



**Universidad
Católica de
Santa María**

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Mecatrónica

**Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la optimización del
proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa
metalmecánica del sur del Perú**

Tesis presentada por:

Bermejo Galdos, Mario Sebastian

ORCID: 0009-0008-8744-3053

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecatrónico

Asesor:

Mg. Ramos Castro, Frank Cesar

ORCID:0009-0001-5493-7494

Arequipa - Perú

2026

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA MECATRONICA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 02 de Julio del 2026

Dictamen: 016739-C-EPIMMEM-2026

Visto el borrador del expediente 016739, presentado por:

2019600251 - BERMEJO GALDOS MARIO SEBASTIAN

Titulado:

**APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL
PROCESO DE SOLDADURA EN COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EN UNA EMPRESA
METALMECÁNICA DEL SUR DEL PERÚ**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

Título Profesional/Título de Segunda Especialidad/Grado Académico a optar:

INGENIERO MECATRÓNICO

**29479140 - VALENCIA SALAS MARIO JOSE
DICTAMINADOR**



**29529560 - CACERES NUÑEZ AUGUSTO EMILIO CARLOS
DICTAMINADOR**



**29460348 - AREVALO DAZA JORGE LUIS
DICTAMINADOR**



APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO SOLDADURA EN COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DE PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	11%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUD

FUENTES PRIMARIAS

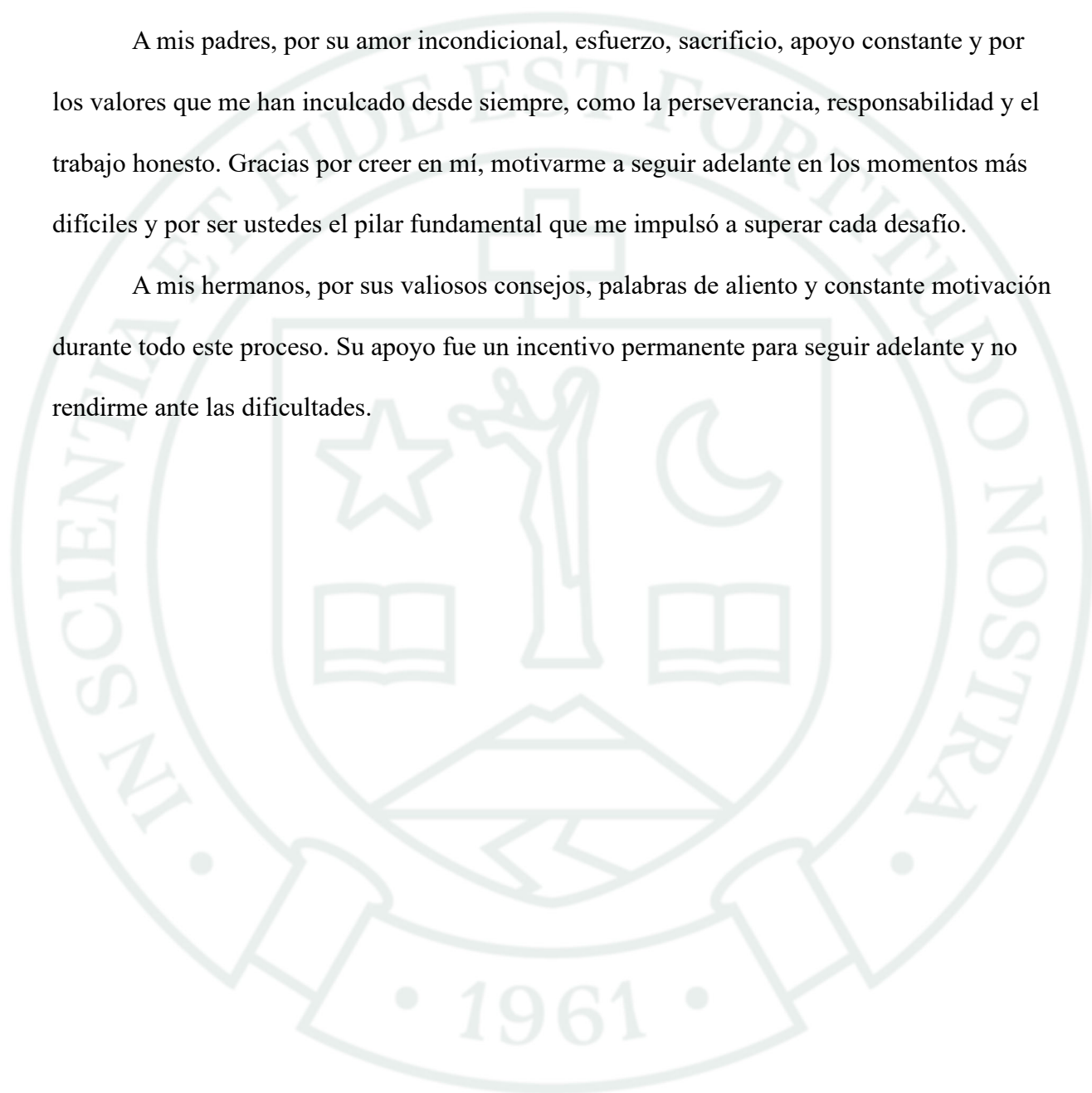
1	www.coursehero.com	Fuente de Internet
2	hdl.handle.net	Fuente de Internet
3	repositorio.ucsm.edu.pe	Fuente de Internet
4	repositorioacademico.upc.edu.pe	Fuente de Internet
5	www.slideshare.net	Fuente de Internet
6	www.resepkuini.com	Fuente de Internet
7	Submitted to Universidad Privada del Norte	Trabajo del estudiante
8	www.campustudionline.com	Fuente de Internet
9	Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC	Trabajo del estudiante
10	repositorio.ucv.edu.pe	Fuente de Internet
11	repositorio.tec.mx	Fuente de Internet
12	anfei.mx	Fuente de Internet
13	www.jalisco.gob.mx	Fuente de Internet
14	Submitted to Universidad Católica de Santa María	Trabajo del estudiante

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis, en primer lugar, a Dios, por brindarme salud, fortaleza y la sabiduría necesaria para superar cada prueba a lo largo de esta etapa de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor incondicional, esfuerzo, sacrificio, apoyo constante y por los valores que me han inculcado desde siempre, como la perseverancia, responsabilidad y el trabajo honesto. Gracias por creer en mí, motivarme a seguir adelante en los momentos más difíciles y por ser ustedes el pilar fundamental que me impulsó a superar cada desafío.

A mis hermanos, por sus valiosos consejos, palabras de aliento y constante motivación durante todo este proceso. Su apoyo fue un incentivo permanente para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades.



AGRADECIMIENTOS

La culminación de esta tesis representa el resultado de un largo camino de aprendizaje y perseverancia. Por ello, deseo expresar mi agradecimiento a todas las personas que estuvieron presentes durante este proceso.

Agradezco a Dios por haberme guiado en cada momento de esta etapa. A mis padres, por ser mi mayor ejemplo de esfuerzo y dedicación. A mis hermanos, por impulsarme a seguir adelante.

Asimismo, agradezco a los docentes de mi universidad por su compromiso y por compartir sus conocimientos y experiencias, los cuales contribuyeron significativamente a mi formación profesional. Del mismo modo, a todas las personas que formaron parte de este proceso y que, con su apoyo y colaboración, hicieron posible la culminación de esta investigación.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal aplicar las herramientas Lean para optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa metalmecánica del sur del Perú. Bajo un marco metodológico de enfoque mixto, de alcance explicativo y aplicado, con un diseño cuasiexperimental, se tomó como población de estudio a todos los componentes de equipos mineros en los cuales se aplica el proceso de soldadura, y se tomó como muestra al componente denominado “Tuerca de chancadora”. Los resultados de investigación demostraron que el proceso de soldadura contaba con un tiempo estándar de 10 a 11 días y un tiempo real de 15 a 16 días. Por otra parte, del total del reporte de no calidad, 37.50% pertenecía a la “Tuerca de chancadora”. Asimismo, del análisis de Ishikawa se evidenció que el 59.38% de los errores era por el factor “Método”. Seguidamente se implementó un formato de 9 pasos integrando las herramientas Lean tales como PHVA, diagrama de Ishikawa, técnica de los 5 porqués, diagrama de flujo, estandarización de procesos, principios y hábitos como Gemba y Kaizen. Con la aplicación se logró reducir el tiempo en días de 16 a 11 (32.33%) y los costos: El costo primo (mano de obra y materiales directos) es un de S/ 6,261.93 a S/ 4,104.67 (34.45%), por otra parte, se determinó la viabilidad económica de la propuesta mediante el análisis de ratios de costo-beneficio, obteniendo ratios de 1.57, 1.92, 2.44, como mínimo, promedio y máximo, respectivamente. Estos significan que, mínimamente, por cada sol invertido en costo se obtiene un beneficio de 0.57 soles; en promedio, por cada sol invertido se tiene un beneficio de 0.92 soles; y un beneficio máximo de 1.44 soles por cada sol invertido.

Palabras clave: Herramientas Lean, Soldadura, Metalmecánica.

ABSTRACT

The main objective of this research was to apply Lean tools to optimize the welding process for mining equipment components at a metalworking company in southern Peru. Using a mixed-methods approach with an explanatory and applied scope and a basic quasi-experimental design, the study population consisted of all mining equipment components subjected to welding, with the "Crusher Nut" component selected as the sample. The research results showed that the welding process had a standard time of 10 to 11 days and an actual time of 15 to 16 days. Furthermore, 37.50% of the reported non-quality issues pertained to the "Crusher Nut." Additionally, the Ishikawa diagram revealed that 59.38% of the errors were due to the "Method" factor. A 9-step format was then implemented, integrating Lean tools such as PDCA (Plan-Do-Check-Act), Ishikawa diagram, 5 Whys technique, flowchart, process standardization, and principles and habits like Gemba and Kaizen. This application reduced the time required from 16 days to 11 (32.33%) and costs: Prime cost (direct labor and materials) decreased from S/ 6,261.93 to S/ 4,104.67 (34.45%). Furthermore, the economic viability of the proposal was determined through cost-benefit ratio analysis, yielding minimum, average, and maximum ratios of 1.57, 1.92, and 2.44, respectively. These mean that, at a minimum, for every sol invested in costs, a benefit of 0.57 soles is obtained; on average, for every sol invested, a benefit of 0.92 soles is obtained; and a maximum profit of 1.44 soles for every sol invested.

Keywords: Lean Tools, Welding, Metalworking.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: Planteamiento de la investigación	2
1.1 Título.....	2
1.2 Descripción del problema	2
1.3 Hipótesis	4
1.4 Objetivos	4
1.5 Justificación	5
1.6 Alcances.....	6
1.7 Limitaciones.....	7
1.8 Antecedentes	9
CAPÍTULO 2: Marco teórico.....	14
2.1 Concepto de Lean Manufacturing.....	14
2.2 Bases del enfoque Lean	15
2.3 Enfoque sistémico PHVA	17
2.4 Herramientas Lean Manufacturing	18
2.5 Optimización de procesos	22
2.6 Equipos y componentes mineros	23
2.7 Tipos de soldadura en la empresa metalmecánica	23
2.8 Principales defectos de soldadura	27
2.9 Normas técnicas de soldadura, seguridad y gestión ambiental.....	29
2.10 Control de calidad en soldadura.....	30
CAPÍTULO 3: Metodología.....	32
3.1 Marco metodológico	32
3.2 Diseño de la investigación	32
3.3 Población y muestra.....	33
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	33
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	34
3.6 Variables de investigación.....	35
3.7 Matriz de operacionalización de variables.....	36

3.8	Proceso metodológico del estudio	37
3.9	Aspectos administrativos	39
3.10	Cronograma de actividades.....	40
CAPÍTULO 4: Análisis del proceso actual		41
4.1	Descripción del proceso de soldadura.....	41
4.2	Análisis de reprocesos y eventos de no calidad	44
4.3	Análisis de causas	47
CAPÍTULO 5: Diseño y aplicación de herramientas Lean		50
5.1	Diseño de herramienta Lean estandarizada.....	50
5.2	Selección del elemento para prueba aplicación Lean	53
5.3	Aplicación de herramientas.....	54
CAPÍTULO 6: Evaluación del impacto económico		95
6.1	Beneficios de la propuesta	95
6.2	Costos de la propuesta	97
6.3	Comparación Costo – Beneficio	100
CONCLUSIONES.....		102
RECOMENDACIONES		103
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Elementos del diagrama SIPOC</i>	19
Tabla 2 <i>Tipos de defectos internos de soldadura</i>	28
Tabla 3 <i>Tipos de defectos externos de soldadura</i>	29
Tabla 4 <i>Control de calidad dentro de las etapas de soldadura</i>	30
Tabla 5 <i>Matriz de operacionalización de variables</i>	36
Tabla 6 <i>Recursos para la organización</i>	39
Tabla 7 <i>Cronograma de actividades 2025</i>	40
Tabla 8 <i>Personal y equipos involucrados en el proceso de soldadura</i>	43
Tabla 9 <i>Registro de control y seguimiento de servicios de soldadura 2024</i>	44
Tabla 10 <i>Cantidad de servicios y reprocesos por elementos de chancadora</i>	45
Tabla 11 <i>Cantidad de eventos de no calidad por elemento de chancadora</i>	46
Tabla 12 <i>Tabla de frecuencia y nivel de criticidad de factores Ishikawa</i>	48
Tabla 13 <i>Estructura de herramienta “Plantilla procedimental de mejora Lean”</i>	51
Tabla 14 <i>Descripción del proceso actual de soldadura de tuerca</i>	56
Tabla 15 <i>Resultados de tiempos la muestra del proceso actual</i>	63
Tabla 16 <i>Costos de hora-hombre del personal involucrado</i>	63
Tabla 17 <i>Costos totales de la muestra del proceso actual</i>	64
Tabla 18 <i>Registro de unidades procesadas periodo 2024</i>	65
Tabla 19 <i>Medidas de contingencia a corto plazo para eventos de no calidad</i>	67
Tabla 20 <i>Análisis de 5 “porqués” de factores causales</i>	69
Tabla 21 <i>Establecimiento de planes de acción</i>	72
Tabla 22 <i>Comparativa del proceso ARCAIR y Chamfercord</i>	75
Tabla 23 <i>Comparativa de alambres E71T-1 y EM12K</i>	77
Tabla 24 <i>Reemplazo del proceso FCAW por el proceso SAW</i>	79

Tabla 25	<i>Costos planificados y reales en el desarrollo de la mejora.....</i>	<i>88</i>
Tabla 26	<i>Registro de unidades procesadas con la mejora y panel fotográfico</i>	<i>90</i>
Tabla 27	<i>Matriz AMFE de las mejoras desarrolladas.....</i>	<i>91</i>
Tabla 28	<i>Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción</i>	<i>93</i>
Tabla 29	<i>Costo de hora hombre de equipo Lean</i>	<i>95</i>
Tabla 30	<i>Beneficios cuantitativos de las mejoras.....</i>	<i>96</i>
Tabla 31	<i>Beneficios cualitativos de la mejora.....</i>	<i>96</i>
Tabla 32	<i>Costos de entregables</i>	<i>97</i>
Tabla 33	<i>Costo de capacitación del personal.....</i>	<i>98</i>
Tabla 34	<i>Costos del personal capacitador</i>	<i>99</i>
Tabla 35	<i>Sumatoria de costos de la propuesta</i>	<i>100</i>
Tabla 36	<i>Beneficios cuantitativos según cantidad de elementos reparados</i>	<i>100</i>
Tabla 37	<i>Ratios costos-beneficio según elementos reparados</i>	<i>101</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Las 7 mudas del Lean Manufacturing</i>	14
Figura 2 <i>Pirámide de bases y principios del Lean Manufacturing</i>	16
Figura 3 <i>Ciclo PHVA según ISO 9001</i>	17
Figura 4 <i>Ciclo básico AMFE</i>	21
Figura 5 <i>Formato básico del diagrama de Ishikawa</i>	22
Figura 6 <i>Soldadura Oxiacetilénica</i>	24
Figura 7 <i>Soldadura SMAW</i>	24
Figura 8 <i>Soldadura GMAW</i>	25
Figura 9 <i>Soldadura GTAW</i>	26
Figura 10 <i>Soldadura FCAW</i>	26
Figura 11 <i>Soldadura SAW</i>	27
Figura 12 <i>Flujograma general de mantenimiento en planta</i>	42
Figura 13 <i>Diagrama de Ishikawa del proceso de soldadura</i>	47
Figura 14 <i>Grafica de Pareto de factores Ishikawa</i>	49
Figura 15 <i>Paso 1: Ejecución del establecimiento del equipo Lean</i>	54
Figura 16 <i>Paso 2: Ejecución de la delimitación del problema</i>	55
Figura 17 <i>Diagrama de proceso de mantenimiento en soldadura de tuerca</i>	62
Figura 18 <i>Diagrama Ishikawa del proceso de soldadura de tuerca de chancadora</i>	68
Figura 19 <i>Uso de equipo ARCAIR para soldadura de corte</i>	76
Figura 20 <i>Programa de capacitación y entrenamiento</i>	82
Figura 21 <i>Aplicación de check list de máquina de soldar y balones CO2</i>	84
Figura 22 <i>Aplicación de check list de alimentador de alambre</i>	85
Figura 23 <i>Aplicación de check list de fuente de alimentación y tracto</i>	86
Figura 24 <i>Check List de calidad de soldadura</i>	87

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Registro de eventos de no calidad periodo 2024.....	109
Anexo 2: Ficha de observación del proceso de soldadura	112
Anexo 3: Diagrama SIPOC de los procesos de mantenimiento en planta.....	128
Anexo 4: Análisis de causas, contramedidas y planes de acción.....	132
Anexo 5: Formato “Plantilla procedimental de mejora lean” Paso 1	136
Anexo 6: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 2	137
Anexo 7: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 3 y 4	138
Anexo 8: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 5,6 y 7	139
Anexo 9: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 8 y 9	140
Anexo 10: Descripción del proceso propuesto	141
Anexo 11: Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora.....	151
Anexo 12: Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en Almacén	158
Anexo 13: Programa de capacitación para el proceso de soldadura.....	160
Anexo 14: Instructivo de aspectos e impactos de hermatización	161
Anexo 15: Check - List pre - operacional de máquina de soldar y balones de CO2 ...	162
Anexo 16: Check - List pre - operacional de alimentador de alambre	163
Anexo 17: Check - List pre - operacional de fuente de alimentación y tracto	164
Anexo 18: Chek – List de calidad (Proceso de soldadura)	165
Anexo 19: Cálculo de horas hombre y costos de actividades realizadas	166
Anexo 20: Plano de tuerca de chancadora	174
Anexo 21: Carta de revisión y evaluación de entregables	175

INTRODUCCIÓN

La presente investigación aborda la problemática de la productividad en el sector metalmecánico de la ciudad de Arequipa, el cual representa una actividad económica relevante al aportar aproximadamente el 9 % al PBI y generar más de 350 000 puestos de trabajo. No obstante, este sector enfrenta desafíos asociados a la eficiencia operativa, principalmente debido a deficiencias en la gestión de procesos y al bajo nivel de especialización técnica, factores que repercuten negativamente en los costos, tiempos de mantenimiento y calidad de los servicios.

En este contexto, la investigación tiene como objetivo general aplicar herramientas Lean para optimizar el proceso de soldadura en una empresa metalmecánica arequipeña. Para ello, el estudio se estructura en seis capítulos. El primero desarrolla el planteamiento del problema, alcances, limitaciones y antecedentes. El segundo presenta el marco teórico y las bases conceptuales relacionadas con la investigación. El tercer capítulo describe la metodología empleada, considerando el diseño, población, técnicas, instrumentos, variables y procedimiento metodológico. El cuarto capítulo comprende el diagnóstico del proceso actual, analizando reprocesos, eventos de no calidad y sus principales causas. El quinto capítulo expone el diseño y aplicación de las herramientas Lean, así como los entregables desarrollados. Finalmente, el sexto capítulo evalúa el impacto económico de las mejoras implementadas mediante el análisis del ratio costo-beneficio.

CAPÍTULO 1: Planteamiento de la investigación

1.1 Título

Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la optimización del proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa metalmecánica del sur del Perú.

1.2 Descripción del problema

Según el Ministerio de la Producción (2025), el sector metalmecánico tiene un aporte de 9% al PIB manufacturero, generando más de 350,000 puestos de trabajo, agrupando un total de 74 mil empresas. Para 2025, este sector enfrenta múltiples problemáticas estructurales que limitan su gestión y desarrollo competitivo. Entre los diversos factores, tales como la caída sostenida de su valor agregado bruto (VAB) de un 17,9% para el 2024 y los problemas coyunturales sobre la inversión privada, desde un punto de vista operativo, el sector enfrenta limitaciones estructurales y operativas, presentando problemas de productividad, deficiencia en la gestión de procesos y bajo nivel técnico especializado, lo que eleva los tiempos y costos productivos.

La empresa de estudio en cuestión no es ajena a esta problemática, dentro de los procesos de la empresa, en el área de soldadura se presenta diversas ineficiencias en las operaciones, esto se da principalmente por los tipos de servicios o proyectos en los que interviene el área de soldadura; en primer lugar se tiene a los proyectos de soldadura denominados “Estructuras metálicas” solicitadas para diversos clientes mineros e industriales, estos proyectos se caracterizan por ser en su mayoría únicos e irrepetibles con especificaciones técnicas muy puntuales; en segundo lugar, están las operaciones de mantenimiento de componentes de equipos mineros, estas operaciones se caracterizan por ser medianamente estandarizadas al conocer ya estos equipos tales como elementos de fajas transportadoras, chancadoras primarias y secundarias, entre otros; en tercer lugar, se cuenta con trabajos denominados “Misceláneos”, los cuales nacen a partir de oportunidades de mejora por

iniciativa propia de la empresa, las cuales son ofertadas a las compañías mineras para su desarrollo y presupuestación; estas mejoras también pueden ser propias para la empresa.

Dentro de estos tipos de servicio, el más importante es el proceso de soldadura de componentes de equipos mineros, el cual presenta diversas faltas de optimización evidenciados en eventos de no calidad, podemos apreciar a más detalle en el Anexo 1, en el cual se pudo identificar insumos en mal estado, errores operativos y de planificación, aumentando la insatisfacción del personal operativo y de gestión, otro factor considerable es la asignación de personal sin experiencia y reasignación constante de operarios, esto debido a la necesidad de personal en otras áreas o en servicios mineros. Esto ha generado incumplimiento de plazos, reprocesos de soldadura y costos por encima de lo presupuestado por el área de ingeniería.

Frente a esta problemática, la presente investigación propone aplicar herramientas Lean para optimizar las operaciones de soldadura dentro de la empresa, entendiendo al proceso integrado por el conjunto de elementos (material, mano de obra, métodos, maquinaria, medición, medio ambiente) que interactúan entre sí para el logro de un objetivo, con el propósito de reducir los costos operativos, los tiempos de ejecución y mitigar los reprocesos.

En ese sentido, se establece la formulación del problema de la siguiente manera:

¿De qué manera la aplicación de herramientas Lean Manufacturing permitirá optimizar las operaciones de soldadura en el mantenimiento de componentes de equipos mineros en la empresa de estudio?

1.3 Hipótesis

a) Hipótesis nula

La aplicación de herramientas Lean Manufacturing logrará optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa metalmecánica del sur del Perú.

b) Hipótesis Alternativa

La aplicación de herramientas Lean Manufacturing no logrará optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa metalmecánica del sur del Perú.

1.4 Objetivos

a) Objetivo general

Aplicar las herramientas Lean para optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros en una empresa metalmecánica del sur del Perú.

b) Objetivos específicos

- Diagnosticar el proceso actual de soldadura en componentes de equipos mineros de la empresa metalmecánica del sur del Perú.
- Identificar las principales ineficiencias del proceso de soldadura en componentes de equipos mineros de la empresa metalmecánica del sur del Perú.
- Diseñar y aplicar propuestas de mejora haciendo uso de las herramientas Lean Manufacturing para optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros de la empresa metalmecánica del Perú.
- Realizar el análisis de costos y beneficios de la aplicación de las herramientas Lean Manufacturing para optimizar el proceso de soldadura en componentes de equipos mineros de la empresa metalmecánica del Perú.

1.5 Justificación

a) Justificación Teórica

La investigación se justifica teóricamente al usar conocimientos teóricos de las denominadas “Herramientas Lean” para la mejora de los procesos, estos conocimientos teóricos basadas en la reducción de desperdicios y la mejora continua, conjuntamente con los conocimientos técnicos y operativos respecto a las operaciones metalmecánicas, proporcionarán un aporte a las teorías existentes, puesto se aplicarán específicamente en una metalmecánica Arequipeña que brinda diversos servicios tanto a entidades mineras como industriales, lo cual aumenta su complejidad interna tanto operativa como de gestión.

b) Justificación Práctica

Se tiene una alta justificación práctica puesto que el trabajo genera aportes prácticos, que están relacionados con la problemática, aplicaciones de herramientas Lean tales como PHVA, “Cinco porqués”, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto y Matriz AMFE, entre otros, son de carácter práctico que involucran personas, procesos, filosofía de gestión y operatividad. Cabe resaltar que los efectos de la investigación buscan impactos prácticos, como en los costos, satisfacción de los trabajadores, reducción de tiempos y beneficios cualitativos (no cuantificables) para la organización en cuestión.

c) Justificación Económica

La problemática actual origina efectos económicos a corto plazo al incrementar los tiempos de operación y consumo de insumos, generando costos logísticos. Por otra parte, el incumplimiento de tiempos o retrasos puede generar penalidades económicas por parte de los clientes; estas consecuencias impactan en la rentabilidad de la empresa. La investigación planteada se justifica económicamente al buscar reducir estas consecuencias optimizando el proceso de soldadura, el cual es uno de los procesos más importantes para la empresa.

d) Justificación Social

La problemática es de actualidad, puesto que las empresas metalmecánicas en general carecen de uso de herramientas para la mejora de los aspectos operativos; asimismo, la insatisfacción interna de los operarios y mando de ingeniería a razón de las ineficiencias fomentan el mal clima laboral, e indirectamente a la rotación de personal. En ese sentido, la presente investigación busca mejorar estos aspectos a partir de la mejora de los procesos, partiendo por uno de los más importantes, el proceso de soldadura.

e) Justificación Profesional

La investigación se justifica profesionalmente, al demostrar el uso de las herramientas Lean, para mejorar los procesos de soldadura en una empresa metalmecánica del sur del Perú, buscando la optimización de las operaciones de la empresa, a través de la línea de investigación denominada “Gestión de la producción y mantenimiento” de la carrera de Ingeniería Mecatrónica, contribuyendo a la integración de enfoques de mejora continua para la eficiencia operativa, reducción de desperdicios e incremento de la productividad.

1.6 Alcances

a) Alcance espacial

La investigación se desarrollará dentro del alcance espacial de las instalaciones de una empresa metalmecánica, ubicada en la región de Arequipa, del distrito de Cerro Colorado, Vía de Evitamiento km 5 Sec. Dicha empresa se caracteriza por tener 22 años en el mercado, operando en el sector minero e industrial, con lo servicios de maestranza industrial, diseño e ingeniería, montaje industrial y mantenimiento mecánico, contando con 600 trabajadores y un enfoque calidad de servicio y satisfacción al cliente, es una empresa consolidada en el sector metalmecánico del sur del Perú buscando la mejora constante y oportunidades de expansión.

b) Alcance temático

La presente investigación está dentro del tema de la mejora de procesos mediante la aplicación de herramientas Lean, dentro del marco de la línea de investigación de “Gestión de la producción y mantenimiento”.

c) Alcance muestral

La población está conformada por los diversos equipos y componentes a los cuales se realizan las actividades de mantenimiento. En el área de soldadura, de estos diversos equipos se tomará el componente de mayor relevancia justificado en la frecuencia de mantenimientos, costos e importancia del cliente minero.

d) Alcance temporal

El desarrollo de tesis está delimitado dentro del periodo julio-noviembre de 2025, contando con 5 meses calendario para el desarrollo del plan y la operacionalización de objetivos.

1.7 Limitaciones

Para el desarrollo de objetivos se tiene una primera limitación respecto al acceso a información documental y procedimental sobre las operaciones de la empresa; algunos documentos, como contratos, licitaciones, acuerdos y especificaciones con clientes, son de carácter reservado. Asimismo, se cuenta con el permiso para abarcar solamente información referente a los procesos de soldadura y sus recursos respectivos. Por otra parte, se tiene un límite temporal disponible para la aplicación de la propuesta en la empresa (4 a 5 meses), de igual forma los resultados obtenidos no son generalizables a todas las empresas del sector metalmecánico, por la diversidad de los factores internos y externos que caracterizan a cada uno, siendo una casuística diversa. Por otra parte, respecto a las limitaciones tecnológicas la empresa, no cuenta con sistemas avanzados para la medición automática de tiempos y productividad. Respecto a las limitaciones materiales, se cuenta con disponibilidad limitada de

máquinas y equipos para pruebas de ensayo y error, ya que estos están direccionadas a prioridades de producción. Por otro lado, no se tiene posibilidad para la reorganización de estaciones de trabajo y modificaciones de planta que puedan afectar la infraestructura de la empresa.

Sobre el aspecto financiero la empresa tiene un presupuesto reducido para mejoras en tecnología y maquinaria, de igual forma no se tiene acceso a consultores externos o capacitadores puesto que se tiene al personal de ingeniería y gestión propios de la planilla de la empresa, las mejoras a implementar están enfocadas al bajo costo y reorganización de procesos.

Asimismo, se tiene la restricción de personal para entrevistas y mediciones, contando solo con el personal de soldadura, la resistencia al cambio en prácticas operativas y la rotación de personal son otros factores que considerar.

1.8 Antecedentes

1.8.1 Antecedentes internacionales

Srivastava et al. (2024), en la investigación titulada “Procesos de soldadura a través del marco Lean Six Sigma”, tuvieron como objetivo explicar de qué manera la metodología Lean Six Sigma puede ayudar a reducir o eliminar varios defectos o desperdicios observados durante el proceso de soldadura industrial. Siendo una investigación descriptiva, de alcance explicativo y de diseño no experimental, haciendo uso de la metodología de revisión sistemática, se analizaron diversos instrumentos tales como la herramienta DMAIC, 5S, Kaizen, VSM (Value stream mapping), Root cause Analysis, Gráficos de control, Análisis de modos y efectos de falla (FMEA), SIPOC (Supplier, Input, Process, Output, Customer). Como principales hallazgos sostuvo que el control de calidad y reducción de defectos puede reducir la ocurrencia de defectos a 3.4 por millón, Por otra parte se puede reducir el tiempo de ciclo hasta en un 30% haciendo uso sinérgico de las diversas herramientas, respecto a los ingresos económicos se puede llegar a tener un aumento de 20% en la productividad y una reducción de costos de aproximadamente un 13%, Por otra parte se presenta hasta un 15% el nivel de resistencia organizacional por parte de los miembros de la empresa. En conclusión, las herramientas lean, pueden llegar a impactar positivamente en aspectos de costos, tiempo de ciclo y reducción de desperdicios, aumentando el nivel de competitividad de la empresa y la satisfacción de los clientes internos y externos.

Desde el punto de vista de los residuos y disminución de errores, Awanis y Vikaliana (2023), en el artículo de investigación titulado “Implementación de Lean manufacturing para identificar y minimizar residuos en el departamento de carrocerías de soldadura de PT XYZ” tuvo como objetivo determinar el flujo de producción y analizar los desperdicios para seguidamente aplicar el enfoque Lean. Se contó con un marco metodológico mixto, explicativo y no experimental, en la cual se usó herramientas como el diagrama de SIPOC, gráficos

circulares, diagramas de Pareto y espinas de pescado (Ishikawa), la muestra investigativa se hizo puntualmente en el departamento de carrocerías de soldadura. Se tuvo como resultados que, dentro de las fallas por errores en el proceso de soldadura, el 21% son por ruptura del componente, falta de precisión, e incidentes operacionales, los cuales se les atribuye a la falta de capacitación, fatiga y somnolencia y la ausencia de cumplimiento de los procedimientos operativos estándares de la empresa.

Por otra parte, se tiene Manzanares et. al, (2022) en el artículo de investigación titulado “Una estrategia Lean 5s para un proceso de soldadura sostenible” Tuvo como objetivo desarrollar un marco para la aplicación de la metodología 5s, en los lugares de trabajo de soldadura de metales, para minimizar el desperdicio y mejorar la organización, orden y limpieza. Siendo una investigación de tipo cualitativa, de alcance descriptivo y explicativo, de diseño no experimental. Se tomó como muestra un caso real de una pequeña empresa metalmecánica, cómo 11 trabajadores exclusivamente del proceso de soldadura por arco. Posterior a la implementación si obtuvo un puntaje mejorado pasando de 0.94 a 3.56, es decir de un nivel muy deficiente a bueno, se concluye que la aplicación de esta herramienta previene riesgos en la fabricación y el cumplimiento de estándares de soldadura como la ISO 3834, EN 15085 y EN 1090. Este artículo de investigación establece un marco de aplicación de las 5 s de manera estructurada con 16 indicadores lo cual es un marco más sólido en la literatura actual.

Respeto a la aplicación de métodos y herramientas Lean, Bucko et al. (2020), en la investigación titulada “Aplicación de métodos de fabricación ajustada para optimizar la línea de producción de soldadura” tuvo el objetivo de aplicar diversas herramientas lean para la identificación de cuellos de botella, elaboración de planes de acción con la finalidad de aumentar la calidad y la eficiencia, y reducir los costos operativos específicamente a base de la reducción del tiempo de ciclo. La investigación es de tipo cuantitativa, de alcance descriptivo y de diseño no experimental. Aplicando herramientas de ingeniería de métodos y lean

manufacturing. Como resultados se añadió un robot de soldadura y un espacio de soldadura adicional, el nuevo tiempo de ciclo se mejoró de 92 segundos a 54 segundos, la productividad UPH (unidad por hora) aumentó de 47 a 66, y el número de piezas producidas por turno aumentó de 344 a 484.

Estos antecedentes internacionales, nos dan un panorama más amplio respecto a la aplicación de las metodologías lean y las diversas herramientas que fueron utilizadas dentro de los contextos de los procesos de soldadura, en la cual se pudo evidenciar varias mejoras en cuanto a la calidad, tiempos de ciclo, reducción de desperdicios, y optimización de los costos. Asimismo, se cuenta con diversas ópticas de planeamiento y desarrollo, tomando como instrumentos desde cuestionarios y entrevistas, juicios de experto, hasta la propia metodología PHVA característico del Lean manufacturing.

1.8.2 Antecedentes nacionales

Adriazola y Gonzales (2024), en su trabajo de investigación tuvo como finalidad mejorar la eficiencia en el área de soldadura en una empresa que fabrica productos mobiliarios, aplicando Lean manufacturing, la investigación fue de enfoque mixto, de alcance explicativo y de diseño no experimental, la cual tomo como base las operaciones de soldadura. El desarrollo se dio tomando como entrada los tiempos de actividad ajenas a soldadura, materia prima defectuosa y errores en el ensamblaje, seguidamente se desarrolló 4 propuestas: 5s, Poka yoke, Homologación de proveedores y control de calidad y estandarización del trabajo, con la finalidad de aumentar el tiempo productivo en soldadura, incrementar la calidad de la materia prima para la producción y mejorar el ensamblaje. Como resultados se obtuvo una mejora del 27% a 82% en cuestiones de 5s (aplicando un cuestionario de auditoría interna), los errores de ensamblaje se redujeron de 7.56% a 2.96%, se mejoró de 54% a 82% reprocesos por defectos y se optimizó el tiempo de soldadura de 7.23 minutos a 2.85 minutos por cada pieza ensamblada.

Bacon Gallard (2024), en su investigación tuvo como propósito determinar en qué medida las herramientas del Lean manufacturing pueden mejorar la eficiencia de producción en la empresa metales Cajamarca S.A.C 2024, con objetivo puntuales como mejorar la tasa de mantenimiento, la exactitud de los inventarios y reducir los defectos. Siendo una investigación de tipo aplicada, de enfoque mixto, alcance explicativo y de diseño pre experimental. como resultado se obtuvo que después de la implementación la eficiencia productiva mejoró de un 77% a un 96%, lo que generó un ahorro de S/ 339,340. Por otra parte, la tasa de mantenimiento disminuyó del 6% al 2%. La tasa de defectos también se redujo pasando de un 14% a 8%. Generando un ahorro adicional de S/ 78,800. En general el ahorro productivo de estas mejoras generó S/ 426,797.00 lo cual impacta positivamente en la económica interna de la empresa.

Herrera Chalan (2023), en su proyecto de investigación tuvo el objetivo de determinar la incidencia de las herramientas lean en la productividad en una empresa industrial de Cajamarca. Siendo una investigación de tipo aplicada, de enfoque cuantitativo, y de diseño pre-experimental, tomando como muestra los trabajadores de la gerencia de la organización, se aplicó entrevistas, observación de campo y cuestionarios. Como resultado se obtuvo que la aplicación de herramientas como VSM, 5S, capacitaciones y mantenimiento, control visual y trabajo estandarizado, pueden incrementar la productividad de 71% a 82%, la eficiencia operativa de 67% a 73% y los costos de producción de S/ 321,000 a S/ 60,000 y finalmente el cumplimiento de entrega de 65% a 82%. Este referente tiene un aporte significativo en cuanto a la valoración de los defectos y su relación con las herramientas Control visual, Kaizen, T estandarizado, Poka yoke, VSM, 5s, SMED, TPM y Heijunka, haciendo uso de una matriz de correlación por afinidad, lo cual permite establecer mejor el tipo de herramienta lean que se debe aplicar.

Bolimbo Palga (2022), En la investigación denominada “Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022” tuvo

como propósito determinar el efecto que tienen la herramientas Lean en la productividad de una empresa metalmecánica, siendo una investigación de nivel explicativa y de diseño cuasiexperimental, se tomó como población todos los tipos de piezas en las cuales se realizan trabajos de recuperación con un espesor de 60mm, de la cual se tomó como muestra a una pieza con espesor de 35mm. Como resultado, se aplicó la primera herramienta PHVA para el desarrollo de los objetivos; se concluye que, a partir de los hallazgos encontrados, la aplicación del lean manufacturing influye positivamente en la productividad, aplicando la prueba t de Student con un valor P de 0.000 y una diferencia de medias de 30.13. Presentándose una variación positiva de 35.95% en la productividad de materia prima y 73.59% en la de mano de obra, reduciendo el tiempo de recuperación de las piezas en 17.5%.

CAPÍTULO 2: Marco teórico

2.1 Concepto de Lean Manufacturing

Según Tortorella (2017), se define Lean Manufacturing como el sistema de producción que hace uso óptimo de los recursos humanos, de espacio, de inversión, de herramientas, de inventarios, etc., para lograr una producción de calidad y en el tiempo requerido. Este proceso de optimización se basa en la eliminación sistemática de desperdicios de la organización, es decir, de las “mudas”, y en la mejora continua de los procesos y la eficiencia. Esas mudas son las que se muestran en la Figura 1.

Las herramientas Lean se definen como un conjunto de métodos y técnicas basadas en la filosofía Lean Manufacturing cuyo propósito es eliminar los desperdicios y optimizar los procesos, buscando aumentar la productividad reduciendo los recursos al mínimo, estas herramientas se pueden aplicar a diferentes escalas y pueden ser integradas en conjunto para mayores rendimientos (Liker & Convis, 2021).

Figura 1

Las 7 mudas del Lean Manufacturing



Nota. Elaboración propia, adaptada de Según Tortorella (2017).

2.2 Bases del enfoque Lean

Las bases de los principios del enfoque Lean son 4 según Liker y Convis (2021), como se muestra a continuación:

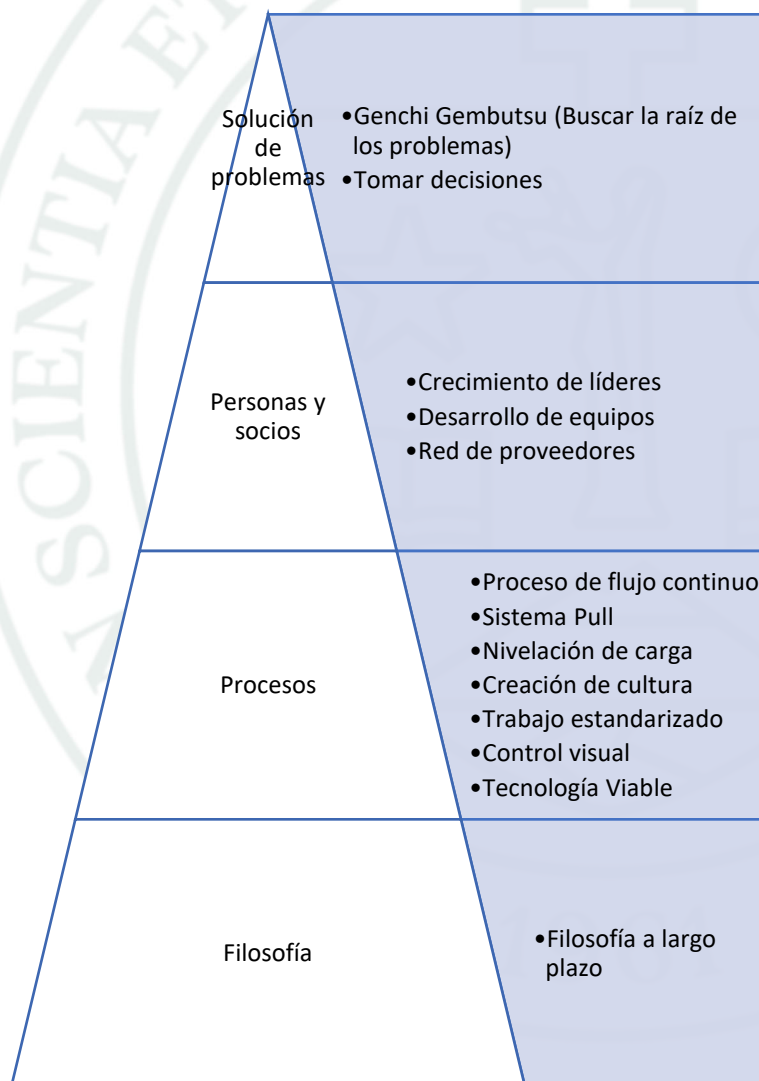
- **Filosofía a largo plazo:** Este primer principio es la base del enfoque Lean, el cual establece que la empresa debe fijar objetivos a largo plazo y establecer estrategias coherentes para generar valor.
- **Procesos:** Los procesos deben ser de flujo continuo, es decir, las actividades de cada proceso deben ser ágiles y sin “mudas” o desperdicios. Además, se da importancia al enfoque “Pull”, es decir, basarse en el sistema Just in time, reponiendo solo lo necesario en los inventarios y no contar con exceso de los mismos. Otro aspecto es la nivelación de carga de trabajo, consiguiendo así un ritmo de trabajo constante. Otro aspecto se enfoca en la creación de una cultura basada en la mejora continua. Seguidamente está el control visual en los procesos para evidenciar los problemas y darles una solución.
- **Personas y negocios**
En este aspecto se tiene el principio de crecimiento de líderes, desarrollo de equipos que sigan la filosofía de la empresa, contar con proveedores que sigan los lineamientos o sean fomentados bajo el enfoque Lean y la mejora continua.
- **Solución de problemas**
En este punto se tiene el principio denominado “Genchi Genbutsu”, el cual se basa en comprender los problemas y buscar soluciones que permitan no solo suplir la necesidad superficial sino también la causa raíz de los problemas, y de esta forma conseguir la meta “Garantizar que el problema no vuelva a ocurrir”.
Otro principio

es la toma de decisiones correctas tomando en cuenta las opciones posibles y sus repercusiones, finalmente el último principio denominado “Mejora continua”, que consiste en aprender de forma constante, para buscar la resolución de problemas.

Estas 4 bases y sus respectivos principios se muestran a más detalle en la Figura 2.

Figura 2

Pirámide de bases y principios del Lean Manufacturing



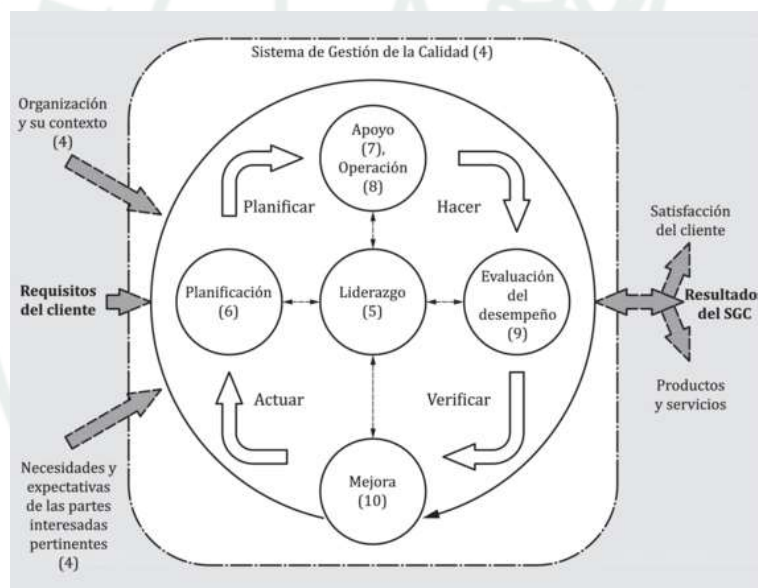
Nota. Adaptado de Liker y Convis (2021).

2.3 Enfoque sistémico PHVA

Es un enfoque sistemático para la resolución de problemas y mejora continua, está basado en 4 ciclos: planificar, hacer, verificar y actuar (ISO 9001, 2015), como se aprecia en la Figura 3. En primer lugar, la parte de planificación establece los objetivos y las metas puntuales. Seguidamente, en la fase del “Hacer”, se establecen las actividades operativas y su respectivo control y seguimiento para la realización. Posteriormente, en la fase del “Verificar”, se toma registro de lo realizado para identificar nuevas oportunidades de mejora y generar planes de acción para la fase “Actuar”.

Figura 3

Ciclo PHVA según ISO 9001



Nota. Tomado de ISO 9001 (2015).

2.4 Herramientas Lean Manufacturing

a) Diagrama de Pareto

Según Anderson (2016), Es una herramienta para el análisis estadístico que se emplea con el fin de determinar y priorizar las razones más relevantes de un problema, fundamentada en la idea de que una pequeña proporción de elementos produce la mayor parte de los efectos. Este método, basado en el principio 80/20 de Vilfredo Pareto, posibilita concentrar los esfuerzos de mejora en aquellos componentes que tienen un impacto más significativo, lo cual optimiza la gestión de la calidad y la toma de decisiones.

b) Técnica de los 5 porqués

El método de los cinco porqués es un enfoque de análisis causal que implica hacer la pregunta "¿por qué ocurrió el problema?" de manera secuencial, con frecuencia cinco veces, para determinar la causa raíz y prevenir soluciones superficiales (Liker & Convis, 2021).

La aplicación se da en los siguientes pasos:

- Definir el problema claramente
- Preguntar “¿Por qué ocurrió?”
- Tomar la respuesta y volver a preguntar: ¿Por qué?
- Repetir el proceso hasta llegar a la causa raíz

c) Diagrama SIPOC

Es un diagrama que proporciona una visión amplia para la caracterización de los procesos; esto permite definir el alcance, recursos y dinámica del flujo del proceso, lo que permite identificar mejoras, responsabilidades y métricas en un proceso (Antony, 2020)

Los elementos a considerar en la estructura de un diagrama SIPOC son los que se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1*Elementos del diagrama SIPOC*

Elemento	Descripción
Supplier (S)	Se describe a la entidad que suministra los recursos o insumos del proceso.
Input (I)	Son elementos de entrada, tales como información, recursos, materias primas, etc., que el proceso requiere para su ejecución.
Process (P)	Conjunto de actividades coordinadas que transforman las entradas y generan salidas.
Output (O)	Son las salidas resultantes de los procesos.
Customer (C)	Son las entidades que reciben o se benefician de las salidas generadas por los procesos.

Nota. Elaboración propia, basada en Antony (2020).

d) Metodología de la “5s”

Las 5s son un conjunto de acciones que conforman una metodología, que tiene el propósito de organizar y estandarizar el lugar de trabajo para aumentar la eficiencia, eliminar desperdicios y mejorar la seguridad dentro del área de trabajo de una organización, de esta manera busca aumentar la productividad y reducir las mermas de la producción (Liker & Convis 2021)

Las 5 son:

- **Seiri:** clasificar lo necesario de lo innecesario
- **Seiton:** Ordenar u organizar ubicando los elementos necesarios de manera correcta y fácil de encontrar.
- **Seiso:** Mantener limpio el área de trabajo para detectar problemas y prevenir futuras fallas.
- **Seiketsu:** Estandarizar y normalizar los procedimientos de las 3 primeras “S”
- **Shitsuke:** Crear hábitos y disciplina de autocontrol para arraigar las 5s en los miembros de la organización.

e) Kaizen

Según Rother, (2020), desde la perspectiva de la producción, es un principio central del sistema de producción de Toyota, el cual busca involucrar a todos los empleados en la identificación de problemas y la propuesta de soluciones y mejoras, de forma continua y permanente. Por otra parte, Imai, (2015) lo define como hábito o filosofía de mejora continua que empieza desde los directivos de la organización hasta los operarios. Este enfoque busca cambios pequeños pero progresivos que parten por iniciativa de cualquier miembro de la empresa.

f) Análisis modal de fallas y efectos AMFE

La metodología del Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) es un método sistemático que se emplea para detectar, valorar y clasificar por orden de importancia los potenciales fallos en un sistema, proceso o producto, examinando sus causas y efectos con el objetivo de evitar su ocurrencia y disminuir riesgos a través de medidas preventivas o correctivas, como se muestra en la Figura 4. Esto nos permite responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Qué podría fallar?
- ¿Por qué podría fallar?
- ¿Qué pasaría si falla?
- ¿Qué tan grave sería?
- ¿Cómo lo prevenimos?

Figura 4

Ciclo básico AMFE



Nota. Tomado Escuela de administración (2021).

g) Diagrama causa-efecto (Ishikawa)

De acuerdo con Montgomery (2020), define el diagrama de causa-efecto como una herramienta de calidad que permite identificar, clasificar y presentar de manera visual las posibles causas de un problema; de esta manera, se pueden establecer planes de acción para uno o varios tipos de causas.

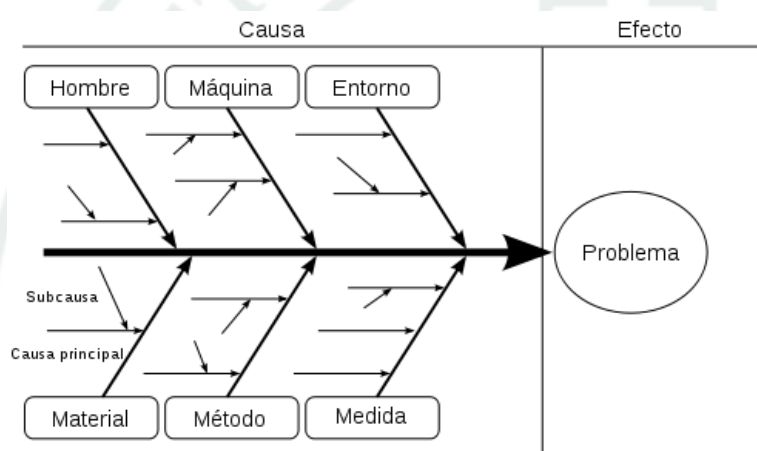
El diagrama se compone de 2 elementos que conforman la figura de un pez, como muestra la Figura 5, el primero es la cabeza, la cual representa el problema o efecto, seguidamente se tienen 6 espinas, catalogadas como las “6m”, las cuales son:

- **Máquinas:** Estado de las máquinas y herramientas, considerando sus fallos y el nivel de tecnología.
- **Métodos:** Hacen referencia a las normas, instrucciones, procedimientos, manuales, etc.
- **Materiales:** Materias primas auxiliares, materiales principales, defectos, entre otros.

- **Mano de obra:** Aspectos sobre la capacitación, experiencia, errores humanos, de gestión y de liderazgo.
- **Medición:** Hace referencia a instrumentos de control, calibración y precisión.
- **Medio ambiente:** Condiciones físicas del entorno y sus variables tales como temperatura, ruido, iluminación.

Figura 5

Formato básico del diagrama de Ishikawa



Nota. Tomado de Burgasí et al. (2024).

2.5 Optimización de procesos

La optimización de procesos se entiende como el conjunto de prácticas orientadas al análisis, diseño, evaluación y mejora continua de las actividades que conforman una organización. Su finalidad principal es incrementar los niveles de eficiencia y eficacia en el uso de los recursos disponibles. Asimismo, busca reducir costos operativos, minimizar tiempos improductivos y mejorar la calidad de los productos o servicios ofrecidos. Este enfoque permite identificar actividades que no agregan valor, reprocesos, desperdicios, demoras y limitaciones dentro del flujo operativo. A partir de ello, se plantean acciones correctivas y preventivas que contribuyen al mejor desempeño organizacional. La optimización también permite mejorar la toma de decisiones mediante el uso de información objetiva y medible. Para su aplicación

pueden emplearse diversas herramientas de gestión, ingeniería, control de calidad y mejora continua. (Harrington et al., 2016).

2.6 Equipos y componentes mineros

Los equipos mineros son el conjunto de maquinarias pesadas, sistemas mecánicos y componentes industriales que se emplean en la extracción y tratamiento del mineral, ya sea en minería a cielo abierto o subterránea. Estos equipos participan en tareas como perforación, carguío, transporte, trituración y gestión de materiales. Son activos fundamentales cuya disponibilidad y confiabilidad impactan directamente en la eficacia y productividad de las operaciones mineras. Este enfoque se alinea con la literatura de ingeniería minera que sostiene que los equipos de producción son el soporte físico esencial del sistema de explotación y un factor crítico en el rendimiento económico de la operación (Kennedy, 2019).

2.7 Tipos de soldadura en la empresa metalmecánica

La soldadura es un procedimiento de unión que se basa en la coalescencia localizada de materiales, según la American Welding Society (2017). Este proceso puede requerir o no presión y el empleo de material de aporte. Este procedimiento conlleva la utilización de energía en forma de calor, presión o las dos simultáneamente, lo que posibilita la fusión o unión de las superficies. Dependiendo del material y las circunstancias, es posible llevarse a cabo a través de varios procedimientos, incluyendo arco eléctrico, gas o resistencia. La técnica utilizada, la preparación y el control de la temperatura son algunos de los elementos que determinan la calidad de la unión. Se usa mucho en la industria debido a su habilidad para crear uniones duraderas y firmes.

Soldadura oxiacetilénica: Es un tipo de soldadura que busca unir metales calentando las superficies a unir hasta el punto de fusión con una llama de gas, fusionando el metal fundido en una masa homogénea y dejándolo solidificar en una sola unidad, como se muestra en la Figura 6 (Bohnart, 2024).

Figura 6

Soldadura Oxiacetilénica



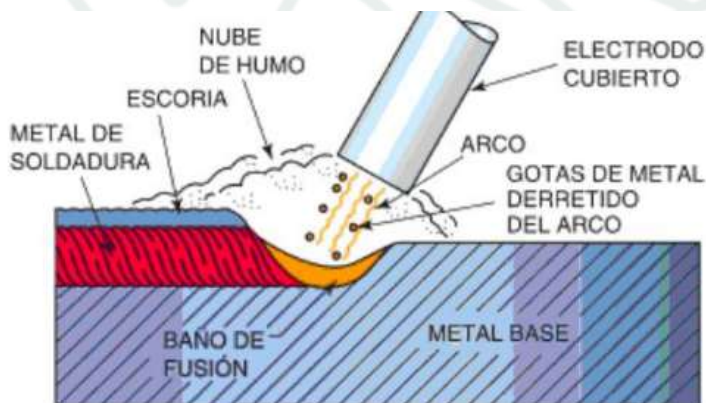
Nota. Tomado de Bonart (2024).

Soldadura por arco eléctrico: Utiliza electricidad para fundir los metales estos incluyen:

- **SMAW (Shielded Metal Arc Welding):** Es un proceso de soldadura que utiliza un fundente cubierto de electrodo de metal para transportar corriente eléctrica, dicha corriente forma un arco a través de la abertura entre el extremo del electrodo y la pieza, como se muestra en la Figura 7, (Bohnart, 2024).

Figura 7

Soldadura SMAW

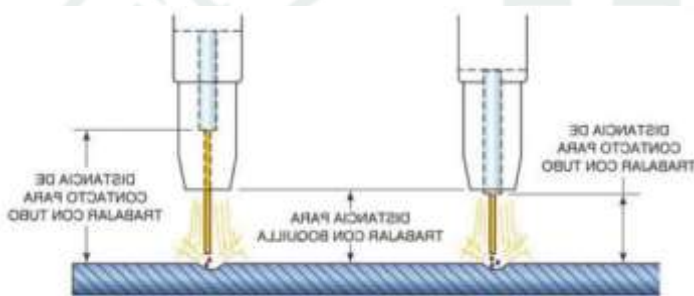


Nota. Tomado de Bonart (2024).

- **GMAW** (Gas Metal Arc Welding / MIG MAG): es un proceso de soldadura por arco eléctrico en el cual un electrodo consumible en forma de alambre continuo se alimenta automáticamente a través de una pistola de soldadura, mientras que un gas protector protege el baño de fusión del contacto con la atmósfera, evitando la oxidación y la contaminación del metal fundido, como se aprecia en la Figura 8 (Bohnart, 2024).

Figura 8

Soldadura GMAW

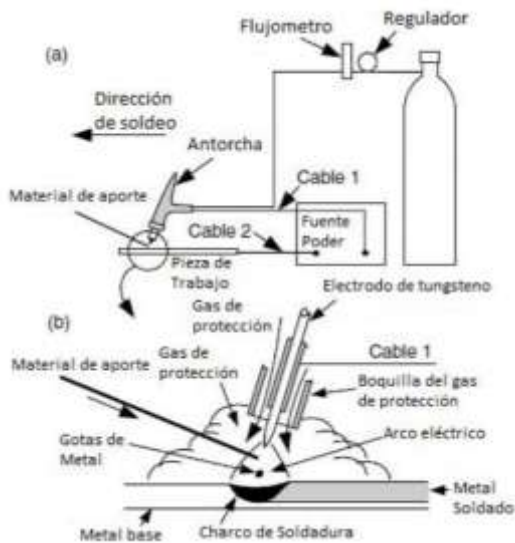


Nota. Tomado de Bonart (2024).

- **GTAW** (Gas Tungsten Arc Welding / TIG): La soldadura GTAW es un proceso de soldadura por arco eléctrico en el que el arco se establece entre un electrodo de tungsteno no consumible y el metal base, mientras un gas protector, generalmente argón o helio, protege el baño de fusión de la contaminación atmosférica. En este proceso, el electrodo de tungsteno genera el arco eléctrico que produce el calor necesario para fundir el metal base. Cuando se requiere material adicional para la unión, se añade manualmente una varilla de aporte, lo que permite un mayor control del cordón de soldadura, en la Figura 9 se aprecia el proceso GTAW (Bohnart, 2024).

Figura 9

Soldadura GTAW

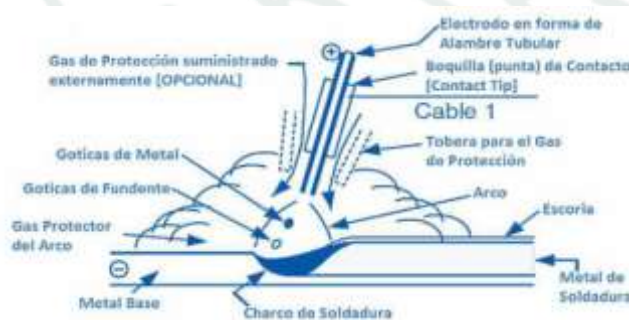


Nota. Tomado de Bonart (2024).

- **FCAW** (Flux-Cored Arc Welding): es un proceso de arco eléctrico que utiliza el arco formado entre un electrodo alimentado continuamente, que es el metal de aporte, y el chancro de soldadura. El proceso hace uso de gas para proteger el metal líquido cuando el arco esté encendido, como muestra la Figura 10 (Bohnart, 2024).

Figura 10

Soldadura FCAW

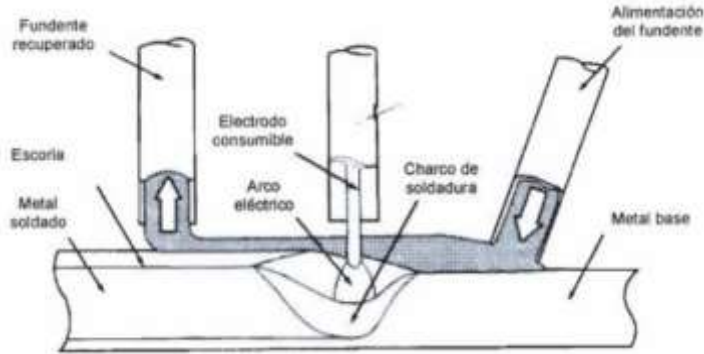


Nota. Tomado de Bohnart (2024).

- **SAW** (Submerged Arc Welding): La soldadura por arco sumergido (SAW) es un proceso de soldadura por arco eléctrico en el cual el arco se forma entre un electrodo consumible continuo y el metal base, quedando completamente cubierto por una capa de fundente granular. Este fundente protege el arco y el metal fundido de la contaminación atmosférica y, al fundirse, forma una escoria que protege el cordón de soldadura durante su solidificación, como muestra la Figura 11 (Bohnart, 2024).

Figura 11

Soldadura SAW



Nota. Tomado de Bohnart (2024).

Existen otros tipos de soldadura como la soldadura por láser, haz de electrones, fricción, ultrasónica, difusión y explosiva; sin embargo, las más usadas en el contexto minero son las descritas.

2.8 Principales defectos de soldadura

a) Defectos internos

Los defectos internos de soldadura son discontinuidades o imperfecciones que se encuentran dentro del cordón, en la zona afectada por el calor o en la raíz de la junta, por lo que normalmente no son visibles mediante una inspección visual directa. Estos defectos pueden originarse por una mala preparación de la junta, parámetros de soldadura inadecuados, contaminación del material base o del electrodo, deficiente limpieza entre pasadas, humedad, mala técnica operativa o enfriamientos bruscos.

La presencia de defectos internos puede comprometer la resistencia mecánica de la unión soldada, reducir la vida útil del componente, generar concentración de esfuerzos y aumentar la probabilidad de falla durante el servicio. Por ello, su detección requiere métodos de ensayos no destructivos, tales como radiografía industrial, ultrasonido, partículas magnéticas o líquidos penetrantes, dependiendo del tipo de material, espesor y criticidad del componente. Los tipos de defectos internos se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Tipos de defectos internos de soldadura

Tipos de defecto interno	Descripción
Porosidad	Burbujas de gas atrapadas a razón de la humedad, contaminación y gas protector.
Inclusiones de escoria	Restos no metálicos dentro del cordón comúnmente por mala limpieza entre pasadas.
Falta de fusión	Ausencia de unión entre el metal base y el material de aporte ocasionada por parámetros inadecuados.
Falta de penetración	El cordón no atraviesa en su totalidad la junta; esto se da por bajo calor o mal biselado.
Fisuras internas	Grietas internas del cordón por tensiones y enfriamiento rápido.
Sopladuras	Son cavidades grandes de gas por humedad o excesos de contaminantes.

Nota. Elaboración Propia.

b) Defectos externos

Los defectos externos de soldadura son imperfecciones visibles en la superficie del cordón o en las zonas adyacentes a la junta soldada. A diferencia de los defectos internos, estos pueden ser identificados inicialmente mediante inspección visual, aunque en algunos casos requieren ensayos complementarios para evaluar su profundidad, extensión o severidad.

Estos defectos suelen estar asociados a una inadecuada técnica de soldadura, mala regulación de parámetros eléctricos, preparación deficiente de la junta, montaje incorrecto, exceso o falta de aporte de material, contaminación superficial o falta de control durante la

ejecución. Su presencia puede afectar la apariencia del cordón, disminuir la resistencia de la unión, generar concentración de esfuerzos o facilitar el inicio de fisuras durante el servicio, en la Tabla 3 se muestra un listado de los tipos de defectos externos.

Tabla 3

Tipos de defectos externos de soldadura

Tipos de defecto externo	Descripción
Grietas superficiales	Rupturas visibles en el cordón por tensiones y enfriamiento brusco.
Socavado	Surco en el borde de los cordones por exceso de calor y mala técnica.
Exceso de refuerzo	Cordón muy elevado por aporte excesivo de material.
Falta de alineación	Bordes mal posicionados por error de montaje previo.
Salpicaduras	Gotas metálicas alrededor del cordón por corriente y voltaje inadecuados.

Nota. Elaboración propia.

2.9 Normas técnicas de soldadura, seguridad y gestión ambiental

Las normas representativas y estándares internacionales.

- AWS D1.1: Código para soldadura estructural en acero que define requisitos de diseño, calificación de procedimientos, ejecución, inspección y criterios de aceptación.
- AWS C5.3: Práctica que establece parámetros y técnicas para corte y ranurado con arco de carbono-aire.
- AWS A5.20: Especificación de clasificación y requisitos de electrodos tubulares (FCAW) para aceros al carbono.
- AWS A5.17: Norma que define requisitos de electrodos sólidos y fundentes para soldadura por arco sumergido (SAW).
- ASTM E1417: Establece el procedimiento para ensayos no destructivos mediante líquidos penetrantes (PT).

- ISO 14001:2015: Norma de gestión ambiental que regula el control documental, los aspectos y los impactos ambientales y la mejora continua.
- D.S. 005-2012-TR: Reglamento de seguridad y salud en el trabajo que establece obligaciones y control de riesgos laborales.
- NTP ISO 14344: Establece requisitos para almacenamiento, manejo y conservación de consumibles de soldadura.
- NTP 350.402: Define condiciones técnicas de seguridad, orden y control ambiental en almacenes.
- NTP 399.010: Establece medidas de seguridad en soldadura, incluyendo manejo de gases, ventilación y prevención de incendios.

2.10 Control de calidad en soldadura

El control de calidad en soldadura comprende el conjunto de actividades técnicas, documentarias y operativas destinadas a asegurar que las uniones soldadas cumplan con los requisitos establecidos en planos, especificaciones técnicas, procedimientos de soldadura, normas aplicables y criterios de aceptación del proyecto. Este control debe desarrollarse de manera ordenada antes, durante y después del proceso de soldadura, debido a que la calidad final de la unión no depende únicamente del cordón terminado, sino también de la preparación previa, la competencia del soldador, la selección de consumibles, el control de parámetros y la inspección posterior, como se muestra en la Tabla 4, las etapas de soldadura y su descripción.

Tabla 4

Control de calidad dentro de las etapas de soldadura

Etapas de soldadura	Descripción
Antes del proceso de soldadura	- Control de calificación de soldadores según AWD D1.1 - Verificación de planos y especificaciones - Calificación de procedimientos de soldadura. - Inspección de materiales y consumibles, equipos y herramientas.

	- Condiciones de seguridad y operatividad previa.
Durante el proceso de soldadura	- Monitoreo continuo de parámetros de soldadura: Voltaje, corriente, velocidad de avance, humedad, temperatura. - Control visual de cordones en cada pasada - Control y seguimiento de los procedimientos e instructivos del proceso
Después del proceso de soldadura	- Inspección visual - Posible aplicación de ensayos no destructivos (Ultrasonido, partículas magnéticas, líquidos penetrantes) - Revisión documental y trazabilidad

Nota. Tomado de la empresa metalmecánica.



CAPÍTULO 3: Metodología

3.1 Marco metodológico

a) Línea de investigación

De acuerdo con las líneas de investigación de la carrera de Ing. Mecatrónica, la presente investigación está dentro del ítem denominado “Gestión de la producción y mantenimiento”.

b) Enfoque

La presente investigación es de enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), es cuantitativa porque se tomará información susceptible al procesamiento numérico y matemático, por ejemplo: costos operativos, tiempos de operación y cantidades de eventos de no calidad. Por otra parte, se tiene también información cualitativa como opiniones y juicios valorativos propios de las personas involucradas en las operaciones de soldadura. Así mismo, varias herramientas Lean son de carácter cualitativo y cuantitativo para su operacionalización.

c) Alcance:

Esta investigación es de alcance explicativo y aplicado. En primer lugar, es explicativa porque se busca establecer y demostrar cómo la variable independiente afecta a la variable dependiente, estableciendo una relación de causa-efecto, y aplicado porque busca solucionar un problema práctico mediante la aplicación de conocimientos existentes para optimizar el proceso de soldadura de una empresa real.

3.2 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental, a razón de que se manipulará la variable independiente, pero no se asigna aleatoriamente a los grupos o sujetos de control, se trabaja con una sola muestra existente (tuerca de chancadora), con el objetivo de analizar relaciones causales aproximadas sin generalización estadística, en ese sentido el diseño básico

es de un solo grupo o elemento con pretest y posttest, para mejorar y realizar proyecciones sobre los efectos en la variable dependiente, expresados en sus respectivos indicadores y dimensiones.

Estructura formal:

$O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$

O1: Medición inicial (según data historia y observación de campo)

X: Tratamiento o intervención (aplicación de la mejora lean)

O2: Posttest (Tuerca de chancadora de muestra tratada)

3.3 Población y muestra

La población está compuesta por los elementos de los equipos mineros que necesitan mantenimiento a través de soldadura, los cuales tienen distintas propiedades dependiendo del material, la función y el grado de desgaste. Estos componentes son esenciales para que los procesos mineros continúen operando.

Para la investigación, se eligió la "Tuerca de chancadora secundaria" a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia. Esta decisión se fundamenta en la frecuencia de mantenimiento, que varía entre 9 y 14 veces al año. Asimismo, se tuvo en cuenta el costo vinculado con su reparación y cómo afecta este a la gestión del mantenimiento. Por último, se tuvo en cuenta el valor del cliente minero, ya que es un elemento esencial en el proceso de chancado.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Instrumentos de investigación

a) Observación de campo

Se harán observaciones estructuradas de campo para comprender el proceso de soldadura dentro de la empresa metalmecánica, tomando apuntes y evidencia fotográfica de los diversos elementos productivos.

b) Análisis documental

Se solicitarán a las áreas correspondientes los diversos documentos de gestión ligados al proceso de soldadura de la organización, documentos tales como PETS, procedimientos, políticas, manuales, instructivos, planos, entre otros.

c) Entrevistas no estructuradas

Se realizarán entrevistas no estructuradas al personal operativo, para comprender la naturaleza y la dinámica interna del proceso de soldadura; de esta manera se logrará un entendimiento más robusto sobre la problemática y sus causas.

3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

a) Procesamiento cualitativo

Se realizará una descripción cualitativa de los datos encontrados, haciendo uso de algunas herramientas de clasificación de causas tales como Ishikawa y realizando flujogramas descriptivos (mapa de procesos, Flowsheet, diagrama de Pareto); asimismo, para la identificación de causas, se usará la técnica de los “Cinco porqués”.

b) Procesamiento cuantitativo

Según el tipo de datos cuantitativos, se hará un procesamiento numérico, tales como mínimos, máximos y promedios, porcentajes, variaciones proporcionales y ratios, entre otros, para los datos tales como costos y tiempos de operación en el proceso de soldadura.

c) Uso de programas computacionales

Para el desarrollo y procesamiento de datos se hará uso de los programas del paquete de Office tales como Ms Word para el procesamiento y generación de texto, Ms Office para el procesamiento numérico básico y Ms Visio, Power Point, para el desarrollo de flujogramas y expresiones gráficas.

3.6 Variables de investigación

3.6.1 Variable dependiente

Proceso de soldadura: Conjunto de actividades que toman diversos insumos o entradas (mano de obra, materiales, métodos, medio ambiente, mediciones y maquinarias), para la unión de dos o más piezas, mediante la aplicación de calor, presión o ambos, con la finalidad de obtener una nueva pieza.

- **Definición conceptual de proceso:** Un proceso es un conjunto de actividades que requieren uno o más tipos de insumos y crean valor agregado para la satisfacción de un cliente interno (Hammer & Champy, 1993).
- **Definición conceptual de soldadura:** Es una actividad de fabricación que se basa en la unión de materiales, a través de la fusión localizada permitiendo la unión y solidificación de superficies, con o sin el uso de presión y materiales de aporte (American Welding Society, 2020).

3.6.2 Variable independiente

Aplicación de herramientas Lean: Lean consiste en la identificación y mitigación de diversos desperdicios haciendo uso de la mejora continua, con la finalidad de agregar valor y lograr el flujo de producción continuo, centrado en las personas y la filosofía de solución de problemas continua (Ohno, 1988).

3.7 Matriz de operacionalización de variables

La matriz de operacionalización de variables se muestra en la Tabla 5, la cual describe las definiciones, dimensiones, indicadores y escalas de medición.

Variable	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición	Instrumento
Variable independiente: Aplicación de herramientas Lean	La operacionalización de esta variable se hará mediante la primera herramienta lean PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar)	Fase “Planificar”	$\text{Nivel de ejecución} = \frac{\text{Actividades ejecutadas}}{\text{Actividades programadas}} \times 100$	Proporción	– Aplicación de los “Cinco porqués” – Diagrama de Ishikawa – Diagrama de Pareto,
		Fase “Hacer”			– PHVA, Matriz AMFE, Desarrollo de procedimientos y flujogramas.
		Fase “Verificar”			– Lista de verificación e indicadores internos por fase
		Fase “Actuar”			– Lista de planes de acciones correctivas según resultados.
Variable dependiente: Proceso de soldadura	La optimización del proceso de soldadura se hará evidente mediante los tiempos de operación y los costos operativos.	Tiempos de operación	$\text{Variación de tiempo} = \frac{\text{Tiempos de operación antes} - \text{Tiempos de operación despues}}{\text{Tiempos de operación antes}} \times 100$	Variación proporcional	– Registro de tiempos operativos.
		Costos operativos	$\text{Variación de costo} = \frac{\text{Costos operativos antes} - \text{Costos operativos despues}}{\text{Costos operativos antes}} \times 100$	Variación proporcional	– Registro de costos por orden de trabajo

Nota. Elaboración propia.

3.8 Proceso metodológico del estudio

a) Etapa 1: Diagnostico situacional

En primer lugar, se partirá ejecutando el instrumento de ficha de observación de campo, analizando las 6 m del proceso productivo (materiales, mano de obra, maquinaria, métodos, medio ambiente, y medición) y la técnica de análisis documental, respecto al proceso de soldadura de la tuerca de chancadora. Seguidamente se describirá el proceso de soldadura haciendo uso del instrumento “Flujograma” indicando a su vez el personal, máquinas y herramientas involucradas en el proceso, luego bajo la revisión de los registros de servicios históricos se analizará los reprocesos y eventos de no calidad, para posteriormente usar la técnica cualitativa del diagrama Ishikawa y caracterizar su factores causales de los eventos de no calidad, tales eventos serán expresados también de forma cuantitativa mediante el diagrama de Pareto identificando la regla del 80/20.

b) Etapa 2: Diseño y aplicación de herramientas Lean

En segundo lugar, una vez comprendido el proceso de soldadura en la muestra definida, se procederá a diseñar y aplicar las herramientas lean, para ello se partirá comprendiendo los conceptos básicos de lean manufacturing según lo establecido en apartado del capítulo dos (Marco teórico), aplicando la técnica de la revisión bibliográfica, luego se conceptualizará las ideas y definirá un “Formato estandarizado”, el cual es una disposición o estructura definida en la cual se presenta la información dentro de un documento o registro, guiado por la secuencia básica de Lean PHVA (Planificar, hacer, verificar, actuar), esta técnica de sistematizar y estructurar la información en un formato permite que la información siga un orden lógico, mejore la comunicación y el entendimiento por quien lo aplica, como lo recomienda Liker (2021). La primera fase “PLANIFICAR” establece los objetivos de las mejoras (reducir tiempos, reducir reprocesos, reducir costos) y sus indicadores a cumplir. Una vez determinados los objetivos y las herramientas para aplicar, se definirá la segunda fase “HACER” en la cual

se ejecutan las mejoras en la muestra establecida: “Tuerca de chancadora”. Una vez aplicadas las mejoras propuestas, en la fase de “VERIFICAR” se analizará si esas mejoras cumplieron con lo establecido en la primera fase, en caso de que no se cumpla, se procederá con la última fase “ACTUAR”, donde se plantearán los posibles planes de acción para lograr el objetivo.

Etapas 3: Análisis de la viabilidad

Finalmente, para evaluar la rentabilidad de la optimización del proceso, se calculará en primer lugar el beneficio de la propuesta en función del costo por hora-hombre del personal involucrado, considerando como base una jornada mensual de 192 horas trabajadas (de acuerdo con la legislación laboral vigente). Asimismo, el análisis del costo del proceso actual y del proceso propuesto se limitará al costo primo, es decir, únicamente se tomarán en cuenta los costos correspondientes a la mano de obra directa y a los materiales directos involucrados. Por último, se aplicará la relación costo-beneficio, definida como el cociente entre los beneficios obtenidos y los costos incurridos, para que la propuesta sea considerada rentable, este indicador deberá ser mayor a 1, es decir los beneficios deben ser superiores a los costos.

3.9 Aspectos administrativos

Recursos necesarios

Para el desarrollo de los objetivos se cuenta con el siguiente presupuesto, como muestra la Tabla 6, los recursos de bienes, servicios, personal y contingencia.

Tabla 6

Recursos para la organización

Recurso	Necesidad del recurso	Descripción	Costo (S/.)
Bienes	Equipos: Es necesario contar con equipos para el procesamiento de datos y la toma de información.	-Laptop - Celular (con capacidad de apuntes y fotografía)	Recursos propios del autor.
	Insumos: Se necesitan recursos de oficina para el desarrollo y la toma de información.	Papel bond, cuadernos, lapiceros, resaltadores, etc.	250.00
	Software: Se necesita software para el procesamiento de datos	Paquete Office	Recursos propios de la empresa
Servicio	Viáticos-Alimentación: Se necesita cubrir necesidades básicas de alimento y transporte hacia la empresa.	-Pasajes de transporte. -Alimentación (almuerzo)	1,120.00
Personal	Es necesario contar con el personal apropiado para el desarrollo de la investigación	Autor de la presente tesis	Absorbido por el salario empresarial.
Contingencia	Es necesario contar con un presupuesto de emergencia para eventos imprevistos (20% del total presupuestado)	-----	224.00
TOTAL			1,594.00

Nota. Elaboración propia.

3.10 Cronograma de actividades

El cronograma de actividades se da como se muestra en la Tabla 7, con una duración de 5 meses y 3 etapas.

Tabla 7

Cronograma de actividades 2025

Cronograma año 2025					
Actividad	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
Etapas 1: Desarrollo de plan de tesis					
1.1 Identificación del problema	X				
1.2 Descripción del problema	X				
1.3 Desarrollo de marco teórico y metodológico	X				
Etapas 2: Desarrollo de la propuesta		X	X		
1.1 Etapa de “Planificación”			X	X	X
1.2 Etapa de “Hacer”			X	X	X
1.3 Etapa de “Verificar”			X	X	X
1.4 Etapa de “Actuar”					X
Etapas 3: Evaluación y resultados					
3.1 Resultados cuantitativos y cualitativos				X	X
3.2 Redacción de borrador final				X	X
3.3 Levantamiento de observaciones	X	X	X	X	X
3.4 Presentación final					X

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO 4: Análisis del proceso actual

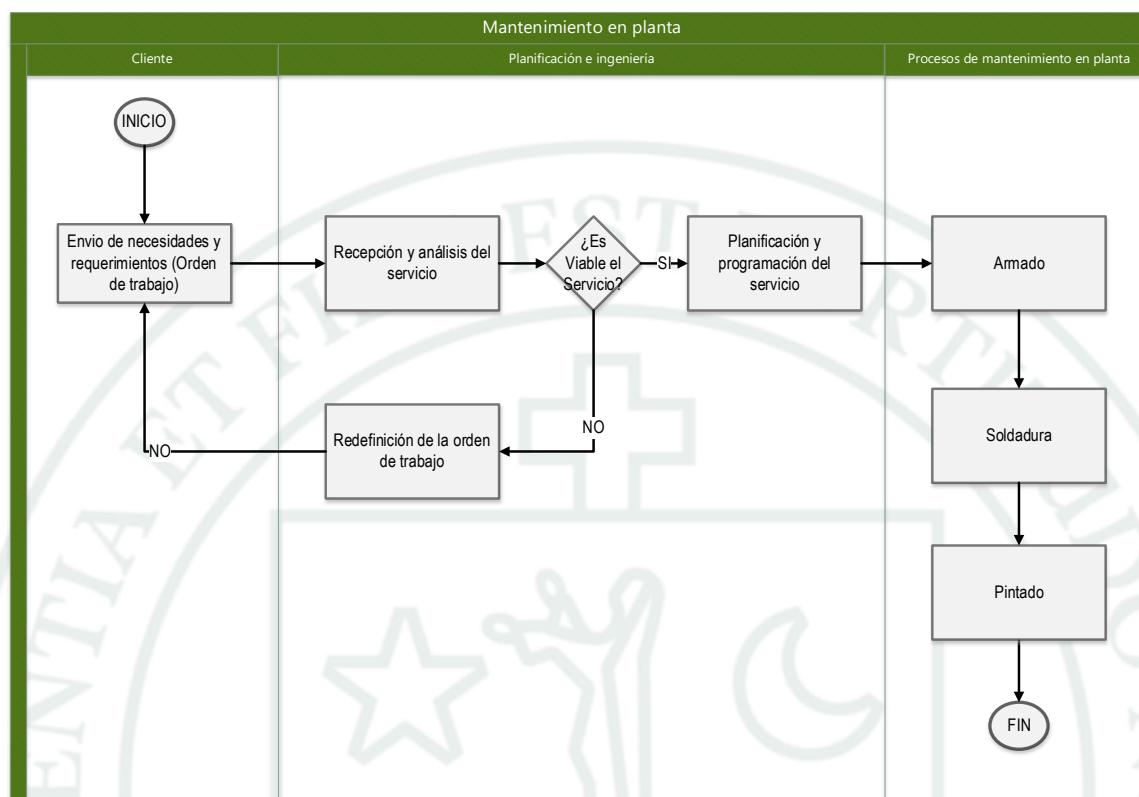
4.1 Descripción del proceso de soldadura

El proceso de soldadura es parte del macroproceso de mantenimiento en planta, el cual comienza a grandes rasgos desde la recepción de la necesidad del cliente. Seguidamente, el área de planificación e ingeniería toma las consideraciones y atributos de la orden de trabajo y procede a asignar los recursos necesarios para las operaciones de mantenimiento. Las operaciones de soldadura se dividen en 3 áreas: armado, soldadura y pintado. Seguidamente, posterior a las operaciones de Armado, el área de soldadura recibe la orden de trabajo y procede a ejecutar las operaciones y la gestión de recursos, para finalmente entregarlo al área de Pintado, como se muestra en la Figura 12. Asimismo, se muestran a mayor detalle las secuencias de actividades bajo el diagrama SIPOC en el Anexo 3.

Una vez recibida la orden de trabajo por el jefe de soldadura, junto con la documentación técnica, asigna al personal calificado según la complejidad del trabajo. Los soldadores coordinan el traslado de la pieza desde el área de armado para luego acondicionar el área de trabajo, descargar y posicionar las piezas antes de comenzar con las tareas. Seguidamente se ejecutan los preparativos de herramientas y equipos de protección, limpieza del área y gestión documental de seguridad tales como IPERC, ATS, y PETAR. Posteriormente se calibran los parámetros de la fuente de alimentación y del alimentador de alambre en caso de procesos MIG/MAG o FCAW, tomando en consideración variables críticas como amperaje, voltaje, velocidad de alimentación de alambre y tipo de protección gaseosa, una vez finalizada las operaciones de soldadura, se procede a la inspección por parte del supervisor, verificando el cumplimiento de estándares antes de pasar al área de Pintado.

Figura 12

Flujograma general de mantenimiento en planta



Nota. Elaboración propia, basada en los procesos internos de la empresa.

a) Personal y equipos involucrados en el proceso de soldadura

El personal y equipos necesarios para la ejecución del proceso se dan de acuerdo con la siguiente Tabla 8, en la que se especifica el requerimiento de personal equipo de protección y maquinaria.

Tabla 8*Personal y equipos involucrados en el proceso de soldadura*

Requerimiento de personal	
Nro	Descripción
1	Ing. Supervisor de operaciones
2	Ing. Supervisor de Seguridad y Salud
3	Líder de soldadura
4	Técnico soldador
Requerimiento de equipos de protección	
Nro	Descripción
1	Ropa de protección de cuero (casaca, pantalón, mandil, guantes)
2	Casco de seguridad
3	Lentes de seguridad
4	Respirador de media cara
5	Careta de soldar
6	Zapatos de seguridad
7	Tapones de oído
8	Bloqueador solar
Requerimiento de equipos y herramientas	
Nro.	Descripción
1	Máquinas de soldar
2	Alimentador
3	Equipo oxiacetilénico
4	Amoladora / Esmeril
5	Mordaza o dispositivo de sujeción para pinzas
6	Chispero
7	Pirómetro
8	Gases de protección
9	Alambre para soldar – electrodos
10	Disco de corte, desbaste
11	Manómetros
12	Alicate
13	Punta de contacto
14	Tobera, antorcha
15	Cíncel

Nota. Elaboración propia, según recursos de la empresa.

4.2 Análisis de reprocesos y eventos de no calidad

De acuerdo con la Tabla 9, en el periodo de 2024 se han realizado un total de 20 órdenes de trabajo, de los cuales, según las Tablas 9 y 10, 11 fueron órdenes de trabajo de “Tuercas de chancadora”, 3 de “Trompos de chancadora”, 3 de “Hopper de chancadora” y otros 3 elementos. De los cuales se ha presentado un total de 42 reprocesos, siendo 23 reprocesos (54.8%) en “Tuerca de chancadora”, 7 reprocesos (16.7%) en “Trompos de chancadora” y 6 reprocesos (14.3%) en “Hopper de chancadora”. Esto significa que en 3 elementos de chancadora se concentra un total de 85.7% de reprocesos.

Tabla 9

Registro de control y seguimiento de servicios de soldadura 2024

Registro de control y seguimiento de servicios de soldadura 2024						
	Elemento de chancadora secundaria	Fecha inicial	Fecha final	Tiempo planificado (días)	Tiempo real (días)	Reprocesos
Enero	Tuerca de chancadora secundaria	8/01/2024	23/01/2024	10	16	2
Enero	Anillo de ajuste	10/01/2024	24/01/2024	12	15	3
Febrero	Tuerca de chancadora secundaria	2/02/2024	16/02/2024	10	15	3
Marzo	Tuerca de chancadora secundaria	5/03/2024	18/03/2024	10	14	1
Marzo	Trompo	20/03/2024	20/04/2024	31	31	1
Abril	Tuerca de chancadora secundaria	17/04/2024	1/05/2024	10	15	2
Abril	Hopper (Tolva de almacenamiento)	19/04/2024	3/05/2024	11	15	1
Mayo	Tuerca de chancadora secundaria	3/05/2024	18/05/2024	10	16	2
Junio	Tuerca de chancadora secundaria	13/06/2024	28/06/2024	11	16	3
Junio	Trompo	20/06/2024	20/07/2024	30	30	4

Julio	Tuerca de chancadora secundaria	12/07/2024	26/07/2024	10	15	4
Julio	Hopper (Tolva de almacenamiento)	17/07/2024	1/08/2024	11	15	3
Agosto	Hopper (Tolva de almacenamiento)	2/08/2024	17/08/2024	11	15	2
Agosto	Tuerca de chancadora secundaria	8/08/2024	24/08/2024	10	17	1
Septiembre	Tuerca de chancadora secundaria	10/08/2024	25/08/2024	10	16	2
Septiembre	Trompo	19/09/2024	19/10/2024	30	30	2
Octubre	Tuerca de chancadora secundaria	19/10/2024	2/11/2024	10	15	2
Noviembre	Tuerca de chancadora secundaria	15/11/2024	30/11/2024	10	15	1
Diciembre	Eje de chancadora	12/12/2024	1/01/2025	15	20	2
Diciembre	Contra eje de chancadora	16/12/2024	6/01/2025	15	21	1

Nota. Elaboración propia, según registros de la empresa.

Tabla 10

Cantidad de servicios y reprocesos por elementos de chancadora

Elemento de chancadora secundaria	Cantidad de servicios	% de servicio	Reprocesos	% reprocesos
Tuerca de chancadora secundaria	11	55%	23	54.8%
Anillo de ajuste	1	5%	3	7.1%
Trompo	3	15%	7	16.7%
Hopper (Tolva de almacenamiento)	3	15%	6	14.3%
Eje de chancadora	1	5%	2	4.8%
Contra eje de chancadora	1	5%	1	2.4%
Total general	20	100%	42	100.0%

Nota. Elaboración propia, según registro de la empresa.

Por otra parte, analizando el Anexo 1 “Registros de eventos de no calidad del periodo 2024”, se tiene la Tabla 11 en cual podemos ver que el 37.5% de eventos de no calidad

corresponde a las órdenes de trabajo sobre “Tuerca de chancadora” siendo la más representativa, seguido del “Hopper (Tolva de alimentación)” con un 15.63% y “Trompo de chancadora” con un 15.63% de igual forma, estos 3 elementos conglomeran el 68.75% de eventos de no calidad (se puede apreciar a más detalle en el Anexo 1).

Tabla 11

Cantidad de eventos de no calidad por elemento de chancadora

Elemento de chancadora	Cantidad de reportes de "No calidad"	% de No calidad
Tuerca	12	37.50%
Hopper (tolva de almacenamiento)	5	15.63%
Trompo	5	15.63%
Eje de chancadora	4	12.50%
Anillo de ajuste	3	9.38%
Contra eje de chancadora	3	9.38%
Total general	32	100.00%

Notal. Elaboración propia.

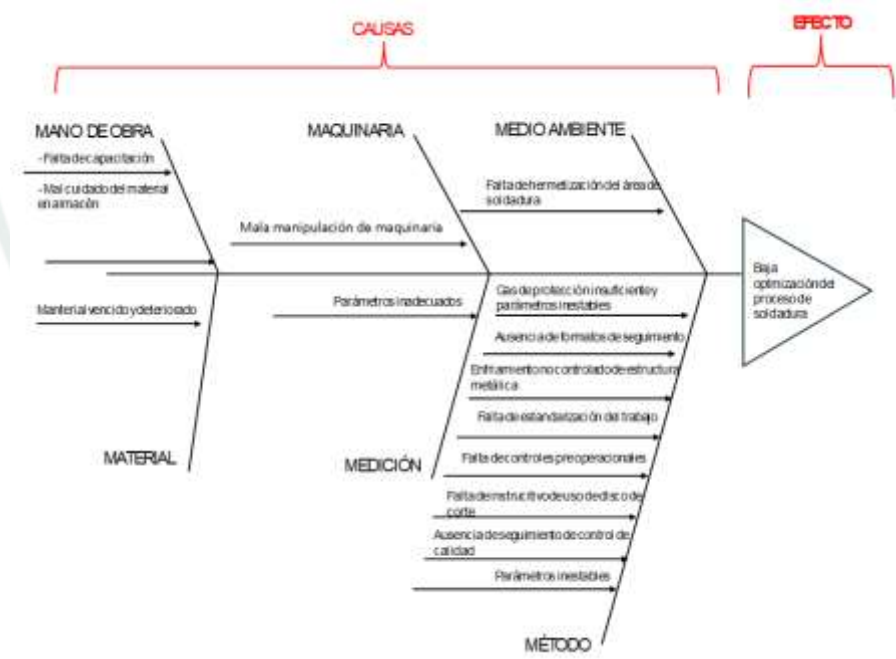
4.3 Análisis de causas

Luego de analizar el proceso de soldadura y los registros de reprocesos y eventos de no calidad, se procedió a ejecutar la ficha de observación del proceso de soldadura para conocer con mayor profundidad la naturaleza del problema. Este desarrollo se aprecia en el Anexo 2.

Luego de ejecutar la ficha de observación, junto con el registro de eventos del Anexo 1, se procede a aplicar la primera herramienta Lean para la identificación de causas, esta herramienta es la denominada “Diagrama de Ishikawa”, la que nos permite categorizar los eventos de no calidad en relación con las 6m (materiales, mano de obra, maquinaria, métodos, medioambiente, medición), como podemos apreciar en la Figura 13. En el Anexo 4 se puede apreciar las causas, contramedidas a corto plazo y planes de acción a largo plazo.

Figura 13

Diagrama de Ishikawa del proceso de soldadura



Nota. Elaboración propia, basada en las causas y efectos del problema.

Seguidamente analizando las frecuencias y porcentajes acumulados de las causas de la baja optimización del proceso de soldadura de la empresa metalmecánica, se obtuvo que el 81.3% de la cantidad de eventos de no calidad son atribuidos a 3 factores Ishikawa, Métodos, Mano de obra y Material, como se muestra en la Tabla 12 y Figura 14, en otro 18.7% de causas son atribuidos a los factores Medio ambiente, Maquinaria y Medición. Cabe mencionar que el análisis de datos forma parte de los Anexo 4.

Tabla 12

Tabla de frecuencia y nivel de criticidad de factores Ishikawa

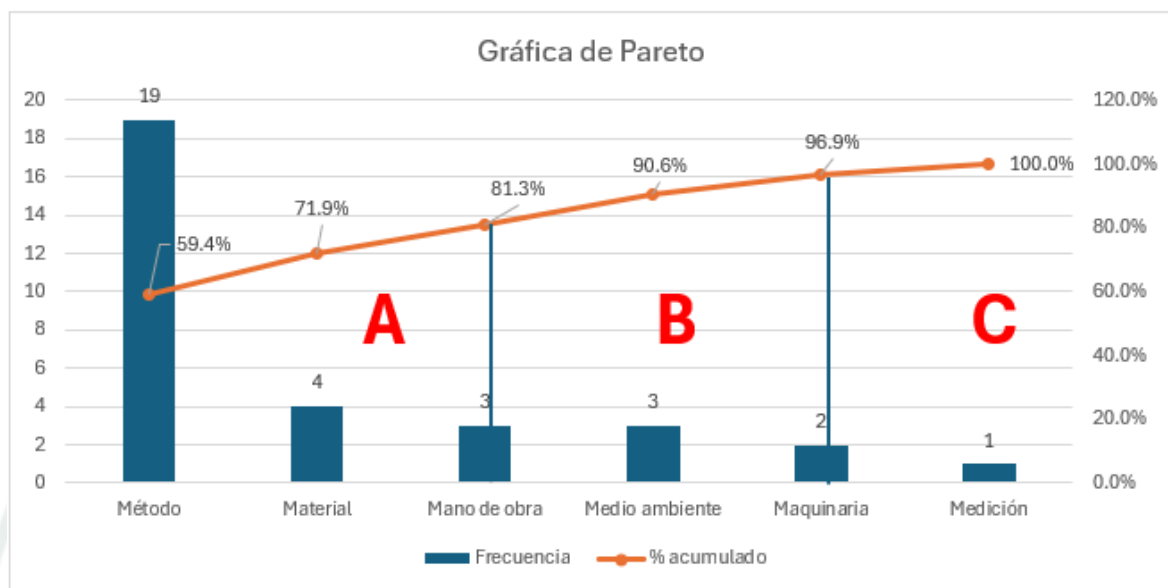
Factor Ishikawa	Frecuencia	% frecuencia	% acumulado	Nivel de criticidad
Método	19	59.38%	59.4%	A
Material	4	12.50%	71.9%	A
Mano de obra	3	9.38%	81.3%	A
Medio ambiente	3	9.38%	90.6%	B
Maquinaria	2	6.25%	96.9%	B
Medición	1	3.13%	100.0%	C
Total	32	100.00%		

Nota. Elaboración propia.

Por otra parte, aplicando la herramienta Lean de Pareto, podemos ver gráficamente en la Figura 14 el nivel de criticidad A, B y C de la distribución de frecuencias. Este análisis nos permite identificar de forma más detallada hacia dónde orientar los esfuerzos de mejora continua.

Figura 14

Grafica de Pareto de factores Ishikawa



Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO 5: Diseño y aplicación de herramientas Lean

En este apartado, luego de haber comprendido la naturaleza del proceso de soldadura en el capítulo 4 y sus causas respectivas, se procede a aplicar las fases PHVA, en conjunto con las herramientas Lean que tengan un efecto más eficiente para la resolución de problemas.

Primeramente, se partirá diseñando una herramienta de tipo “Formato” conglomerando las fases PHVA y las herramientas a aplicar. Cabe mencionar que el requisito de este formato es la replicabilidad en otros procesos, es decir, que no sea solamente para un caso puntual, sino que pueda integrarse en el sistema de gestión integral de la empresa.

En segundo lugar, se tomará un elemento de prueba para ejecutar el formato diseñado y analizar los efectos de las mejoras; esto nos permitirá afinar mejor la herramienta Lean y estandarizar sus pasos para el uso en otras áreas.

5.1 Diseño de herramienta Lean estandarizada

Revisando la literatura sobre las herramientas lean y las diversas casuísticas de los antecedentes, se optó por diseñar el formato denominado “Plantilla procedimental de mejora Lean”. Esta herramienta contó con la revisión empírica de algunos trabajadores y supervisores del área de ingeniería de la empresa metalmecánica. Esta herramienta consta de la siguiente estructura, como muestra la Tabla 13. La herramienta en formato se aprecia en el Anexo 5

Tabla 13

Estructura de herramienta “Plantilla procedimental de mejora Lean”

Estructura de la herramienta “Plantilla procedimental de mejora Lean”		
Fase	Pasos	Descripción
Fase 0: Equipo y diagnóstico	Paso 1: Establecimiento de equipo Lean	En este primer paso se conforma el equipo integral para ejecutar los pasos subsiguientes; este equipo debe estar conformado por técnicos, profesionales y personal administrativo, de preferencia, para tener una retroalimentación completa.
	Paso 2: Delimitación del problema	En este paso, se debe delimitar el problema haciendo uso de la herramienta Lean “5 W” y “2 H”: – ¿Qué? (What) – ¿Cuándo? (When) – ¿Dónde? (Where) – ¿Por qué? (Why) – ¿Quién? (Who) – ¿Cómo? (How) – ¿Cuánto? (How much) Asimismo, se describe el proceso operativo antes, durante y después. Contando con un flujograma, registros cuantitativos y un panel fotográfico del problema.
	Paso 3: Establecimiento de medidas de contingencia a corto plazo	En este paso se establecen las medidas a corto plazo para mitigar los efectos del problema
	Paso 4: Identificación de causa raíz	En este paso se profundiza más, sobre las causas del problema operativo, y su relación con las 6m, seguidamente se busca la causa raíz aplicando la herramienta Lean de los “5 porqués”
	Paso 5: Determinación de planes de acción para el estado objetivo	En este paso se ejecuta la fase de planificación. Una vez que se conocen las causas y razones, se procede a establecer planes de acción, responsables, fechas de entrega, indicadores o entregables que
Fase 1: Planificar (P)		

		deben ser cumplidos para solucionar el problema.
Fase 2: Hacer (H)	Paso 6: Implementación de actividades planificadas	En este paso se hace operativo lo planificado en el apartado anterior.
	Paso 7: Verificación de la mejora operativa	En este paso se verifican aspectos cuantitativos tales como tiempo y costo de la implementación y aspectos cualitativos según el juicio de experto del equipo involucrado, contando como evidencia objetiva un panel fotográfico.
Fase 3: Verificar (V)	Paso 8: Análisis de fallos y efectos del proceso (AMFE)	En este paso se ejecuta la fase “Actuar”, en la cual se parte de un análisis de fallas y efectos del proceso luego de la mejora, puesto que una modificación trae consigo no solo aspectos positivos sino también posibles efectos negativos que deben considerarse. Para ello, se ejecuta el análisis AMFE.
	Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción	Una vez culminada la aplicación de la herramienta, en este paso se deja constancia de los compromisos para seguir mejorando y las lecciones aprendidas por el equipo desarrollador. De esta manera, el ciclo PHVA continúa efectuándose.
Fase 4: Actuar (A)		

Nota. Elaboración propia.

5.2 Selección del elemento para prueba aplicación Lean

Una vez diseñada la herramienta Lean, estructurada en nueve pasos, se procedió a seleccionar el componente de la chancadora para aplicar el formato consolidado, con el objetivo de validar su efectividad en condiciones reales de operación. Para esta selección, se consideraron criterios clave como el nivel de reprocesos identificados y la frecuencia de órdenes de trabajo registradas, de acuerdo con el análisis desarrollado en el capítulo de diagnóstico (capítulo 4). Estos indicadores permitieron identificar los elementos con mayor impacto en la eficiencia del proceso de mantenimiento. En ese contexto, se eligió la “Tuerca de chancadora”, debido a su alta recurrencia en intervenciones y su relevancia dentro del sistema operativo, convirtiéndola en un caso representativo para la aplicación de la herramienta Lean propuesta.

5.3 Aplicación de herramientas

5.3.1 Fase 0: Equipo y diagnóstico

a) Paso 1: Establecimiento del equipo Lean

En este primer paso se conformó el equipo lean, tomando en cuenta el conocimiento integral de cada participante, puesto que es necesario contar con perspectivas distintas, por ello se seleccionó a un “Soldador de avanzada”, “Supervisor de soldadura y mantenimiento”, “Supervisor de seguridad” y el autor de la presente tesis como “Asistente de operaciones”, como se muestra en la Figura 15.

Figura 15

Paso 1: Ejecución del establecimiento del equipo Lean

EMPRESA METALMECÁNICA	SISTEMA DE MEJORA CONTINUA LEAN MANUFACTURING		CÓDIGO	FT-OP-001
	PLANTILLA PROCEDIMENTAL DE MEJORA LEAN		FECHA	12/09/2025
	PROCESO	SOLDADURA DE COMPONENTE MINERO "TUERCA DE CHANCADORA SECUNDARIA"	Página	1 de 1
FASE 0 PHVA: EQUIPO Y DIAGNOSTICO				
Paso 1: Establecimiento del equipo Lean				
Nombre	Puesto	Función	Área o proceso	
Mario Sebastián Bermejo Galdos	Asistente de operaciones	Líder del equipo lean	Gerencia	
Miguel Alejandro Zagarra del Carpio	Soldador de avanzada	Informador de aspectos técnicos operativos	Mantenimiento	
Diego Antony Sullá Pucará	Supervisor de soldadura y mantenimiento	Supervisor de operaciones y estándares de mantenimiento	Mantenimiento	
Aryle Gorget Ramos Ulanos	Supervisora de seguridad	Velar por el alineamiento con los estándares de seguridad	SSOMA	
Objetivos	Analizar e identificar oportunidades de mejora en el proceso de mantenimiento por soldadura del componente minero denominado "Tuerca de chancadora secundaria"			
Metas	Reducir los eventos de no calidad, reducir los costos de mano de obra directa y reducir el costo de materiales directos.			

Nota. Elaboración propia.

a) Paso 2: Delimitación del problema

Seguidamente, para el paso 2, se delimitó el problema específico haciendo uso de la técnica de las 7 preguntas, como se muestra en la Figura 16.

Figura 16

Paso 2: Ejecución de la delimitación del problema

Paso 2: Delimitación del problema	
Preguntas de análisis	Descripción
¿Que?	Perdida de material de soldadura, disconformidad del trabajador en las operaciones de soldadura de tuerca específicamente en parte de relleno por soldadura con alambre SOLDATUB, atributos de no calidad presentados en las fases de inspección.
¿Cuándo?	Se detectan en las fases operativas denominadas "durante el proceso" y las fases de inspección denominada "después del proceso"
¿Dónde?	En el área de soldadura perteneciente al macro proceso de mantenimiento.
¿Por qué?	Debido a la falta de estandarización evidenciado en la ausencia de un instructivo o manual básico de las operaciones de soldadura en el componente "Tuerca de chancadora", por otra parte el proceso de soldadura con alambre resulta incomodo para el trabajador impactando en la fatiga y posibles errores.
¿Quién?	La persona que ejecuta el proceso es el "Soldador" y la persona que lo supervisa es el "Supervisor de soldadura"
¿Cómo?	El soldador realiza las operaciones bajo la guía de un PETS, básico.
¿Cuanto?	El tiempo es de 15 días reales , con un costo total de S/ 6,300.31 soles en promedio.

Nota. Elaboración propia.

Seguidamente, se ejecutó la observación de campo de un servicio de la tuerca, desde el 1 de setiembre de 2025 hasta el 19 de setiembre de 2025. Se pueden apreciar en la Tabla 14 las operaciones a detalle. Lo cual sirvió también para posteriormente diseñar un instructivo básico para el trabajador, considerando lo más relevante.

Tabla 14

Descripción del proceso actual de soldadura de tuerca

Etapas del proceso	Nro	Actividad	Descripción de la actividad	Panel fotográfico	Tiempo de ejecución (min)	Costo de mano de obra directa (s/.)	Costo de materiales directos (s/.)	Recursos
Antes de la operación	1	Ingreso de componente	Ingreso de componente a planta ---		45	---	---	---
	2	Inspección inicial	Se inspecciona los daños que ha sufrido la tuerca en la operación y se traslada a almacén temporal ---		120	---	---	---
	3	Generación de OT	Creación de la orden de trabajo para iniciar su reparación ---		15	---	---	---
	4	Asignación de personal	Asignación de personal correspondiente a realizar el trabajo (Líder de soldadura, 2 soldadores) ---		10	---	---	---
	5	Generación de IPERC + Charla	Validación de IPERC continuo - planta ---		15	---	---	---
	6	Generación de permiso	Validación de Permiso de trabajos en caliente - Planta ---		10	---	---	---
	7	Generación de PETAR	Validación de Permiso escrito para trabajo de alto riesgo (PETAR) - Planta ---		10	---	---	---
Durante la operación	1	Montaje de tuerca	Se procede a montar la tuerca en estructura metálica con ayuda del montacarga		25	4.34	-	- Montacarga - Montacarguista - Estructura de soporte - Elementos de izaje

							
2	Retiro de planchas bimetálicas	Se inicia el proceso de reparación con el retiro de planchas bi-metálicas utilizando soldadura de corte Chamfercord 5/32" (340-360 Amp). Se retiran planchas laterales y superiores de la corona y las planchas laterales del cuerpo.		240	104.16	350.00	- 2 soldadores - Soldadura de corte (Chamfercord 5/32" X 14") - Fuente multiproceso
3	Limpieza de rebaba	Una vez retiradas en su totalidad las planchas bimetálicas, se procede a esmerilar con disco de desbaste la superficie afectada para remover la rebaba que dejó la soldadura de corte con la finalidad de dar uniformidad a la superficie.		60	13.02	65.00	- 1 soldador - Amoladora - Disco de desbaste
4	Inspección previa a la reparación	Se realiza inspección con líquidos penetrantes para identificar si existen fisuras en el componente.		90	19.53	123.20	- 1 soldador - Equipo de líquidos penetrantes

5	Calentamiento del componente	Cuando se haya culminado el proceso de esmerilado en todas las caras donde se hayan retirado las planchas bimetálicas y luego de la inspección previa, se procede a calentar el componente entre un rango de 80°C – 120°C, haciendo uso de una antorcha, con la finalidad de eliminar la humedad y elevar la temperatura del material para que al iniciar el proceso de reparación de defectos la soldadura no sufra alteraciones por el cambio brusco de temperaturas como fisuras.		15	3.26	235.00	- 1 soldador - Antorcha - Gas de propano
6	Soldeo de relleno con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm	Luego de haber alcanzado la temperatura deseada (80 °C – 120 °C) se procede a rellenar con soldadura SOLDATUB E71T-1 de 1,2 mm las grietas o excesiva penetración ocasionada por la soldadura de corte.		45	9.77	125.00	- 1 soldador - Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm - Alimentador de alambre - Fuente multiproceso - Gas protector CO2
7	Esmerilado	Luego de haber rellenado los agujeros y nivelado la superficie, se vuelve a realizar el procedimiento de esmerilado con disco de desbaste para poder eliminar la soldadura excesiva, tratando de que la superficie quede sin desnivel.		30	6.51	13.00	- 1 Soldador - Amoladora - Disco de desbaste
8	Primer soldeo de pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm	Primero se aplica soldadura a un tramo del perímetro del cuerpo de la tuerca y posteriormente de manera perpendicular al perímetro del cuerpo de la tuerca, de igual manera se realiza con los agujeros de la corona (cada		90	39.06	250.00	- 2 soldadores - Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm - Alimentador de alambre - Fuente multiproceso - Gas protector CO2

		cordón aumenta entre 2 a 3 mm del espesor del componente)					
9	Segundo soldeo de pestaña con SOLDATUB E71T-1	Una vez terminada la primera pasada se procede a dar una segunda pasada aplicando el mismo procedimiento		90	39.06		- 2 soldadores - Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm - Alimentador de alambre - Fuente multiproceso - Gas protector CO2 - Anti-spatter
10	Soldeo de relleno con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm (cuerpo de tuerca)	Cuando se haya terminado de rellenar la corona tanto lateral como superiormente se procede a realizar el mismo procedimiento con el cuerpo de la tuerca, aplicando solamente rellenado con soldadura a agujeros notorios ocasionador por la soldadura de corte		30	6.51		- 1 soldador - Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm - Alimentador de alambre - Fuente multiproceso - Gas protector CO2
11	Esmerilado (Cuerpo de tuerca)	Seguidamente, se esmerila para nivelar la superficie de trabajo		30	6.51	13.00	- 1 Soldador - Amoladora - Disco de desbaste
12	Calentamiento de tuerca	Luego se ubica la tuerca en una mesa para calentarla haciendo uso de una antorcha y gas propano.		20	4.34	0.00	- 1 soldador - Antorcha - Gas de propano
13	Rellenado del cuerpo de tuerca manual con SOLDATUB E71T-1 de 1.2	Se rellena el cuerpo de la tuerca progresivamente hasta alcanzar las medidas según el plano (Anexo 20).		2880	1249.92	1,000.00	- 2 soldadores - Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm - Alimentador de alambre - Fuente multiproceso

	mm (Soldeo manual)								– Gas protector CO2
14	Rellenado de pestaña de tuerca con SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm (Soldeo manual)	Se rellena la pestaña de la tuerca, la parte lateral y al finalizar se cubre el componente con mantas ignífugas para evitar corrientes de viento y enfriamiento brusco del componente.		960	416.64				– 2 soldadores – Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm – Alimentador de alambre – Fuente multiproceso – Gas protector CO2
15	Torneado de cuerpo y pestaña de tuerca	Luego se envía la tuerca al área de mantenimiento, donde procederán con el torneado del cuerpo y de la corona de la tuerca, la cual se verá de la siguiente manera una vez terminada. Además, se procede a rectificar los agujeros de la pestaña, ya sea con turbineta o con brocas.		1920	376.62	0.00			– 1 Tornero – Montacarga – Montacarguista – Elementos de izaje – Torno – Insertos – Líder del área (Mantenimiento)
16	Apuntalamiento de nuevas planchas bimetalicas	Finalmente, se retorna la tuerca al área de soldadura para apuntalar las nuevas planchas bi-metálicas tipo R200, con un calentamiento previo del componente entre 80 °C y 120 °C, haciendo uso de la antorcha y gas propano, para que posteriormente sean soldadas.		240	104.16	0.00			– 2 soldadores – Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm – Alimentador de alambre – Fuente multiproceso – Gas protector CO2 – Gas propano – Antorcha – Nivel – Escuadra – Marcador
17	Soldeo de planchas bimetalicas con SOLDATUB E71T-1 de 1.2	Se sueldan las planchas del componente		420	182.28	250.00			– 2 soldadores – Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm

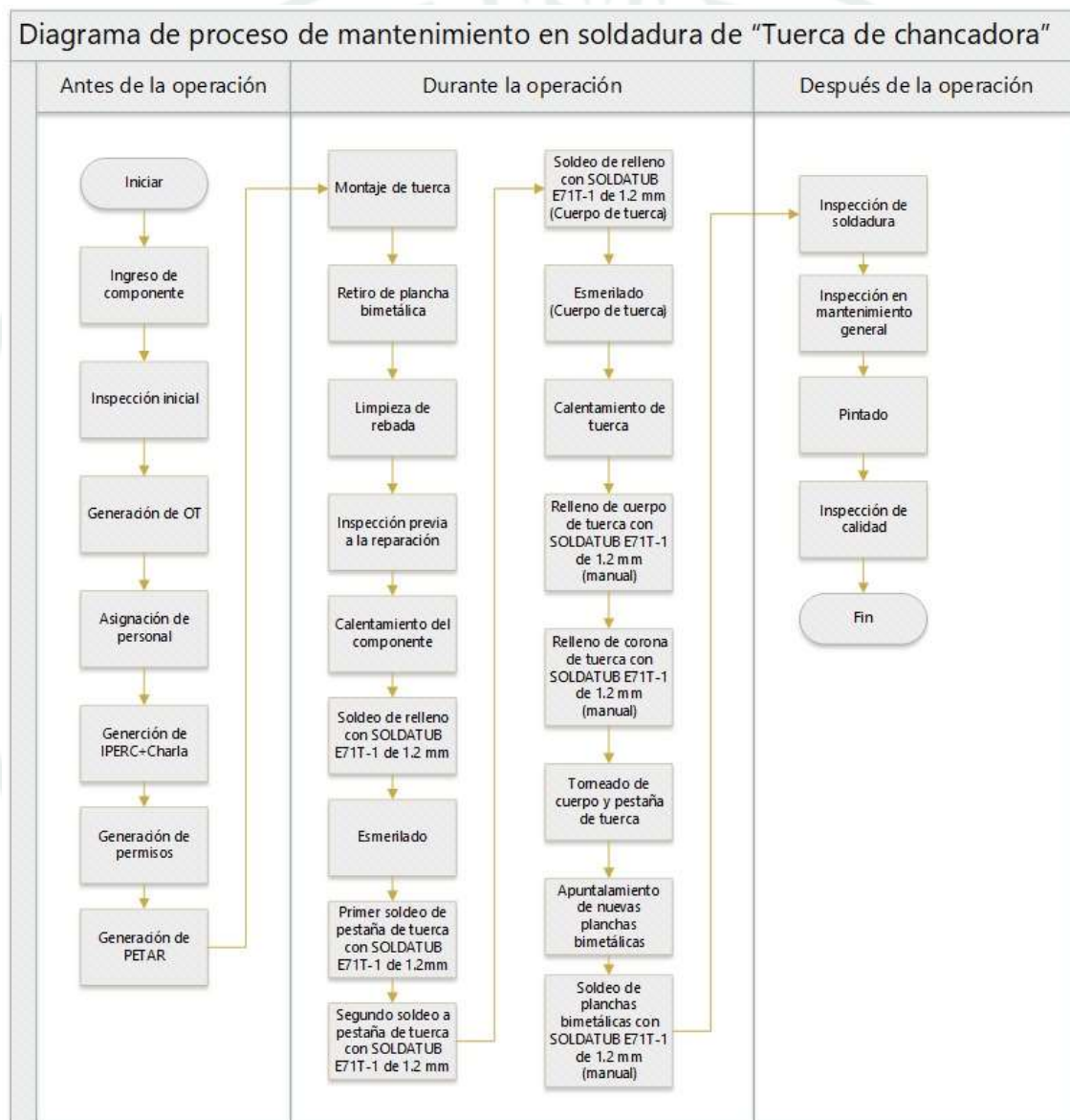
		mm (soldeo manual)					- Alimentador de alambre - Fuente multiproceso - Gas protector CO2
Después de la operación	1	Inspección de soldadura	Revisión por el líder del área de soldadura	10	3.58	0.00	- Líder del área (soldadura)
	2	Inspección en mantenimiento	Se envía al área de mantenimiento para que puedan revisar que la soldadura no haya dañado los agujeros con hilos y de ser así se procede a limpiarlos	10	5.32	0.00	- Líder del área (Mantenimiento) - Montacarga - Montacarguista - Elementos de izaje
	3	Inspección de calidad	Revisión por el área de calidad, aplicando líquidos penetrantes (NDT) para poder continuar con el proceso de pintado	105	31.90	0.00	- Supervisor de calidad
	4	Pintura	Se envía al área de pintura para que pueda pintarlo, empaquetarlo y dirigirlo al cliente.	360	56.25	Costo del área de pintura (no abarca soldadura)	- Pintor - Insumos de pintura - Elementos de izaje

Nota. Elaboración propia.

Seguidamente se establece el diagrama de flujo del proceso actual, como se muestra en la Figura 17.

Figura 17

Diagrama de proceso de mantenimiento en soldadura de tuerca



Nota. Elaboración propia.

Luego de haber analizado la muestra del proceso actual, se obtuvo un tiempo total de 16,44 días, como muestra la Tabla 15.

Tabla 15*Resultados de tiempos la muestra del proceso actual*

Resultados de tiempos	
Tiempo en minutos	7895
Tiempo en horas	131.58
Tiempo en días	16.44

Nota. Elaboración propia.

Seguidamente, tomando en cuenta los sueldos de los trabajadores, considerando 48 horas semanales de trabajo (192 horas al mes), se calculó el costo de hora-hombre de cada involucrado como muestra la Tabla 16.

Posteriormente, en la Tabla 17 se calculó el costo total del proceso de soldadura de la tuerca, que asciende a S/6,261.93 Cabe mencionar que este costo solo abarca mano de obra y materiales directos de operación (costo primo).

Tabla 16*Costos de hora-hombre del personal involucrado*

Puesto de trabajo	Personal involucrado del proceso		Costo hora hombre (S/.)
	Sueldo (planilla) (S/.)	Horas al mes	
Soldador	2,500.00	192	13.02
Montacarguista	2,000.00	192	10.42
Electricista	1,800.00	192	9.38
Tornero	2,200.00	192	11.46
Líder de área (soldadura)	4,200.00	192	21.88
Supervisor de seguridad	4,200.00	192	21.88
Supervisor de soldadura	4,200.00	192	21.88
Lider de área (Mantenimiento)	4,200.00	192	21.88
Lider de área (pintura)	4,200.00	192	21.88
Supervisor de calidad	3,500.00	192	18.23
Pintor	1,800.00	192	9.38

Nota. Elaboración propia.

Tabla 17*Costos totales de la muestra del proceso actual*

Costeo del proceso	
Item de costo	Monto (S/.)
Costo total de mano de obra (MOD)	2,682.73
Costo de materiales relevante (MD)	2,424.20
Costo fijo gas protector CO2 para proceso FCAW (3 balones)	1,155.00
Costo total o costo primo	6,261.93

Nota. Elaboración propia.

Una vez analizada la muestra, es preciso compararlo con la data histórica del año 2024, la cual se aprecia en la Tabla 18, se puede ver que el tiempo promedio planificado es 10 días con un costo primo (Mano de obra y materiales directos) de S/5,700.00 y un tiempo real promedio de 15 días con un costo primo promedio real de S/ 6,300.31, esto significa una variación promedio de tiempo de un 54.55% y una variación de 10.53% en costos entre lo planificado y lo real. Lo cual indica que nuestra muestra observada está dentro de estos parámetros.

Tabla 18

Registro de unidades procesadas periodo 2024

Registro de unidades procesadas							
Fecha	Planificado		Real		Variación porcentual		Eventos de no calidad
	Tiempo	Costo (promedio) (S/-)	Tiempo	Costo (S/.)	Tiempo	Costo	
08/01/2024	10	5,700.00	16	6,318.45	60%	10.85%	Presencia de porosidad y reproceso de soldadura
02/02/2024	10	5,700.00	15	6,232.95	50%	9.35%	Presencia de porosidades
05/03/2024	10	5,700.00	14	6,338.40	40%	11.20%	Presencia de fisuras y porosidades
17/04/2024	10	5,700.00	15	6,174.24	50%	8.32%	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas Presencia de porosidades.
03/05/2024	10	5,700.00	16	6,226.68	60%	9.24%	Presencia de porosidades, falta de control de avance e inspección

13/06/2024	10	5,700.00	16	6,283.11	60%	10.23%	Presencia de fisuras, falta de control de avance e inspección
12/07/2024	10	5,700.00	15	6,297.36	50%	10.48%	Presencia de fisuras por contaminación, falta de control de avance e inspección
08/08/2024	10	5,700.00	17	6,401.10	70%	12.30%	Presencia de porosidad y reproceso de soldadura, falta de control de avance
10/08/2024	10	5,700.00	16	6,250.05	60%	9.65%	Falta de control de avance e inspección. Presencia de porosidad y reproceso de soldadura
19/10/2024	10	5,700.00	15	6,518.52	50%	14.36%	Ruptura de disco de corte en actividad de desbaste Presencia de porosidades.
15/11/2024	10	5,700.00	15	6,262.59	50%	9.87%	Contaminación superficial de la junta
Promedios			15	6,300.31	54.55%	10.53%	

Nota. Elaboración propia.

b) Paso 3: Establecimiento de medidas de contingencia a corto plazo

Una vez analizado el proceso y habiendo comparado la muestra observada con la data histórica, se procede a establecer las medidas de contingencia a corto plazo para cada evento de no calidad identificado, esto con la finalidad de tener una acción previa, hasta encontrar las mejoras definitivas para el proceso, como se muestra en la Tabla 19, los eventos, medidas, responsables y método de verificación.

Tabla 19

Medidas de contingencia a corto plazo para eventos de no calidad

Evento de no calidad	Descripción de medida	Responsable	Método de verificación
Presencia de porosidad y salpicaduras	Limpiar superficies, calibrar flujo de gas y verificar parámetros	Soldador	Verificación visual en campo
Reprocesos por falta de continuidad de alimentación de alambre tubular	Reportar los defectos y fallas de equipos, buscando reemplazo momentáneo.	Soldador	Verificación visual en campo
Falta de control de avance e inspección	Solicitar inspecciones continuas al proceso	Supervisor de soldadura / Líder de soldadura	Verificación visual en campo
Contaminación de la junta durante operaciones de soldadura	Inspección de orden y limpieza constante en el área de trabajo	Soldador / Supervisor de soldadura	Verificación visual en campo
Falta de entendimiento del proceso o instrucciones	Seguimiento y acompañamiento continuo al personal durante la ejecución del proceso	Supervisor de soldadura / Líder de soldadura	Verificación visual en campo
Mala ejecución de operaciones de soldeo de material, rectificaciones constantes, cordones irregulares. Fatiga del soldador.	Establecer pausas activas durante la ejecución del proceso	Soldador/ Supervisor de soldadura	Verificación visual en campo

Nota. Elaboración propia.

c) Paso 4: Identificación de causa raíz

Una vez identificados los eventos de no calidad, se procedió a realizar un análisis de causa raíz aplicando la herramienta del diagrama de Ishikawa como se muestra en la Figura 18.

Figura 18

Diagrama Ishikawa del proceso de soldadura de tuerca de chancadora



Nota. Elaboración propia.

Una vez analizado, la causas raíz, se procedió en ahondar en las razones de tales causas, mediante la técnica de los 5 porque, como se muestra en la Tabla 20, de la cual se puede apreciar que buena parte de las razones de esta causa se debe a la falta de estandarización del trabajo, el poco cuidado de los materiales e insumos de soldadura, la hermeticidad del área de trabajo y la falta de controles de calidad.

Tabla 20

Análisis de 5 “porqués” de factores causales

Aplicación de los 5 porqués					
Material	Método	Mano de obra	Maquinaria	Medio Ambiente	Medida
Los materiales en ocasiones están en mal estado y esto genera errores al momento de soldar.	El uso de chamfercord genera emisiones de humo, chispas y alta radiación de calor. Por otra parte, el método de soldeo manual de la tuerca en suelo o mesa genera reprocesos.	El personal no está capacitado y depende de la experiencia de los soldadores más experimentados, generando errores humanos	Presencia de desgaste en los rodillos de arrastre del alimentador de alambre y otros desperfectos (cables y mangueras en mal estado)	Falta de hermetización en el área de trabajo, e ineficiente orden y limpieza.	Falta de revisiones periódicas y puntos de control de calidad.
Porque 1: ¿por qué los materiales están en mal estado?	Porque 1: ¿Por qué el método actual genera reprocesos?	Porque 1: ¿Por qué el personal no está capacitado?	Porque 1: ¿Por qué existen esos desperfectos?	Porque 1: ¿Por qué no hay dicha hermetización y orden y limpieza?	Porque 1: ¿Por qué no existe tal control de medición?
Los trabajadores en almacén	Primeramente, el uso de chamfercord	No existe una capacitación	Porque no se realiza una inspección y	Porque no se ha identificado los	Porque no se han definido los

desconocen su cuidado o en la operación el trabajador le da un mal uso.	genera excesiva penetración de corte al remover el material. En segundo lugar, la ubicación de la tuerca en el suelo o en la mesa, al soldarla manualmente, demanda mayor tiempo y técnica.	específica sobre aspectos de soldadura de la tuerca, solo un PETS general.	seguimiento oportuno del estado de los componentes	aspectos de hermetización (suelo, aire, barreras de control)	puntos de control y la frecuencia de inspección.
Porque 2: ¿Por qué los trabajadores desconocen esos aspectos?	Porque 2: ¿Por qué la soldadura chamfercord genera excesiva penetración y la ubicación genera reprocesos?	Porque 2: ¿Por qué no existe tal documento?	Porque 2: ¿Por qué no se realiza tales inspecciones?	Porque 2: ¿Por qué no se ha realizado dicha identificación?	Porque 2: ¿Por qué no se ha realizado la identificación y puntos de control y la frecuencia de inspección?
Falta de un instructivo sobre el cuidado de materiales de soldadura.	Se genera excesiva penetración por la falta de experiencia del soldador y reprocesos debido a la ubicación por el mal posicionamiento de este	No es obligatorio para fines de requisitos legales y otros requisitos; por ello, la no realización o no priorización.	Porque no se existe un Checklist pre operacional o control sistemático de condiciones del equipo	Porque no se ha generado un plan de acción para identificar estos aspectos.	Porque no hay un plan para la generación de formatos o checklist de calidad.
Porque 3: ¿Por qué no existe	Porque 3: ¿?	Porque 3: ¿?	Porque 3: ¿Por qué no existe algún	Porque 3: ¿?	Porque 3: ¿Por qué no existen

dicho instructivo o documento de gestión?	control sistemático o Check list?				dichos formatos?
Falta de coordinación y elaboración en el área de ingeniería.	N.A	N.A	Porque no se ha establecido formalmente el formato de inspección	N.A	Falta de coordinación y elaboración en el área de ingeniería.
Porque 4: ¿?	Porque 4: ¿?	Porque 4: ¿?	Porque 4: ¿?	Porque 4: ¿?	Porque 4: ¿?
N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Porque 5: ¿?	Porque 5: ¿?	Porque 5: ¿?	Porque 5: ¿?	Porque 5: ¿?	Porque 5: ¿?
N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A
Simplificación de razones	Falta de estandarización del proceso en cuanto a uso de materiales, capacitación, mantenimiento, hermeticidad del área de trabajo y controles de calidad del producto.				

Nota. Elaboración propia, la secuencia de esta evaluación de forma vertical hacia abajo realizándose las preguntas por cada columna

5.3.2 Fase 1: Planificar

Paso 5: Determinación de planes de acción y estado objetivo

Después de identificar los eventos de no calidad, las causas raíz y sus razones de ser, se procede a establecer los planes de acción o estrategias para eliminarlos o, en su defecto, mitigarlos, como se puede apreciar en la Tabla 21.

Tabla 21
Establecimiento de planes de acción

Factor causal del problema	Estado inicial	Estado objetivo	Brecha (Plan de acción)	Responsable	Fecha inicio	Fecha Fin	Indicador
Falta de coordinación en el área de ingeniería para elaborar un instructivo de correcto mantenimiento y uso de materiales e insumos.	En el almacén no se mantienen de forma correcta los insumos y materiales de soldadura. Esto se da por el desconocimiento de los trabajadores de almacén. Por otra parte, los soldadores no saben cómo mantener el material en las operaciones. Esto genera errores, reprocesos y disconformidad.	Contar con un almacén que tenga la capacidad y el conocimiento sobre el mantenimiento correcto de los insumos y materiales de soldadura, asimismo, pueda capacitar a cualquier soldador sobre el uso correcto.	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén. - Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora	Mario Bermejo	1/10/2025	4/10/2025	Instructivo elaborado. Procedimiento elaborado.
Uso del electrodo chamfercord en la soldadura de corte (Paso 2 durante la operación del proceso actual) y soldeo manual con proceso FCAW en el suelo o mesa (Pasos 13 y 14 durante la operación del proceso actual).	El electrodo chamfercord genera excesiva cantidad de humos, chispas y mermas en el material haciendo que el personal se distraiga o incomode, por otra parte, al tener la tuerca en el suelo, el personal tiene que realizar esfuerzos de postura generando incomodidades ergonómicas y de posicionamiento correcto, ello genera errores y reprocesos en la aplicación de soldadura, además de la insatisfacción del trabajador.	Reemplazar el uso de chamfercord por otra alternativa menos invasiva, siendo aceptada por el trabajador, impactando positivamente en su comodidad y eliminando las mermas e incomodidades generadas. Por otra parte, analizar una alternativa al soldeo manual para evitar las fatigas de carácter ergonómico sin afectar la calidad de trabajo.	-Aplicar el uso de soldadura de corte Arcair. Aplicar el uso de soldadura SAW (Arco sumergido) -Aplicar el uso de la estructura de soldadura con giro constante del área de mantenimiento.	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	6/10/2025	10/10/2025	Tiempo y costo de proceso
Falta de capacitación al personal.	No se tiene un listado de aspectos o temas a capacitar; asimismo, no se cuenta con un cronograma de capacitación; de igual forma, el personal nuevo no recibe la información básica para la realización de dichas operaciones de mantenimiento.	Contar con un listado de temas generales para capacitaciones en soldadura, definiendo la periodicidad de capacitación y la inducción al nuevo colaborador.	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	Mario Bermejo	11/10/2025	15/10/2025	Determinación de temas y cronograma de retroalimentación

Falta de un control pre operacional o control sistemático de condiciones del equipo	No se cuenta con control pre operacional o sistemático de las condiciones de los equipos que permitan detectar fallas y desperfectos a tiempo en sus componentes.	Contar con una herramienta de control pre operacional para identificar los desperfectos a tiempo de los componentes del equipo.	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	Mario Bermejo	16/10/2025	21/10/2025	Programa y checklist pre operacionales elaborados.
No existe un plan de identificación de aspectos de hermetización en soldadura.	El área de soldadura es afectada por factores externos, el área cuenta con material particulado en forma de polvo, lo cual afecta a la soldadura; de igual forma, el orden y la limpieza son poco estandarizados.	Contar con una identificación de los factores externos y la hermeticidad adecuada, alineada a la normativa legal vigente, y las medidas correctivas para el área de soldadura.	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	Mario Bermejo	22/10/2025	28/10/2025	Listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura elaborado.
Falta de identificación de puntos de control de calidad en el proceso y el producto.	No se tiene definido exactamente qué se debe inspeccionar, quién lo debe inspeccionar, la frecuencia de inspección y el documento de gestión de apoyo.	Realizar un checklist de fácil operación y comprensión, incluyendo los aspectos más importantes a inspeccionar; asimismo, definir los momentos de inspección.	-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final.	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	29/10/2025	30/10/2025	Check list de calidad elaborado y ejecutado.

Nota. Elaboración propia.

5.3.3 Fase 2: Hacer

Paso 6: Implementación de actividades planificadas

a) Procedimiento de soldadura de tuerca

Como podemos apreciar en el Anexo 11, se elaboró el procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora, este procedimiento nace por la necesidad de estandarizar y documentar las actividades operativas, y los aspectos complementarios a cumplir tales como:

- Instructivo de mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.
- Listado de temas de capacitación para el proceso de soldadura.
- Identificación de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura.
- Check list pre operacionales de máquinas de soldar, balones CO₂, alimentador de alambre, fuente de alimentación y tracto de soldadura.
- Check list de control de calidad.

Todos estos puntos se muestran a detalle en el Anexo 11.

b) Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en almacén

Como podemos apreciar en el Anexo 12, el instructivo de cuidado de materiales de soldadura en almacén tuvo como objetivo establecer las directrices para el adecuado almacenamiento, preservación y manipulación de los materiales de soldadura, para de esta manera garantizar su calidad, evitando la absorción de humedad y prolongando su vida útil para el uso seguro y eficiente.

Este instructivo considera el objetivo general, el alcance en relación con los materiales, las normas de referencia relacionadas que deben tomarse a consideración, los responsables, condiciones de almacenamiento, reglas de manipulación y aspectos de seguridad y salud en el trabajo.

c) Reemplazo de soldadura de corte Chamfercord por ARC-AIR y reemplazo de proceso FCAW por proceso SAW

En el Anexo 10, podemos ver el nuevo proceso actual con las dos mejoras, en primer lugar, se reemplazó la soldadura de corte con Chamfercord por el uso de ARC-AIR como se muestra en la Figura 19. Para la elección del equipo ARCAIR se evaluaron las ventajas y desventajas de este tipo de proceso en comparación con el uso de Chamfercord, como se muestra en la Tabla 22.

Tabla 22

Comparativa del proceso ARCAIR y Chamfercord

Característica	Corte ARC-AIR	Corte con Chamfercord
Principio de operación	Utiliza un electrodo de carbón y aire comprimido para fundir y expulsar el metal.	Utiliza un electrodo especial de corte (Chamfercord) que produce un chaflán o ranura al consumirse.
Ventajas	– Proceso rápido para remover grandes cantidades de material. – Compatible con acero al carbono, inoxidable y otros metales. – Fácil control de dirección y forma del corte. – Produce remoción de material limpia, no produce excesiva penetración y menos salpicadura. – No posee material de aporte.	– No necesita aire comprimido, solo una máquina de soldar. – Fácil de usar en espacios reducidos. – Menor nivel de ruido comparado con arc-air.
Desventajas	– Requiere compresor de aire y equipo más robusto.	– Tasa de remoción más lenta que Arc-air. – Generación excesiva de chispas y expulsión de material.

		- Más humo y calor. - Posee material de aporte. - Ancho de corte más limitado. - Consumo rápido, aumentando el costo. - Menos eficiente para trabajos pesados o de alto volumen. - Requiere de mayor experiencia del soldador para realizar un buen corte.
Aplicaciones típicas	- Reparación de soldaduras, - Remoción de cordones grandes - Apertura de grietas - Preparación de juntas pesadas.	- Preparación de juntas de menor espesor.

Nota. Elaboración propia.

Figura 19

Uso de equipo ARCAIR para soldadura de corte



Nota. Tomado de la observación de campo en la empresa.

Como podemos apreciar en la Tabla 24, se reemplazó el proceso de soldadura FCAW por el proceso de soldadura SAW, haciendo uso de una estructura giratoria para la tuerca de chancadora, eliminando los riesgos ergonómicos y mejorando la calidad de la soldadura por el soldador.

Cabe mencionar que se reemplazó el alambre E71T-1 por el alambre EM12K con fundente OK Flux 10.71, como se muestra en la Tabla 23.

Tabla 23

Comparativa de alambres E71T-1 y EM12K

Categoría técnica	E71T-1 (FCAW)	EM12K + Fundente OK Flux 10.71	Observación
Tipo de electrodo/alambre	Tubular con fundente interno.	Alambre sólido + fundente aglomerado.	SAW permite control más estable de la composición del depósito.
Resistencia mínima a la tracción	556 MPa	560 MPa	SAW iguala la resistencia del FCAW.
Límite elástico (YS)	490 MPa	470 MPa	Diferencia del 4%, no significa reducción significativa de la capacidad mecánica
Elongación típica	28 %	30 %	SAW tiende a ofrecer mejor ductilidad
Tenacidad Charpy V	100 J @ -20 °C	60 J @ -40 °C	Proceso SAW con Ok Flux 10.71 sometido a ensayo más severo a -40°C).
Hidrógeno difusible	8-16 ml/100g	4-8 ml/100g	SAW ofrece menor riesgo de HIC y grietas en frío.
Contenido de Mn	1.36 %	1.50 %	SAW ofrece mayor depósito con fortalecimiento por Mn.
Contenido de Si	0.45 %	0.50 %	Niveles compatibles para refusión, múltiples pasadas y diseño estructural.
Inclusiones de escoria	Moderadas (FCAW genera más inclusiones)	Muy bajas (SAW permite limpieza metalúrgica superior)	Mejor calidad metalúrgica en SAW.
Penetración típica	Media-alta, perfil más agresivo	Alta, perfil plano y uniforme	SAW logra penetración más constante en producción.

Densidad de corriente típica	150–300 A (1.2–1.6 mm)	300–900 A (3.2–4.8 mm)	Mayor aportación térmica y eficiencia energética en SAW.
Eficiencia del proceso	70–85 %	95–99 %	El SAW aprovecha mejor el metal de aporte.
Modo de transferencia metálica	Spray con escoria	100 % conducción bajo escoria granulada	SAW produce cordones más limpios y estables.
Estabilidad del arco	Buena	Muy alta	SAW proporciona un arco más estable y uniforme durante toda la soldadura.
Sensibilidad a la porosidad	Moderada	Baja	La protección del arco mediante fundente reduce la probabilidad de porosidad.
Restricciones de posición	Todas las posiciones	Solo plana y horizontal	-
Aplicación típica	Fabricación estructural general, campo, chapas medias	Estructuras pesadas, vigas, chapas gruesas, producción en taller	SAW es ideal para producción repetitiva y alta calidad.
Acabado superficial	Moderadamente liso, con salpicadura	Muy liso, casi sin salpicadura	SAW mejora estética y reduce mecanizado posterior.

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24

Remplazo del proceso FCAW por el proceso SAW

Nro	Actividad	Descripción de la actividad	Panel fotográfico	Tiempo programado (min)	Costo de mano de obra (S/.)	Costo de materiales (S/.)	Recursos
12	Montaje de tuerca a estructura giratoria	Concluido el procedimiento anterior, se le colocan a la tuerca dos acoples en ambos lados con la finalidad de reducir el agujero en su diámetro para su sujeción con los conos de la estructura de giro, se monta la tuerca en una estructura de giro constante para realizar el rellenado del cuerpo de la tuerca		30	16.15	-	Montacarga Estructura de giro constante Montacarguista Elementos de izaje Juego de llaves hexagonales Manivela de ajuste Vigía
13	Ajuste de soporte	Se procede a ajustar los soportes cónicos que sostienen la tuerca (previamente instalados los acoples a la tuerca)		10	7.99	-	2 soldadores Juego de llaves hexagonales Manivela de ajuste Estructura de giro constante Vigía
14	Soldeo de plantina a cuerpo de tuerca	Se suelda al cuerpo de la tuerca una platina de 1" de ancho y 3/16" de espesor para proceder con el rellenado del desgaste. Primero se hace la fijación con el método de punteo y posteriormente se pasa un cordón de soldadura manualmente para terminar su fijación (como se puede observar en la imagen el cuerpo de la tuerca contempla conicidad ocasionado por el contacto de las rocas en su operatividad)		30	13.02	16.67	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2 Platina de 1"

15	Instalación de fuente de alimentación y equipo de arco sumergido	   	90	14.07	-	1 electricista Juego de llaves Elementos de izaje Vigía
16	Calentamiento de tuerca a velocidad constante	Una vez ya armado el equipo de arco sumergido se procede a poner en marcha el motor para girar la tuerca a velocidad constante donde calentaremos la tuerca a un rango de temperatura entre 80°C – 120°C 	20	4.34	-	1 soldador Estructura de giro constate Antorcha Gas de propano
17	Soldeo por arco sumergido	Culminado el procedimiento de calentamiento, el alma de la tuerca tiene que estar a la temperatura deseada, para lo cual nos aseguraremos con un pirómetro. Se inicia el proceso de soldeo por arco sumergido haciendo uso de fundente Ok Flux 10.71 y alambre SOLDAFIL EM12K de 3,2 mm. 	2160	468.72	1250.00	1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K Fundente OK Flux 10.71 Pirómetro

18	Aplicación de soldadura de relleno por arco sumergido al cuerpo de la tuerca.	Se rellena el cuerpo de la tuerca progresivamente hasta alcanzar las medidas según plano.					1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K Fundente OK Flux 10.71 Pirómetro
19	Soldeo de relleno manual del cuerpo de tuerca	Luego de rellenar todo el cuerpo de la tuerca, la tobera del arco sumergido no tiene el ángulo necesario para rellenar la unión entre el cuerpo y la corona, por lo que se procede a rellenar manualmente.		30	13.02	33.33	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2
20	Rellenado de corona de tuerca con arco sumergido	Finalmente, se tiene que rellenar la corona de la tuerca igualmente con el proceso de arco sumergido.		420	91.14	-	1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K OK Flux 10.71

Nota. Elaboración propia.

d) Generación de listado de temas de capacitación para el proceso de soldadura

La siguiente mejora tuvo como objetivo fortalecer las competencias de seguridad, calidad y salud ocupacional del personal de soldadura. Para tal fin, se elaboró el programa de capacitaciones y entrenamiento para el proceso de soldadura, como se muestra en la Figura 20. Este programa abarca 10 temas de capacitación seleccionados. Los temas se repiten 3 veces por año, con una duración de 60 min por capacitación.

Figura 20
Programa de capacitación y entrenamiento

PROGRAMA DE CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA																			
OBJETIVO		Fortalecer las competencias técnicas de seguridad, calidad y salud ocupacional del personal de soldadura, garantizando operaciones seguras.																	
META		Capacitar al 100% del personal.								PRESUPUESTO									
INDICADOR		% asistencia por módulos																	
		% Soldadores capacitados																	
Responsable		Recursos humanos								Fecha de actualización		20/10/2025							
No.	DESCRIPCIÓN	TIPO	INTERNA / EXTERNA	RESPONSABLE	DIRIGIDO A	P/E	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	COMENTARIOS
1	Seguridad y salud en el trabajo en el área de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P E	P					P						P	
2	Tipos de soldadura en la empresa y sus errores más comunes	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E		P					P				P		
3	Manejo, cuidado y almacenamiento de materiales de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E			P					P				P	
4	Manipulación correcta de equipos de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E				P			P			P			
5	Fundamentos y técnicas de soldadura (SMAW, GMAW, GTAW, FCAW, SAW)	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E		P					P				P		
6	Tipos de trabajos de soldadura en la empresa, misceláneos, elementos de máquinas mineras, ordenes de trabajos específicos recurrentes	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E			P					P				P	
7	Control de calidad e inspección visual en soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P E				P					P		P		
8	Prevención de incendios y manejo de extintores	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P E	P				P					P			
9	Gestión de residuos sólidos	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P E	P					P				P			
10	Plan de respuesta ante emergencias en trabajo en caliente	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P E		P			P			P					

Nota. Elaboración propia, tomada del Anexo 13.

e) Identificación de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura.

Otra mejora realizada es la identificación de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, como se muestra en el instructivo del Anexo 14. En la cual se tiene como objetivo establecer las actividades, criterios técnicos, controles de seguridad y ambientales necesarios para realizar la hermetización del área de soldadura en planta, garantizando las condiciones adecuadas de las operaciones, seguridad, salud y protección ambiental. En el instructivo se especifica el alcance, responsables de gestión y supervisión. Así como también el procedimiento a ejecutar partiendo de la preparación del área, instalaciones de aislamiento, instalaciones de ventilación y extracción de aire, verificación de la seguridad, determinación de condiciones operativas, consideraciones y buenas prácticas después de la jornada laboral, y los controles ambientales basados en la identificación de aspectos e impactos ambientales, disposición de residuos sólidos, orden y limpieza continua y ejecución semestral de monitoreo ambientales. Estos controles permitirán controlar el factor “medio ambiente de trabajo” y de esta forma garantizar las condiciones adecuadas para el desarrollo de actividades.

f) Generación de Check List pre operativos como control sistemático de condiciones del equipo

Los checklists de pre-uso para equipos de soldadura se han creado como instrumentos de control operacional. Su propósito central es garantizar que todos los elementos críticos del sistema, incluyendo pinzas, conexiones, rodillos de alimentación, cables eléctricos, sistemas de gas y partes de control, estén en condiciones apropiadas antes de comenzar cualquier tarea.

Su cobertura incluye la verificación completa del estado de seguridad, funcional y físico de los equipos de soldadura y sus accesorios, que debe aplicarse obligatoriamente a todos los operadores y equipos que participan en el proceso.

Estos checklist tienen como propósito evitar que se produzcan errores operativos, disminuir el riesgo de accidentes, prevenir defectos en la calidad de soldadura y asegurar la

continuidad del proceso productivo, Se puede apreciar el desarrollo Check List en los Anexos 15,16 y 17. Asi mismo se aprecia en las Figuras 21, 22 y 23 la aplicación de los check list pre operativos.

Figura 21

Aplicación de check list de máquina de soldar y balones CO2

CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE MÁQUINA DE SOLDAR Y BALONES DE CO2		FT-OP-017 Versión: 01 Página 1 de 1	
Razón social: EMPRESA METALMECÁNICA			
Trabajo a realizar: MONTE MONTAJE DE PUENTE INDUSTRIAL DE OQUENDO N°1250		Servicio: MONTE MONTAJE	
Lider de equipo de trabajo: MIGUEL ZEGARRA DEL CAÑO		Área: SOLDADURA	
Supervisor responsable: OSCAR SILVA			

Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3		
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES										
1	Equipo se encuentra correctamente codificado	X								
2	Presenta desgaste excesivo en sus piezas		X							
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación	X								
MÁQUINA DE SOLDAR										
4	Sistema de puesta a tierra en condiciones operativas adecuadas	X								
5	Cables de alimentación eléctrica en buen estado y funcionales	X								
6	Cable de la pinza porta electrodo sin daños ni deterioro			X						
7	Pinza porta electrodo en correcto estado de funcionamiento			X						
8	Pinza de puesta a tierra en condiciones adecuadas de uso	X								
9	Interruptor de encendido y apagado operativo	X								
10	Cables de contacto correctamente fijados a los bornes de la máquina	X								
11	Pinza porta electrodo firmemente conectada al cable de contacto			X						
12	Pinza de puesta a tierra correctamente unida al cable de contacto	X								
13	Perilla/manija de regulación de amperaje operativa y funcional	X								
14	Cableado de conexión íntegro, sin cortes ni signos de desgaste	X								
15	Panel de control y pantalla de estado en condiciones operativas	X								
16	Botellas de CO ₂ correctamente aseguradas y fijadas	X								
17	Botellas de CO ₂ sin fisuras, corrosión ni deterioro estructural	X								
18	Manguera de CO ₂ íntegra, sin cortes y libre de contaminantes (grasas)	X								
19	Ruedas del carro transportador en buen estado y aptas para desplazamiento		X							
Realizado por: Miguel Zegarra del Caño		<i>[Firma]</i>								
Observaciones: SE ENCONTRÓ LA CUNETA TRASERA DEL SEGUNDO EJE DEL CARRO TRANSPORTADOR CON 2 TUBOS DE FUJACIÓN EXISTENTES - SE ENCONTRÓ LAS BOMBILLAS CON POSIBILIDAD DE LUCIENDO.										

Nota. Elaboración propia basada en el formato del Anexo 15.

Figura 22

Aplicación de check list de alimentador de alambre

CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE ALIMENTADOR DE ALAMBRE		PT-OP-018 Versión: 01 Página 1 de 1	
Razón social: <u>EMPRESA METALMEX S.A.</u>		Servicio: <u>MANUTENCIÓN</u>	
Trabajo a realizar: <u>MANUTENCIÓN DE TUBOS LECTORAS NO. DE CANTERA MP1250</u>		Área: <u>SOLADURA</u>	
Líder de equipo de trabajo: <u>MIGUEL ZEPEDA DEL CARMO</u>			
Supervisor responsable: <u>DIEGO SOLA</u>			

Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3		
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES										
1	Equipo se encuentra correctamente codificado	X								
2	Presenta desgaste excesivo en sus piezas		X							
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación	X								
ALIMENTADOR DE ALAMBRE										
4	Sistema de puesta a tierra operativo y en condiciones adecuadas	X								
5	Línea de alimentación (manguera, alimentador y gas) en estado óptimo	X								
6	Rodillos del sistema de alimentación de alambre en correcto estado funcional		X							
7	Pinza de puesta a tierra correctamente posicionada y asegurada	X								
8	Terminales eléctricos en condiciones adecuadas de operación	X								
9	Antorchas y pistolas sin daños y en correcto estado de uso	X								
10	Interruptor de encendido/apagado funcionando correctamente	X								
11	Cables de contacto firmemente conectados a los bornes de la máquina	X								
12	Panel de control en correcto estado operativo	X								
13	Pantalla de estado funcional y sin fallas visibles	X								
14	Flujómetro operativo y en buen estado		X							
15	Perilla/manija de regulación de amperaje con funcionamiento adecuado	X								
16	Cableado de conexión sin cortes, desgaste ni deterioro	X								
17	Carcasa del equipo íntegra y en buenas condiciones		X							
18	Conector de entrada de gas en adecuado estado de funcionamiento	X								
Realizado por: <u>Miguel Zepeda del Carmo</u>										
Observaciones: <u>SE OBSERVO DESGASTE EN BORNO DE ALAMBRE DE ALIMENTADOR DE ALAMBRE Y FLUJÓMETRO EN MAL ESTADO.</u>										

Nota. Elaboración propia basada en el formato del Anexo 16.

Figura 23

Aplicación de check list de fuente de alimentación y tracto

CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y TRACTO EN PROCESO DE SOLDADURA SAW (ARCO SUMERGIDO)										FT-OP-019			
										Versión: 01			
										Página 1 de 1			
Razón social: <u>EMPRESA METALMECANICA</u>													
Trabajo a realizar: <u>MANTENIMIENTO DE TUBERIA MECANICA INT DE CHUBASCAS MPISO</u>										Servicio: <u>MANTENIMIENTO</u>			
Lider de equipo de trabajo: <u>MIGUEL ZEPARRA DEL CARPIO</u>										Area: <u>SOLDAJORA</u>			
Supervisor responsable: <u>RICARDO GARCIA</u>													
Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3					
		Cod: <u>ELH405-113603</u>	SI	NO	NA	Cod:	SI	NO	NA	Cod:	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES													
1	Equipo se encuentra correctamente codificado												
2	Presencia desgaste excesivo en sus piezas												
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación												
FUENTE DE PODER													
4	Equipo sin daños físicos, carcasa íntegra y rejillas de ventilación libres de obstrucción												
5	Alimentación eléctrica conforme a placa (voltaje/frecuencia), bornes firmes y sin sueltitud												
6	Sistema de puesta a tierra conectado correctamente												
7	Cables de soldadura sin cortes, empalmes deficientes ni signos de sobrecalentamiento												
8	Panel de control operativo: display, perillas y selectores sin fallas ni códigos de error												
10	Sistema de enfriamiento funcional: ventiladores activos y flujo de aire adecuado												
TRACTO DE ARCO SUMERGIDO													
11	Estructura y chasis sin deformaciones; ruedas en buen estado y correctamente alineadas												
12	Sistema de desplazamiento con avance uniforme, sin tirones, velocidad estable y regulable												
13	Motor de tracción funcionando sin vibraciones, ruidos anormales o sobre calentamiento												
14	Alimentador de alambre con rodillos limpios, presión adecuada y alimentación continua sin patinaje												
15	Guía de alambre alineada, libre de obstrucciones y sin desgaste interno												
16	Punta de contacto limpia, sin ovalamiento, desgaste excesivo ni acumulación de escoria												
17	Tejido de fundente limpio y flujo homogéneo												
20	Cableado y conectores firmes, sin aislamiento dañado ni conexiones flojas												
21	Sistema de guiado correctamente alineado con la junta de soldadura												
22	Interruptores (start/stop) y controles operativos sin fallas												
23	Prueba en vacío ejecutada: funcionamiento estable, sin ruidos, vibraciones ni desviaciones												
Realizado por: <u>Miguel Zeparra del Carpio</u>													
Observaciones: <u>SE OBSERVO PUNTA DE CONTACTO MANIPULADA CON PRESENCIA DE MATERIAL DE ADHESIVO.</u>													

Nota. Elaboración propia basada en el formato del Anexo 17.

g) Generación de Check List de control de calidad

Como última mejora documental, se elaboró el check list de calidad, el cual fue aplicado a la muestra de la tuerca de chancadora del 20 de noviembre de 2025, como se muestra en la Figura 24.

Figura 24

Check List de calidad de soldadura

CHECK LIST DE CALIDAD (PROCESO DE SOLDADURA LOCKING NUT)				FT-OP-020 Versión: 01 Pag 1 de 1
Generalidades				
Cliente	Sociedad Minera Cerro Verde			
Equipo	Tuerca de Chancadora Secundaria			
Código del equipo	UP-KN-015			
Nro. de Orden de servicios	215			
Fecha	20/11/2025			
Responsable de verificación	Hugo Pizarro del Cuzco			
1. Recepción y evaluación Inicial				
Ítem	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente	Observación
Guía de remisión y orden de trabajo validadas	✓	-	-	-
Inspección visual inicial	✓	-	-	-
No presenta fisuras profundas que impida reparación	✓	-	-	-
Verificación de estado de rosca	✓	-	-	-
Estado interno según lo indicado	✓	-	-	-
Registro fotográfico de ingreso.	✓	-	-	-
2. Control del proceso de soldadura				
Ítem	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente	Observación
Soldador calificado (Mínimo 2 años de experiencia)	✓	-	✓	Cumple Parcialmente 1 año y 7 meses
Ejecución según lo indicado en el procedimiento.	✓	-	-	-
Temperatura interpasos controladas	✓	-	-	-
Limpieza entre cordones adecuada	-	-	✓	Limpieza incompleta.
No presenta rechupes visibles durante el proceso	✓	-	-	-
Relleno uniforme del material de asiento	✓	-	-	-
3. Control de calidad del proceso de soldadura				
Ítem	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente	Observación
Inspección visual de defectos	✓	-	-	-
Dimensiones finales	✓	-	-	-
No presenta deformación térmica	✓	-	-	-
No presenta socavaciones, fisuras o porosidad.	✓	-	-	-
Acabado superficial conforme	✓	-	-	-
Ensayo complementario si aplica (líquidos penetrantes)	✓	-	-	-
Identificación final de marcado	✓	-	-	-
4. Documentación final				
Ítem	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente	Observación
Informe de técnico final	✓	-	-	-
Registro fotográfico final anexado	✓	-	-	-

Nota. Elaboración propia, aplicando el formato del Anexo 18.

h) Análisis de costos y tiempos invertidos para el desarrollo de las mejoras

Como podemos ver en la Tabla 25, para el desarrollo de las mejoras establecidas se calculó un total de S/ 1853.13; sin embargo, el costo total ascendió a S/ 2033.00. Esto significa una variación de 9,72%. Por otra parte, respecto al tiempo, se planificó un total de 162 horas-hombre; sin embargo, el tiempo real ascendió a 181 horas, variando en un 11,73 %.

Cabe mencionar que el monitoreo y cálculo de costos de hora-hombre se aprecian con más detalle en el Anexo 19.

Tabla 25

Costos planificados y reales en el desarrollo de la mejora

Fecha	Actividad	Planificado		Real		Variación porcentual	
		Tiempo (horas)	Costo (S/.)	Tiempo	Costo (S/.)	Tiempo	Costo
4/10/2025	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén. - Procedimiento de soldadura de Tuerca de chancadora	20	169.79	24	223.96	20.00%	31.90%
10/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARCAIR	44	543.75	48	513.54	9.09%	-5.56%

15/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	26	314.58	36	480.21	38.46%	52.65%
21/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2. - Generar el checklist pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el checklist pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido).	26	287.50	27	278.13	3.85%	-3.26%
28/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	30	312.50	30	312.50	0.00%	0.00%
30/10/2025	-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final.	16	225.00	16	225.00	0.00%	0.00%
Total		162	S/ 1853.13	181	2033.00	11.73%	9.72%

Nota. Elaboración propia.

5.3.1 Fase 3: Verificar

Paso 7: Verificación de la mejora operativa

Una vez ejecutada la mejora operativa, se procedió a calcular el nuevo tiempo y costo de la operación propuesta, como se detalla en el Anexo 10, en concordancia con el procedimiento establecido. Podemos apreciar en la Tabla 26, que los tiempos se mejoraron en un 32.33% (5.31 días menos) y los costos en 34.45% (S/ 2,157.26 de diferencia).

Tabla 26

Registro de unidades procesadas con la mejora y panel fotográfico

Registro de unidades procesadas con la mejora							
Fecha	Actual		Propuesto		Variación porcentual		Eventos de no calidad
	Tiempo	Costo (S/.)	Tiempo	Costo (S/.)	Tiempo	Costo	
04/11/2025	16,44 días	6,261.93	11.125 días	4,104.67	32.33%	34.45%	Ninguno.
Panel fotográfico de la mejora							



Nota. Elaboración propia.

5.3.2 Fase 4: Actuar

a) Paso 8: Análisis de fallos y efectos del proceso (AMFE)

En este paso se hace uso del análisis de fallos y efectos del proceso (AMFE) esta herramienta en forma de matriz nos permite ver que fallos y efectos puede acarrear el nuevo proceso, puesto que es importante reconocer que una mejora de un proceso o el cambio de la naturaleza de este puede generar consigo nuevos aspectos e impactos que en el proceso anterior no ocurría. En ese sentido, aplicando el principio Lean del Gemba (práctica de observación, entendimiento e identificación de mejoras) y la herramienta AMFE, se establece la siguiente Tabla 27.

Tabla 27
Matriz AMFE de las mejoras desarrolladas

Proceso / Actividad / Mejora	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de la falla	Causas de la falla	Sistema de control	Índices de evaluación inicial					Plan de acción	Responsable	Frecuencia / plazo	Índices de evaluación final				Nivel de riesgo final
					Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR (SxOxD)	Nivel de riesgo				Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR (SxOxD)	
Aplicación de instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén. Aplicación del procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora.	Nula aplicación o aplicación incorrecta de instructivo y procedimiento	Errores y reprocesos de operación	Falta de capacitación e inspección continua de las operaciones	Inspección constante en las operaciones	7	8	6	336	MEDIO	Ejecutar la capacitación en la inducción al personal	Supervisor de soldadura	En cada inducción a nuevo trabajador	7	5	3	105	BAJO
Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARCAIR.	Incorrecta operación del equipo de arco sumergido y ARC-AIR	Reproceso de operación	Falta de capacitación e inspección continua de las operaciones	Inspección y coordinación preoperativa	6	7	5	210	MEDIO	Ejecutar capacitación del proceso.	Supervisor de soldadura	En cada inducción a nuevo trabajador	6	5	3	90	BAJO
Aplicación del uso de la estructura de giro constante del área de mantenimiento.	Fallo en la estructura de soporte con giro constante	Retraso operativo	Falta de mantenimiento del equipo	Inspección y coordinación preoperativa	7	8	6	336	MEDIO	Dar seguimiento a las tarjetas de mantenimiento de los equipos	Supervisor de soldadura	Mensual	7	6	4	168	MEDIO
Generación de un listado de temas de soldadura general. Establecimiento del	Listado de temas incompletos y cronograma	Desconocimiento de temas importantes	Falta de validación de temas y	Guía y supervisión durante la operación	6	7	5	210	MEDIO	Revisar el programa de capacitaciones y aprobarlo	Asistente de operaciones	Revisión anual	6	5	3	90	BAJO

cronograma de frecuencia de capacitación.	inviabile de ejecución	por parte del trabajador	viabilidad del cronograma							con 3 revisiones									
Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido).	Aplicación incorrecta de check list y/o ausencia de aplicación.	Fallas de las maquinas por falta de inspección pre operativa	Falta de control y supervisión en la aplicación de check list pre operativos.	Supervisión y seguimiento en campo	6	7	7	294	MEDIO	Condicionar el inicio operativo de mantenimiento por soldadura con la ejecución de los check list.	Supervisor de soldadura	En cada ejecución de servicio	6	5	3	90	BAJO		
Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	Omisión de aspectos e impactos	Soldadura defectuosa por factores externos y/o ambientales.	Corrientes de aire. Falta de hermatización.	Uso de biombos e inspección visual de campo	5	7	5	175	MEDIO	Generar el plan de hermetización y revisarlo por 3 involucrados de mayor experiencia.	Asistente de operaciones	Revisión anual	5	5	3	75	BAJO		
Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final.	Omisión de atributos o puntos de control de calidad.	Producto defectuoso	Falta de validación de checklist de calidad y facilidad de uso	Inspección visual en campo	6	8	7	336	MEDIO	Condicionar la liberación del orden de servicio al check list de inspección final	Supervisor de operaciones	En cada ejecución de servicio	6	5	2	60	BAJO		

Nota. Elaboración propia.

b) Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción

Finalmente, como podemos ver en la Tabla 28, cada involucrado debe dejar evidenciados su reconocimiento y compromisos.

Tabla 28

Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción

Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción	
Puesto	Compromiso de acción
Asistente de operaciones	- Cumplir con los planes de acción establecidos - Velar por la correcta operacionalización de las mejoras. - Revisar e identificar oportunidades de mejora continua en el proceso. - Ejecutar el ciclo PHVA y aplicar sus herramientas Lean internas.
Supervisor de soldadura y mantenimiento	- Dar el soporte para cumplir con los planes de acción establecidos - Supervisar y difundir la correcta operacionalización de las mejoras - Solicitar los recursos necesarios para la ejecución de las mejoras.
Soldador de avanzada	- Dar el soporte para cumplir con los planes de acción establecidos - Cumplir con las mejoras establecidas - Identificar nuevas oportunidades de mejora desde el punto de vista técnico.

Supervisor de seguridad	- Cumplir con los planes de acción establecidos - Analizar y validar el alineamiento de las mejoras con los estándares de seguridad y salud en el trabajo establecidos de acuerdo al marco normativo vigente. - Velar por la correcta operacionalización de las mejoras. - Identificar peligros y riesgos en las nuevas mejoras. - Identificar oportunidades de mejora y/o observaciones desde el punto de vista de la seguridad.
-------------------------	---

Lecciones aprendidas

Con base en los conocimientos del Lean manufacturing, se logró diseñar una herramienta sistémica para la mejora continua; se reconoce la importancia de reconocer los efectos y causas de los procesos actuales. Por otra parte, se toma conciencia de la diferencia entre medidas de contingencia que mitigan efectos a corto plazo y los planes de acción que atacan directamente la causa raíz. El ciclo PHVA es la herramienta principal y esta genera pequeños ciclos PHVA para cada responsable o involucrado. La matriz AMFE nos muestra que toda modificación acarrea nuevos riesgos, y la filosofía Lean manufacturing establece que para tales efectos se debe tener un equipo multidisciplinar y sinérgico.

Nota. Elaboración propia.

Para finalizar se validó tanto la herramienta Lean como su aplicación en la tuerca de chancadora secundaria MP1250 mediante la revisión de un profesional con experiencia en la materia de estudio como se aprecia en la carta de revisión y evaluación de entregables en el Anexo 21.

CAPÍTULO 6: Evaluación del impacto económico

6.1 Beneficios de la propuesta

En los beneficios de la propuesta, según el costo hora-hombre de los involucrados, bajo el supuesto de 192 horas mensuales trabajadas y un sueldo que ya abarca los cálculos de beneficios sociales, como se muestra en la Tabla 29, los cálculos según sueldo y costo hora hombre.

Por otra parte, los costos del proceso actual y propuesto abarcan solamente el costo primo, es decir, las horas-hombre del personal y el costo de materiales directos.

Tabla 29

Costo de hora hombre de equipo Lean

Nombre	Puesto	Sueldo	Horas mensuales	Costo hora hombre (S/.)
Mario Bermejo	Asistente de operaciones	1200	192	6.25
Miguel Zegarra	Soldador	2500	192	13.020
Diego Sulla	Supervisor de soldadura	4200	192	21.875

Nota. Elaboración propia.

Respecto a los beneficios cuantitativos como pudimos ver en el análisis del proceso actual, el costo primo era de S/ 6,261.93, con 16 días operativos, seguidamente luego de la mejora el costo se redujo a S/ 4,104.67 y 11 días operativo, esto significa una reducción de costos en 34.45% y en tiempos 32.33%, como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30*Beneficios cuantitativos de las mejoras*

Beneficios cuantitativos	Costo primo (horas hombre y materiales directos) (S/.)	Días operativos
Valores actuales antes de la mejora	6,261.93	16.44
Valores obtenidos después de la mejora	4,104.67	11.125
Diferencia absoluta de costos y días	2,157.26	5.315
Diferencia porcentual de costo y días	34.45%	32.33%

Nota. Elaboración propia, basada en la suma de costos de la Tabla 14 y del Anexo 10.

Por otra parte, podemos apreciar los beneficios cualitativos de las mejoras en los diversos documentos de gestión elaborados como se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31*Beneficios cualitativos de la mejora*

Beneficios cualitativos	Tipo de documento	Estado
Formato de aplicación de herramientas Lean para la resolución de problemas.	Formato	Ejecutado
Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora.	Procedimiento	Ejecutado
Programa de capacitaciones para el proceso de soldadura.	Programa	Ejecutado
Instructivo para el cuidado de materiales e insumos de soldadura.	Instructivo	Ejecutado
Instructivo para las consideraciones de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura.	Instructivo	Ejecutado
Checklist pre operacional de máquina de soldar, balones CO2, alimentador de alambre, fuente de alimentación y tracto de soldadura SAW.	Formato	Ejecutado
Check list de calidad para tuerca de chancadora secundaria.	Formato	Ejecutado

Nota. Elaboración propia.

6.2 Costos de la propuesta

Podemos apreciar en la Tabla 32 los costos de las diversas mejoras que se realizaron. Cabe recalcar que estos costos se basan en las horas-hombre, de acuerdo con el Anexo 19, en el cual se detallan las horas involucradas y los costos respectivos de tales horas.

Tabla 32

Costos de entregables

Actividad	Costo (S/.)
- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.	223.96
- Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora	
- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW)	513.54
- Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARCAIR	
- Generar un listado de temas de soldadura general.	480.21
- Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	
- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2.	
- Generar el checklist pre operacional de alimentador de alambre.	278.13
- Generar el checklist pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido).	
- Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	312.50
-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final.	225.00
Total de costo	2033.00

Nota. Elaboración propia.

Respecto a los costos de la capacitación, podemos ver en la Tabla 33, según la frecuencia anual, las horas capacitadas, la cantidad de personas y el costo por hora-hombre. El costo total de las capacitaciones asciende a S/ 7,030.80. Por otra parte, el costo del involucramiento de la persona responsable de la capacitación asciende a S/656.40, como se aprecia en la Tabla 34.

Tabla 33*Costo de capacitación del personal*

No.	DESCRIPCIÓN	Veces al año	Horas / capacitación	Cantidad de soldadores	Costo hora hombre soldador (S/.)	Costo total (S/.)
1	Seguridad y salud en el trabajo de proceso de soldadura.	3	1	18	13.02	703.08
2	Tipos de soldadura en la empresa y sus errores más comunes.	3	1	18	13.02	703.08
3	Manejo, cuidado y almacenamiento de materiales de soldadura.	3	1	18	13.02	703.08
4	Manipulación correcta de máquinas de soldadura.	3	1	18	13.02	703.08
5	Fundamentos y técnicas de soldadura (SMAW, GMAW, GTAW, FCAW, SAW).	3	1	18	13.02	703.08
6	Tipos de trabajos de soldadura en la empresa, misceláneos, componentes mineros, ordenes de trabajo específicas.	3	1	18	13.02	703.08
7	Control de calidad e inspección visual en soldadura.	3	1	18	13.02	703.08
8	Prevención de incendios y manejo de extintores.	3	1	18	13.02	703.08

9	Gestión de residuos sólidos.	3	1	18	13.02	703.08
10	Plan de respuestas a emergencias en trabajo en caliente.	3	1	18	13.02	703.08
Total		30				7,030.80

Nota. Elaboración propia, basada en los costos de hora-hombre.

Tabla 34

Costos del personal capacitador

No.	DESCRIPCIÓN	Veces al año	Horas / capacitación	Cantidad de capacitadores	Costo hora hombre capacitador (supervisor de soldadura y seguridad) (S/.)	Costo total (S/.)
1	Costo de capacitación del personal capacitador	30	1	1	21.88	656.40

Nota. Elaboración propia, basada en los costos de hora-hombre.

6.3 Comparación Costo – Beneficio

Podemos ver en la Tabla 35, que el total de costos asciende a S/ 12,360.20, por otra parte, los beneficios cuantitativos varían según la cantidad de elementos reparados, como se aprecia en la Tabla 36 se tiene un mínimo de 9 elementos, un promedio de 11 y un máximo de 14, Por consiguiente, los beneficios van de S/19,415.33 a S/30,201.62. Seguidamente como se muestra en la Tabla 37, haciendo una división entre los beneficios y los costos, que tiene un ratio mínimo de 1.57, un ratio promedio de 1.92 y un máximo de 2.44, estos valores significan la cantidad de veces que los beneficios superan a los costos, es decir que mínimamente por cada sol invertido en costo se obtiene un beneficio de 0.57 soles, en promedio por cada sol invertido se tiene un beneficio de 0.92 soles, y un beneficio máximo 1.44 soles por cada sol invertido, de esta manera podemos concluir que cuantitativamente la propuesta es beneficiosa.

Tabla 35

Sumatoria de costos de la propuesta

Total costo de la propuesta	Total (S/.)
Costo de implementación (horas hombre)	2,033.00
Costo de capacitación horas de personal operativo	7,030.80
Costo de capacitación horas de personal capacitador	656.40
Costo de insumos y materiales de capacitación (220 soles x mes)	2,640.00
Total costos de la propuesta	12,360.20

Nota. Elaboración propia, basada en los costos de hora-hombre.

Tabla 36

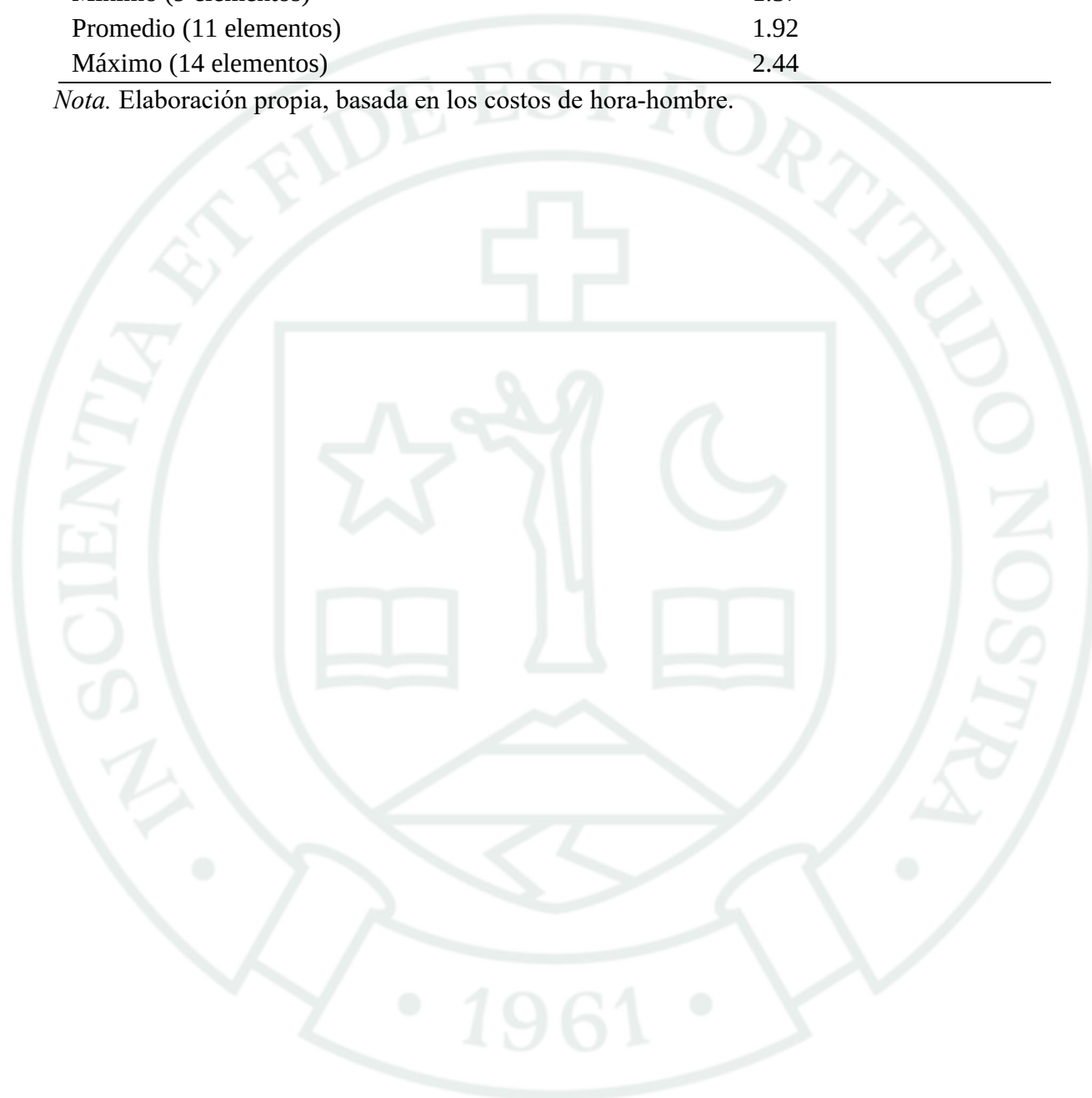
Beneficios cuantitativos según cantidad de elementos reparados

Total de beneficios cuantitativos	Total
Beneficio cuantitativo por elemento (tuerca de chancadora)	S/2,157.26
a) Cantidad de elementos mínimo	9
b) Cantidad de elementos promedio	11
c) Cantidad de elementos máximo	14
Beneficio mínimo	S/19,415.33
Beneficio promedio	S/23,729.84
Beneficio máximo	S/30,201.62

Nota. Elaboración propia, basada en los costos de hora-hombre.

Tabla 37*Ratios costos-beneficio según elementos reparados*

Cantidad de elementos reparados	Ratio costo beneficio (B/C)
Mínimo (9 elementos)	1.57
Promedio (11 elementos)	1.92
Máximo (14 elementos)	2.44

Nota. Elaboración propia, basada en los costos de hora-hombre.

CONCLUSIONES

1. Se logró aplicar las herramientas Lean al proceso de soldadura en componentes de equipos, tomando como muestra la “Tuerca de chancadora secundaria”, reduciendo el tiempo en días de 16.44 a 11.125 (32.33 %) y los costos: El costo primo (mano de obra y materiales directos) es un de S/ 6,261.93 a S/ 4,104.67 (34.45%).
2. El diagnóstico actual del proceso se operacionalizó mediante la observación de campo, diseño de flujograma, análisis de registros de servicios de soldadura y aplicación de la herramienta Ishikawa y Pareto.
3. La identificación de principales fallas fueron 32 eventos de no calidad; el 81,3% eran atribuidos a los factores Ishikawa: método, mano de obra y material. Siendo los más comunes la mala ejecución de operaciones de soldeo, la ausencia de procedimientos estandarizados y comprensibles, y los reprocesos por falta de inspección
4. Se diseñó y aplicó un formato de 9 pasos de carácter replicable basado en el ciclo PHVA, asimismo integrando herramientas Lean tales como el diagrama de Ishikawa, técnica de los 5 porqués, diagrama de flujo, estandarización del proceso, y principios y hábitos como Gemba y Kaizen.
5. Se determinó la viabilidad económica de la propuesta mediante el análisis de ratios de costo-beneficio, obteniendo ratios de 1.57, 1.92, 2.44, como mínimo, promedio y máximo, respectivamente. Estos significan que, mínimamente, por cada sol invertido en costo se obtiene un beneficio de 0.57 soles; en promedio, por cada sol invertido se tiene un beneficio de 0.92 soles; y un beneficio máximo de 1.44 soles por cada sol invertido.

RECOMENDACIONES

1. Integrar el uso de las herramientas Lean en los demás procesos partiendo por la aplicación en los demás componentes mineros, seguidamente en los otros tipos de servicios de soldadura, así mismo fomentar la aplicación y continuidad en procesos de carácter administrativo, para de esta forma contar con un alcance y Feedback más amplio.
2. Establecer los planes de mejora para la identificación y caracterización de procesos, para de esta manera dar pie a la estandarización de procedimientos, planes y programas de inspección y seguimiento de la aplicación de la mejora desarrollada en otros procesos.
3. Diseñar un plan y programas de capacitación continua, integrando temas de mejora continua, conceptos y herramientas Lean para el uso práctico y eficiente del formato desarrollado, de esta manera fortalecer a la cultura de la mejora continua y la mejora de procesos.
4. Realizar un análisis de costo beneficio, tomando en cuenta los flujos de cajas financieros de la empresa con soporte del área de contabilidad y finanzas, con la finalidad de obtener ratios de rentabilidad más precisos y de largo plazo, tales como el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adriazola Vitteri, S. M., & Farroñay Gonzales, J. A. (2024). Aplicación de Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia en una empresa del sector metalmecánico. *Trabajo de suficiencia*. Universidad peruana de ciencias aplicadas, Lima. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/682782/Adriazola_VS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- American Welding Society. (2017). *American Welding Society (AWS)*. Obtenido de <https://www.aws.org/standards-and-publications/free-resources/>
- American Welding Society. (2020). *Materials and applications*. Miami, FL: American Welding Society. Obtenido de <https://www.aws.org/standards-and-publications/free-resources/>
- Anderson, D. J. (2016). *Essential Kanban condensed*. Seattle, . WA: University Press.
- Antony, J. (2020). *Lean six sigma for small and medium sized enterprises: A practical guide*. CRC Press.
- Awanis, A., & Vikaliana, R. (2023). Implementación de Lean Manufacturing para Identificar y Minimizar Residuos en el Departamento de Carrocerías de Soldadura de PT XYZ. *Articulo cientifico*. Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia. doi:10.57102/jescee.v2i1.23
- Bacon Gallardo, H. R. (2024). Implementación de herramientas lean Manufacturing para mejorar la eficiencia de producción en la empresa metales cajamarca S.A.C, cajamarca 2024. *Tesis de grado*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/40025/Bacon%20Gallard%2c%20Hugo%20Rufino.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bohnart, E. R. (2024). *Welding Principles and Practices*. McGrawHill.

- Bolimbo Palga, C. P. (2022). Aplicación de lean manufacturing para mejorar la productividad en una empresa metalmecánica, Lima 2022. *Tesis de grado*. Universidad Privada del Norte, Lima. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/32608/Bolimbo%20Palga%2c%20Cristian%20Paul.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bucko, M., Schindlerova, V., & Sajdlerova, I. (2020). Application of Lean Manufacturing Methods to Streamline the Welding Line. *Artículo científico*. Faculty of Mechanical Engineering, VSB - Technical University of Ostrava, Ostrava-Poruba, República Checa. doi:10.21062/mft.2020.032
- Burgasí Delgado, D. D., Cobo Panchi, D. V., Pérez Salazar, K. T., Pilacuan Pinos, R. L., & Rocha Guano, M. B. (Febrero de 2024). *Revista electrónica TAMBARA ISSN 2588-0977*. Obtenido de Universidad de las Fuerzas Armadas : https://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/DIAGRAMA-ISHIKAWA_FINAL-PDF.pdf
- Escuela de administración. (2021). *Guia AMEF*. Obtenido de <https://ucreanop.com/wp-content/uploads/2021/08/04-AMEF-.pdf>
- Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. New York: HarperBusiness.
- Harrington, J. H., Esseling, E. K., & Van Nimwegen, H. (2016). *Business process improvement workbook*. New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Herrera Chalan, J. A. (2023). Diseño de las Herramientas Lean manufacturing y su incidencia en la productividad de la empresa industrial JSK Perú E.I.R.L Cajamarca, 2023. *Tesis de grado*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/36605/Herrera%20Chalan%2c%20Jhony%20Abraham.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Imai, M. (2015). *Kaizen: La clave de la ventaja competitiva japonesa (2.^a ed.)*. Grupo Editorial Patria. Patria.
- ISO 9001. (2015). *International Organization for Standardization*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>
- Kennedy, B. A. (2019). *Surface Mining (2nd ed.)*. Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME). Littleton, Colorado, EE. UU.: Society for Mining, Metallurgy & Exploration (SME).
- Liker, J. K., & Convis, G. L. (2021). *The Toyota way to continuous improvement: Linking strategy and operational excellence to achieve superior performance*. New York: McGraw-Hill Education.
- Manzanares Cañizares, C., Sánchez Lite, A., Rosales Prieto, V. F., Fuentes Bagues, J. L., & González Gaya, C. (2022). A 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. *Artículo científico*. UNED, Madrid. doi:10.3390/su14116499
- Ministerio de la Producción. (2025). *Sector metalmecánico, estudio de investigación sectorial 2024*. Lima: Produce. Obtenido de <https://www.producempresarial.pe/estudio-de-investigacion-sectorial-del-sector-metalmecanico/>
- Montgomery, D. C. (2020). *Introduction to statistical quality control (8th ed.)*. Hoboken: Wiley.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Portland, OR (Oregón, EE. UU.): Productivity Press.
- Rother, M. (2020). *Toyota kata practice guide*. New York: McGraw-Hill Education.
- Srivastava, D., Chadha, U., Prakash, P., Arshdeep, K., Molly , C., Gaurav, C., . . . Won, C. Y. (2024). Welding Processes via Lean Six Sigma Framework. *Artículo científico*. University of Toronto, Toronto. doi:10.31224/3865

Tortorella, G. &. (2017). *Implementation of lean manufacturing and situational leadership styles: An empirical study*. Emerald Publishing Limited.

doi:<https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/7pQLbzB4>





Anexo 1: Registro de eventos de no calidad periodo 2024

Registro de eventos de no calidad 2024 - Componentes de equipos minero (chancadoras)					
N°	Fecha	Equipo	Proceso	Componente	Registro de eventos de no calidad
1	08/01/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Contaminación superficial de la junta
2	12/01/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Anillo de ajuste	Fundentes y electrodos húmedos
3	13/01/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Anillo de ajuste	Presencia de porosidades
4	16/01/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Anillo de ajuste	Falta de control de avance e inspección
5	02/02/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Presencia de porosidad
6	05/03/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Presencia de fisuras
7	21/03/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Trompo	Mala ejecución en operaciones de soldeo de material, rectificación, reproceso, porosidad y fisuras frecuentes en la soldadura
8	22/03/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Trompo	Condiciones inadecuadas de almacenamiento de consumibles de soldadura como electrodos, alambres y fundentes, lo que compromete sus propiedades y desempeño durante el proceso
9	17/04/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas
10	22/04/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Hopper (Tolva de alimentación)	Presencia de porosidades
11	25/04/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Hopper (Tolva de alimentación)	Ruptura de disco de corte en actividad de desbaste
12	03/05/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Presencia de porosidades

13	13/06/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Falta de control de avance e inspección
14	17/06/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Presencia de fisuras
15	24/06/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Trompo	Condiciones inadecuadas de electrodos
16	25/06/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Trompo	Electrodos húmedos
17	12/07/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Contaminación superficial de la junta
18	08/08/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Falta de control de avance e inspección
19	20/07/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Hopper (Tolva de alimentación)	Presencia de socavación en los bordes de las uniones soldadas.
20	21/07/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Hopper (Tolva de alimentación)	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas
21	05/08/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Hopper (Tolva de alimentación)	Electrodos húmedos
22	16/08/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Falta de control de avance e inspección, presencia de porosidad y reproceso de soldadura
23	23/09/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Trompo	Presencia de porosidad y fisuras
24	20/10/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Ruptura de disco de corte en actividad de desbaste
25	15/11/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Tuerca	Contaminación superficial de la junta
26	13/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Eje de chancadora	Mala ejecución en operaciones de soldeo de material, rectificación, reproceso, porosidad y fisuras frecuentes en la soldadura
27	17/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Contra eje de chancadora	Falta de entendimiento de procesos e instructivos

28	19/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Eje de chancadora	Electrodos húmedos
29	19/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Eje de chancadora	Presencia de irregularidad en el perfil del cordón de soldadura, evidenciada por variaciones en su altura, ancho y uniformidad.
30	19/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Contra eje de chancadora	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas
31	26/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Contra eje de chancadora	Falta de control de avance e inspección
32	27/12/2024	Chancadora secundaria	Proceso soldadura de componentes mineros	Eje de chancadora	Falta de control de avance e inspección

Anexo 2: Ficha de observación del proceso de soldadura

Ficha de observación	
Investigador	Mario Sebastián Bermejo Galdos
Institución	Universidad Católica de Santa María
Fecha	Periodo de observación Junio-Agosto
Lugar	Empresa metalmecánica
Objetivo	Exploración del proceso de soldadura basado en metodología 6M 6M – M1: Material (Materia prima, materiales auxiliares, materiales de soporte, insumos, consumibles) – M2: Mano de obra (Personal administrativo, operativo, supervisión) – M3: Maquinas y herramientas (Maquinas estáticas, móviles, herramientas auxiliares) – M4: Medio ambiente (Ambiente de trabajo) – M5: Métodos (Técnicas, metodologías, estándares, normas, procedimientos, políticas, etc.) – M6: Medición (Controles de la empresa para realizar mediciones en el proceso (Costo, tiempo y requisitos))
M1: Método	
Evidencia fotográfica	Descripción
FOTO 1: Diagrama de flujo del proceso.  <pre> graph TD INICIO([INICIO]) --> Traslado[Traslado de piezas a ensamblar] Traslado --> Recepcion[Recepcion] Recepcion --> Preparacion[Preparación de elementos] Preparacion --> Ensamble[Ensamble] Ensamble --> Soldadura[Soldadura] Soldadura --> InspeccionRombo{Inspeccion} InspeccionRombo --> Pintura[Pintura] InspeccionRombo --> Soldadura InspeccionRombo --> InspeccionRect[Inspección] InspeccionRect --> FIN([FIN]) </pre>	El diagrama de flujo presentado representa la secuencia de operaciones correspondiente al ciclo de los distintos trabajos, abarcando las etapas de armado, soldadura y pintura dentro del proceso productivo.
FOTO 2: Procedimiento escrito de trabajo seguro del área de soldadura.	La empresa dispone de un procedimiento establecido para el soldeo general de estructuras, en el cual se

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN PETS SOLDEO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS Código: P-FICp002 Revisión: 00 Aprobación: 06.01.2025 Página: 1 de 17		especifican de manera detallada las etapas de limpieza, preparación del área de trabajo, acondicionamiento y revisión de la superficie a soldar, así como la derivación de la pieza hacia el área subsiguiente del proceso.																																			
PETS (PROCEDIMIENTO ESCRITO DE TRABAJO SEGURO) SOLDEO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS <table><tr><td>CÓDIGO</td><td colspan="4">P-FICp002</td></tr><tr><td>VERSIÓN N°</td><td colspan="4">00</td></tr><tr><td>ACTUALIZADO POR:</td><td>ACTUALIZADO POR:</td><td>ACTUALIZADO POR:</td><td>REVISADO POR:</td><td>APROBADO POR:</td></tr><tr><td>Fecha:</td><td>Fecha:</td><td>Fecha:</td><td>Fecha:</td><td>Fecha:</td></tr><tr><td>Jefe de Planta</td><td>Supervisor de Área</td><td>Líder de Área</td><td>Gerente SSOMA</td><td>Gerente General</td></tr><tr><td>Fecha de actualización:</td><td>Fecha de actualización:</td><td>Fecha de actualización:</td><td>Fecha de revisión:</td><td>Fecha de aprobación:</td></tr><tr><td>30.12.2024</td><td>30.12.2024</td><td>30.12.2024</td><td>06.01.2025</td><td>06.01.2025</td></tr></table> Este documento no debe ser copiado ni modificado sin la autorización del Dpto. de Sistemas Integrados de Gestión de PRODES S.R.L. Este documento impreso no es controlado. Únicamente responsable de verificar que corresponda con la última versión. Solo para uso interno		CÓDIGO	P-FICp002				VERSIÓN N°	00				ACTUALIZADO POR:	ACTUALIZADO POR:	ACTUALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Jefe de Planta	Supervisor de Área	Líder de Área	Gerente SSOMA	Gerente General	Fecha de actualización:	Fecha de actualización:	Fecha de actualización:	Fecha de revisión:	Fecha de aprobación:	30.12.2024	30.12.2024	30.12.2024	06.01.2025	06.01.2025	
CÓDIGO	P-FICp002																																				
VERSIÓN N°	00																																				
ACTUALIZADO POR:	ACTUALIZADO POR:	ACTUALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:																																	
Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:	Fecha:																																	
Jefe de Planta	Supervisor de Área	Líder de Área	Gerente SSOMA	Gerente General																																	
Fecha de actualización:	Fecha de actualización:	Fecha de actualización:	Fecha de revisión:	Fecha de aprobación:																																	
30.12.2024	30.12.2024	30.12.2024	06.01.2025	06.01.2025																																	
M2: Mano de obra																																					
Evidencia fotográfica		Descripción																																			
FOTO 3: Perfil de soldador y certificaciones. SOLDADORES HOMOLOGADOS ✓ 2+ años de experiencia en soldadura 3G, 4G, 5G o 6G. ✓ Homologación vigente. ✓ Experiencia en planta concentradora (chancado - molienda - flotación) ✓ Experiencia en diferentes unidades mineras. ✓ Conocimiento en soldadura estructural. ✓ Capacidad para trabajar en equipo y bajo presión.		La empresa dispone de una matriz de competencias para el personal de soldadura, donde se detallan los requisitos y el perfil profesional que debe cumplir el soldador contratado.																																			
FOTO 4: Registro de certificaciones de soldadores.		La empresa dispone de un registro digital en Excel donde se documentan las certificaciones de cada soldador, así como sus competencias específicas en diferentes procesos de soldadura (GMAW, GTAW, SMAW, FCAW, entre otros).																																			

	
FOTO 5: Personal permanente en planta 	El área de soldadura cuenta con aproximadamente 14 soldadores en planta, mientras que el resto del personal opera bajo un régimen de horarios flexibles, asistiendo únicamente en los días en que no les corresponde turno en mina o durante periodos de parada programada.
FOTO 6: Personal de soldadura cuenta con documentos de seguridad de acceso público.	El área de soldadura dispone de un panel informativo en el cual se encuentran disponibles documentos de gestión de seguridad y medio ambiente, tales como la matriz de

	identificación de peligros, evaluación y control de riesgos (IPERC), PETAR, PETS y la matriz de identificación de aspectos e impactos ambientales.
FOTO 7: Equipos de protección personal del personal de soldadura. 	Se evidencia personal de soldadura utilizando equipos de protección personal obligatorios entre los cuales tenemos los siguientes: – Ropa de protección de cuero (Casaca, pantalón, mandil y esarpines). – Zapatos de seguridad. – Guantes de caña larga para soldador. – Careta para esmerilar. – Careta para soldar. – Lentes de seguridad luna clara. – Lentes de seguridad luna oscura. – Casco de seguridad. – Respirador 3M (7503). – Filtro 3M (2097). – Tapones de oído. – Bloqueador solar.

	
M3: Maquinaria	
Evidencia fotográfica	Descripción
FOTO 8: Maquinas de soldar y componentes.  	Se evidencia que se tiene un total de 17 máquinas de soldar completas, que consisten en dos equipos (Fuente de alimentación multiprocesos y alimentadores de alambre). Las máquinas que se describirán a continuación son las que siempre se encuentran disponibles para personal de permanente en planta. FUENTES DE ALIMENTACIÓN Equipo encargado de transformar la energía eléctrica de la red en la forma adecuada (voltaje, corriente y polaridad) para generar y mantener el arco eléctrico durante el proceso de soldeo. Su función principal es suministrar corriente estable y controlada (corriente continua DC o corriente alterna AC, según el proceso), lo que permite fundir el material base y el electrodo

	o consumible, garantizando la calidad de la unión. 1) Fuente de alimentación multiprocesos tipo 1: ESAB FABRICATOR EM 500i (5) 2) Fuente de alimentación multiprocesos tipo 2: MILLER XMT 425 CC/CV (5) 3) Fuente de alimentación multiprocesos tipo 3: MILLER XMT 350 VS (4) ALIMENTADORES DE ALAMBRE
	Dispositivo encargado de suministrar de manera continua, uniforme y controlada el electrodo en forma de alambre hacia la antorcha de soldadura. Su función principal es mantener un flujo constante de material de aporte, sincronizado con la fuente de alimentación, para garantizar la estabilidad del arco eléctrico y la calidad del cordón de soldadura. Entre sus componentes principales tenemos: – Motor de arrastre: Impulsa el alambre con velocidad regulable. – Rodillos de arrastre: Presionan y guían el alambre evitando deslizamientos. – Guías: Conducen el alambre desde el carrete hasta la antorcha. – Carrete: Contiene el alambre consumible. – Panel de control: Permite ajustar parámetros de velocidad y modos de avance.

	– Antorcha de soldadura: Herramienta manual que conduce el alambre, el gas de protección y la corriente eléctrica hacia la pieza. – Punta de contacto: Transfiere la corriente eléctrica al alambre y guía su salida. – Tobera: Canaliza el gas protector hacia el charco de soldadura, evitando la contaminación atmosférica. Se cuenta en planta con los siguientes alimentadores de alambre. 1) Alimentador de alambre tipo 1: ESAB FABRICATOR FEED 364 (5) 2) Alimentador de alambre tipo 2: ESAB ROBUSTFEED AVS (5) 3) Alimentador de alambre tipo 2: MILLER ARCREACH SUITCASE 12 (5) 4) Alimentador de alambre tipo 4: MILLER S-74S WIRE FEEDER (2)
FOTO 9: Herramientas y equipos auxiliares	Se dispone de un conjunto de equipos y herramientas auxiliares, tanto individuales como colectivas, que permiten asegurar la correcta ejecución de los procesos. 1. Herramientas asignadas individualmente a cada soldador. Cada soldador cuenta con un kit básico de herramientas personales: – Esmeril angular de 4 ½", con discos de corte, desbaste, polifan y

 	disco de escobilla metálica (suministrados por almacén). – Escobilla metálica manual. – Cíncel. – Combo de 4 lb. – Prensa de sujeción. – Escuadra metálica. – Flexómetro. – Alicata universal. – Chispero (encendedor de oxígeno). – Extensión eléctrica de 220 V. 2. Herramientas auxiliares de uso colectivo (compartidas en planta). Se cuenta con un estante de herramientas de uso común, disponible para operaciones específicas: – 03 esmeriles angulares de 7”. – 03 turbinetas. – 01 llave francesa de 6”. – 01 llave francesa de 12”. – 01 llave francesa de 15”. – 01 juego de llaves mixtas. – 01 juego de llaves Allen. – 03 extensiones de 20 m / 380 V. – 02 extensiones de 20 m / 220 V. – 02 módulos de oxicorte (equipo de corte oxiacetilénico). – Galgas de soldadura (para verificar dimensiones de cordón y ángulos de biselado). – Prensas en C. – Carros porta-cilindros (para transporte seguro de oxígeno y acetileno). – Cizallas – Carro de arrastre para fuentes de soldadura.
--	--

 	
FOTO 10: Equipos para extracción de humos y ventilación localizada.	El área de soldadura cuenta con extractores de humo industriales, los cuales son empleados principalmente en las dos estructuras

		denominadas “ollas” destinadas al soldado de componentes que requieren un enfriamiento controlado y lento del cordón de soldadura. Este procedimiento tiene como objetivo evitar la formación de fisuras que pueden generarse por la exposición a corrientes de aire no controladas durante el proceso de enfriamiento.
--	---	--

FOTO 11: Control de energía eléctrica y estabilidad de corriente.

	Cada puesto de trabajo dispone de un módulo independiente de distribución eléctrica, diseñado para garantizar un suministro de energía estable y continuo durante la ejecución de los procesos de soldadura y actividades asociadas.
--	---

M4: Materiales

Evidencia fotográfica	Descripción
FOTO 12: Materia prima y almacenamiento de la misma. 	Se evidencian zonas de almacenamiento de materia prima. Además, se cuenta con un listado de todos los perfiles, tubos, barras y planchas comúnmente utilizados.



FOTO 13: Tipos de consumibles y almacenamiento.



Se cuenta con almacenes de gases únicamente utilizados para el área de soldadura, asimismo los electrodos, alambres y los propios gases son suministrados por el personal de almacén. Entre los consumibles mayormente utilizados en el área de soldadura tenemos:

- Gas de protección CO2 (100%)
- Gas de protección Argón (75%) + CO2 (25%)
- Gas de protección Argón (100%)
- Gas propano
- Gas acetileno
- E7018
- E6011
- Chamfercord
- Exaníquel
- Inox 316L
- Alambre tubular (FCAW) de 1.2 mm y 1.6 mm
- Alambre sólido (MAG) de 0.8 mm, 1.0 mm y 1.2 mm.
- Varillas para soldadura (TIG)
- Alambre para soldadura (SAW)

Cabe resaltar que lo antes mencionado es proporcionado por el almacén general de la empresa donde laboran 04 personas para el abastecimiento de todas las áreas, según requerimiento de consumibles se cargan a cada una de las órdenes de trabajo. Para el almacenamiento de electrodos se cuenta con hornos porta-electrodos para quitar la humedad a los mismos.

		
M5: Medio Ambiente		
Evidencia fotográfica		Descripción
FOTO 14: Condiciones de iluminación en el área de soldadura. 		El área de soldadura dispone de condiciones adecuadas de iluminación natural gracias al recubrimiento de techo plastificado blanco en la infraestructura. Adicionalmente, en turnos nocturnos o situaciones excepcionales, cada módulo de trabajo cuenta con un reflector propio que garantiza la visibilidad requerida para la ejecución de las actividades.
FOTO 15: Ventilación general y localizada para extracción de humos.		El área de soldadura cuenta con ventilación natural adecuada, garantizada por la nave industrial que presenta dos laterales abiertos, lo que permite un flujo de aire constante. Adicionalmente, para los procesos de soldeo de



estructuras con materiales especiales que requieren enfriamiento controlado (ollas 1 y 2), se dispone de extractores de humo individuales, tal como se observa en las imágenes, contribuyendo a mantener condiciones seguras y apropiadas de trabajo.

FOTO 16: Disposición física del taller y señalización de áreas peligrosas.

La planta dispone de un mapa general en el que se representa la distribución por sectores, permitiendo visualizar la ubicación de los módulos de soldadura y armado, así como la señalización correspondiente

	de las áreas clasificadas como peligrosas.
FOTO 17: Ergonomía de los puestos de trabajo 	Cada módulo de trabajo está equipado con una mesa metálica de dimensiones adecuadas y con espacio suficiente, lo que permite la manipulación y el soldeo de diferentes estructuras de manera segura y eficiente.
M6: Medición	
Evidencia fotográfica	Descripción
FOTO 18: Instrumentos de medición dimensional. 	En el área de soldadura, el instrumento de medición de uso más frecuente es el flexómetro; adicionalmente, se dispone de galgas de soldadura, reglas y escuadras metálicas para la verificación dimensional y geométrica de las uniones.

FOTO 19: Equipos de inspección de soldaduras.

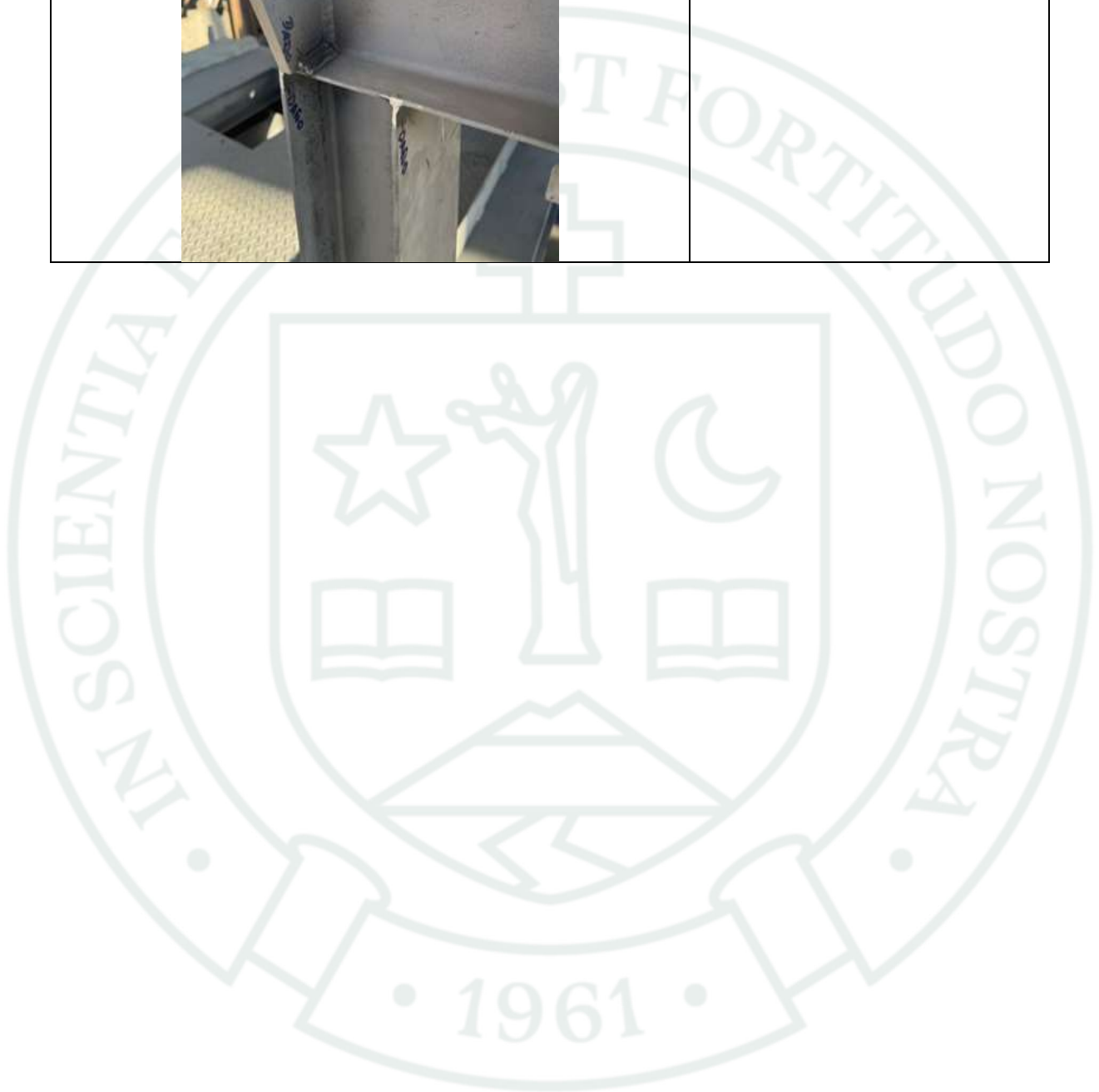


En el área de soldadura se aplican de manera rutinaria ensayos no destructivos, principalmente líquidos penetrantes y partículas magnéticas, para la detección de discontinuidades superficiales en las uniones soldadas.

Foto 20: Registros fotográficos y reportes técnicos.



Cada área dispone de un supervisor responsable de la elaboración de informes técnicos que incluyen evidencia fotográfica, medición de los avances de trabajo y registro de no conformidades o fallas detectadas durante el proceso.



Anexo 3: Diagrama SIPOC de los procesos de mantenimiento en planta

PROCESO DE MANTENIMIENTO EN PLANTA	S	I	P	O	C
	Proveedores	Entradas	Proceso	Salidas	Clientes
	¿Quién suministra lo que se necesita para el proceso?	¿Cuáles son los insumos requeridos?	¿Qué hace el proceso?	¿Cuál es el resultado esperado del proceso?	¿Qué clientes necesitan la salida de este proceso?
ARMADO	Logística Planner de Producción Supervisor de seguridad Jefatura de Operaciones	Insumos (Materia prima, herramientas, maquinas, EPPS) Herramientas de marcado, sujeción y medición Personal calificado (armadores) Planos (Habilitado y ensamble) PETS, IPERC Base, IPERC Continuo Apertura de la orden de trabajo	Ingreso de materia prima como placas, perfiles, tubos, accesorios, pernos, entre otros.	Ensamble de piezas metálicas fijas (Apuntaladas y alineadas) según plano listas para soldar	Supervisión del área de armado Área de soldadura
			Revisión de dimensiones, espesores, estado superficial y ausencia de defectos.		
			Se procede a cortar la materia en máquinas de oxicorte, guillotina, según el material.		
			Se cortan las piezas de acuerdo con planos de fabricación.		
			Se marcan las piezas con códigos según planos para asegurar trazabilidad.		
			Se trazan en la superficie las líneas de referencia, centros de taladros y puntos de unión. Este paso asegura que el posterior armado y ensamble sean precisos.		
			Se realizan procesos complementarios como taladrado, biselado, desbaste o punzonado de bordes.		
			Preparación de bordes para soldadura (chaflanes, limpiezas).		
			Revisión dimensional para garantizar que cada pieza cumpla con las medidas proporcionadas en el plano		
			Se juntan las piezas cortadas y mecanizadas.		
			Se utilizan dispositivos de sujeción, plantillas, mesas de armado o bancadas para alinear correctamente.		
			Se realizan puntos de soldadura o fijaciones mecánicas temporales para mantener las piezas en su posición.		
			Se verifica la geometría, alineamiento y escuadra de los componentes.		
			Se inspecciona que los conjuntos cumplan con las medidas de planos (longitud, ángulos, tolerancias).		
			Se revisa que no existan deformaciones ni mal posicionamiento.		
			Se valida que los cordones de punteo estén en buenas condiciones para evitar defectos en soldadura.		
			Una vez armado y aprobado por inspección, el conjunto pasa al área de soldadura definitiva.		
			Se entrega con su respectiva orden de producción		
SOLDADURA	Logística Planner de Producción Supervisor de	Insumos consumibles (Electrodos, alambres, gases)	El jefe del área de soldadura recibe la orden de trabajo junto con la documentación técnica correspondiente, incluyendo planos de fabricación y especificaciones del proyecto.	Estructuras metálicas soldadas y verificadas Ensayos de calidad como	Supervisión del área de soldadura

	seguridad Jefatura de Operaciones	Herramientas, maquinas, EPPS Herramientas de marcado, sujeción y medición Personal calificado (Soldadores) Planos (Soldadura) PETS, IPERC Base, IPERC Continuo Conjuntos metálicos pre armados	El jefe del área de soldadura asigna la ejecución de la tarea al soldador calificado, considerando las certificaciones, competencias técnicas y el proceso de soldadura requerido.	líquidos penetrantes y partículas magnéticas (Comúnmente utilizados) realizados a cordones de soldadura. Estructuras listas para pasar al área de pintura.	Control de calidad Área de Pintura
			El soldador coordina el traslado de la pieza desde el área de armado. Para estructuras de gran tamaño se solicita el apoyo del montacarguista; en el caso de piezas de menor dimensión, el transporte se realiza utilizando equipos auxiliares como carretillas manuales o grúas de palanca (Polipastos).		
			El soldador acondiciona el área de trabajo para la descarga y posicionamiento de la estructura. En el caso de componentes de gran tamaño, se emplean caballetes metálicos como soportes para su correcta suspensión y manipulación. Para piezas de menor dimensión, estas se colocan y trabajan sobre mesas metálicas de soldadura, garantizando estabilidad y ergonomía durante el proceso.		
			Se procede a la preparación de herramientas y equipos de protección personal (EPP) necesarios para el proceso de soldadura. Esto incluye la verificación y disposición de la fuente de poder, alimentador de alambre para procesos que lo requieran, electrodos, alambre sólido o tubular según el tipo de soldadura, así como mordazas, cable a tierra y adaptadores. Asimismo, se preparan la antorcha, punta de contacto, tobera, alicate, cincel, combo de 4 lb, esmeril de 4 ½ pulgadas con discos de corte, desbaste, escobilla metálica y disco polifan. En cuanto a los EPP, se incluyen traje de cuero, lentes de seguridad (luna clara), careta para esmerilar, careta para soldar, lunas claras y oscuras según el procedimiento, y guantes de caña larga para soldador. La correcta preparación de estas herramientas y equipos garantiza la seguridad del operador y la calidad del proceso de soldadura.		
			El soldador realiza una limpieza previa de la estructura o piezas de trabajo, utilizando un esmeril de 4 ½" equipado con disco de escobilla metálica. Este procedimiento tiene como objetivo eliminar impurezas, óxidos, residuos de pintura u otros contaminantes presentes en la superficie metálica en las zonas donde se aplicarán los cordones de soldadura, garantizando una correcta adherencia y calidad del proceso.		
			El soldador reemplaza el disco de escobilla metálica por un disco de corte en el esmeril de 4 ½", con el fin de realizar cortes parciales (biselado) en los puntos previamente preparados por el personal de armado. Esta operación permite optimizar la fusión y asegurar una mayor penetración del cordón de soldadura, mejorando la calidad y resistencia de la unión.		
			El soldador procede a calibrar los parámetros de la fuente de alimentación y del alimentador de alambre en caso de procesos MIG/MAG o FCAW, ajustando variables críticas como amperaje, voltaje, velocidad de alimentación del alambre y tipo de protección gaseosa, con el objetivo de garantizar la correcta penetración, fusión y estabilidad del arco durante el proceso de soldadura.		

			Una vez calibrados los parámetros de soldadura, el soldador procede a ejecutar el cordón de soldadura de acuerdo con los planos. Tras la finalización de cada cordón, se retira la escoria utilizando un cincel, con el fin de limpiar la soldadura y realizar un primer control visual del cordón. En caso de identificar defectos como socavaciones o porosidades, el soldador repite el proceso de soldadura y esmerilado. El soldador traslada la pieza o estructura a la zona designada para piezas terminadas, ubicada próxima al área de inspección y control de calidad. Una vez finalizada la pieza, esta es sometida a una inspección inicial por el supervisor del área, quien verifica la totalidad de los cordones de soldadura. Durante el proceso se identifican defectos comunes como poros, falta de fusión entre material base y material de aporte, exceso de soldadura y socavaciones. Las zonas que requieren corrección son marcadas con tiza para su posterior reparación. El supervisor reenvía la pieza al módulo del soldador responsable del trabajo para que ejecute las correcciones necesarias, incluyendo soldadura y esmerilado. El soldador ejecuta los procesos de soldadura y esmerilado para la corrección de defectos detectados en la pieza, asegurando que cumpla con los criterios de calidad establecidos. El supervisor de área realiza una inspección final del producto terminado, verificando que cumpla con los estándares de calidad establecidos, y autoriza su traslado al área de pintura para la continuación del proceso de producción.		
PINTADO	Logística Planner de Producción Supervisor de seguridad Jefatura de Operaciones	Insumos consumibles (Pinturas, primers y diluyentes) Herramientas, maquinas, EPPS Personal calificado (pintores) PETS, IPERC Base, IPERC Continuo Piezas metálicas soldadas Ingeniería (especificaciones de recubrimiento) Área acondicionada (cabina o taller de pintura) Personal calificado (pintores)	Las estructuras metálicas (ya armadas y soldadas) llegan al área de pintado mediante un montacarga. Se realiza una inspección visual inicial para verificar que no existan rebabas, salpicaduras de soldadura, grasa, óxido o deformaciones. Se clasifican según tamaño, peso y tipo de acabado requerido (pintura líquida, esmalte, recubrimiento epóxico, etc.). Se realiza una limpieza mecánica para la eliminación de cascarilla de laminación, rebabas, escoria de soldadura y salpicaduras con esmerilado, cepillado o lijado. Se desengrasan las estructuras con solventes, detergentes industriales o desengrasantes para remover aceites y grasas. Granallado o arenado si es que se requiere con chorro abrasivo para alcanzar grados de limpieza (Sa 2.5 o Sa 3) Se realiza una inspección de rugosidad donde se mide perfil de anclaje con comparadores para garantizar la adherencia del recubrimiento Se aplica una capa base anticorrosiva (generalmente epóxica rica en zinc o primer alquídico). Su función es proteger el acero contra la oxidación y dar adherencia a las capas siguientes. Se aplica con pistola de aire a presión, brocha o rodillo, según el tamaño de la pieza.	Piezas metálicas pintadas y protegidas contra la corrosión. Producto terminado conforme a especificaciones	Supervisión del área de pintura Control de calidad

			Dependiendo de las especificaciones del cliente, se aplican capas adicionales: Intermedia: recubrimiento epóxico, poliuretano u otro material protector. Acabado: esmalte, pintura poliuretánica, pintura intumescente (si hay requisitos contra fuego), etc. Se cuida el espesor de película seca (DFT) Entre capa y capa se respeta el tiempo de secado indicado por el fabricante. Se realiza una inspección visual para verificar la uniformidad del color, ausencia de descuelgues, burbujas o áreas sin cubrir. Se realiza la medición de espesores con medidores de espesor en micras (μm). La estructura pintada se deja secar en condiciones controladas de temperatura, humedad y ventilación. En algunos casos se usan hornos de secado o lámparas infrarrojas para acelerar el curado. Para el proceso de embalaje se colocan protecciones adicionales (espumas, cartones, plásticos retráctiles o fundas) para evitar daños durante el transporte. Se carga y despacha hacia el cliente en condiciones seguras.		
--	--	--	---	--	--

Anexo 4: Análisis de causas, contramedidas y planes de acción

N°	Registro de eventos de no calidad	Causa	Factor Ishikawa	Contramedida (a corto plazo)	Plan de acción (a largo plazo)
1	Contaminación superficial de la junta	Falta de hermetización del área de soldadura	Medio ambiente	Inspección constante de área	Generar el instructivo de hermetización del área
2	Fundentes y electrodos húmedos	Mal cuidado del material en almacén	Mano de obra	Inspección constante de fundentes y electrodos	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.
3	Presencia de porosidades	Gas de protección insuficiente y parámetros inestables	Método	Limpiar superficies, calibrar flujo de gas y verificar parámetros.	Capacitar al personal en el uso correcto de equipos y calibración de parámetros.
4	Falta de control de avance e inspección	Ausencia de formatos de seguimiento	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario
5	Presencia de porosidades	Gas de protección insuficiente y parámetros inestables	Método	Limpiar superficies, calibrar flujo de gas y verificar parámetros.	Capacitar al personal en el uso correcto de equipos y calibración de parámetros.
6	Presencia de fisuras	Enfriamiento no controlado de estructura metálica	Método	Controlar el enfriamiento gradual.	Realizar un instructivo tomando considerando el enfriamiento gradual.
7	Mala ejecución en operaciones de soldeo de material, rectificación, reproceso, porosidad y fisuras frecuentes en la soldadura	Falta de estandarización del trabajo	Método	Inspección visual continua y charlas de capacitación	Realizar un procedimiento para la estandarización de trabajo.
8	Condiciones inadecuadas de almacenamiento de consumibles de soldadura como electrodos, alambres y fundentes, lo que compromete sus	Mal cuidado del material en almacén	Mano de obra	Inspección constante de consumibles	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.

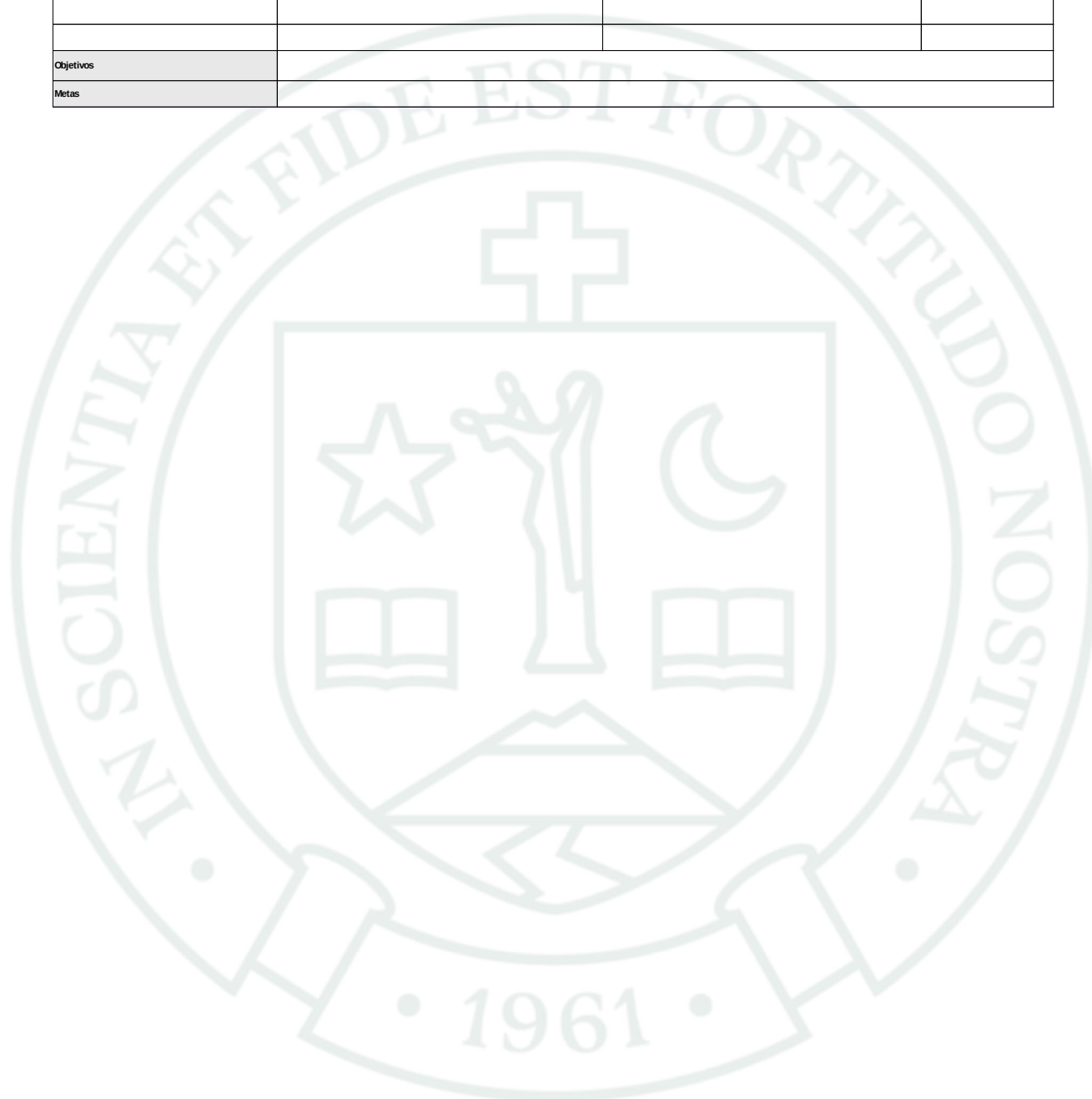
	propiedades y desempeño durante el proceso				
9	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas	Falta de controles pre operacionales	Método	Reportar los defectos y fallas de equipos, buscando remplazo momentáneo.	Realizar los controles pre operativos
10	Presencia de porosidades	Gas de protección insuficiente y parámetros inestables	Método	Limpiar superficies, calibrar flujo de gas y verificar parámetros.	Capacitar al personal en el uso correcto de equipos y calibración de parámetros.
11	Ruptura de disco de corte en actividad de desbaste	Falta de instructivo de uso de disco de corte	Método	Manipulación correcta e inspección visual	Instructivo de uso de disco de corte en desbaste
12	Presencia de porosidades	Gas de protección insuficiente y parámetros inestables	Método	Limpiar superficies, calibrar flujo de gas y verificar parámetros.	Capacitar al personal en el uso correcto de equipos y calibración de parámetros.
13	Falta de control de avance e inspección	Ausencia de seguimiento de control de calidad	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario
14	Presencia de fisuras	Enfriamiento no controlado de estructura metálica	Método	Controlar el enfriamiento gradual.	Realizar un instructivo tomando considerando el enfriamiento gradual.
15	Condiciones inadecuadas de electrodos	Material vencido y deteriorado	Material	Inspección constante de consumibles	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.
16	Electrodos húmedos	Material vencido y deteriorado	Material	Inspección constante de consumibles	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.
17	Contaminación superficial de la junta	Falta de hermetización del área de soldadura	Medio ambiente	Inspección constante de área	Generar el instructivo de hermetización del área

18	Falta de control de avance e inspección	Ausencia de seguimiento de control de calidad	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario
19	Presencia de socavación en los bordes de las uniones soldadas, generando reducción localizada de la sección transversal y afectando la resistencia mecánica de la junta	Parámetros inadecuados	Medición	Ajustar a los parámetros establecidos	Establecer el instructivo con los parámetros correctos.
20	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas	Mala manipulación de maquinaria	Maquinaria	Supervisión constante de correcta manipulación	Capacitación y uso de formatos de inspección
21	Electrodos húmedos	Material vencido y deteriorado	Material	Inspección constante de consumibles	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.
22	Falta de control de avance e inspección, reproceso de soldadura	Ausencia de seguimiento de control de calidad	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario
23	Presencia de porosidad y fisuras	Enfriamiento no controlado de estructura metálica	Método	Controlar el enfriamiento gradual	Realizar un instructivo tomando considerando el enfriamiento gradual.
24	Ruptura de disco de corte en actividad de desbaste	Falta de instructivo de uso de disco de corte	Método	Manipulación correcta e inspección visual	Instructivo de uso de disco de corte en desbaste
25	Contaminación superficial de la junta	Falta de hermetización del área de soldadura	Medio ambiente	Inspección constante de área	Generar el instructivo de hermetización del área
26	Mala ejecución en operaciones de soldeo de material, rectificación,	Falta de estandarización del trabajo	Método	Inspección visual continua y charlas de capacitación corta	Realizar un procedimiento para la estandarización de trabajo.

	reproceso, porosidad y fisuras frecuentes en la soldadura				
27	Falta de entendimiento de procesos e instructivos	Falta de capacitación	Mano de obra	Supervisión constante de aplicación de procedimientos	Capacitación y revisión de procedimientos.
28	Electrodos húmedos	Material vencido y deteriorado	Material	Inspección constante de consumibles	Capacitar al área de almacén sobre el cuidado de elementos de soldadura.
29	Presencia de irregularidad en el perfil del cordón de soldadura, evidenciada por variaciones en su altura, ancho y uniformidad, lo que puede afectar la calidad y resistencia de la unión	Parámetros inestables	Método	Ajustar a los parámetros correctos	Realizar un instructivo sobre los parámetros adecuados.
30	Deterioro de componentes del equipo de soldadura, dañado en cables, rodillos de arrastre con desgaste excesivo y boquillas parcialmente obstruidas	Mala manipulación de maquinaria	Maquinaria	Supervisión constante de correcta manipulación	Capacitación y uso de formatos de inspección
31	Falta de control de avance e inspección	Ausencia de seguimiento de control de calidad	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario
32	Falta de control de avance e inspección	Ausencia de seguimiento de control de calidad	Método	Solicitar inspecciones continuas	Implementar un check list de avance diario

Anexo 5: Formato “Plantilla procedimental de mejora lean” Paso 1

EMPRESA METALMECÁNICA	SISTEMA DE MEJORA CONTINUA LEAN MANUFACTURING			CÓDIGO	FT-OP-001				
	PLANTILLA PROCEDIMENTAL DE MEJORA LEAN			FECHA	12/09/2025				
	PROCESO			Página	1 de 1				
FASE 0 PHVA EQUIPO Y DIAGNOSTICO									
Paso 1: Establecimiento del equipo Lean									
Nombre	Puesto	Función		Área o proceso					
Objetivos									
Metas									



Anexo 6: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 2

[illegible]

Anexo 7: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 3 y 4

[illegible]

Anexo 8: Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 5,6 y 7

FASE1 PHVA: PLANIFICAR (P)							
Paso 5: Determinación de planes de acción o brecha al estado objetivo							
Factor causal del problema	Estado inicial	Estado objetivo	Brecha (Plan de acción)	Responsable	Fecha inicio	Fecha Fin	Indicador

FASE2 PHVA: HACER (H)								
Paso 6: Implementación de actividades planificadas								
Fecha	Actividad	Planificado		Real		Variación porcentual		Anexo
		Tiempo (horas)	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	

FASE3 PHVA: VERIFICAR (V)							
Paso 7: Verificación de la mejora operativa							
Registro de unidades procesadas con la mejora							
Fecha	Actual		Propuesto		Variación porcentual		Eventos de no calidad
	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	

Panel fotográfico de la mejora

Anexo 9:Formato “Plantilla procedimental de mejora Lean” Paso 8 y 9

Paso 8: Análisis de fallos y efectos del proceso (AMFE)																	
Proceso/ Actividad/ Mejora	Modo de fallo potencial	Efectos potenciales de la falla	Causas de la falla	Sistema de control	Indices de evaluación inicial					Plan de acción	Responsable	Frecuencia/ plazo	Indices de evaluación				Nivel de riesgo final
					Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR (SxOxD)	Nivel de riesgo				Severidad	Ocurrencia	Detección	NPR (SxOxD)	
Paso 9: Reconocimiento, cierre y compromisos de acción																	
Puesto			Compromiso de acción														
Lecciones aprendidas																	

Anexo 10: Descripción del proceso propuesto

Descripción del proceso propuesto									
Etapas de proceso	Nro.	Actividad	Descripción de la actividad	Panel fotográfico	Tiempos programados (min)	Costos de mano de obra (S/.)	Costo de materiales (S/.)	Recursos	Riesgos asociados a la operación
Antes de la operación	1	Ingreso de componente	Ingreso de componente a planta.	N.A	45	N.A	N.A	N.A	----
	2	Inspección inicial	Se inspecciona los daños que ha sufrido la tuerca en la operación y se traslada a almacén temporal	N.A	120	N.A	N.A	N.A	----
	3	Generación de OT	Creación de la orden de trabajo para iniciar su reparación.	N.A	15	N.A	N.A	N.A	----
	4	Asignación de personal	Designación de personal correspondiente a realizar el trabajo (Líder de soldadura, 2 soldadores). Nota. homologación de soldadores según AWS D1.1	N.A	10	N.A	N.A	N.A	----
	5	Generación de IPERC + Charla	Validación de IPERC continuo – planta.	N.A	15	N.A	N.A	N.A	----
	6	Generación de permisos	Validación de Permiso de trabajos en caliente – Planta.	N.A	10	N.A	N.A	N.A	----
	7	Generación de PETAR	Validación de Permiso escrito para trabajo de alto riesgo (PETAR) – Planta.	N.A	10	N.A	N.A	N.A	----
	1	Montaje de tuerca	Se procede a montar la tuerca en estructura metálica de soporte con ayuda del montacarga.		25	4.34	-	Montacarga Montacarguista Estructura de soporte Elementos de izaje	Riesgos: Indisponibilidad del montacarga y elementos de izaje. Personal inexperto.

										
Durante la operación	2	Retiro de planchas bimetálicas	Se retiran planchas laterales, superiores de la corona y las planchas laterales del cuerpo de la tuerca, haciendo uso del equipo ARC-AIR (400 a 550 Amp). Nota. Técnica de ranurado y remoción de material (AWS C5.3)		150	65.10	95.50	2 soldadores Equipo ARCAIR Electrodo de Carbono 3/8" Fuente de alimentación Fuente de alimentación de aire comprimido	Equipo de soldadura de corte en mal estado. Personal inexperto.	
	3	Limpieza de rebaba	Una vez retiradas en su totalidad las planchas bimetálicas, se procede a esmerilar con disco de desbaste la superficie afectada para remover la rebaba que dejó la soldadura de corte con la finalidad de dar uniformidad a la superficie. Nota. Criterios de aceptación de superficie a soldar (AWS D1.1)		60	13.02	32.50	1 soldador Amoladora Disco de desbaste	Equipo de desbaste en mal estado. Personal inexperto.	
	4	Inspección previa a la reparación	Se realiza una inspección con líquidos penetrantes para identificar si existen fisuras en el componente. Nota. Procedimiento de líquidos penetrantes (ASTM E1417). Criterio de aceptación (AWS D1.1)		90	19.53	123.20	1 soldador Equipo de líquidos penetrantes	Personal inexperto	

	5	Calentamiento del componente	Cuando se haya culminado el proceso de esmerilado en todas las caras donde se haya retirado las planchas bimetálicas se procede a calentar el componente entre un rango de 80°C – 120°C, haciendo uso de una antorcha, con la finalidad de eliminar la humedad y elevar la temperatura del material para que al iniciar el proceso de reparación de defectos la soldadura no sufra alteraciones por el cambio brusco de temperaturas como fisuras.			15	3.26	235.00	1 soldador Antorcha Gas de propano	Equipo de calentamiento en mal estado Personal inexperto.
	6	Primer soldeo de relleno con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm	Luego de haber alcanzado la temperatura deseada (80 °C – 120 °C) se procede a rellenar con soldadura SOLDATUB E71T-1 de 1,2 mm (25-27 V y 320-380 Amp) las grietas o excesiva penetración ocasionada por la soldadura de corte. Nota. Proceso de soldeo (AWS D1.1)			45	9.77	62.50 (Alambre) 385.00 (CO2)	1 soldador Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Equipo de soldadura en mal estado Personal inexperto.
	7	Esmerilado	Luego de haber rellenado los agujeros y nivelado la superficie, se vuelve a realizar el procedimiento de esmerilado con disco de desbaste para poder eliminar la soldadura excesiva, tratando que la superficie quede sin desnivel. Nota. Criterios de aceptación de superficie a soldar (AWS D1.1)			30	6.51	13.00	1 soldador Amoladora Disco de desbaste	Equipo de esmerilado en mal estado Personal inexperto
	8	Primer soldeo a pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm	Primero se aplica soldadura a un tramo del perímetro del cuerpo de la tuerca y posteriormente de manera perpendicular al perímetro del cuerpo de la tuerca, de igual manera se realiza con los agujeros de la corona			90	39.06	250.00	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Equipo de soldadura en mal estado Personal inexperto.

	9	Segundo soldeo a pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm	Una vez terminada la primera pasada se procede a dar una segunda pasada aplicando el mismo procedimiento.		90	39.06		2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Equipo de soldadura en mal estado Personal inexperto.
	10	Primer soldeo de relleno a cuerpo de tuerca con SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm (cuerpo de tuerca)	Cuando se haya terminado de rellenar la corona en la cara superior se procede a realizar el mismo procedimiento con el cuerpo de la tuerca, aplicando solamente relleno con soldadura a agujeros notorios ocasionador por la soldadura de corte.		30	6.51		1 soldador Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Equipo de soldadura en mal estado Personal inexperto.
	11	Esmerilado al cuerpo de tuerca	Seguidamente, se esmerila para nivelar la superficie de trabajo. Nota. Criterios de aceptación de superficie a soldar (AWS D1.1)		30	6.51	13.00	1 soldador Amoladora Disco de desbaste	Equipo de esmerilado en mal estado Personal inexperto
	12	Montaje de tuerca a estructura giratoria	Concluido el procedimiento anterior, se le colocan a la tuerca dos acoples en ambos lados con la finalidad de reducir el agujero en su diámetro para su sujeción con los conos de la estructura de giro, se monta la tuerca en una estructura de giro constante para realizar el relleno del cuerpo de la tuerca.		30	16.15	-	Montacarga Estructura de giro constante Montacarguista Elementos de izaje Juego de llaves ajuste Manivela de ajuste Vigía	Riesgos: indisponibilidad del montacarga y elementos de izaje. Personal inexperto.

	13	Ajuste de soporte	Se procede a ajustar los soportes cónicos que sostienen la tuerca (Previamente instalados los acoples a la tuerca).		10	7.99	-	2 soldadores Juego de llaves hexagonales Manivela de ajuste Estructura de giro constante Vigía	Indisponibilidad de equipo. Personal inexperto. Juego de llaves defectuoso.
	14	Soldeo de platina a cuerpo de tuerca	Se suelda al cuerpo de la tuerca una platina de 1" de ancho y 3/16" de espesor para proceder con el rellenado del desgaste. Primero se hace la fijación con el método de punteo y posteriormente se pasa un cordón de soldadura manualmente para terminar su fijación (como se puede observar en la imagen el cuerpo de la tuerca contempla conicidad ocasionado por el contacto de las rocas en su operatividad).		30	13.02	16.67	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2 Platina de 1"	Equipo de soldadura en mal estado. Ausencia de insumos de soldadura. Personal inexperto
	15	Instalación de fuente de alimentación y equipo de arco sumergido			90	14.07	-	1 electricista Juego de llaves Elementos de izaje Vigía	Personal electricista indispuerto Juego de llaves defectuoso. Elementos de izaje defectuosos.

	16	Calentamiento de tuerca a velocidad constante	Una vez ya armado el equipo de arco sumergido se procede a poner en marcha el motor para girar la tuerca a velocidad constante donde calentaremos la tuerca a un rango de temperatura entre 80°C – 120°C.			20	4.34	-	1 soldador Estructura de giro constate Antorcha Gas de propano	Personal inexperto Mal ajuste de estructura Indisponibilidad de equipos
	17	Soldeo por arco sumergido	Culminado el procedimiento de calentamiento, el alma de la tuerca tiene que estar a la temperatura deseada, para lo cual nos aseguraremos con un pirómetro. Se inicia el proceso de soldeo por arco sumergido haciendo uso de fundente Ok Flux 10.71 y alambre SOLDAFIL EM12K de 3,2 mm (25-30 V y 350-400 V).			2160	468.72	1250.00	1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K Fundente OK Flux 10.71 Pirómetro	Personal inexperto Elementos de soldadura indispueto Elementos de medición en mal estado
	18	Aplicación de soldadura de relleno por arco sumergido al cuerpo de la tuerca.	Se rellena el cuerpo de la tuerca progresivamente hasta alcanzar las medidas según el plano.						1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K Fundente OK Flux 10.71 Pirómetro	Personal inexperto Elementos de soldadura indispueto

									
	19	Soldeo de relleno manual del cuerpo de tuerca	Luego de rellenar todo el cuerpo de la tuerca, la tobera del arco sumergido no tiene el ángulo necesario para rellenar la unión entre el cuerpo y la corona, por lo que se procede a rellenar manualmente.	 	30	13.02	33.33	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Equipo de soldadura en mal estado. Ausencia de insumos de soldadura. Personal inexperto
	20	Rellenado de corona de tuerca con arco sumergido	Finalmente se tiene que rellenar la corona de la tuerca igualmente con el proceso de arco sumergido.		420	91.14	-	1 soldador Alambre SOLDAFIL EM12K Fundente OK Flux 10.71	Personal inexperto Elementos de

										soldadura indispuesto
21	Desmontaje de tuerca, retiro de acoples y platina	Ya terminado el proceso de rellenado, se desmonta la tuerca de la estructura y se procede a retirar los acoples que se le soldaron para montarla en los conos de ajuste y se corta la longitud sobrante de la platina que se colocó inicialmente. Seguidamente se envuelve el componente con una manta ignífuga para el enfriamiento progresivo de la tuerca, con la finalidad de evitar fisuras en la soldadura por el cambio de temperatura.		45	20.53	-	1 soldador Montacarga Montacarguista Elementos de izaje Amoldadora Disco de corte Comba Líder de área (Soldadura)	Personal inexperto Elementos auxiliares defectuosos.		

	22	Torneado de cara lateral y superior de la corona de tuerca	Luego se envía la tuerca al área de mantenimiento, donde procederán con el torneado de la cara lateral y superior de la corona , la cual se verá de la siguiente manera una vez terminada. Además, se procede a rectificar los agujeros de la corona en caso se encuentren obstruidos por residuos de salpicadura de soldadura.		480	101.58	-	1 Torero Montacarga Montacarguista Elementos de izaje Torno Insertos Líder del área (Mantenimiento)	Personal inexperto Indisponibilidad del torno
	23	Apuntalamiento de nuevas planchas bimetálicas	Finalmente se retorna la tuerca al área de soldadura para apuntalar las nuevas planchas bimetálicas tipo R200 con soldadura SOLDATUB E71T-1 de 1,2 mm (22-24 V y 260-300 Amp), con un calentamiento previo del componente entre 80°C y 120°C haciendo uso de la antorcha y gas propano, para que posteriormente sean soldadas.		240	104.16	-	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2 Gas propano Antorcha	Personal inexperto Elementos de soldadura indispueto
	24	Soldeo de plancha bimetálicas	Se sueldan las planchas del componente.		420	182.28	250.00	2 soldadores Alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1,2mm Alimentador de alambre Fuente multiproceso Gas protector CO2	Personal inexperto Elementos de soldadura indispueto
Después de la operación	1	Inspección de soldadura	Revisión por el líder del área de soldadura Nota: criterios de aceptación según AWS D1.1		10	3.58	-	Líder del área (soldadura)	Inspección inadecuada
	2	Inspección en mantenimiento	Se envía al área de mantenimiento para que puedan revisar que la soldadura no haya dañado los agujeros con hilos y de ser así se procede a limpiarlos		10	3.58	-	Líder del área (Mantenimiento) Elementos de izaje	Inspección inadecuada

	3	Control de calidad	Revisión por el área de calidad, aplicando líquidos penetrantes (NDT) para poder continuar con el proceso de pintado Nota. Procedimiento de líquidos penetrantes (ASTM E1417). Criterio de aceptación (AWS D1.1)		105	31.90	-	Supervisor de calidad	Inspección inadecuada
	4	Pintura	Se envía al área de pintura para que se realice el pintado del componente, embalaje y despacho.		360	56.25	-	Pintor Insumos de pintura Elementos de izaje	Proceso de pintado defectuoso

Anexo 11: Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 1 de 23

SISTEMAS INTEGRADOS DE GESTIÓN

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250

CÓDIGO: PR-SOLD-025
VERSIÓN: 01

REALIZADO / ACTUALIZADO	REVISADO	APROBADO
Nombre:	Nombre:	Nombre:
Cargo: Asistente y operaciones	Cargo: Supervisor de seguridad	Cargo: Supervisor de operaciones
Fecha:	Fecha:	Fecha:

1

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 2 de 23

ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. ALCANCE	3
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA	3
4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES	3
5. RESPONSABILIDADES	4
5.1. Gerente General	4
5.2. Líder de soldadura	4
5.3. Soldadores	4
5.4. Supervisor de soldadura	4
6. DESARROLLO	5
6.1. ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	5
6.2. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS A CUMPLIR PREVIOS A LAS OPERACIONES DE SOLDADURA	12
7. REGISTROS	12
8. ANEXOS	13
9. CONTROL DE CAMBIOS	13

2

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración: /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización: /
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250		Versión: 01
		Pág. 3 de 23

1. OBJETIVO

Establecer los lineamientos para la correcta operación y mantenimiento del soldo de la tuerca perteneciente a la chancadora MP1250.

2. ALCANCE

Este procedimiento abarca a todas las operaciones antes, durante y después del mantenimiento por soldadura de la tuerca Locking Nut de chancadora MP1250.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- PETS general de soldadura.
- AWS D1.1: Código estructural para soldadura en acero, establece los requisitos aplicables al diseño, calificación de procedimientos, ejecución, inspección y aceptación de uniones soldadas.
- AWS C5.3: Práctica estándar para la remoción de material, corte y ranurado mediante arco de carbono.
- AWS A5.20: Requisitos para electrodos tubulares destinados a la soldadura de aceros al carbono mediante el proceso FCAW.
- AWS A5.17: Requisitos de electrodos sólidos y fuentes empleados en el proceso de arco sumergido (SAW) para aceros al carbono.
- ASTM E1417: Práctica estándar que describe los procedimientos, requisitos y criterios para la ejecución de ensayos no destructivos mediante líquidos penetrantes.
- Documentos de gestión de seguridad en planta.
- Norma ISO 14001 2015. Sistema de Gestión Ambiental – Requisito 7.5
- D.S 005-2012-TR Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo - Artículos 32, 33 y 35.

4. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para la comprensión del siguiente documento se recomienda la consideración de los siguientes términos y definiciones.

- a) **Material base:** Material principal sobre el cual se aportará soldadura.
- b) **Material de aporte:** Metal depositado proveniente del electrodo o alambre utilizado en la soldadura para lograr la unión con el metal base.
- c) **Preparación de superficie:** Proceso de limpieza y acondicionamiento del metal base para asegurar la calidad del cordón de soldadura. Incluye desengrase, remoción de óxidos, pintura, cascarrilla, humedad y materiales contaminantes.
- d) **Posición de soldadura:** Orientación física en la que se realiza la soldadura (1G, 2G, 3G, 4G).
- e) **Parámetros de soldadura:** Conjunto de variables que determinan la calidad de la soldadura. Corriente (A), voltaje (V), velocidad de avance, diámetro del electrodo/alambre, polaridad y tipo de corriente (CA/CC+).
- f) **Control de alineamiento:** Proceso para asegurar que la fuerza quede centrada y perpendicular a la superficie de montaje, evitando desviaciones del componente.
- g) **Pre calentamiento:** Aplicación de calor al material base antes de iniciar la soldadura, con el fin de evitar la formación de grietas por enfriamiento rápido.
- h) **Enfriamiento controlado:** Proceso de reducción de temperatura después de la soldadura para evitar fisuras.

Copia electrónica. Una vez impresa, es controlada como CÓPIA NO CONTROLADA y puede estar obsoleta, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración: /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización: /
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250		Versión: 01
		Pág. 4 de 23

- i) **Defectos de soldadura:** Irregularidades que afectan la integridad de la unión. Los más comunes en soldadura son:

- Falta de fusión
- Fisuras
- Porosidad
- Inclusiones de escoria

- ii) **Inspección visual:** Método de verificación directa mediante observación, que permite detectar discontinuidades superficiales, geometría deficiente de cordones, falta de alineación o problemas en el acabado.

5. RESPONSABILIDADES

5.1. Gerente General

- Entregar los recursos necesarios para hacer efectivo el desarrollo del presente documento.

5.2. Líder de soldadura

- Verificar la disponibilidad y conformidad del procedimiento antes de iniciar cualquier actividad de soldadura, asegurando que los parámetros sean correctos.
- Coordinar la preparación del área de trabajo, garantizando que este limpia y ordenada conforme al instructivo de homotización.
- Supervisar el desempeño técnico del soldador, corrigiendo malas prácticas y asegurando la calidad de la soldadura durante el proceso.
- Gestionar el control de consumibles, verificando el tipo, fecha, almacenamiento adecuado y trazabilidad del material de aporte.
- Asegurar el cumplimiento del cronograma, coordinando con producción, mantenimiento o ingeniería para minimizar tiempos improductivos y evitar retrasos.
- Documentar los avances de soldadura, llenando formatos de control, reportes diarios, registros de inspección y devoluciones de material.

5.3. Soldadores

- Cumplir estrictamente el procedimiento, respetando parámetros como corriente, voltaje, polaridad, diámetro de electrodo, velocidad de avance.
- Inspeccionar su equipo y herramientas antes de usar, verificando el estado de cables, alimentador de alambre, conexiones a fuente de energía, máquina de soldar, alineación de tracto, carota, filtros y EPP obligatorio.
- Realizar la preparación adecuada de la junta, incluyendo limpieza, biselado, eliminación de óxido, humedad y verificación de alineamiento de la pieza.
- Ejecutar la soldadura con técnica correcta, evitando defectos como falta de fusión, socavaciones, porosidad o inclusiones de escoria entre pasadas.
- Mantener orden y limpieza en el área, retirando escoria, cables y evitando riesgos eléctricos o de quemaduras.
- Reportar inmediatamente cualquier anomalía, incluyendo discontinuidades, deformaciones, riesgo eléctrico, equipos defectuosos o condiciones inseguras.

5.4. Supervisor de soldadura

- Identificar y evaluar peligros en el área de soldadura (Quemaduras, radiación UV, humos metálicos, riesgo eléctrico, incendio, caídas), aplicando el IPERC del trabajo.

Copia electrónica. Una vez impresa, es controlada como CÓPIA NO CONTROLADA y puede estar obsoleta, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 5 de 23

- Asegurar la disponibilidad de equipos contra incendios, como extintores adecuados (CO_2) y eliminación de materiales combustibles cercanos.
- Supervisar la correcta ventilación y extracción de humos, evitando la acumulación de vapores, gases tóxicos o atmósferas peligrosas.
- Registrar incidentes, observaciones y acciones correctivas, dando seguimiento hasta su cierre y reportando condiciones subestándares.

6. DESARROLLO

6.1. ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA OPERACIÓN DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250

Nro.	Etapas	Descripción
1	Antes de la operación	a) Ingreso del componente: Una vez aprobada la orden de servicio, se realiza el ingreso del componente a la planta de producción. b) Inspección inicial: Se inspeccionan los daños que ha sufrido la tuerca durante su operación. Esto lo realiza el líder de soldadura con el soporte del supervisor del área. c) Generación de la OT: El supervisor del área junto con planeamiento genera la orden de trabajo indicando las operaciones a realizar y las observaciones previstas en la inspección inicial. d) Asignación de personal: El líder de soldadura asigna el personal necesario y competente para realizar las operaciones de mantenimiento por soldadura al componente minero. e) Generación de IPERC y Charla: Antes de comenzar con las operaciones, el supervisor de seguridad ejecuta los documentos correspondientes, tales como el IPERC continuo y la charla de seguridad de 5 minutos. f) Generación de PETAR: Al ser una operación de trabajo en caliente, esta es considerada como trabajo de alto riesgo, para lo cual amerita un permiso escrito de trabajo de alto riesgo (PETAR), por lo que el supervisor de seguridad debe validarlo antes de comenzar las operaciones.
2	Durante la operación	a) Montaje de tuerca: Se procede a montar la tuerca en la estructura de soporte. • Tiempo estimado: 25 minutos • Elementos involucrados: Montacargas, montacarguista, estructura de soporte, elementos de izaje.

Copia electrónica. Una vez impresa, es controlada como CÓPIA NO CONTROLADA y puede volver a ser controlada, basándose en la base de información para revisar el documento actualizado.
Deposito confidencial de la empresa, se prohíbe la difusión parcial o total del documento, sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CODIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización: Versión: 01 Rev. 6 de 23

	b) Retiro de planchas bimetalicas: Se retiran planchas laterales y superiores de la corona y las planchas laterales del cuerpo de la tuerca, haciendo uso del equipo ARC-AIR (400 a 550 Amp). • Tiempo estimado: 150 minutos • Elementos involucrados: 2 soldadores, equipo ARC-AIR, fuente de alimentación, fuente de alimentación de aire comprimido, electrodos de carbono 3/8". c) Limpieza de rebabas: Una vez retiradas en su totalidad las planchas bimetalicas, se procede a esmerilar con disco de desbaste la superficie afectada para remover la rebaba que dejó la soldadura de corte con la finalidad de dar uniformidad a la superficie. • Tiempo estimado: 60 minutos • Elementos involucrados: 1 soldador, amoladora y discos de desbaste 4 1/2". d) Inspección previa a la reparación: Se realiza inspección con líquidos penetrantes para identificar si existen fisuras en el componente. • Tiempo estimado: 90 minutos • Elementos involucrados: 1 soldador, equipos de líquidos penetrantes. e) Calentamiento de componentes: Cuando se haya culminado el proceso de esmerilado en todas las caras donde se hayan retirado las planchas bimetalicas se procede a calentar el componente entre un rango de 80°C – 120°C, haciendo uso de una antorcha, con la finalidad de eliminar la humedad y elevar la temperatura del material para que al iniciar el proceso de reparación de defectos la soldadura no sufra alteraciones por el cambio brusco de temperaturas como fisuras. • Tiempo estimado: 15 minutos • Elementos involucrados: 1 soldador, antorcha, gas propano. f) Soldado de relleno a pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1.2mm: Luego de haber alcanzado la temperatura deseada (80 °C – 120°C) se procede a rellenar con soldadura SOLDATUB E71T-1 de 1.2mm (25-27 V y 320-380 Amp) las grietas o excesiva penetración ocasionada por la soldadura de corte. • Tiempo estimado: 45 minutos
--	---

Copia electrónica. Una vez impresa, es controlada como CÓPIA NO CONTROLADA y puede volver a ser controlada, basándose en la base de información para revisar el documento actualizado.
Deposito confidencial de la empresa, se prohíbe la difusión parcial o total del documento, sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración: /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización: /
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 7 de 23

	- Elementos involucrados: 1 soldador, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2. g) Esmaltado: Luego de haber rellenado los agujeros y nivelado la superficie, se vuelve a realizar el procedimiento de esmerilado con disco de desbaste para poder eliminar la soldadura excesiva, tratando que la superficie quede sin desnivel. - Tiempo estimado: 30 minutos - Elementos involucrados: 1 soldador, amoladora, discos de desbaste. h) Primer soldeo a pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm: Primero se aplica soldadura a un tramo del perímetro inferior del cuerpo de la tuerca y posteriormente de manera perpendicular al perímetro del cuerpo de la tuerca, de igual manera se realiza con los agujeros de la corona. - Tiempo estimado: 90 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2. i) Segundo soldeo a pestaña con SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm: Una vez terminada la primera pasada, se procede a dar una segunda pasada aplicando el mismo procedimiento. - Tiempo estimado: 90 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2, Anti-splatter. j) Soldo de relleno a cuerpo de tuerca con SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm: Cuando se haya terminado de rellenar la pestaña tanto lateral como superiormente, se procede a realizar el mismo procedimiento con el cuerpo de la tuerca, aplicando solamente relleno con soldadura a agujeros notorios ocasionados por la soldadura de corte. - Tiempo estimado: 30 minutos - Elementos involucrados: 1 soldador, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, Alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2. k) Esmaltado al cuerpo de la tuerca: Seguidamente, se esmerila para nivelar la superficie de trabajo. - Tiempo estimado: 30 minutos
--	--

Copio electrónico. Una vez impresa, se constituye como COPIA NO CONTROLADA y puede estar obsoleto, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin previa autorización del IGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CODIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 8 de 23

	- Elementos involucrados: 1 soldador, amoladora, disco de desbaste. l) Montaje de tuerca a estructura giratoria: Concluido el procedimiento anterior, se le colocan a la tuerca dos acoples en ambos lados con la finalidad de reducir el agujero en su diámetro para su sujeción con los conos de la estructura de giro, se monta la tuerca en una estructura de giro constante para realizar el relleno del cuerpo de la tuerca. - Tiempo estimado: 30 minutos - Elementos involucrados: Montacarga, estructura de giro constante, montacarguista, elementos de izaje, juego de llaves de ajuste, manivela de ajuste, vigia. m) Ajuste de Soporte: Se procede a ajustar los soportes conos que sostienen la tuerca (Previamente instalados los acoples a la tuerca). - Tiempo estimado: 10 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, juego de llaves hexagonales, manivela de ajuste, estructura de giro constante y vigia. n) Soldo de platina a cuerpo de tuerca: Se suelda al cuerpo de la tuerca una platina de 1" de ancho y 3/16" de espesor para proceder con el relleno del desgaste. Primero se hace la fijación con el método de puntos y posteriormente se pasa un cordón de soldadura manualmente para terminar su fijación. - Tiempo estimado: 30 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2 de platina de 1" x 3/16". o) Instalación de fuente de alimentación y equipo de arco sumergido: Luego se procede con la instalación de la fuente de alimentación para el equipo de arco sumergido. - Tiempo estimado: 90 minutos - Elementos involucrados: 1 electricista, juego de llaves, elementos de izaje, vigia. p) Calentamiento de tuerca a velocidad constante: Una vez ya armado el equipo de arco sumergido, se procede a poner en marcha el motor para girar la tuerca a velocidad constante donde calentaremos la tuerca a un rango de temperatura entre 80°C – 120°C. - Tiempo estimado: 20 minutos
--	---

Copio electrónico. Una vez impresa, se constituye como COPIA NO CONTROLADA y puede estar obsoleto, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin previa autorización del IGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Version: 01
		Pag. 9 de 23

		- Elementos involucrados: 1 soldador, estructura de giro constante, antorcha, gas propano. q) Soldado por arco sumergido: Culinado el procedimiento de calentamiento, el alma de la tuerca tiene que estar a la temperatura deseada, para lo cual nos aseguraremos con un pirómetro. Se inicia el proceso de soldado por arco sumergido haciendo uso del alambre EM12K de 3.2mm + fundente Ok Flux 10.71 (25-30 V y 350-400 V) - Tiempo estimado: 2160 minutos (Junto con la operación "r") - Elementos involucrados: 1 soldador, alambre EM12K de 3.2mm, fundente Ok Flux 10.71 y pirómetro. r) Aplicación de soldadura de relleno por arco sumergido al cuerpo de tuerca: Se rellena el cuerpo de la tuerca progresivamente hasta alcanzar las medidas según plano. - Tiempo estimado: 2160 minutos. - Elementos involucrados: 1 soldador, alambre EM12K de 3.2mm, fundente Ok Flux 10.71 y pirómetro. s) Soldado de relleno manual del cuerpo de tuerca: Luego de rellenar todo el cuerpo de la tuerca, la tobera del arco sumergido no tiene el ángulo necesario para rellenar la unión entre el cuerpo y la corona, por lo que se procede a rellenar manualmente. - Tiempo estimado: 30 minutos. - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2. t) Rellenado de corona de tuerca con arco sumergido: Finalmente, se tiene que rellenar la corona de la tuerca igualmente con el proceso de arco sumergido. - Tiempo estimado: 420 minutos - Elementos involucrados: 1 soldador, alambre EM12K de 3.2mm, fundente Ok Flux 10.71 y pirómetro. u) Desmontaje de la tuerca, retiro de acoples y platina: Ya terminado el proceso de relleno, se desmonta la tuerca de la estructura y se procede a retirar los acoples que se le soldaron para montarla en los conos de ajuste y se corta la longitud sobrante de la platina que se colocó inicialmente. Seguidamente se envuelve el componente con una manta ignífuga para el enfriamiento progresivo de la tuerca, con la finalidad de evitar fisuras por el cambio de temperatura. - Tiempo estimado: 45 minutos
--	--	---

Copia electrónica. Este es un sistema de control de calidad y puede estar sujeto a cambios sin previo aviso. Toda la información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin permiso administrativo del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CODIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización: Version: 01
		Pág. 10 de 23

		- Elementos involucrados: 1 soldador, montacarga, montacarguista, elementos de izaje, amoldadora, disco de corte, comba, líder de área (soldadura). v) Torneado de cara lateral y superior de la corona de tuerca: Luego se envía la tuerca al área de mantenimiento donde procederán con el torneado de la cara lateral y superior de la corona, la cual se verá de la siguiente manera una vez terminada. Además, se procede a rectificar los agujeros de la corona en caso se encuentren obstruidos por residuos de espaldadura de soldadura. - Tiempo estimado: 480 minutos - Elementos involucrados: 1 tornero, montacarga, elementos de izaje, torno, insertos, líder de área de soldadura, turbineta, taladro. w) Apuntalamiento de nuevas planchas bimetalicas: Finalmente se retoma la tuerca al área de soldadura para apuntalar las nuevas planchas bimetalicas tipo R200, con un calentamiento previo del componente entre 80°C y 120°C haciendo uso de la antorcha y gas propano, para que posteriormente sean soldadas. - Tiempo estimado: 240 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2, gas propano, antorcha, escuadra, nivel. x) Soldado de planchas bimetalicas: Se sueldan las planchas del componente - Tiempo estimado: 420 minutos - Elementos involucrados: 2 soldadores, alambre tubular SOLDATUB E71T-1 de 1.2 mm, alimentador de alambre, fuente multiproceso, gas protector CO2.
3	Después del proceso	a) Inspección de soldadura: Revisión por el líder del área de soldadura - Tiempo estimado: 10 minutos - Elementos involucrados: Líder del área de soldadura b) Inspección de mantenimiento: Se envía al área de mantenimiento para que puedan revisar que la soldadura no haya dañado los agujeros con hilos y de ser así se procede a limpiarlos. - Tiempo estimado: 10 minutos

Copia electrónica. Este es un sistema de control de calidad y puede estar sujeto a cambios sin previo aviso. Toda la información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. Se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin permiso administrativo del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración: /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 11 de 23

		- Elementos involucrados: Líder del área de mantenimiento. c) Control de calidad: Revisión por el área de calidad, aplicando líquidos penetrantes (NDT) para poder continuar con el proceso de pintado. - Tiempo estimado: 105 minutos. - Elementos involucrados: Supervisor de calidad. d) Pintura: Se envía al área de pintura para que se realice el pintado del componente, embalaje y despacho. - Tiempo estimado: 360 minutos. - Elementos involucrados: 1 pintor, líder de área (pintura), insumos de pintura, montacarga, montacarguista, elementos de caja.
--	--	--

Copie electrónica. Use este formato, no modifique los datos CORPUS NO CONTROLADOS y puede volver a utilizarlo, basándose en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa, se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin el consentimiento del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CODIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 12 de 23

6.2. ASPECTOS COMPLEMENTARIOS A CUMPLIR PREVIOS A LAS OPERACIONES DE SOLDADURA

Nro.	Aspecto	Descripción
1	Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en almacén	El objetivo es determinar las directrices para el adecuado almacenamiento, preservación y manipulación de los materiales de soldadura, garantizando su calidad. Nota: En el Anexo 1 de este procedimiento se describe detalladamente el instructivo.
2	Listado de temas de capacitación para el proceso de soldadura	El objetivo del listado de temas es realizar de 1 a 3 capacitaciones mensuales de 60 minutos durante todos los meses, estas capacitaciones fueron elegidas según la necesidad de las empresas y las falencias a cubrir. Nota: En el Anexo 2 , se describe con más detalle el programa de capacitaciones para el proceso de soldadura.
3	Aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura	El objetivo de la identificación de aspectos e impactos de la hermetización del área de trabajo es establecer las actividades, los criterios técnicos, los controles de seguridad y ambientales necesarios para realizar la hermetización (cerramiento/encapsulamiento) del área de soldadura en planta, garantizando condiciones adecuadas de operación, seguridad, salud y protección ambiental. Nota: En el Anexo 3 , se describe a más detalle el instructivo respectivo.
4	Check List pre operacionales de máquina de soldar, botellas de CO2, alimentador de alambre, fuente de poder y tracción	El objetivo de los Check List pre operacionales de los equipos de soldadura es identificar posibles desviaciones de normalidad de las máquinas para evitar fallas o demoras debido al factor maquinaria. Nota: En los Anexos 4, 5 y 6 se describen a más detalle los Check List.
5	Generación de check list de control de calidad	El checklist de calidad tiene como finalidad dar una inspección final documentada por parte del área de soldadura, y pintura, de esta forma se deja la trazabilidad de la operación. Nota: El check list se aprueba en el Anexo 7.

7. REGISTROS

Nombre del Registro	Código

Copie electrónica. Use este formato, no modifique los datos CORPUS NO CONTROLADOS y puede volver a utilizarlo, basándose en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa, se prohíbe la difusión parcial o total del documento sin el consentimiento del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración: /
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
		Version: 01
		Pág. 13 de 23

8. ANEXOS

- Anexo 01: Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en almacén.
- Anexo 02: Programa de capacitación para el proceso de soldadura.
- Anexo 03: Instructivo de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura.
- Anexo 04: Check - List pre - operacional de máquina de soldar y balones de CO2
- Anexo 05: Check - List pre - operacional de alimentador de alambre
- Anexo 06: Check - List pre - operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)
- Anexo 07: Check - List de calidad (Proceso de soldadura)

9. CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Nro. de Versión	Descripción de la actualización
05/11/2025	01	Elaboración de documento

Copia electrónica. Una vez impresa, es considerada como CONTROLADA y puede volver a ser utilizada, manteniendo la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa, se prohíbe la difusión parcial o total del documento de parte de personal del DGC. Todos los derechos reservados.



Anexo 12: Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en Almacén

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250		Versión: 01
		Pág. 14 de 23

ANEXO 01: INSTRUCTIVO DE CUIDADO DE MATERIALES DE SOLDADURA EN ALMACÉN

1. Objetivo

Establecer las directrices para el adecuado almacenamiento, preservación y manipulación de los materiales de soldadura, garantizando su calidad, evitando la absorción de humedad y prolongando su vida útil para un uso seguro y eficiente.

2. Alcance

Aplica a todos los materiales de soldadura conservados en el almacén central o almacenes temporales:

- Electrodo revestidos
- Alambres sólidos (GMAW)
- Alambres tubulares (FCAW)
- Varillas TIG (GTAW)
- Fundentes (SAW)

3. Normas referenciales a considerar:

- **NTP ISO 14344 – Materiales de aportación para soldadura (Manejo, almacenamiento y preservación)**
Establece los requisitos para el manejo, almacenamiento y conservación de los consumibles, con el fin de evitar su deterioro, contaminación o absorción de humedad, incluyendo rotación de inventarios, etiquetado y control de apertura de empaques.
- **NTP 350.402 – Seguridad y Salud en el Trabajo (Condiciones de almacenes)**
Define las condiciones físicas que deben cumplir los almacenes, incluyendo orden, limpieza, ventilación, segregación, control de humedad y protección de los materiales, asegurando que los ambientes sean seguros y adecuados para la conservación de consumibles.
- **NTP 399.010 – Soldadura: Seguridad en soldadura y procesos afines**
Establece las medidas de seguridad para la manipulación, almacenamiento y uso de materiales, gases y equipos de soldadura, previniendo accidentes y protegiendo al personal que interactúa con los consumibles.

4. Responsables

- **Almacenero / Responsable de almacén:** Controlar inventario, condiciones ambientales, registros de ingreso y salida, y asegurar el cumplimiento de las normas de almacenamiento.
- **Supervisor de soldadura:** Verificar que los materiales se encuentren en condiciones óptimas para su uso, inspeccionar el estado de los consumibles y reportar desviaciones.
- **Soldadores:** Solicitar materiales de manera adecuada y reportar cualquier anomalía, como humedad, corrosión o empaques dañados.

Copia electrónica. Uso no permitido. No controlada por GPMO NO CONTROLADA y puede estar obsoleta. Verificar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. No permite la alteración parcial o total del documento sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250		Versión: 01
		Pág. 15 de 23

5. Normas de seguridad en el almacenamiento de materiales de soldadura

- Todo el personal debe usar EPP adecuado al manipular consumibles: guantes, calzado de seguridad y protección ocular si aplica.
- Los materiales inflamables o sensibles al calor deben estar alejados de fuentes de calor, chispas y flamas abiertas.
- Los cilindros de gas deben almacenarse en posición vertical, asegurados y separados de materiales combustibles.
- El almacén debe contar con señalización de seguridad visible, rutas de evacuación despejadas y extintores accesibles.
- La manipulación de los materiales debe evitar golpes, caídas o daños en los empaques.
- Todos los incidentes o condiciones inseguras deben ser reportados al supervisor inmediatamente.

6. Condiciones Generales de Almacenamiento

6.1 Control de humedad

- Mantener el almacén con humedad relativa menor a 60% según NTP 350.402 y ISO 14344.
- Evitar el contacto directo de los consumibles con el suelo (usar estanterías, palets o mesetas).
- Ventilación según el clima local.
- Revisar diariamente que no existan filtraciones de agua o humedad acumulada.

6.2 Temperatura

- Mantener una temperatura estable entre 15 °C y 30 °C.
- Evitar exposición a radiación solar directa o fuentes de calor.

6.3 Limpieza

- Mantener el área libre de polvo, grasas, aceites y productos químicos.
- No almacenar materiales de soldadura junto a sustancias corrosivas (ácidos, solventes, pinturas, fertilizantes, combustibles).

7. Reglas Específicas por Tipo de Consumible

7.1 Electrodo revestidos (SMAW)

- Mantenerlos en su empaque original hasta el uso.
- Una vez abierto el paquete, almacenar los electrodos en un horno de mantenimiento entre 100 °C y 150 °C, según especificación del fabricante.
- Registrar fecha y hora de apertura del empaque.
- Prohibido usar electrodos húmedos o con revestimiento cuarteado.
- Si absorben humedad, deben homogeneizarse de acuerdo a recomendaciones del fabricante.

7.2 Alambres sólidos (GMAW)

- Conservar en ambientes secos y limpios.
- Almacenar los rollos dentro de su bolsa plástica o caja hasta el momento del uso.
- No golpear ni deformar el rollo.

7.3 Alambres tubulares (FCAW)

- Guardar en su empaque original.

Copia electrónica. Uso no permitido. No controlada por GPMO NO CONTROLADA y puede estar obsoleta. Verificar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa. No permite la alteración parcial o total del documento sin previa autorización del SGC. Todos los derechos reservados.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 16 de 23

- Mantenerlos alejados de ambientes húmedos para evitar la absorción de humedad del fundente interno.
- No permitir que permanezcan instalados en la máquina más de 72 horas sin uso continuo.

7.4 Varillas TIG (GTAW)

- Almacenar en tubos o contenedores plásticos cerrados.
- Evitar contaminación con polvo, grasa o humedad.
- Clasificar y etiquetar por tipo de aleación.

7.5 Fundentes (SAW)

- Guardar el fundente en bolsas o contenedores herméticos.
- No dejar fundente expuesto al ambiente una vez abierto.
- En caso de humedad, secado previo al uso según especificación técnica.

8. Manejo y Rotación de Inventarios

- Aplicar el principio PEPS (Primero en Entrar, Primero en Salir).
- Registrar ingresos y salidas en el sistema o formato manual.
- Etiquetar cada lote con:
 - Fecha de recepción.
 - Lote del proveedor.
 - Fecha de apertura.

9. Reglas de Manipulación

- Manipular con guantes limpios y secos.
- No amasar cajas o rollos; levantarlos correctamente.
- No abrir paquetes si no se van a utilizar.
- Revisar que los paquetes no tengan perforaciones, humedad o golpes.

10. Inspección y Control

Realizar inspecciones semanales verificando:

- Humedad y temperatura.
- Estado de empaques.
- Señales de corrosión o deterioro.
- Registro de inventarios actualizado.

11. Disposición de Material No Conforme

El material debe ser separado y etiquetado como NO CONFORME cuando presente:

- Humedad visible.
- Corrosión.
- Deformación.
- Empaque roto o contaminado. Solo podrá usarse tras evaluación del Supervisor de Soldadura.

12. Equipos y recursos de emergencia

- Mantener extintores en el área.
- Evitar fuentes de calor o chispas dentro del almacén.
- Capacitar al personal sobre manipulación segura de materiales.

Copiar electrónicamente. Una vez impresa, no circulante como COPIA NO CONTROLADA y puede estar obsoleta; revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa: se prohíbe la alteración parcial o total del documento por parte del personal del SIC. Todos los derechos reservados.



Anexo 13: Programa de capacitación para el proceso de soldadura

	PROGRAMA DE CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTO PARA EL PROCESO DE SOLDADURA
--	--

OBJETIVO	Fortalecer las competencias técnicas de seguridad, calidad y salud ocupacional del personal de soldadura, garantizando operaciones seguras.	
META	Capacitar al 100% del personal.	PRESUPUESTO
INDICADOR	% asistencia por módulos % Soldadores capacitados	

Responsable	Recursos humanos	Fecha de actualización	20/10/2025
--------------------	------------------	-------------------------------	------------

No.	DESCRIPCIÓN	TIPO	INTERNA / EXTERNA	RESPONSABLE	DIRIGIDO A	P/E	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	COMENTARIOS
1	Seguridad y salud en el trabajo en el área de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P	P					P						P	
2	Tipos de soldadura en la empresa y sus errores más comunes	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P		P					P				P		
3	Manejo, cuidado y almacenamiento de materiales de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P			P					P				P	
4	Manipulación correcta de equipos de soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P				P			P			P			
5	Fundamentos y técnicas de soldadura (SMAW, GMAW, GTAW, FCAW, SAW)	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P		P					P				P		
6	Tipos de trabajos de soldadura en la empresa, misceláneos, elementos de máquinas mineras, ordenes de trabajos específicos recurrentes	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P			P					P				P	
7	Control de calidad e inspección visual en soldadura	Capacitación	INTERNA	Supervisor de soldadura	Personal Soldador	P				P					P		P		
8	Prevención de incendios y manejo de extintores	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P	P				P					P			
9	Gestión de residuos sólidos	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P	P					P				P			
10	Plan de respuesta ante emergencias en trabajo en caliente	Capacitación	INTERNA	Supervisor de seguridad	Personal Soldador	P		P			P			P					

Anexo 14: Instructivo de aspectos e impactos de hermatización

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 18 de 23

ANEXO 03: INSTRUCTIVO DE ASPECTOS E IMPACTOS DE HERMETIZACIÓN DEL ÁREA DE SOLDADURA.

1. Objetivo

Establecer las actividades, criterios técnicos, controles de seguridad y ambientales necesarios para realizar la hermetización (cerramiento/encapsulamiento) del área de soldadura en planta, garantizando Seguridad y salud del personal durante la operación (NTP 399.010), diseño seguro y funcional de la zona de soldadura (AWS D1.1), protección ambiental y manejo de residuos generados por la soldadura (NTP ISO 14001).

2. Alcance

Aplica a todas las áreas donde se ejecute soldadura SMAW, GMAW, GTAW, FCAW, SAW o procesos relacionados.

Dirigido a:

- Personal de mantenimiento
- Soldadores
- Supervisores de planta
- HSE (Seguridad, Salud y Ambiente)
- Contratistas

3. Normas referenciales a considerar

NTP 399.010: Seguridad en soldadura, manipulación de gases, EPP, ventilación, prevención de incendios y accidentes.

AWS D1.1: Requisitos de diseño y hermetización del área de soldadura (biombos, cortinas, accesos, iluminación).

NTP ISO 14001: Gestión ambiental, identificación de aspectos e impactos, disposición de residuos, orden y limpieza.

4. Responsables

Supervisor de Producción

- Aprobar el cierre del área.
- Verificar condiciones adecuadas de ventilación y accesos.

Área de Seguridad y Ambiente (HSE)

- Realizar IPERC previo.
- Revisar controles contra incendios y atmósferas contaminadas.
- Verificar señales de seguridad.

Personal Operativo

- Instalar biombos, cortinas, iluminación adecuada, ductos de extracción de gases si aplica.
- Garantizar el funcionamiento de extractores de humo.
- Cumplir las normas de uso responsable del área hermetizada.

5. Procedimiento a ejecutar

5.1 Preparación del área

- Definir el espacio donde se instalarán cortinas, biombos o paneles.
- Retirar materiales inflamables o combustibles.
- Realizar IPERC específico del trabajo.
- Verificar disponibilidad de extintores.
- Señalizar.

18

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración /
		Actualización: 05/11/2025
		Fecha de actualización:
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Versión: 01
		Pág. 19 de 23

- "Peligro: Soldadura"
- "Área Restringida"
- "Uso obligatorio de EPP"

5.2 Instalación del aislamiento

- Instalar cortinas o biombos.
- Asegurar las uniones con pernos, soportes y anclajes.
- Dejar mínimo dos accesos laterales para evacuación.
- Instalar iluminación interna adecuada, evitando reflejos que interfieran en la soldadura.

5.3 Instalación de ventilación y extracción

- Ubicar extractores o ductos directamente sobre la zona de soldadura.
- Verificar que no genere recirculación de humos dentro del área hermetizada.
- Verificar caudal o succión periódicamente y mantener registros.

5.4 Verificación de seguridad

- Revisar ausencia de cables expuestos o sobrecargas eléctricas.
- Confirmar disponibilidad de extintores tipo CO₂ y ubicación estratégica.
- Verificar que las cortinas o biombos no presenten:
 - Rasgaduras
 - Pérdida de color (peligro de paso de radiación)
 - Perforaciones
- Confirmar rutas de evacuación libres de obstáculos.

5.5 Condiciones operativas

- Realizar soldadura únicamente dentro del área hermetizada.
- Mantener cerradas las cortinas durante el proceso.
- Usar ventilación siempre encendida.
- Prohibir ingreso de personal no autorizado.
- Supervisar acumulación de calor y activar pausas si temperatura supera 30-32 °C.

5.6 Después de la jornada laboral

- Apagar ventilación después de purgar área por 3 a 5 minutos.
- Barrear residuos metálicos y escoria.
- Verificar que no existan puntos calientes o fuentes de riesgo.
- Retirar residuos peligrosos.

6. Controles ambientales

- Ejecutar correctamente la disposición de residuos sólidos.
- Mantener orden y limpieza continua.

Este documento es una versión controlada y puede estar sujeta a modificaciones. Toda vez que se realice una actualización, se deberá actualizar el número de versión y la fecha de actualización. Toda vez que se realice una actualización, se deberá actualizar el número de versión y la fecha de actualización.

19

Anexo 15: Check - List pre - operacional de máquina de soldar y balones de CO2

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización: Versión: 01
		Pág. 20 de 23

ANEXO 04: CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE MÁQUINA DE SOLDAR Y BALONES DE CO2

	CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE MÁQUINA DE SOLDAR Y BALONES DE CO2	FT-OP-037
		Versión: 01
		Página: 1 de 1

Razón social:	Servicio: Mantenimiento
Trabajo a realizar:	Área: Soldadura
Lider de equipo de trabajo:	
Supervisor responsable:	

Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3		
		Cod:			Cod:			Cod:		
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES										
1	Equipo se encuentra correctamente codificado									
2	Presenta desgaste excesivo en sus piezas									
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación									
MAQUINA DE SOLDAR										
4	Sistema de puesta a tierra en condiciones operativas adecuadas									
5	Cables de alimentación eléctrica en buen estado y funcionales									
6	Cable de la pinza porta electrodos sin daños ni deterioro									
7	Pinza porta electrodos en correcto estado de funcionamiento									
8	Pinza de puesta a tierra en condiciones adecuadas de uso									
9	Interruptor de encendido y apagado operativo									
10	Cables de contacto correctamente fijados a los bornes de la maquina									
11	Pinza porta electrodos firmemente conectada al cable de contacto									
12	Pinza de puesta a tierra correctamente unida al cable de contacto									
13	Perilla/muelle de regulación de amperaje operativa y funcional									
14	Cables de conexión íntegros, sin cortes ni signos de desgaste									
15	Panel de control y pantalla de estado en condiciones operativas									
16	Botellas de CO ₂ correctamente aseguradas y fijadas									
17	Botellas de CO ₂ sin fisuras, corrosión ni deterioro estructural									
18	Manguera de CO ₂ íntegra, sin cortes y libre de contaminantes (grasas)									
19	Ruedas del carro transportador en buen estado y aptas para desplazamiento									
Realizado por:										
Observaciones:										

Copia electrónica: Una vez impresa, es considerada como COPIAS NO CONTROLADAS y puede estar obsoleta, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa: se prohíbe la alteración parcial o total del documento sin previa autorización del SIG. Todos los derechos reservados.

Anexo 16: Check - List pre - operacional de alimentador de alambre

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 21 de 23

ANEXO 05: CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE ALIMENTADOR DE ALAMBRE

CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE ALIMENTADOR DE ALAMBRE		FE-OP-008
		Versión: 01
		Página 1 de 1

Razón social:		Servicio: Mantenimiento
Trabajo a realizar:		Área: Soldadura
Lider de equipo de trabajo:		
Supervisor responsable:		

Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3		
		Cód:			Cód:			Cód:		
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES										
1	Equipo se encuentra correctamente codificado									
2	Presenta desgaste excesivo en sus piezas									
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación									
ALIMENTADOR DE ALAMBRE										
4	Sistema de puesta a tierra operativo y en condiciones adecuadas									
5	Línea de alimentación (manguera, alimentador y gas) en estado óptimo									
6	Rodillos del sistema de alimentación de alambre en correcto estado de funcionamiento									
7	Punta de puesta a tierra correctamente posicionada y asegurada									
8	Terminales eléctricos en condiciones adecuadas de operación									
9	Antorcha y pistola sin daños y en correcto estado de uso									
10	Interruptor de encendido/apagado funcionando correctamente									
11	Cables de contacto firmemente conectados a los bornes de la máquina									
12	Panel de control en correcto estado operativo									
13	Pantalla de estado funcional y sin fallas visibles									
14	Flujómetro operativo y en buen estado									
15	Perilla/marjea de regulación de amperaje con funcionamiento adecuado									
16	Cableado de conexión sin cortes, desgaste ni deterioro									
17	Carcasa del equipo íntegra y en buenas condiciones									
18	Conector de entrada de gas en adecuado estado de funcionamiento									
Realizado por:										
Observaciones:										

Anexo 17: Check - List pre - operacional de fuente de alimentación y tracto

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01
		Pág. 22 de 23

ANEXO 06: CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y TRACTO EN PROCESO DE SOLDADURA SAW (ARCO SUMERGIDO)

	CHECK - LIST PRE - OPERACIONAL DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN Y TRACTO EN PROCESO DE SOLDADURA SAW (ARCO SUMERGIDO)	FT-OP-03B
		Versión: 01
		Página 1 de 1

Razón social:	Servicio: Mantenimiento
Trabajo a realizar:	Área: Soldadura
Líder de equipo de trabajo:	
Supervisor responsable:	

Nro	Condiciones del equipo	Equipo 1			Equipo 2			Equipo 3		
		Cod:			Cod:			Cod:		
		SI	NO	NA	SI	NO	NA	SI	NO	NA
ASPECTOS GENERALES										
1	Equipo se encuentra correctamente codificado									
2	Presenta desgaste excesivo en sus placas									
3	Se encuentra en buen estado de limpieza y conservación									
FUENTE DE PODER										
4	Equipo sin daños físicos, carcasa íntegra y rejillas de ventilación libres de obstrucción									
5	Alimentación eléctrica conforme a placa (voltaje/frecuencia), bornes firmes y sin sulfatación									
6	Sistema de puesta a tierra conectado correctamente									
7	Cables de soldadura sin cortes, empalmes deficientes ni signos de sobrecalentamiento									
8	Panel de control operativo: display, perillas y selectores sin fallas ni códigos									
9	Sistema de enfriamiento funcional: ventiladores activos y flujo de aire									
TRACTO DE ARCO SUMERGIDO										
11	Estructura y chasis sin deformaciones, ruedas en buen estado y correctamente alineadas									
12	Sistema de desplazamiento con avance uniforme, sin frenos, velocidad estable y regulable									
13	Motor de tracción funcionando sin vibraciones, ruidos anormales o sobrecalentamiento									
14	Alimentador de alambre con rodillos limpios, presión adecuada y alimentación continua sin patinaje									
15	Guía de alambre alineada, libre de obstrucciones y sin desgaste interno									
16	Punta de contacto limpia, sin ovalamiento, desgaste excesivo ni acumulación de escoria									
17	Talva de fundente limpia y flujo homogéneo									
18	Cableado y conectores firmes, sin aislamiento dañado ni conexiones flojas									
19	Sistema de guiado correctamente alineado con la junta de soldadura									
20	Interruptores (start/stop) y controles operativos sin fallas									
21	Prueba en vacío ejecutada: funcionamiento estable, sin ruidos, vibraciones ni desviaciones									
Realizado por:										
Observaciones:										

Copia electrónica. Una vez impresa, es considerada como COPIAS NO CONTROLADAS y puede estar obsoleta, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa: se prohíbe la alteración parcial o total del documento sin previa autorización del SIG. Todos los derechos reservados.

Anexo 18: Chek – List de calidad (Proceso de soldadura)

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	CÓDIGO: PR-SOLD-025
		Fecha de elaboración / Actualización: 05/11/2025
	PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE TUERCA LOCKING NUT DE CHANCADORA MP1250	Fecha de actualización:
		Versión: 01 Pág. 23 de 23

ANEXO 07: CHECK LIST DE CALIDAD (PROCESO DE SOLDADURA)

CHECK LIST DE CALIDAD (PROCESO DE SOLDADURA LOCKING NUT)		FT-OP-038 Versión: 01 Pag 1 de 1	
Generalidades			
Cliete			
Equipo			
Código del equipo			
Nro. de Orden de servicios			
Fecha			
Responsable de verificación			
1. Recepción y evaluación inicial			
Item	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Lista de corrección y orden de trabajo entregada			
Inspección visual inicial			
No presenta fisuras profundas que impida repararlas			
Verificación de estado de rosca			
Estado interno según lo indicado			
Registro fotográfico de inspección			
2. Control del proceso de soldadura			
Item	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Soldador calificado (Mínimo 2 años de experiencia)			
Ejecución según lo indicado en el procedimiento			
Temperatura interpasos controlada			
Uniformidad entre cordones efectuados			
No presenta rechazos visibles durante el proceso			
Acabado uniforme del material de asiento			
3. Control de calidad del proceso de soldadura			
Item	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Inspección visual de defectos			
Dimensiones finales			
No presenta deformación térmica			
No presenta socavaciones, fisuras o porosidad			
Acabado superficial conforme			
Ensayo complementario si aplica (rupturas penetrantes)			
Identificación final demarcado			
4. Documentación final			
Item	Cumple	No cumple	Cumple parcialmente
Informe de Verificación final			
Registro fotográfico final anexado			

Copia electrónica. Una vez impresa, es considerada como COPIAS NO CONTROLADAS y puede estar obsoleta, revisar en la base de información para revisar el documento actualizado.
Documento confidencial de la empresa, se prohíbe la alteración parcial o total del documento sin previa autorización del SIG. Todos los derechos reservados.

Anexo 19: Cálculo de horas hombre y costos de actividades realizadas

Fecha	Actividades realizadas	Tiempo disponible	Responsable	Horas involucradas Programado				Horas involucradas real				Diferencias	
				Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Horas	% de diferencia
1/10/2025	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.	4	Mario Bermejo	6	0	0	6	4	0	0	4		
2/10/2025	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.	4	Mario Bermejo	4	0	0	4	4	0	0	4		
3/10/2025	-Procedimiento de soldadura de Tuerca de chancadora	4	Mario Bermejo	4	0	0	4	7	2	1	10		
4/10/2025	-Procedimiento de soldadura de Tuerca de chancadora	2	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	2	2	2	6	2	2	2	6		
SUBTOTAL		14		16	2	2	20	17	4	3	24	4	20.00%
6/10/2025	-Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR.	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	4	4	4	12	6	4	1	11		
7/10/2025	-Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR.	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	4	4	4	12	4	4	1	9		
8/10/2025	-Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR.	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	4			4	4	4		8		
9/10/2025	-Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR.	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	4			4	4	4		8		
10/10/2025	-Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW). -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR.	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sullá	4	4	4	12	5	4	3	12		
SUBTOTAL		16		20	12	12	44	23	20	5	48	4	9.09%
11/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	2	Mario Bermejo	2		4	6	2	4	4	10		
13/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	4			4	4	2	4	10		
14/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	4	2		6	4			4		
15/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	4	2	4	10	4	4	4	12		
SUBTOTAL		14		14	4	8	26	14	10	12	36	10	38.46%
16/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	4			4	4			4		
17/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	4			4	4			4		
18/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2	2	Mario Bermejo	2			2	3			3		

	- Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)												
20/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	4		4	8	4		2	6		
21/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	4		4	8	5		5	10		
SUBTOTAL		14		18	0	8	26	20	0	7	27	1	3.85%
22/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	4			4	4			4		
23/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	4			4	4			4		
24/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	4			4	4			4		
25/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	2	Mario Bermejo	2			2	2			2		
27/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	4		4	8	4		4	8		
28/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	4		4	8	4		4	8		
SUBTOTAL		14		22	0	8	30	22	0	8	30	0	0.00%
29/10/2025	-Generar el check list de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	4		4	8	4		4	8		
30/10/2025	-Generar el check list de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	4		4	8	4		4	8		
SUBTOTAL		26		8	0	8	16	8	0	8	16	0	0.00%

Actividades realizadas	Horas involucradas Programado				Horas involucradas real				Diferencias	
	Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Horas	% de diferencia
- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén. - Procedimiento de soldadura de Tuerca de chancadora	16	2	2	20	17	4	3	24	4	20.00%
- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	20	12	12	44	23	20	5	48	4	9.09%
- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	0.00%	4	8	26	14	10	12	36	10	38.46%
- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	18	0	8	26	20	0	7	27	1	3.85%
-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	22	0	8	30	22	0	8	30	0	

-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	8	0	8	16	8	0	8	16	0	0.00%
--	---	---	---	----	---	---	---	----	---	-------



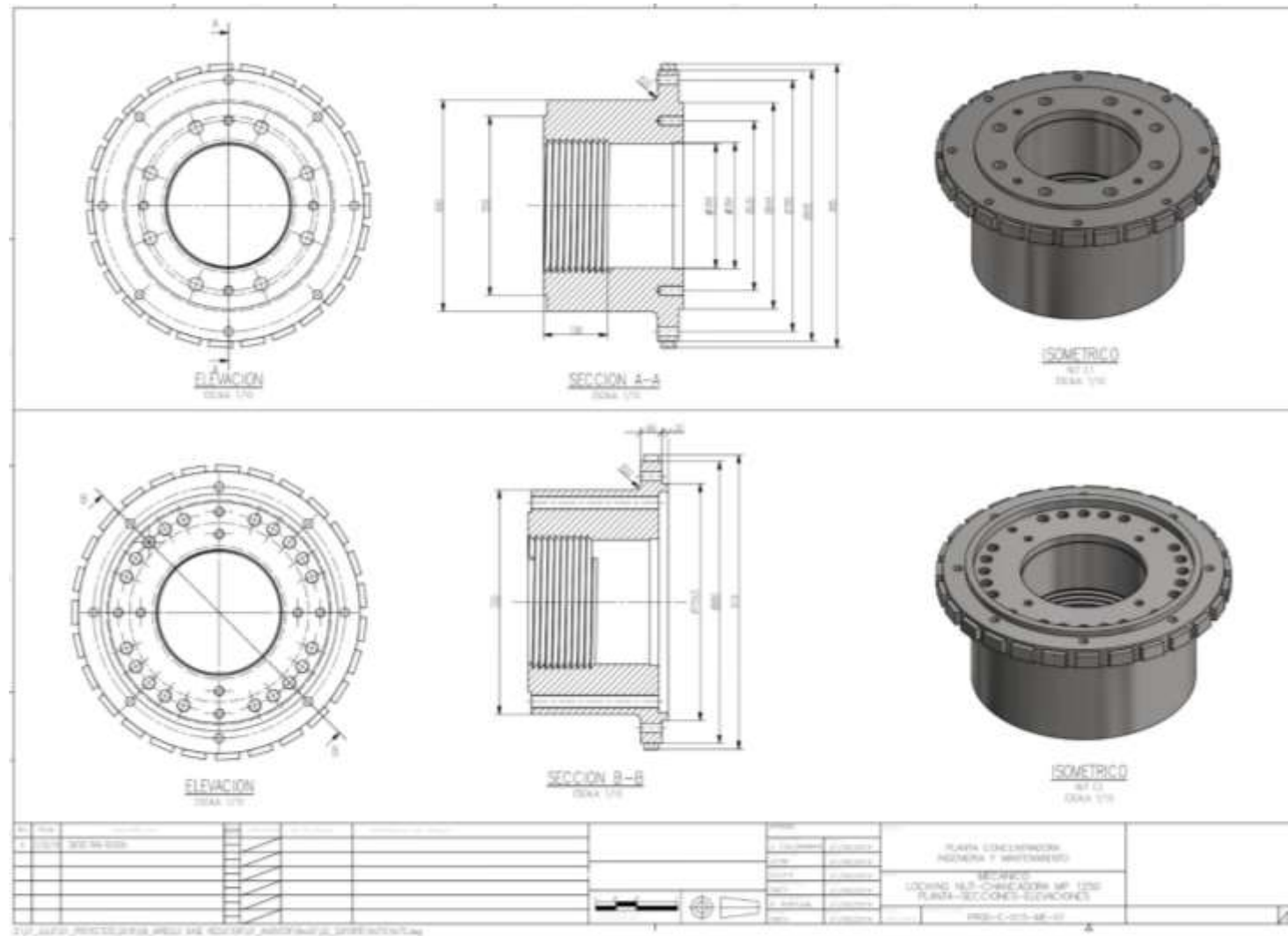
Fecha	Actividades realizadas	Tiempo disponible	Responsable	Mario Bermejo (S/.)	Miguel Zegarra (S/.)	Diego Sulla (S/.)	Total(S/.)	Mario Bermejo (S/.)	Miguel Zegarra (S/.)	Diego Sulla (S/.)	Total (S/.)	Horas	% de diferencia	
1/10/2025	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.	4	Mario Bermejo	37.50	0.00	0.00	37.50	25.00	0.00	0.00	25.00			
2/10/2025	- Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00			
3/10/2025	-Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	43.75	26.04	21.88	91.67			
4/10/2025	-Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora	2	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	12.50	26.04	43.75	82.29	12.50	26.04	43.75	82.29			
SUBTOTAL				14	100.00	26.04	43.75	169.79	106.25	52.08	65.63	223.96	54.17	31.90%
6/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	52.08	87.50	164.58	37.50	52.08	21.88	111.46			
7/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	52.08	87.50	164.58	25.00	52.08	21.88	98.96			
8/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	52.08	0.00	77.08			
9/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	52.08	0.00	77.08			
10/10/2025	- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARC-AIR	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	52.08	87.50	164.58	31.25	52.08	65.63	148.96			
SUBTOTAL				16	125.00	156.25	262.50	543.75	143.75	260.42	109.38	513.54	- 30.21	-5.56%
11/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	2	Mario Bermejo	12.50	0.00	87.50	100.00	12.50	52.08	87.50	152.08			

13/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	26.04	87.50	138.54		
14/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	25.00	26.04	0.00	51.04	25.00	0.00	0.00	25.00		
15/10/2025	- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	4	Mario Bermejo	25.00	26.04	87.50	138.54	25.00	52.08	87.50	164.58		
SUBTOTAL		14		87.50	52.08	175.00	314.58	87.50	130.21	262.50	480.21	165.63	52.65%
16/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00		
17/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00		
18/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	2	Mario Bermejo	12.50	0.00	0.00	12.50	18.75	0.00	0.00	18.75		
20/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	87.50	112.50	25.00	0.00	43.75	68.75		
21/10/2025	- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	87.50	112.50	31.25	0.00	109.38	140.63		

	- Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)												
SUBTOTAL		14		112.50	0.00	175.00	287.50	125.00	0.00	153.13	278.13	- 9.38	-3.26%
22/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00		
23/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00		
24/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.00	25.00		
25/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	2	Mario Bermejo	12.50	0.00	0.00	12.50	12.50	0.00	0.00	12.50		
27/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	87.50	112.50	25.00	0.00	87.50	112.50		
28/10/2025	-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	4	Mario Bermejo	25.00	0.00	87.50	112.50	25.00	0.00	87.50	112.50		
SUBTOTAL		14		137.50	0.00	175.00	312.50	137.50	0.00	175.00	312.50	0.00	0.00%
29/10/2025	-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	0.00	87.50	112.50	25.00	0.00	87.50	112.50		
30/10/2025	-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	4	Mario Bermejo / Miguel Zegarra / Diego Sulla	25.00	0.00	87.50	112.50	25.00	0.00	87.50	112.50		
SUBTOTAL		26		50.00	0.00	175.00	225.00	50.00	0.00	175.00	225.00	0.00	0.00%

Actividades realizadas	Horas involucradas Programado				Horas involucradas real				Diferencias	
	Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Mario Bermejo	Miguel Zegarra	Diego Sullá	Total	Soles (\$/.)	% de diferencia
-Instructivo sobre el correcto mantenimiento y cuidado de materiales de soldadura en almacén. -Procedimiento de soldadura de Tuerca de chancadora	100.00	26.04	43.75	169.79	106.25	52.08	65.63	223.96	54.17	31.90%
- Aplicar el uso de soldadura por arco sumergido (SAW) -Aplicar el uso de soldadura de corte con equipo ARCAIR	125.00	156.25	262.50	543.75	143.75	260.42	109.38	513.54	- 30.21	-5.56%
- Generar un listado de temas de soldadura general. - Establecer el cronograma de frecuencia de capacitación.	87.50	52.08	175.00	314.58	87.50	130.21	262.50	480.21	165.63	52.65%
- Generar el checklist pre operacional de máquina de soldar y balones CO2 - Generar el check list pre operacional de alimentador de alambre. - Generar el check list pre operacional de fuente de alimentación y tracto en proceso de soldadura SAW (arco sumergido)	112.50	0.00	175.00	287.50	125.00	0.00	153.13	278.13	- 9.38	-3.26%
-Generar y documentar el listado de aspectos e impactos de hermetización del área de soldadura, orden y limpieza.	137.50	0.00	175.00	312.50	137.50	0.00	175.00	312.50	0.00	0.00%
-Generar el checklist de control de calidad durante el proceso y la inspección final .	50.00	0.00	175.00	225.00	50.00	0.00	175.00	225.00	0.00	0.00%
TOTAL	612.50	234.38	1,006.25	1,853.13	650.00	442.71	940.63	2,033.33	180.21	9.72%

Anexo 20: Plano de tuerca de chancadora



Anexo 21: Carta de revisión y evaluación de entregables

CARTA DE REVISIÓN Y EVALUACIÓN DE ENTREGABLES

Arequipa, 19 de marzo del 2026

Señores:

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sr. Mario Sebastián Bermejo Galdos

Presente.

Asunto: Evaluación de documentos y entregables del trabajo de investigación de tesis "Aplicación de herramientas Lean Manufacturing para la optimización del proceso de soldadura en componentes de equipos mineros".

De mi mayor consideración:

Por medio de la presente, yo, **Ing. Luis Gerardo Del Carpio Alvarez**, identificado con DNI N.º 71595530, con colegiatura N.º 356887 del Colegio de Ingenieros del Perú – Consejo Departamental Arequipa, habilitado para el ejercicio profesional, en calidad de **Ingeniero Mecánico Eléctrico** con experiencia en planificación y control de soldadura, me dirijo a ustedes para dejar constancia de la revisión documental efectuada.

En el marco de la evaluación, se analizó un total de **veinte (20) entregables** proporcionados por el señor Mario Sebastian Bermejo Galdos identificado con DNI: 76260710, correspondientes al trabajo de investigación de tesis **"APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS LEAN MANUFACTURING PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE SOLDADURA EN COMPONENTES DE EQUIPOS MINEROS EN UNA EMPRESA METALMECÁNICA DEL SUR DEL PERÚ"**.

Luego de una revisión detallada y objetiva, se expide el resumen adjunto habiendo evaluado tanto en forma como en contenido.

En ese sentido, se emite la presente **carta de conformidad**, la cual respalda la correcta elaboración y presentación de los documentos evaluados.

Sin otro particular, quedo a su disposición para cualquier información adicional.

Atentamente,

Ing. Luis Gerardo Del Carpio Alvarez

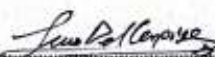
Ingeniero Mecánico Eléctrico

CIP N.º 356887

Colegiado y habilitado


Luis Gerardo Del Carpio Alvarez
Ingeniero Mecánico Eléctrico
CIP 356887
Firma y sello

RESUMEN DE EVALUACIÓN Y REVISIÓN DE ENTREGABLES		
N°	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
1	Registro de eventos de no calidad periodo 2024.	Se revisaron eventos de no calidad, según lo indicado en el registro
2	Ficha de observación del proceso de soldadura.	Se elaboró correctamente
3	Diagrama SIPOC de los procesos de mantenimiento en planta.	Se valida diagrama SIPOC de procesos en planta
4	Análisis de causas, contramedidas y planes de acción.	Se elaboró correctamente
5	Formato "Plantilla procedimental de mejora lean" Paso 1.	Se elaboró correctamente
6	Formato "Plantilla procedimental de mejora Lean" Paso 2.	Se elaboró correctamente
7	Formato "Plantilla procedimental de mejora Lean" Paso 3 y 4.	Se elaboró correctamente
8	Formato "Plantilla procedimental de mejora Lean" Paso 5,6 y 7.	Se elaboró correctamente
9	Formato "Plantilla procedimental de mejora Lean" Paso 8 y 9.	Se elaboró correctamente
10	Descripción del proceso propuesto.	Se elaboró correctamente validando modificaciones y mejoras propuestas para el proceso de reparación perteneciente a tuerca de chancadora Locking Nut MP1250
11	Procedimiento de soldadura de tuerca de chancadora.	
12	Instructivo de cuidado de materiales de soldadura en Almacén.	Se elaboró correctamente
13	Programa de capacitación para el proceso de soldadura.	Se elaboró correctamente validando temas de capacitación
14	Instructivo de aspectos e impactos de hermatización del área de soldadura.	Se elaboró correctamente
15	Check - List pre operacional de máquina de soldar y balones de CO2.	Se elaboró correctamente
16	Check - List pre operacional de alimentador de alambre.	Se elaboró correctamente
17	Check - List pre operacional de fuente de alimentación y tracto.	Se elaboró correctamente
18	Chek – List de calidad (Proceso de soldadura).	Se elaboró correctamente
19	Cálculo de horas hombre y costos de actividades realizadas.	Se elaboró correctamente
20	Plano de tuerca de chancadora.	Se valida plano de tuerca de chancadora secundaria MP1250


Luis Gerardo Del Corpio Alvaréz
 Ingeniero Mecánico Electricista
 CIP 356887