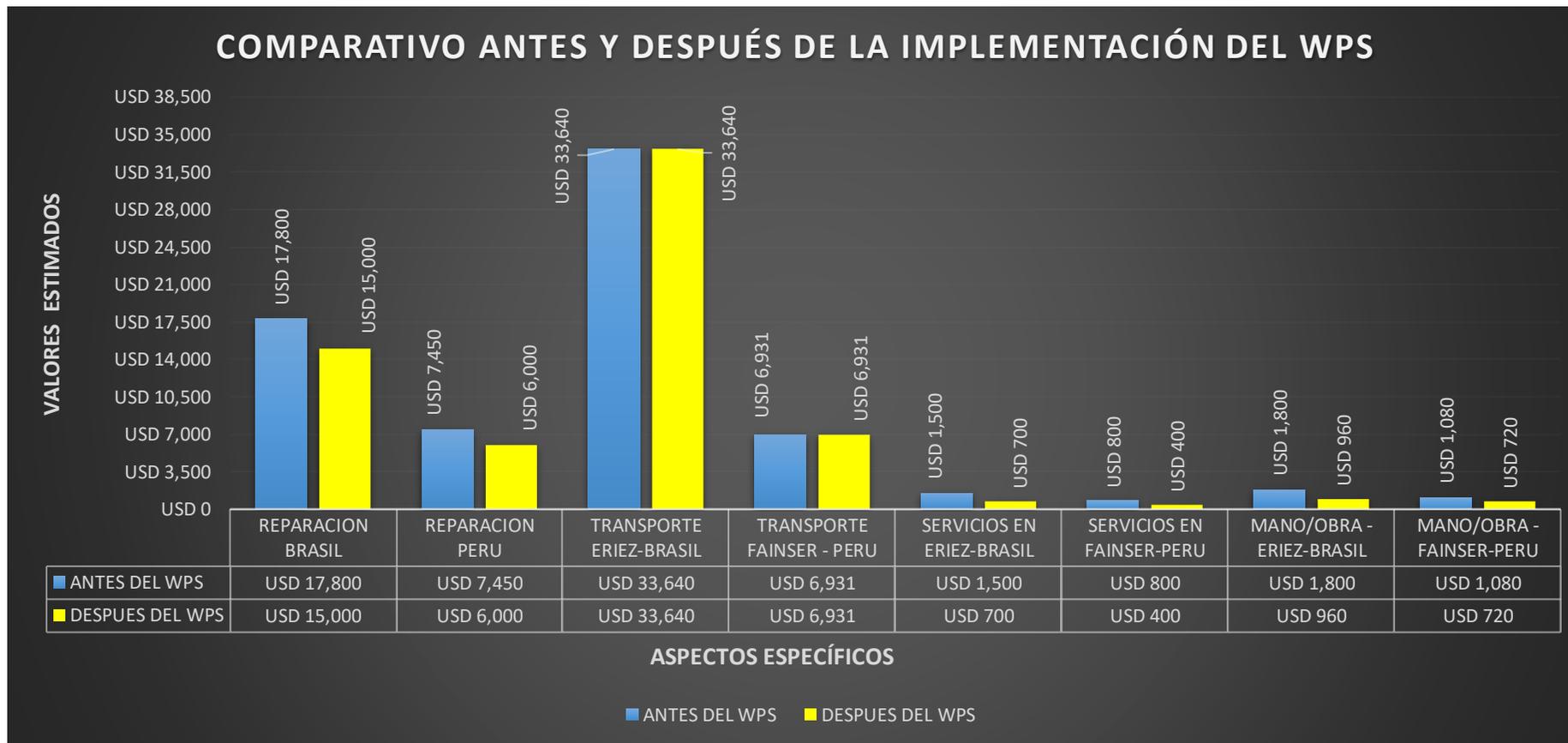


Figura 24. Gráfica comparativa de costos: Antes y después de la implementación del WPS

Como se aprecia en la figura 24, usar el WPS como guía para realizar soldaduras que cumplan con la sanidad y los requerimientos de las normativas en los futuros trabajos impacta en la reducción de gastos e incrementa las ganancias. El costo de prestar el servicio disminuye y permite tener mayor rentabilidad a la empresa que realiza la reparación de cajas Eriez.

CONCLUSIONES

1. La propuesta del procedimiento de soldadura escrita con las variables esenciales bajo el código de calificación ASME Sección IX edición 2019, se usó como guía para soldar el cupón durante el proceso experimental analizando de una manera práctica la soldabilidad del acero al manganeso.
2. Los ensayos no destructivos (END) y pruebas mecánicas de laboratorio realizados a los especímenes del cupón soldado dieron resultados positivos de aceptación, cumplieron los requerimientos dentro de los rangos especificados.
3. Se elaboró y se aprobó el registro de calificación del procedimiento (PQR) que contiene la información real de lo observado durante el proceso de la experimentación incluyendo el compendio de los resultados de los ensayos visual, tinte penetrante, macrografía y dureza.
4. La especificación del procedimiento de soldadura (WPS) para el material ASTM A128 grado C calificado de acuerdo con el ASME IX para ser usado con el estándar ASTM A488. Los pasos del modelo aplicativo y proceso experimental cumplieron con las especificaciones para conseguir el objetivo de este estudio, por lo tanto, el WPS con los rangos y variables esenciales quedó aprobado para ser usado en las reparaciones.
5. Se elaboró el registro de habilidad del soldador (WPQ) como ejecutor del soldeo del cupón y, basado en los resultados de pruebas y ensayos aceptados, quedó automáticamente calificado para usar el presente procedimiento.
6. Con los documentos WPS, PQR y WPQ aprobados queda demostrado que el análisis de la soldabilidad fue logrado con éxito.
7. Lograr aprobar un procedimiento a través del análisis de soldabilidad ha impactado en la mejora documental de la empresa convirtiéndola en una entidad competente.
8. Contar con procedimientos aprobados da el grado de fiabilidad a las organizaciones indican que están capacitadas para enfrentar retos dentro del rubro metalmecánico y ser considerados para obtener la buena pro de un futuro proyecto.

RECOMENDACIONES

1. En la ingeniería, dentro del campo de soldadura, es necesario conocer el uso de estándares, normas y códigos de soldadura, materiales base, materiales de aporte, procesos de soldadura, aplicables a diferentes tipos de materiales y procesos para ser usados en la industria.
2. Se insta a continuar con estudios de soldabilidad a cada nuevo material que se presente en el mercado industrial o según el caso que se presente debido que el campo de soldadura está siendo usado en un porcentaje elevado en los últimos tiempos.
3. Los pasos metodológicos usados en este estudio pueden ser revisados y actualizados a fin de enfocarse en la mejora continua, para ello es necesario que el interesado que se involucre en el tema de soldadura debe tener una capacitación continuada para estar al día de los avances tecnológicos dentro de la metalurgia.
4. Cada empresa debe contar con un departamento de aseguramiento de calidad dirigido por personal competente a fin de gestionar un plan para abordar y evaluar procedimientos y soldadores de acuerdo con lo especificado por las normas de fabricación.
5. Identificar qué factores, además de un plan de mantenimiento pueden influir directamente en la reparación de equipos mineros o dentro de la metalmecánica.
6. Es importante establecer el método para calificar el WPS, PQR y WPQ para demostrar que el análisis de la soldabilidad se logra satisfactoriamente como recomiendan las normativas y buenas prácticas de soldadura.

LISTA DE REFERENCIAS

1. **ASDRUBAL VALENCIA, Giraldo.** El acero Hadfield Revistado. N.º 3, Medellín, Colombia : s.n., 22 de 10 de 2012, *Revista Colombiana de Materiales*, págs. 1-24.
2. **ASTM International.** *ASTM A488/A488M-18e2 Standard Practice for Steel castings, Welding, Qualifications of procedures and Personnel.* West Conshohoken - PA - USA : s.n., 2020.
3. —. *ASTM A128/A128M-19 Standard Specification for Steel Casting, Austenitic Manganese.* West Conshohoken, PA, USA : s.n., 2019.
4. **British Federal Mexico.** British FEederal México | Líder en Tecnología de Soldadura Por Resistencia. [En línea] 6 de Set de 2017. [Citado el: 14 de Oct de 2021.] <https://bfmx.com/soldadura/soldabilidad/>.
5. **Real Academia Española.** Real Academia Española. *RAE.es.* [En línea] 2021. [Citado el: 14 de Oct de 2021.] <https://dle.rae.es/rep%3Bn>.
6. **GARCÍA VILCA, Walter Manuel.** *Fabricación de la muela fija trituradora para chancadora en fundición ferrosa.* Arequipa : s.n., 2019.
7. **LIMAY QUISPE, Leopoldo Daniel.** *Efecto del tiempo de revenido post soldadura sobre la resistencia a la tracción en uniones de acero Hadfield ASTM 128.* Universidad Cesar Vallejo. Lima : s.n., 2020. Tesis.
8. **HUAMANI CHANCAHUAÑA, Shadan.** *Evaluación tecnológica y de costos del recargue por soldadura entre los procesos Smaw y Gmaw en los aceros Hadfield.* Cuzco : Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, 2019. Tesis.
9. **QUISPE MEDINA, Carmen Cinthia; ZÀRATE LEZAMA, Shirley Vanessa.** *Influencia de la dilución en la dureza protector del acero ASTM 128 (Acero Hadfield) con los electrodos Citodur 1000 y Citomangan por el proceso SMAW.* Cusco : s.n., 2019.
10. **BAUTISTA RODRÍGUEZ, Emilio, y otros.** *Resistencia al desgaste en depósitos de soldadura con alto contenido de Cr sobre un acero ASTM A128.* Chiclayo : s.n., 2022.
11. **ASTUDILLO, P. C., y otros.** *Comparative study of the mechanical and tribological properties of a Hadfield and a Fermanal steel.* 2017.
12. **ROSSI, Mauro Daniel, y otros.** *Estudio de aceros al manganeso nitrogenados.* 2017, Ciencia y Tecnología de los Materiales. ISSN 2250-5989.
13. **SABZI, Masoud; FARSAM, Mansour.** *Hadfield manganese austenitic steel: a review of manufacturing processes and properties.* s.l. : IOPscience, 2019. Peper.
14. **PARK, Gitae, JEONG, Seonhoon; LEE, Changhee.** *Soldabilidades por fusión de aceros avanzados con alto contenido de manganeso: una revisión.* Seul : s.n., 2021.
15. **EL FAWKHRY, M. K.** *Viabilidad del nuevo acero Hadfield tratado en cuchara para fines mineros.* Helwan : s.n., 2018.

16. **BLECK, Wolfgang; HAASE, Christian.** *Physical Metallurgy of High Manganese Steels*. Aachen : MDPI, 2019. ISBN 978-3-03921-857-8.
17. **RODRÍGUEZ PÉREZ, Osmundo Héctor.** *Metalurgia de la soldadura*. La Habana : Universitaria, 2013. pág. 59. 978-959-16-2101-6.
18. **Manufacturing Co. Eriez.** Eriez.com. *Eriez Suspended Elctromagnets*. [En línea] 1942. [Citado el: 03 de Oct de 2022.] <https://www.eriez.com/NA/EN/Products/Magnetic-Separation/Electromagnets/Suspended-Electromagnets.htm>.
19. **American Society of Mechanical Engineers.** *Section IX. Welding, Brazing, and Fusing Qualifications*. New York : ASME, 2021.
20. **MOORE, Noel A.** *Non Destructive Hand Book, Third Edition*. Columbus : American Society for Non Destructive Testing, 2008. ISBN-13 978-1-57117-028-6.
21. **Euro Inox.** *The European Stainless Steel Development Association*. Bélgica : Euro Inox, 2012. ISBN 978 2 87997 321 0.
22. **Real Academia de la Lengua Española.** Asociación de Academias de la Lengua Española. [En línea] [Citado el: 9 de Noviembre de 2022.]
23. **ASME.** *ASME B31.1 Power Piping*. New York : ASME, 2020.
24. **APERADOR, W., LIZARAZO, S.; MEJÍA, A.** *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. Bogotá : Publicado por la Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingenier´ia Química A.C, 2013.
25. **Ciencia de los Materiales.** Glosario de Ciencia de los Materiales. *Alicante*. [En línea] [Citado el: 9 de Noviembre de 2022.]
26. **ASME Boiler and Pressure Vessel Code.** *Section IX*. New York : ASME, 2021. págs. 9-401, Code. 56-3934.
27. **Welding of Pipelines and Related Facilities.** *API Standard 1104*. American Petroleum Institute. Washington : API Publishing Services, 2021. págs. 6-162, Standard.
28. **RODRÍGUEZ PÉREZ, Osmundo Héctor.** *Metalurgia de la Soldadura*. La Habana : Universitaria. págs. 22-196. ISBN 978-959-16-2101-6.
29. **American Welding Society.** *Standard Welding Terms and Definitions*. Danvers : AWS, 2020. ISBN PDF 978-1-64322-084-0.
30. **CALDERÓN HUICHO, Yeremi Ángel.** *Elaboración de procedimientos de soldadura(WPS) en aceros aleados aplicables al proyecto de la refinería de Talara*. Lima-Perú : Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. Universidad nacional de San Marcos, 2020. Informe de experiencia profesional para optar el título de Ingeniero metalúrgico.
31. **CHÁVEZ ASCARRUZ, Frnando Roy.** *Elaboración y calificación de un procedimiento de soldadura GMAW para la fabricación de tubería forzada con material ASTM A572 Gr. 50*

Centrales Hidroeléctricas Angel I, II y III Puno. Callao : Universidad Nacional del Callao, 2018.

32. **CASTILLO SIFUENTES, Luis Miguel.** *Evaluación del procedimiento de soldadura para el soldeo del acero SA612 utilizado en la fabricación de tanques de almacenamiento de GLP según ASME IX.* Trujillo : Universidad nacional de Trujillo, 2019.

ANEXOS

Anexo 1

Ficha técnica de cajas Eriez

SE Series 7000

SUSPENDED ELECTROMAGNETS

STANDARD SIZES

MC	Models		Box Dimensions	Watts
	SC-1	SC-2		
7130	7110	7120	24x24x13	1646
7135	7115	7125	30x30x14	2400
7230	7210	7220	30x30x17	2657
7235	7215	7225	36x36x18	3600
7330	7310	7320	36x36x20	3806
7333	7313	7323	42x42x20	4800
7335	7315	7325	42x42x21	4920
7338	7318	7328	42x42x22	5040
7432	7412	7422	48x48x22	6171
7435	7415	7425	48x48x23	6308
7530	7510	7520	48x48x25	6583
7535	7515	7525	54x54x25	7868
7630	7610	7620	54x54x27	8177
7635	7615	7625	60x60x27	9600
7730	7710	7720	60x60x29	9943
7732	7712	7722	60x60x30	10144
7735	7715	7725	66x66x31	11880
7737	7717	7727	66x66x32	12069
7830	7810A	7820A	66x66x33	12257
7835	7815A	7825A	72x72x35	14400
7930	7910A	7920A	72x72x37	14811
Cajon 2 7935	7915A	7925A	78x78x39	17160
Cajon 1 7938	7918A	7928A	84x84x40	19000



Item	Box Dimensions (in.)			Weight		Control	Part No.
	A	B	C	lbs	Kg		
SE-7338	42	42	22	3,035	1,376	50C	136992E
SE-7535	54	54	25	5,800	2,631	10K	137000E

10-DAY ASSEMBLY

7635	60	60	27	9,020	4,091	10K	N/A
7735	66	66	31	12,420	5,633	12.5K	N/A
7835	72	72	35	16,950	7,688	15K	N/A
7935	78	78	39	23,300	10,568	20K	N/A

MANUAL-CLEAN



STOCK REQUIRES ASSEMBLY

Item	DC Volt.	Dimensions (in.)			Weight lbs	Belt Width	Susp. Height	Control	Part No.
		A	B	C					
SE-7328/ 7318	115	87-1/4	63-5/16	33-3/4	4,197	42"	13"	50C	163104
SE-7525/ 7515	115	99-1/4	78-3/8	39-1/4	7,448	54"	17"	10K	150687
SE-7625/ 7615	115	105-1/4	84-5/8	41-5/16	9,736	60"	19"	10K	150694
SE-7928/ 7918	230	133-1/4	120-5/8	58-5/8	30,085	84"	30"	20K	150753

SELF-CLEAN



12 www.eriez.com

Anexo 2
Reporte PT



- Supervisión de proyectos
- Tratamiento Térmico/ Holiday detector
- Ensayos Predictivos/ Correctivos
- Ensayos No Destructivos
- Ventas de Equipos NDT

ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES (PT) A JUNTAS SOLDADAS REPORTE N°					FORMATO: FOR-GES-PT-06			
					Emis.	02/01/11	Rev.	00
					INFORME: INF-GES-3744-021			
					CAJON N°01			
PROYECTO/ OBRA : PIEZA ELECTROMAGNETICA								
CLIENTE : EQUIPOS MAGNETICOS Y VIBRATORIOS S.A.C								
ATENCIÓN : Ing. Miguel A. Zamalloa								
FECHA Y LUGAR EJEC. : Lima, 03 de Marzo del 2021								
NORMA / CÓDIGO		MATERIAL / DIMENSION		LONGITUD DE EVALUACIÓN		LIMPIEZA PREVIA		
Procedimiento : PR-GES-PT-06 ASME V-19 Evaluación : ASME VIII-19		Material : Ac, Manganeso Altura : 2,100 mm. Longitud : 2,140 mm. Ancho :		Junta soldada Perimétrica y soldadura central		Limpiador con solvente		
FABRICANTE / DESIGNACIÓN			PARAMETROS DEL ENSAYO			CLASIF. PENETRANTE/ REVELADOR		
Penetrante : Met-L-Chek VP-31A Limpiador : Met-L-Chek E-59A Revelador : Met-L-Chek D-70			Tiempo : Penetrante 30 minutos Revelador 15 minutos Temperatura : Aplicación en 20 a 25°C Luz visible : >1000 lux Luz ultravioleta : --			Tipo Penetrante : II Método Remoción : C Sensibilidad Penetrante : NA Forma de Removedor : e Clase de Removedor : 2		
N°	DENOMINACIÓN	AREA DE INTERES (mm.)	JUNTA	DISCONTINUIDAD	CALIFICACIÓN	UBICACION (mm)	OBS.	
1	SOLDADURA PERIMETRAL	2,100	J1	EU	No Aceptado	350-380,450-480, 2020-2040	--	
2		2,140	J2	EU	No Aceptado	940-990, 1670-1750, 2020-2050	--	
3		2,140	J3	EU	No Aceptado	130-420, 540-630, 970-1000, 1040-1080, 1170-1330, 1340-1370, 1710-1730, 1980-2000	--	
4	UBICACIÓN JUNTAS SEGUN GRAFICO ITEM A1.1 PARA J1, J2 Y J3.							
5								
6								
7								
8								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
NOMENCLATURAS		S : Seams/ Laps (cicatriz/pliego)		P : Poro aislado				
CT : Craters(crater)		IS : Inclusiones de Escoria		CP : Porosidad Agrupada				
L : Laminations (laminaciones)		EC : Concavidad Externa		LP : Porosidad Alineada				
O : Overlap (solapamiento)		BT : Quemadura		C : Fisuras				
CS : Cold Shuts (restricciones de colada)		IF : Fusión Incompleta		EU : Socavado Externo				
OBS: ---								
NOTA: Nosotros, suscribimos y certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos de los códigos y normas aplicadas, ASME Sección VIII-19 Apéndice 8.								
V°B° Usuario/ propietario Firma y Sello:		V°B° Inspector NDT Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT			V°B° Gerencia Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS QWI API 653 - 510 - 570			

INF-GES-3744-021

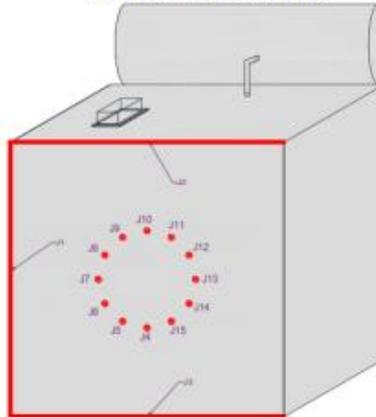
Pág.11 de 31

Teléf.: (01) 354-4198 Cel. 957810905 / 987762168
ventas@global-peru.com gessac@hotmail.com
www.global-peru.com
Calle Federic Chopin N° 132, Int. 2, Urb. Los Productores, Santa Anita - Lima - Lima

- Supervisión de proyectos
- Tratamiento Térmico/ Holiday detector
- Ensayos Predictivos/ Correctivos
- Ensayos No Destructivos
- Ventas de Equipos NDT

A1.1 REGISTRO GRAFICO PIEZA ELECTROMAGNETICA

La grafica inferior ilustra las juntas soldadas verificadas por Líquidos Penetrantes

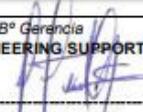


— ● Zona verificada

A1.2 REGISTRO FOTOGRAFICO PIEZA ELECTROMAGNETICA

Las fotografías inferiores ilustran la fase de inspección de líquidos penetrantes de la junta soldada

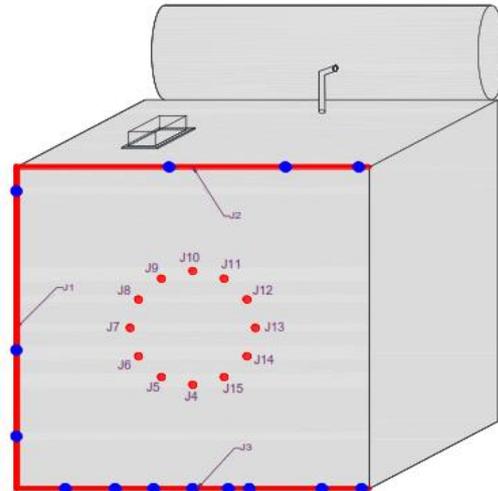


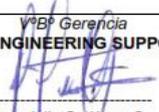
<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Garantía GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-RT-MT-UT-RT-LT AWS CW1 / API 653 – 510 - 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.7 de 31

REGISTRO GRAFICO -FOTOGRAFICO J1 CON DEFECTOS DE SOLDADURA

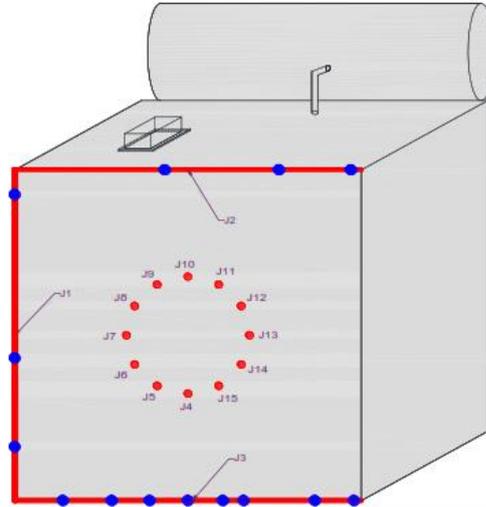


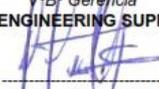
<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 - 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.8 de 31

REGISTRO GRAFICO –FOTOGRAFICO J2 CON DEFECTOS DE SOLDADURA

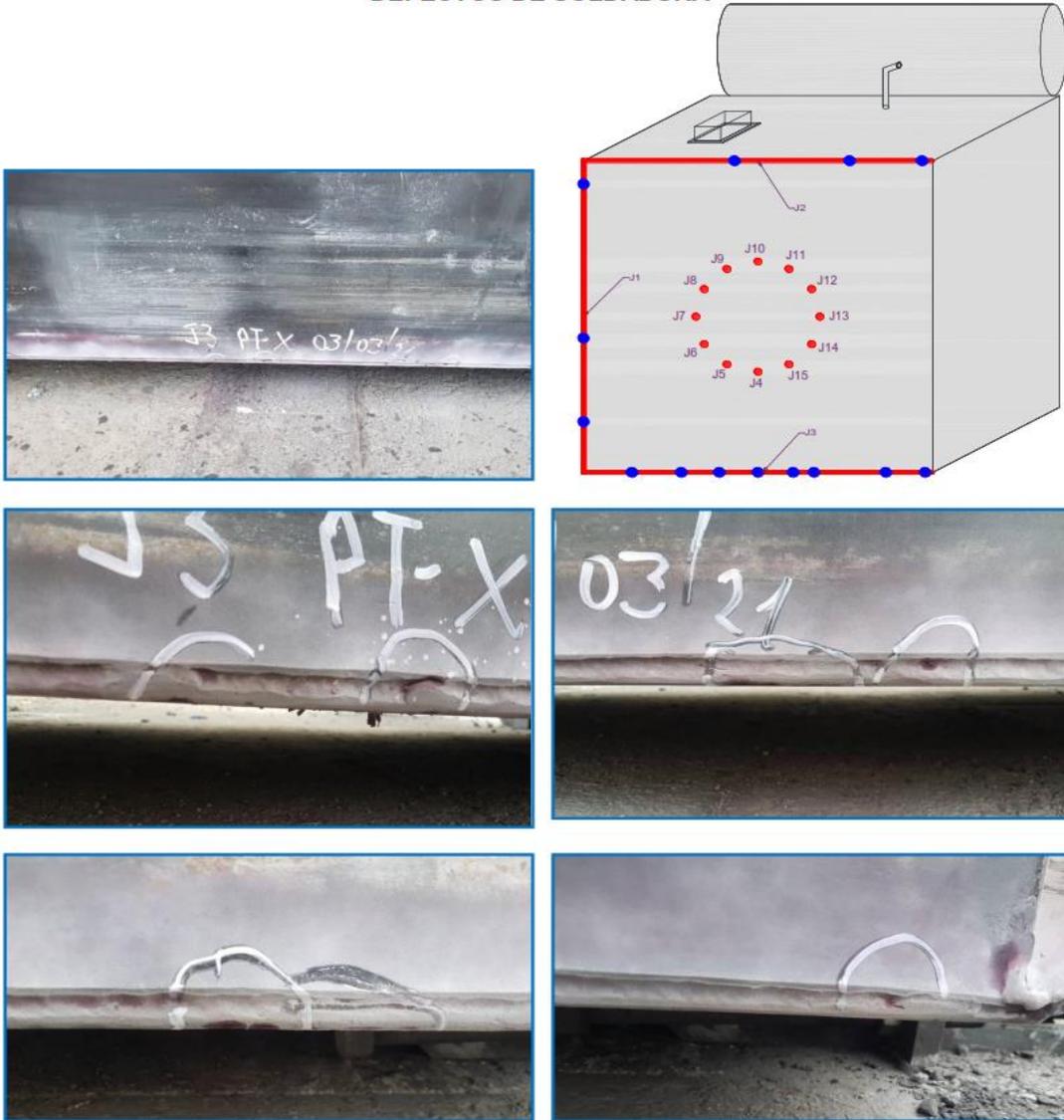


<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 - 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.9 de 31

REGISTRO GRAFICO –FOTOGRAFICO J3 CON DEFECTOS DE SOLDADURA

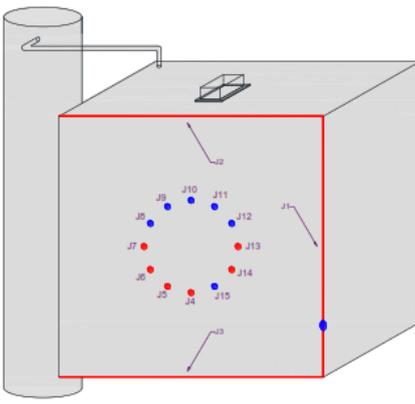


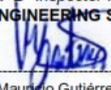
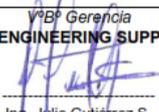
<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 – 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.10 de 31

- Supervisión de proyectos
- Tratamiento Térmico/ Holiday detector
- Ensayos Predictivos/ Correctivos
- Ensayos No Destructivos
- Ventas de Equipos NDT

ENSAYO DE LÍQUIDOS PENETRANTES (PT) A JUNTAS SOLDADAS REPORTE N° 07				FORMATO: FOR-GES-PT-06			
		Emis. 02/01/11		Rev. 00			
				INFORME: INF-GES-3744-021			
				CAJON N°02			
PROYECTO/ OBRA		: PIEZA ELECTROMAGNETICA					
CLIENTE		: EQUIPOS MAGNETICOS Y VIBRATORIOS S.A.C					
ATENCIÓN		: Ing. Miguel A. Zamalloa					
FECHA Y LUGAR EJEC.		: Lima, 03 de Marzo del 2021					
<u>NORMA / CÓDIGO</u>		<u>MATERIAL /DIMENSION</u>		<u>LONGITUD DE EVALUACIÓN</u>		<u>LIMPIEZA PREVIA</u>	
Procedimiento : PR-GES-PT-06 ASME V-19 Evaluación : ASME VIII-19		Material : Ac, Manganeso Altura : 1,980 mm. Longitud : 1,970 mm. Ancho : 970 mm.		Junta soldada Perimétrica y soldadura central		Limpiador con solvente	
<u>FABRICANTE / DESIGNACIÓN</u>		<u>PARÁMETROS DEL ENSAYO</u>		<u>CLASIF. PENETRANTE/ REVELADOR</u>			
Penetrante :Met-L-Chek VP-31A Limpiador :Met-L-Chek E-59A Revelador :Met-L-Chek D-70		Tiempo : Penetrante 30 minutos Revelador 15 minutos Temperatura : Aplicación en 20 a 25°C Luz visible : > 1000 lux Luz ultravioleta : --		Tipo Penetrante : II Método Remoción : C Sensibilidad Penetrante : NA Forma de Removedor : e Clase de Removedor : 2			
N°	DENOMINACIÓN	AREA DE INTERES (mm.)	JUNTA	DISCONTINUIDAD	CALIFICACIÓN	UBICACION (mm)	OBS.
1	SOLDADURA PERIMETRAL	1,980	J1	LP	No Aceptado	400-460	--
2		1,970	J2	--	Aceptado	--	--
3		1,970	J3	--	Aceptado	--	--
4	 <p>— ZONA VERIFICADA</p> <p>● ZONA CON DEFECTO</p>						
5							
6							
7							
8							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
NOMENCLATURAS		S : Seams/ Laps (cicatriz/pliego)		P : Poro aislado			
CT : Craters(crater)		IS : Inclusiones de Escoria		CP : Porosidad Agrupada			
L : Laminations (laminaciones)		EC : Concavidad Externa		LP : Porosidad Alineada			
O : Overlap (solapamiento)		BT : Quemadura		C : Fisuras			
CS : Cold Shuts (restricciones de colada)		IF : Fusión Incompleta		EU : Socavado Externo			
OBS: ---							
NOTA: Nosotros, suscribimos y certificamos que las declaraciones en este registro son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos de los códigos y normas aplicadas, ASME Sección VIII-19 Append 8.							

VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:	VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT	VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 - 570
---	--	---

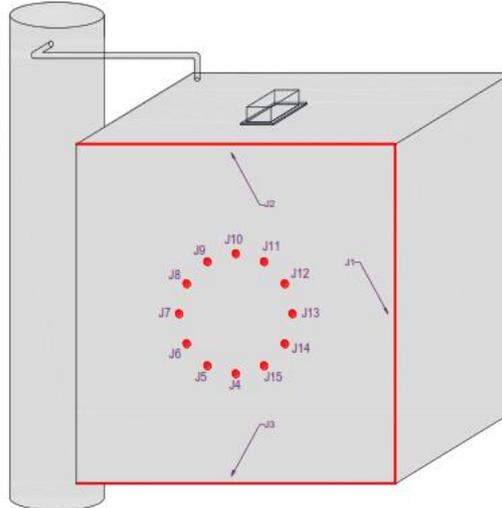
INF-GES-3744-021

Pág.23 de 31

- Supervisión de proyectos
- Tratamiento Térmico/ Holiday detector
- Ensayos Predictivos/ Correctivos
- Ensayos No Destructivos
- Ventas de Equipos NDT

A3.1 REGISTRO GRAFICO PIEZA ELECTROMAGNETICA

La grafica inferior ilustra las juntas soldadas verificadas

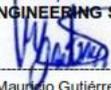


—● Zona verificada

A3.2 REGISTRO FOTOGRAFICO PIEZA ELECTROMAGNETICA

Las fotografías inferiores ilustran la fase de inspección de líquidos penetrantes de la junta soldada del Cajón N° 02



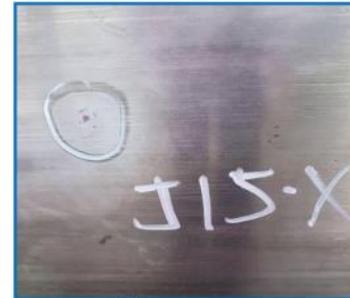
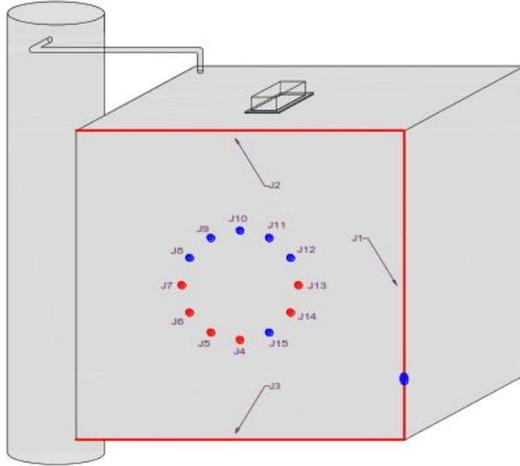
<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 - 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.21 de 31

- Supervisión de proyectos
- Tratamiento Térmico/ Holiday detector
- Ensayos Predictivos/ Correctivos
- Ensayos No Destructivos
- Ventas de Equipos NDT

**REGISTRO GRAFICO –FOTOGRAFICO SOLDADURA
PÉRIMETRAL Y CENTRAL CON DEFECTOS DE SOLDADURA**



<p>VºBº Usuario/ propietario Firma y Sello:</p>	<p>VºBº Inspector NDT GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Mauricio Gutiérrez S. Inspector NDT NDT level II SNT-TC-1A RT, UT, PT MT, VT, LT</p>	<p>VºBº Gerencia GLOBAL ENGINEERING SUPPORT SAC  Ing. Julio Gutiérrez S. ASNT NDT LEVEL III N° 237298 VT-PT-MT-UT-RT-LT AWS CWI / API 653 – 510 - 570</p>
---	--	---

INF-GES-3744-021

Pág.22 de 31

Anexo 3

Informe Técnico de Calidad ITC-N.º 2021-0021



INFORME TECNICO DE CALIDAD
ITC - N°: 2021-0021

REPORTE DE ANALISIS QUIMICO

Cliente : FAINSER S.A.C. **Material** : ASTM A128 Gr. C
Orden Compra : 1004-21 **Lote** : 03 und
Fecha : 13 de agosto de 2021

Ítem	Descripción	Cant.
1	PLATINA DE MANGANESO 100x280x15MM	3

DATOS DE LA COLADA						
ELEMENTOS	ESPECIFICADO ASTM A 128 Gr. C	COLADA	COLADA	COLADA	COLADA	COLADA
C	1.05 – 1.30	1.20	----	----	----	----
Si	1.00 Max.	0.70	----	----	----	----
Mn	11.50 – 14.00	14.00	----	----	----	----
Cr	1.50 – 2.50	1.87	----	----	----	----
P	0.070 Max.	0.020	----	----	----	----
S	0.040 Max.	0.0230	----	----	----	----

Conclusiones:

Los valores encontrados en el análisis químico de la muestra, se encuentran dentro de lo especificado, según norma.

Ing. Jhony Cabrera Reque
 Jefe de Control de Calidad

Anexo 4
Reporte PT de cupón soldado

 INSPECTRONIC BUSINESS S.A.C. Ingeniería - Calidad & Eficiencia	REPORTE TECNICO DE INSPECCION TINTE PENETRANTE VISIBLE	Nº DE INFORME	
		PT – 101/P-25-2021	
		FECHA: 20 08 21	Pág. 1 de 1
Nº DE INFORME	PT – 201/P-25-2021		
EMPRESA SOLICITANTE	FAINSER SAC		
CLIENTE FINAL			
ENSAYO SOLICITADO POR	ING.		
METAL BASE O MUESTRA	ASTM A 128 Gr C		
MUESTRAS ENSAYADAS	01 ESPÉCIMEN		
ENSAYO SOLICITADO I	TINTE PENETRANTE VISIBLE		
ENSAYO SOLICITADO II	---		
CODIGO O NORMA UTILIZADA (REFERENCIAL):	ASTM A488		
FECHA DE ENSAYO	20 08 2021		
FECHA DE EMISION DE INFORME	21 08 2021		
NOMBRE DE SOLDADOR	ALFREDO ROJAS CARBAJAL, DNI: 41435848		
OBSERVACIONES	NINGUNA INDICACION RELEVANTE		
			
 OLMER E. MANCHAY SANCHEZ LEVEL II SNT TC-1A VI			
Dirección: Of. Calle las Begonias # 177 Urb. El Ermitaño - Independencia, Lima – Perú. Telef.: 608-6450 Cel.: 99625-3825 / 975 190520 E-mail: inspectronic@yahoo.es / operaciones@inspectronic.com / administracion@inspectronic.com			

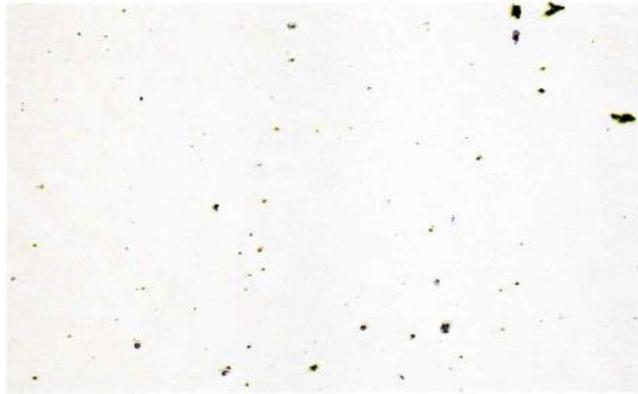
Anexo 5

Informe técnico N.º Lb4-0430-2021- Laboratorio de Mecánica N.º 4

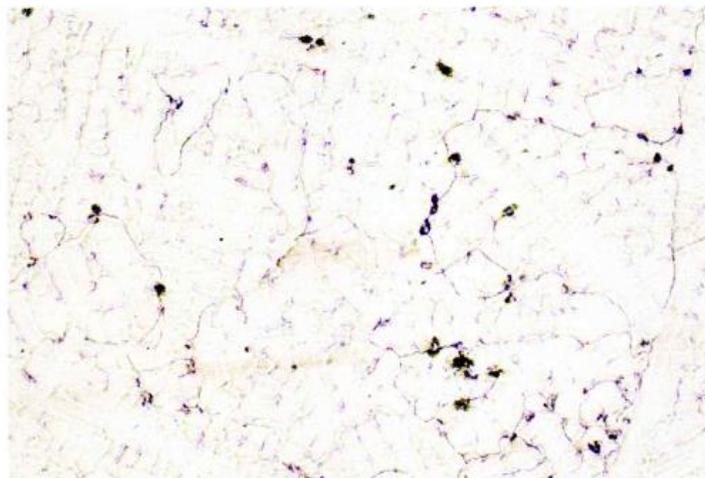


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

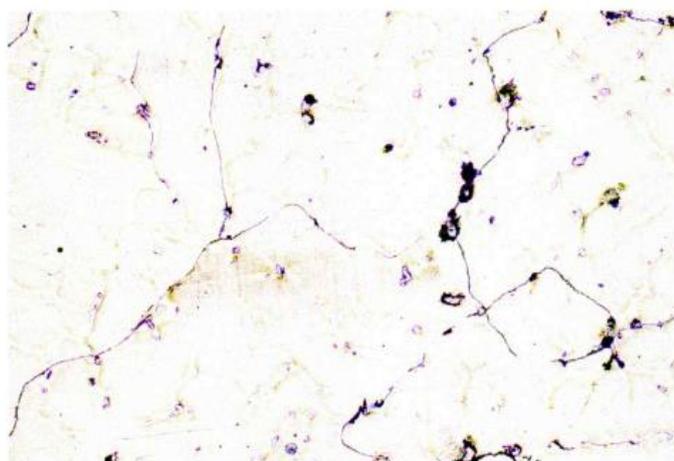
Facultad de Ingeniería Mecánica
Laboratorio de Mecánica N° 4

<u>INFORME TECNICO</u> <u>Lb4 - 0430 - 2021</u>	
ANÁLISIS METALOGRAFICO A ACERO AL MANGANESO	
<p>* SOLICITANTE : DEMETRIO RODRIGUEZ MERCEDES * REFERENCIA : Orden de Laboratorio N° 107237 * FECHA : Lima, 22 de setiembre de 2021</p>	
1. ANTECEDENTES	<p>Se recibió una (01) muestra de acero al manganeso, con la finalidad de realizar lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Análisis Metalográfico
2. DE LA MUESTRA	<p>Se identificó según el cliente, como:</p> <p>Una (01) muestra de acero al manganeso ASTM A128 Gr.C, de características:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Dimensionado : 32 mm x 75 mm x 10 mm * Proyecto : Tesis - Soldabilidad de aceros al manganeso
3. EQUIPOS UTILIZADOS	<ul style="list-style-type: none"> * Equipo de desbaste y pulido mecánico * Microscopio Metalografico invertido Marca Nikon, modelo MA 100
4. CONDICIONES DE ENSAYO	<ul style="list-style-type: none"> * T. : 17 °C * H.R. : 94 %
5. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO	<ul style="list-style-type: none"> * Norma ASTM E3
6.	<p>RESULTADOS</p> <p>6.1 Preparación de la muestra</p> <p>La muestra se sometio a un desbaste en la superficie indicada por el cliente con papeles abrasivos de granos cada vez más finos luego se realizo el pulido final con alumina de 1 µm y de 0.5 µm.</p> <p>Para revelar la microestructura se efectúa el ataque químico por inmersión en nital al 5% y durante 10 segundos.</p> <p>6.2 Observaciones al Microscopio</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Microfotografía a x50 de la muestra pulida se observa pequeños poros cantidades de inclusiones no significativas.</p>





Microfotografía a x50 con ataque químico, se observa una microestructura austenítica con formación de carburos en los límites de grano y de otras áreas interdendríticas.



Microfotografía a x100 se observa una microestructura austenítica con precipitación de carburos, distribuidos en grupos, en el borde del grano y en el interior del grano.

7.	CONCLUSIÓN	<ul style="list-style-type: none">• La muestra corresponde a un acero de matriz austenítica al manganeso• La muestra no tiene tratamiento térmico y presenta una microestructura basta de colada.• No se observan fisuras ni pequeños poros• El nivel de inclusiones no metálicas es aceptable.
* Código de autenticación: DCCCCVII (CXI DCCCI, CXI DCCII) CDXXX CCGXCV SAMP JUÑO		



Winston Aceijas Pajares
MSC. ING. WINSTON ACEIJAS PAJARES
CIP: 34882
Jefe del Laboratorio de Mecánica - Lab. N° 4

Anexo 6

Informe técnico N.º 0909-21-LABICER



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0909 - 21 - LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL CLIENTE : DEMETRIO RODRIGUEZ MERCEDES
 - 1.2 D.N.I. : 09891084
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 07 / 09 / 2021
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 08 / 09 / 2021
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 09 / 09 / 2021
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : ANÁLISIS CUANTITATIVO DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA MUESTRA DE ACERO AL MANGANESO
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 IDENTIFICACION DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE ACERO AL MANGANESO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 21.5°C; Humedad relativa: 65 %
7. **EQUIPO UTILIZADO** : Espectrómetro de Emisión Atómica de Descarga Luminiscente. LECO, GDS900.
8. **RESULTADOS**

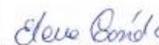
ELEMENTO	RESULTADOS, % ⁽¹⁾	MÉTODO UTILIZADO
Carbono, C	1.29	Espectrometría de emisión atómica de descarga luminiscente.
Manganeso, Mn	14.3	
Silicio, Si	0.608	
Níquel, Ni	0.0745	
Cromo, Cr	1.45	
Fósforo, P	0.0381	
Azufre, S	0.0071	
Vanadio, V	0.0205	
Molibdeno, Mo	0.126	
Cobre, Cu	0.0922	
Titanio, Ti	0.00734	
Aluminio, Al	0.0446	
Boro, B	0.00223	
Cobalto, Co	0.0198	
Niobio, Nb	0.0152	
Wolframio, W	0.032	
Plomo, Pb	0.011	
Estaño, Sn	0.0302	
Circonio, Zr	0.02	
Hierro, Fe	81.7	
Tántalo, Ta	0.0397	

⁽¹⁾ Resultado promedio de 05 mediciones.

9. **VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO**
El Informe técnico es válido sólo para la muestra y las condiciones indicadas en el ítem uno (1) y cuatro (4) del presente informe técnico.


Bach. Natalia Quispe
Analista Químico
LABICER – UNI




M.Sc. Elena A. Córdova Cuyubamba
Responsable de análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 793

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

Anexo 7
Reporte de Inspección Visual

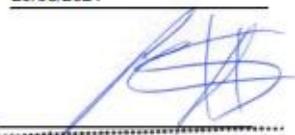
	REGISTRO DE INSPECCIÓN VISUAL		VT – 101/V-12-2021	
			HOJA:	xxxx de 1
			EMISIÓN:	20/08/21
			REVISIÓN:	1

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION	ILUMINACION								
Cupón de Acero al Manganeso, soldadura de recargue	INS-VT-ASME IX/0016	NATURAL								
PLANO DE REFERENCIA	CRITERIOS DE ACEPTACION									
N/A	ASME IX									
Instrumento Empleado										
Instrumento: Bridge Cam Welding	Marca: G.A.L. Gage	Certificado de Calibración N°: LL-267-2021								
Identificación : CL-1291		Fecha de Calibración: 15-02-2021								
Esquema de Juntas										
DETALLE DEL CUPON: 150mm de largo, 96mm de ancho 15mm de espesor.										
DETALLE DE LA SOLDADURA: 43mm de ancho 11mm de altura.										
Junta	Módulo	Estampa	WPS	Fecha de Inspección	Cateto de Soldadura (mm)		Resultado de Inspección			Resultado Final
					Nominal	Real	Aceptado	Reparar	Defecto	
J-1	NA	ARC	WPS 002-21	20/08/21	NA	NA	SI	---	---	OK
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nomenclatura de Defectos:										
L: Limpieza.		SC: Socavado.		T: Traslape.		E: Escoria.				
F: Fisura.		PA: Porosidad Agrupada.		OL: Overlap.		ER: Exceso de Refuerzo.				
FF: Falta de Fusión.		FC: Fisura de Cráter.		HL: High Low.		S: Salpicadura.				
LA: Laminación.		R: Refuerzo.		FA: Falta de Acabado.		GA: Golpe de Arco.				
Observaciones: <u>No se aprecia discontinuidades. Los cordones de soldadura están depositados de forma uniforme.</u>										
APROBACIÓN:										
Inspector Nivel II: Nombre: <u>Olmer Manchay</u> Fecha: <u>20/08/2021</u>					Supervisión: Nombre: <u>Ing. Federico Ponce</u> Fecha: <u>20/08/2021</u>					
Firma:  OLMER E MANCHAY SANCHEZ LEVEL II SNT TC-1A VI					Firma:   Federico Ponce CWI 16012821 QC1 EXP. 1/1/2022					

Anexo 8

Reporte de Inspección por Tintes Penetrantes coloreados

	REGISTRO DE INSPECCION POR TINTE PENETRANTE					PT – 201/P-25-2021	
						HOJA:	xxx de 1
						EMISIÓN:	20/08/21
						REVISIÓN:	1

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO	PROCEDIMIENTO DE INSPECCION	ILUMINACION								
Cupón de Acero al Manganeso, soldadura de recargue	INS-PT-ASME IX/0015	NATURAL								
PLANO DE REFERENCIA	CRITERIOS DE ACEPTACION									
N/A	ASTM E 165									
Instrumento Empleado										
Kit: Elemento 1 TINTE PENETRANTE SKL-SP1	Kit: Elemento 2 REMOVEDOR SKC-S	Kit: Elemento 3 REVELADOR SKD-S2								
MARCA : SPOTCHECK DE MAGNAFLUX		T° AMBIENTE: 25 °C								
Esquema de Juntas										
DETALLE DEL CUPON: 150mm de largo, 96mm de ancho 15mm de espesor.										
DETALLE DE LA SOLDADURA: 43mm de ancho 11mm de altura.										
Junta	Módulo	Estampa	WPS	Fecha de Inspección	Cateto de Soldadura (mm)		Resultado de Inspección			Resultado Final
					Nominal	Real	Aceptado	Reparar	Defecto	
J-1	NA	ARC	WPS 002-21	20/08/21	NA	NA	SI	---	---	OK
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
Nomenclatura de Defectos:										
L: Limpieza.		SC: Socavado.		T: Traslape.		E: Escoria.				
F: Fisura.		PA: Porosidad Agrupada.		OL: Overlap.		ER: Exceso de Refuerzo.				
FF: Falta de Fusión.		FC: Fisura de Cráter.		HL: High Low.		S: Salpicadura.				
LA: Laminación.		R: Refuerzo.		FA: Falta de Acabado.		GA: Golpe de Arco.				
Observaciones: <i>No se aprecia discontinuidades después de aplicar el revelador.</i>										
APROBACIÓN:										
Inspector Nivel II:					Supervisión:					
Nombre: <u>Olmer Manchay</u>					Nombre: <u>Ing. Federico Ponce</u>					
Fecha: <u>20/08/2021</u>					Fecha: <u>20/08/2021</u>					
Firma:  OLMER E MANCHAY SANCHEZ LEVEL II SNT TC-1A VI					Firma:   Federico Ponce CWI 16012821 QC1 EXP. 1/1/2022					

Anexo 9

Informe Técnico N.º FS-003/M-01-2021

 INSPECTRONIC BUSINESS S.R.O. Ingeniería - Calidad & Eficiencia	REPORTE DE MACROGRAFIA	Nº DE INFORME
		FS - 003/M-01-2021

INFORME TECNICO N° FS-003/M-01-2021

**ENSAYO DE MACROGRAFIA
(REPORTE DE LABORATORIO)**

REQUERIDO POR : FAINSER PERU SAC

ANALIZADO POR : OLMER MANCHAY SANCHEZ.
LEVEL II UT/ SNT – TC -1A

ELEMENTO A ANALIZAR: PROBETA ASTM A128 Gr.C , con Soldadura de recargue

FECHA DE EJECUCION : INDEPENDENCIA, 25 de Agosto del 2021.

OBJETIVO

Realizar el Ensayo de Macrografía a 02 caras de la sección transversal de la probeta de Material base Acero al Manganeso ASTM A128 Gr.C, con soldadura de recargue de acuerdo a la Tabla QW-453, Hard facing overlay (wear resistant) ASME SECCION IX 2021, para determinar o descartar la posible existencia de fisuras y falta de fusión en la soldadura de recargue.

ALCANCE

- Condición de muestra: Visualmente Aceptable
- La muestra fue proporcionada por el cliente e identificado como:
 - ✓ Nombre del soldador: ALFREDO ROJAS CARBAJAL
 - ✓ DNI: 41435848
 - ✓ ESTAMPA: ARC
- Tipo de Material: ASTM A128 Gr.C
- Tipo de unión: Soldadura de recargue
- Posición y proceso de soldeo: 1G, SMAW
- Nombre Comercial Material de Aporte: UTP 720-A


OLMER E. MANCHAY SANCHEZ
LEVEL II SNT TC-1A VI

Dirección: Of. Calle las Begonias # 177 Urb. El Ermitaño - Independencia, Lima – Perú. Telef.: 608-6450 Cel.: 99625-3825 / 975 190520
E-mail: inspeccionib@yahoo.es / operaciones@inspeccionib.com / administracion@inspeccionib.com



ZONA ANALIZADA:

SECCION: Sección transversal

PREPARACION DE LA SUPERFICIE: Mecánica

REACTIVO DE ATAQUE QUIMICO: Nital 10%

OBSERVACIONES MACROGRAFICAS:

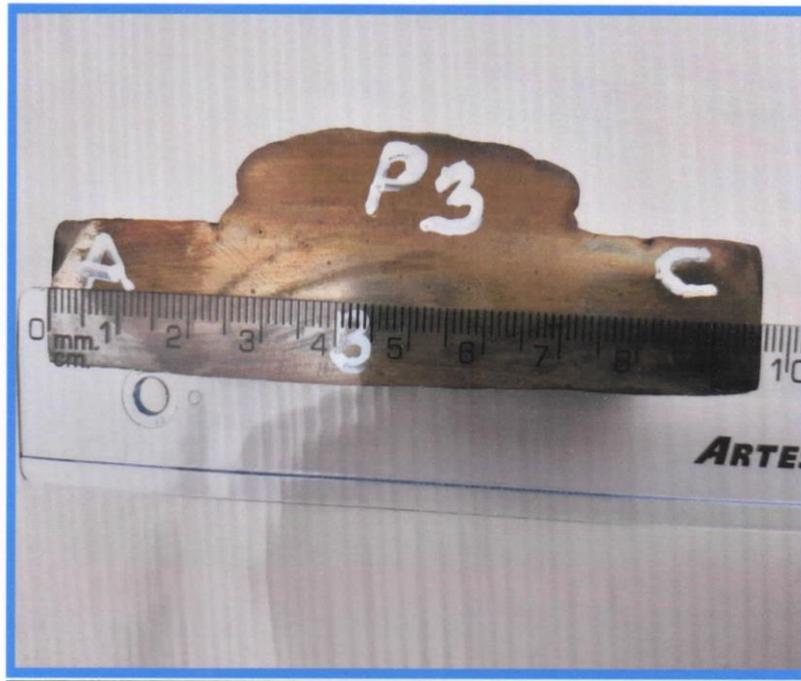
Las secciones de las probetas de acero al manganeso ASTM A128 Gr.C con soldadura de recargue para el PQR 002-21, son mostrados en las Macrofotografías N°1 y N°2.

IDENTIFICACION DE PROBETA	Nº FOTO	RESULTADO	OBSERVACIONES
P3	Macrofotografía N° 1	ACEPTABLE	Presenta fusión completa entre el metal base y el metal de aporte, fusión completa entre pases de soldadura. No se detecta presencia de fisuras.
P3(ESPEJO)	Macrofotografía N° 2	ACEPTABLE	Presenta fusión completa entre el metal base y el metal de aporte, fusión completa entre pases de soldadura. No se detecta presencia de fisuras.


OLMER E. MANCHAY SANCHEZ
LEVEL II SNT TC-1A VI



REGISTRO MACROGRAFICO



MACROFOTOGRAFIA Nº1

OLMER E MANCHAY SANCHEZ
LEVEL II SNT TC-IA VI



REGISTRO MACROGRAFICO



MACROFOTOGRAFIA Nº1


OLMER E. MANCHAY SANCHEZ
LEVEL II SNT TC-1A VI

Anexo 10

Reporte de Dureza N.º FS-001/D-01-2021

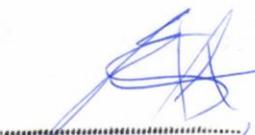
	REPORTE DE DUREZA	Nº DE INFORME
	REPORT HARDNESS TESTER	FS - 001/D-01-2021

CLIENTE	: FAINSER PERU S.A.C
ATENCIÓN	: Jesús Alberto Vásquez
ASUNTO	: Inspección por DUROMETRIA a Probetas ASTM A128 Gr.C con Soldadura de recargue
ANALISTA	: SUP. Olmer Manchay Sánchez LEVEL II UT/ SNT - TC -1A
Lugar y Fecha de ejecución	: Independencia 25 / 08 / 2021

I.- ANTECEDENTES:

- A solicitud del cliente se realizó la Inspección Por Durometria a Probetas ASTM A 128 Gr.C con soldadura de recargue (PQR-002-21)
- La inspección se realizó al material base, a la ZAC y a la soldadura.

Elemento	Tipo de material
Probeta P2	ASTM A128 Gr C
Probeta P3	ASTM A128 Gr.C


OLMER E. MANCHAY SANCHEZ
 LEVEL II SNT TC-1A VI

II.- OBJETIVO:

- Determinar la Dureza nominal del material de Análisis- básicamente en el material base, las uniones soldadas y zona ZAC.

III.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL ELEMENTO INSPECCIONADO

UNIDAD INSPECCIONADA	PROBETAS SOLDADAS CON SOLDADURA DE RECARGUE
MATERIAL BASE	ACERO ASTM 128 Gr C
ZONAS INSPECCIONADAS	UNIONES SOLDADAS, MATERIAL BASE Y ZONA ZAC
CONDICION DE LA PROBETA	VISUALMENTE EN BUEN ESTADO



La distribución y ubicación de los puntos para la inspección por DUREZA fueron seleccionadas teniendo en cuenta el funcionamiento, escogiéndose los puntos (en la zona ZAC, la soldadura y material base de los mencionados elementos, Tabla QW - 453, ASME IX 2021- Hard Facing Overlay (Wear - Resistant) .

IV.- PROCEDIMIENTO

- **ASTM A-370:** Standard Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products
- **ASTM E-10:** Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials.
- Se realizó una inspección por muestreo de acuerdo con las zonas más críticas. Se consideró los puntos necesarios y estratégicos para conocer el estado actual de Dureza en las zonas de interés.
- La identificación de las zonas de soldeo a inspeccionar.

V.- EQUIPO UTILIZADO:

- TH160 Hardness Tester

VI.- CONDICIONES DEL ENSAYO.

- Temperatura Ambiente
- Buena limpieza en las zonas sometidas a medición.

VII.- RESULTADOS:

- Los resultados de la medición de dureza se muestran en la escala Brinell HB, detallados en la tabla I y II anexo al presente informe.

VIII.- CONCLUSIONES:

- En general las mediciones de durezas efectuadas en las zonas de la soldadura, el metal base y zonas ZAC están dentro de lo esperado de acuerdo con lo requerido por el cliente.


OLIVER E. MANCHAY SANCHE.
LEVEL II SNT TC-1A VI



TABLA I. Medidas de Dureza (Probeta P3)

MEDIDA DE DUREZA		
ZONA DE UBICACION	MEDIDA PROMEDIO (HB)	CARACTERISTICA DE LA ZONA EVALUADA
Z - A	192, 195, 193	Metal base
Z - C	195, 196, 194	Metal Base
Z - B	204, 205, 204	ZAC
Z - S	202, 203, 201	Cordones de Soldadura

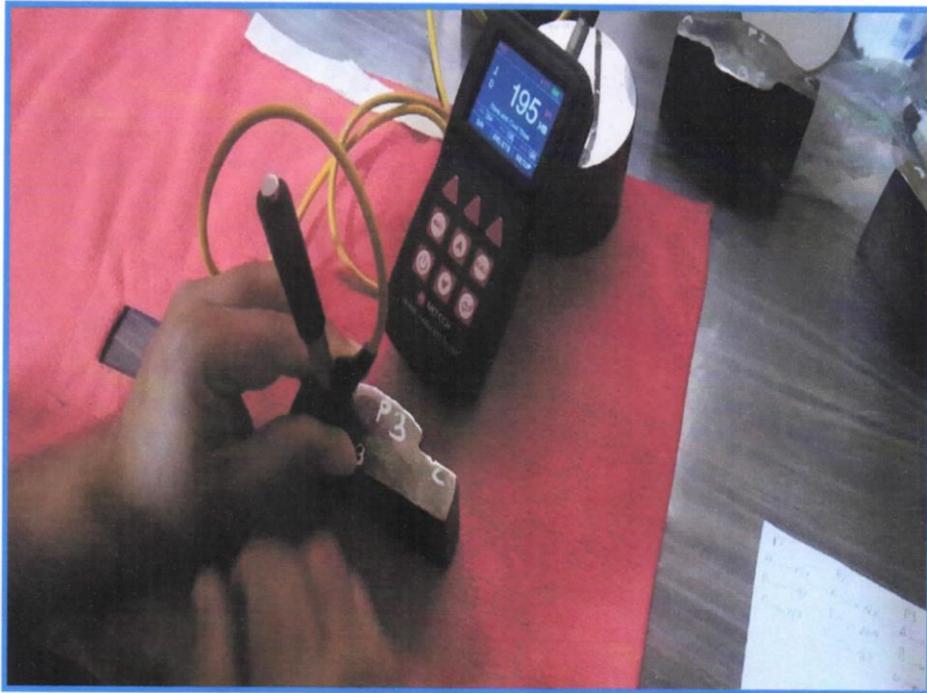
TABLA II. Medidas de Dureza (Probeta P3 - ESPEJO)

MEDIDA DE DUREZA		
ZONA DE UBICACION	MEDIDA PROMEDIO (HB)	CARACTERISTICA DE LA ZONA EVALUADA
Z - A	197, 196, 195	Metal base
Z - C	199, 198, 197	Metal Base
Z - B	205, 206, 206	ZAC
Z - S	201,203, 203	Cordones de Soldadura


OLMER E MANCHAY SANCHE
LEVEL II SNT TC-1A VI



REGISTRO FOTOGRAFICO



Independencia 25 de agosto 2021


OLMER E MANCHAY SANCHEZ
LEVEL II SNT TC-1A VI

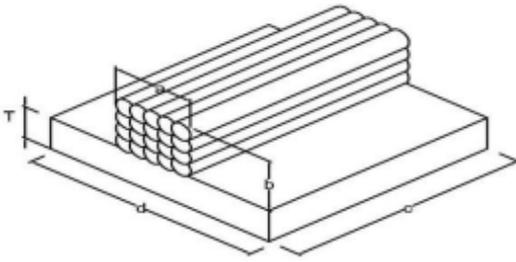
Anexo 11
Siglas usadas en la tesis

ASNT	American Society for Non-Destructive Testing (Sociedad americana para los ensayos no destructivos).
ASTM	American Society for Testing Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
BCC	Body Centered Cubic (Cúbica centrada en el cuerpo)
CWI	Certified Welding Inspector (Inspector de soldadura certificado).
END	Ensayos No Destructivos.
FCC	Face Centered Cubic (Cúbica central en las caras).
FSS	Florida Structural Steel (Acero estructural de Florida)
GMAW	Gas Metal Arc Welding (Proceso de soldadura por arco de metal con gas).
MT	Magnetic Test (Ensayo por partículas magnéticas)
NDT	Non-Destructive Testing (END: Ensayos no destructivos)
PQR	Procedure Qualification Record (Registro de la calificación del Procedimiento).
PT	Penetrant Test (Ensayo por tintes penetrantes)
QA/QC	Quality Assurance /Quality Control (Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad)
SMAW	Shielded Metal Arc Welding (Proceso de soldadura por arco manual con electrodo revestido)
UNI	Universidad Nacional de Ingeniería
VT	Visual Testing (Inspección visual)
WPQ	Welder Performance Qualification (Calificación de la habilidad del soldador)
WPS	Welding Procedure Specification (Especificación del procedimiento de soldadura).
ZAC	Zona Afectada por el calor.
ZIT	Zona de Influencia Térmica

Anexo 12

Registro de calificación del procedimiento (PQR)

	REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)		PQR-FAINSER	
	(De acuerdo con ASME Sección IX-2021)		HOJA:	1 de 2
	(Table QW-453 Hard Facing Overlay (Wear – Resistant))		EMISION:	25/08/2021
			REVISION:	1

QW-482 – REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR)				
Nombre de la compañía: <u>FAINSER PERU SAC</u>		Por: <u>Ing. Jesús Vásquez Flores</u>		
Calificación de Procedimiento (PQR) No.: <u>PQR 002-21</u>		Fecha: <u>25/08/2021</u>		
WPS N°. <u>Para calificar WPS 002 - 21</u>				
Proceso(s) de soldadura: <u>SMAW</u>		Tipo: <u>MANUAL</u>		
		SOLDADURA DE RECARGUE a = 43mm b = 11 mm c = 150mm d = 96mm T = 15mm		
METAL BASE (QW-403)		TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)		
Especificación material <u>ASTM A128</u>		Temperatura	<u>PWHT no realizado</u>	
Tipo o grado <u>Grado C</u>		Tiempo	---	
P – N° <u>1</u> a P – N° <u>1</u>		Otro	---	
Espesor de probeta <u>15mm</u>		GAS (QW-408)		
Diámetro Exterior de probeta <u>---</u>		Composición Porcentual		
		GTAW/FCAW	Gas(es)	Mezcla
		Protección	--	--
		Arrastre	--	--
		Respaldo	--	--
		Flujo(Lt/min)		

METAL DE APORTE (QW-404)		CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)		
Especificación SFA <u>No estandarizado</u>		Corriente	<u>DC</u>	
Clasificación AWS <u>----</u>		Polaridad	<u>EP</u>	
Metal de aporte F – No. <u>----</u>		Amperaje	<u>Ver tabla</u>	Voltaje <u>Ver tabla</u>
Análisis de metal depositado A-N° <u>----</u>		Tamaño de electrodo de tungsteno:	---	
Tamaño de metal de aporte: <u>3.2mm</u>		Modo de transferencia(FCAW)	---	
Adición, disminución o cambio de metal aporte suplementario (FCAW) <u>No usado</u>				
Cambio de elementos de aleación (FCAW) <u>No usado</u>				
Espesor de metal de soldadura <u>11mm</u>				
-POSICION (QW-405)		TECNICA (QW-410)		
Posición de soldadura <u>Plana</u>		Velocidad de avance	<u>VER TABLA</u>	
Progresión de soldadura (asc, desc) <u>----</u>		Pasada recta o ondulada	<u>Recta</u>	
Otro <u>Soldadura de relleno y recubrimiento</u>		Oscilación		
		Pases, simple o múltiple	<u>MULTIPLE</u>	
PRECALENTAMIENTO (QW-406)		Limpieza entre pasadas	<u>Disco abrasivo y escobilla</u>	
Temperatura de precalentamiento (T° Ambiente) <u>20°C</u>		Otro	 Federico Ponce CWI 16012821 QC1 EXP 11/2022	
Temperatura entre pases (T° Ambiente) <u>20°C</u>				

	REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (PQR) (De acuerdo con ASME Sección IX-2021) (Table QW-453 Hard Facing Overlay (Wear – Resistant))	PQR-FAINSER	
		HOJA:	2 de 2
		EMISION:	26/03/2018
		REVISION:	1

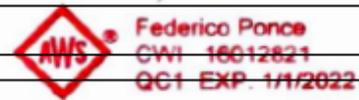
Pase	Proceso	Metal de Aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de Avance (cm/min)
		Nombre Comercial	Diam (mm)	Tipo y polaridad	Amperaje (A)		
1	SMAW	UTP 720 A	3.2	DCE (+)	108 - 122	17 - 22	9 - 10
2	SMAW	UTP 720 A	3.2	DCE (+)	108 - 122	17 - 22	9 - 10
3	SMAW	UTP 720 A	3.2	DCE (+)	108 - 122	17 - 22	9 - 10
4 a 20	SMAW	UTP 720 A	3.2	DCE (+)	108 - 122	17 - 22	9 - 10

PRUEBAS DE TENSION							INFORME: ----
Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga Máxima total (KG)	Resistencia máx.(Mpa)	Tipo de falla y ubicación	
--	--	--	--	--	--	--	
--	--	--	--	--	--	--	
--	--	--	--	--	--	--	

ENSAYOS EN SOLDADURA DE RECARGUE (Tabla QW-453) Hard Facing Overlay (Wear – Resistant)	
Tipo de ensayo	Resultado
Ensayo Visual	ACEPTADO
Ensayo de Tintes Penetrantes	ACEPTADO
Ensayo de Macrografía (N° FS-003/M-01-2021)	ACEPTADO
Ensayo de Dureza (N° FS-001/D-01-20)	ACEPTADO

Espécimen N°	Ubicación de Muesca	Tamaño de espécimen	Temperatura de ensayo	Valores de Impacto			Peso de rotura
				Fuerza	% corte	Mils	

ENSAYOS EN SOLDADURA DE FILETE			
Resultado satisfactorio: Si	No	Penetración en metal origen:	 No
Resultados de macroataque	--		
OTRAS PRUEBAS			
Tipo de prueba			
Análisis de depósito			
Otro			



Nombre soldador	Alfredo Rojas Carbajal	N°. DNI	41435848
Pruebas conducidas por:	Ing. Federico Ponce H.	Pruebas de laboratorio:	Adjunto informe
Nro. CWI:	16012821		
Nosotros certificamos que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparados, soldados y ensayados de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del Código ASME – 2021.			
Fabricante	FAINSER PERU SAC	Inspeccionado por:	Ing. Federico Ponce H.
Fecha	25/08/2021	Autorizado por:	Ing. Jesús Vásquez Flores

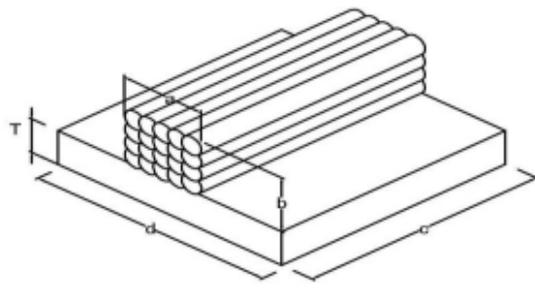
Anexo 13

Especificación de procedimiento de soldadura (WPS)

 FAINSER SAC Fabricación, Ingeniería y servicios	ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (De acuerdo con ASME SECCIO IX-2021) Table QW-453 Hard Facing Overlay (Wear – Resistant)		WPS	
	HOJA:	1 de 2		
	EMISION:	15/08/2021		
	REVISION:	1		

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)

Nombre de la compañía:	FAINSER PERU SAC	Por:	Ing. Jesús Vásquez Flores
Especificación de Procedimiento No.	WPS 002-21	Fecha:	25 – 08 – 2021
		PQR de soporte:	PQR 002-21
Proceso(s) de soldadura:	SMAW	Tipo:	MANUAL
		Revisión	1
		Fecha:	25/08/2021

<p>JUNTA</p> <p>Diseño de junta: Soldadura de recargue resistente al desgaste</p> <p>Respaldo: (Si) _____ (No) X</p> <p>Material de respaldo: (Tipo):</p> <p><input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Refractario</p> <p><input type="checkbox"/> No metálico <input type="checkbox"/> Otro</p> <p>Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura debe ser especificada.</p>	 <p>a = 43mm b = hasta 22mm T: hasta 25.4mm.</p>
---	--

METAL BASE

Categoría :	15 (ASTM A488)	a Categoría :	15(ASTM A488)
O			
Especificación de tipo y grado:			ASTM A 128 Gr. C
Hasta la especificación de tipo y grado:			ASTM A128 Gr. C
Análisis químico y propiedades mecánicas:			----
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas:			----
Rango de espesores			
Metal base: Recargue	Hasta 25.4mm		
Diam. Tubo: Ranura			

METAL DE APORTE (QW-404)

Especificación N° (SFA)	No estandarizada	  Federico Ponce CWI 16012621 QC1 EXP. 1/1/2022
AWS No (Clase)	----	
N° F	----	
N° A	----	
Diámetro de aporte	3.2mm	
Metal depositado	3mm	
Rango de espesores		
Recargue	Hasta 22mm	
Fundente (clase)		
Nombre comercial	UTP 720 -A	
Inserto consumible		

POSICIONES (QW-405)				TRATAMIENTO DE POST-CALENTAMIENTO (QW-407)			
Posición(es) de soldadura de producción		Plana y Horizontal		Rango de temperatura:		---	
Progresión: Asc: --- Desc: ---				Tiempo: ---			
Posición de filete		Plana y Horizontal		GAS (QW-408)			
PRECALENTAMIENTO (QW-406)				Composición Porcentual			
Temp. Precaentamiento	Min.: 10°C			Gas(es)	Mezcla	Flujo	
Temp. Interpase	Min.: 10°C			Protección	---	---	---
Mantenimiento precalentamiento:	---			Arrastre	---	---	---
				Respaldo	---	---	---
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)							
Corriente AC o DC		DC		Polaridad		E (+)	
Rango de amperaje		VER TABLA		Rango de voltaje		VER TABLA	
Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno		-----					
(Tungsteno puro, 2% toriado, etc)							
Modo de transferencia en FCAW		---					
(Arco spray, corto circuito, etc)							
Velocidad de alimentación de alambre		---					
TÉCNICA (QW-410)							
Pase recto o con oscilación		EL REQUERIDO					
Orificio o tamaño de protección gaseosa		-----					
Limpieza inicial y entre pasadas (escobillado, esmerilado, etc.)		-----		ESCOBILLADO Y/O ESMERILADO			
Método de resane de raíz		-----					
Oscilación		-----		LA QUE SEA REQUERIDO			
Distancia de boquilla a pieza de trabajo		-----					
Pase múltiple o simple		-----		MULTIPLE			
Electrodo no consumible simple o múltiple		-----					
Velocidad de avance (rango)		-----		VER TABLA			
Martilleo		-----					
Pase N°	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje (V)	Velocidad de avance (cm/min)
		Nombre Comercial	Diámetro	Polaridad	Amperaje (A)		
1	SMAW	UTP 720-A	3.2mm	DC E (+)	100 - 130	16 - 24	7 - 12
2	SMAW	UTP 720-A	3.2mm	DC E (+)	100- 130	16 - 24	7 - 12
3	SMAW	UTP 720-A	3.2mm	DC E (+)	100 - 130	16- 24	7 - 12
4 -n	SMAW	UTP 720-A	3.2mm	DC E (+)	100 - 130	16 - 24	7 - 12
  Federico Ponce CWI 16012821 QC1 EXP. 1/1/2022							
Inspeccionado por: Ing. Federico Ponce Huamanguilla CWI N° 16012821				Aprobado por: Ing. Jesús Vásquez Flores			

Anexo 14

Registro de Calificación del soldador (WPQ)

	REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (De acuerdo con el código ASME Sección IX-2021)		WPQ	
	Table QW-453 Hard Facing Overlay (Wear – Resistant)		PAGINA:	1 de 1
			EMISION:	25-08-2021
			REVISION:	1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQ)					
Nombre del Soldador: <i>Alfredo Rojas Carbajal</i>		No. Estampa: <i>ARC</i>	WPQR No.: <i>12</i>	DNI: <i>41435848</i>	
Identificación de WPS seguido por el soldador: <i>WPS 002-21</i>		Evaluado en: <i>Probeta</i>	Soldadura Producción		
Especificación de metal base: <i>ASTMA 128 Gr. C</i>		Espesor: <i>15mm</i>			
Variables de soldadura		Valor Usado en la Calificación		Rango Calificado	
Proceso de Soldadura:		<i>SMAW</i>		<i>SMAW</i>	
Tipo usado (manual, semiautomático):		<i>Manual</i>		-----	
Junta		<i>Soldadura de recargue resistente al desgaste</i>		<i>Soldadura de recargue resistente al desgaste</i>	
<input checked="" type="checkbox"/> Plancha () Tubería (ingrese diámetro, si es tubería):		<i>15 mm</i>		<i>ilimitado</i>	
Metal Base No. P o S a No. P o S		<i>ASTMA 128 Gr. C</i>		<i>ASTMA 128 Gr. C</i>	
Especificación metal aporte (SFA)		<i>No estandarizada</i>		---	
Clasificación metal aporte /Nombre Comercial		<i>UTP 720 -A</i>		<i>UTP 720 -A</i>	
Metal de aporte No. F:		---		---	
Con Material de aporte: GTAW		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Inserto Consumible: (GTAW o PAW):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Tipo de aporte (GTAW o PAW):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Espesor depositado		<i>1mm</i>		<i>22mm</i>	
Posición calificada:		<i>Soldadura de relleno en posición Plana</i>		<i>Relleno, recubrimiento: Plana Filete: Plana y horizontal</i>	
Progresión vertical (ascendente/descendente):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Modo de Transferencia (GMAW):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
Corriente Tipo/Polaridad (GTAW):		<i>NA</i>		<i>NA</i>	
RESULTADOS					
Resultado de Inspección Visual:		<i>Satisfactorio</i>			
Resultados de Prueba de Doble:		<i>NA</i>			
<input type="checkbox"/> Lado		<input type="checkbox"/> Cara y Raíz Transversal		<input type="checkbox"/> Cara y Raíz Longitudinal	
<input type="checkbox"/> Tubería, Resistencia a la corrosión			<input checked="" type="checkbox"/> Plancha, resistencia a la corrosión		
<input type="checkbox"/> Tubería, Prueba de ataque químico			<input type="checkbox"/> Plancha, Prueba de ataque químico		
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
PT	Aceptado	---	---	---	---
Macrografía	Aceptado	---	---	---	---
Resultado de examen radiográfico alternativo: ---					
Soldadura de filete:		Prueba de fractura: ---		Longitud y porcentaje de defectos: ---	
Pruebas Mecánicas evaluada por: <i>CWI Ing. Federico Ponce</i>		Compañía: <i>FAINSER PERU SAC</i>			
Pruebas Mecánicas conducidas: <i>Inspectronic Business SAC</i>		Prueba de Laboratorio No: <i>Macrografía IT N.º FS-003/M-01-2021</i>			
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo con los requerimientos del Código ASME Sección IX -2021.					
Calificado por: <i>CWI Ing. Federico Ponce Huamanguilla</i>		Organización: <i>FAINSER PERU SAC</i>			
Fecha: <i>25/08/2021</i>		Solicitado por: <i>Ing. Jesús Vásquez Flores</i>			