REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Propuesta de mejora en el área de afino y moldeo para reducir el número de ánodos rechazados en una empresa del rubro minero aplicando la metodología de gestión por procesos, 2024

Tesis presentada por la Bachiller:

Villanueva Sosa, Daniela del Rosario

ORCID: 0009-0008-1779-0113

para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Asesor (a):

Dr. Pacheco Oviedo, Abraham Arturo

ORCID: 0000-0001-9449-0116

Arequipa - Perú

2025

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA INDUSTRIAL

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 01 de Mayo del 2025

Dictamen: 011646-C-EPII-2025

Visto el borrador del expediente 011646, presentado por:

2015601212 - VILLANUEVA SOSA DANIELA DEL ROSARIO

Titulado:

PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE AFINO Y MOLDEO PARA REDUCIR EL NÚMERO DE ÁNODOS RECHAZADOS EN UNA EMPRESA DEL RUBRO MINERO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE GESTIÓN POR PROCESOS, 2024

Nuestro dictamen es:

APROBADO

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

INGENIERO INDUSTRIAL

29291265 - DELGADO MONTESINOS MAX EDWIN
DICTAMINADOR

29453832 - VALDIVIA PORTUGAL CESAR
DICTAMINADOR

29701586 - DIAZ SARAVIA JEAN CARLO
DICTAMINADOR

Propuesta de mejora en el área de afino y moldeo para reducir el número de ánodos rechazados en una empresa del rubro minero aplicando la metodología de gestión por procesos, 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%	19%	6%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucsp.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	2%
4	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Católica San Pablo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.researchmathsci.org Fuente de Internet	<1%
11	repositorio.unac.edu.pe	

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A Eleana y Jorge, mis padres, por su amor y apoyo incondicional. Todo lo que soy y logro se lo debo a ustedes. Gracias por confiar en mí incluso cuando yo dudaba. Este logro no sería posible sin ustedes, quienes son mi refugio en los momentos difíciles.

A toda mi familia, quienes son un pilar fundamental en los retos que se me presentan. Gracias por su cariño constante, por sus palabras de aliento, por estar presentes incluso en la distancia, y por celebrar conmigo cada paso dado. Su presencia me da fuerza y motivación para seguir adelante.

A Kevin, por estar a mi lado en los momentos más desafiantes. Por ser mi compañero y apoyo en esta etapa tan importante, por alentarme en mis días más duros y compartir conmigo la alegría de cada logro alcanzado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en este camino. Sin su bendición nada de esto hubiera sido posible.

A la universidad y los docentes, por las enseñanzas significativas que han contribuido a mi crecimiento y desarrollo profesional.

A todas las personas que, a lo largo de mi vida, me han dejado lecciones valiosas y me han ayudado a formarme tanto personal como profesionalmente.

Un agradecimiento especial a mis padres, quienes me han impulsado a concretar este logro, confiando siempre en mí.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La presente investigación consiste en dar solución a la problemática identificada en el área de Afino y Moldeo en una empresa minera del sur del país a través del desarrollo de una propuesta de mejora para reducir el número de ánodos rechazados aplicando la metodología de gestión por procesos. Esta metodología busca asegurar la calidad de los productos entregados partiendo de la identificación de los subprocesos clave de la organización.

Esta investigación, de acuerdo a sus características es de diseño no experimental, transversal. Es descriptiva con enfoque mixto, al recolectarse datos cuantitativos correspondiente al volumen de ánodos rechazados, lo que significa el 13% de la producción total mensual y datos cualitativos como la información brindada a través de la entrevista con el supervisor del área. Para esta investigación se utilizaron técnicas como la observación y entrevistas e instrumentos como la guía de observación documental y guía de entrevista a fin de conocer las deficiencias del proceso y realizar un diagnóstico como punto de partida para el desarrollo de la metodología propuesta.

La metodología de gestión por procesos parte desde el diagnóstico inicial para la identificación y secuencia de los subprocesos incluidos en el Afino y Moldeo de ánodos de cobre, seguido de la descripción del flujo del proceso para el cual se han utilizado herramientas como diagrama de flujo del proceso, diagrama de análisis del proceso, diagrama de balance de materia, esto con el fin de conocer el proceso e identificar puntos de mejora. Siguiendo con la aplicación de la metodología a través de revisión data histórica correspondiente a los años 2022 y 2023, se realizó un análisis de capital humano, mantenimientos y desempeño del proceso. Debido a que la problemática está relacionada con los ánodos rechazados es que se ha desarrollado un análisis de cada tipo de defecto que ocasiona este rechazo identificando así la causa raíz para cada caso. Con esta identificación se desarrolla el último paso de la metodología, la mejora de los procesos. Se tomaron en cuenta todos los costos asociados a las alternativas de solución planteadas y se desarrolló el análisis beneficio costo, obteniendo como resultado una ratio de 5.25 en un escenario optimista y 1.58 en un escenario pesimista, lo cual significa que la propuesta es económicamente viable dado que se espera en ambos escenarios un retorno mayor al invertido, lo cual se debe a que los costos de producción son muy bajos en comparación al precio de venta del mineral.

Palabras claves: Gestión por procesos, afino y moldeo, ánodos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ABSTRACT

The present research consists of providing a solution to the problem identified in the area of Refining and Milling in a mining company in the south of the country through the development of an improvement proposal to reduce the number of rejected anodes by applying the process management methodology. This methodology seeks to ensure the quality of the products delivered by identifying the key sub-processes of the organization.

This research, according to its characteristics, has a non-experimental, transversal design. It is descriptive with a mixed approach, collecting quantitative data corresponding to the volume of rejected anodes, which means 13% of the total monthly production, and qualitative data such as the information provided through the interview with the area supervisor. For this research, techniques such as observation and interviews and instruments such as the documentary observation guide and interview guide were used in order to know the deficiencies of the process and make a diagnosis as a starting point for the development of the proposed methodology.

The process management methodology starts from the initial diagnosis for the identification and sequence of the sub-processes included in the refining and milling of copper anodes, followed by the description of the process flow for which tools such as process flow diagram, process analysis diagram, material balance diagram has been used, this in order to know the process and identify points for improvement. Continuing with the application of the methodology through the review of historical data corresponding to the years 2022 and 2023, an analysis of human capital, maintenance and process performance was carried out. Since the problem is related to rejected anodes, an analysis of each type of defect that causes this rejection has been developed, thus identifying the root cause for each case. With this identification, the last step of the methodology, process improvement, is developed. All costs associated with the proposed solution alternatives were considered, and a cost-benefit analysis was conducted, resulting in a ratio of 5.25 in an optimistic scenario and 1.58 in a pessimistic scenario. This indicates that the proposal is economically viable, as both scenarios are expected to yield a return greater than the investment, primarily due to the low production costs compared to the mineral's selling price.

Keywords: Process management, refining and milling, anodes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO 3

1.1. Antecedentes 3

1.2. Planteamiento del problema 3

1.2.1. Descripción del problema 3

1.2.2. Árbol de problemas 4

1.2.3. Formulación del problema 5

1.2.4. Sistematización del problema 5

1.3. Objetivos 5

1.3.1. Objetivo general 5

1.3.2. Objetivos específicos 5

1.4. Justificación 5

1.4.1. Justificación Teórica 5

1.4.2. Justificación Metodológica 6

1.4.3. Justificación Práctica 6

1.5. Delimitaciones 6

1.5.1. Temático. 6

1.5.2. Espacial. 6

1.5.3. Temporal. 6

1.6. Hipótesis 6

1.7. Variables e indicadores 8

1.8. Aspectos metodológicos 9

1.8.1. Diseño 9

1.8.2. Tipo de investigación 9

1.8.3. Nivel 9

1.8.4. Levantamiento de Información 9

1.8.5. Instrumentos 9

1.8.6. Población 10

1.8.7. Criterios para el manejo de resultados 10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO 11
2.1. Antecedentes del tema de investigación 11
2.2. Marco de referencia conceptual 13
2.3. Marco teórico 15
2.3.1. Gestión por procesos 15
2.3.2. Proceso de Afino y Moldeo 22
CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL 29
3.1. La empresa 29
3.1.1. Rubro 29
3.1.2. Actividad principal 29
3.1.3. Breve reseña histórica 29
3.1.4. Misión 30
3.1.5. Visión 30
3.1.6. Principales productos y/o servicios 30
3.1.7. Principales clientes 30
3.1.8. Organigrama de la empresa 30
3.1.9. Organigrama de la gerencia de Fundición 32
3.2. Entorno 33
3.3. Identificación y secuencia de los sub procesos 34
3.4. Descripción del flujo del proceso 37
3.4.1. Diagrama de flujo del proceso 37
3.4.2. Diagrama de análisis del proceso 38
3.4.3. Diagrama de balance de materia 41
3.4.4. Flowchart 42
3.5. Seguimiento y medición del proceso 44
3.5.1. Análisis de capital humano 44
3.5.2. Análisis de mantenimiento 60
3.5.3. Análisis del desempeño del proceso 62
3.6. Propuesta de soluciones para la mejora de los procesos 70
3.6.1. Jerarquización de problemas mediante Matriz de Vester 70
3.6.2. Análisis de causa raíz 72
3.6.3. Selección de alternativas de solución a cada problema raíz 73
CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE MEJORA 75
4.1. Desarrollo de las propuestas de mejora 75

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

4.1.1. Estandarización de procesos y normalización 75
4.1.2. Control de Calidad de moldes 81
4.1.3. Mantenimiento Preventivo en la sala de control 87
4.2. Plan de implementación de las propuestas 90
4.2.1. Objetivo del plan 90
CAPÍTULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA 93
5.1. Costeo de la propuesta 93
5.1.1. Costos parciales de la propuesta 93
5.1.2. Costo total de la propuesta 96
5.2. Beneficios esperados 97
5.2.1. Escenario optimista 97
5.2.2. Escenario neutro 100
5.2.3. Escenario pesimista 104
5.3. Análisis beneficio costo 106
CONCLUSIONES 107
RECOMENDACIONES 109
REFERENCIAS 111
ANEXOS 114

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Árbol de problemas 4
Figura 2 Mapa de procesos actual del área de Afino y Moldeo 23
Figura 3 Organigrama de la empresa 31
Figura 4 Organigrama de la Gerencia de Fundición 32
Figura 5 Diagrama de operaciones del proceso 35
Figura 6 Diagrama de Flujo del Proceso de Afino y Moldeo 37
Figura 7 Diagrama actual de Análisis de Proceso -DAP detallado 39
Figura 8 Diagrama de balance de materia 41
Figura 9 Flow chart del proceso 43
Figura 10 Análisis de capital humano 59
Figura 11 Reporte de fallas en sala de control 62
Figura 12 Diagrama de Ishikawa 73
Figura 13 Diagrama de flujo del proceso propuesto de Aplicación del desmoldante ... 76
Figura 14 DAP detallado del proceso propuesto de Aplicación del Desmoldante 77
Figura 15 Formato propuesto de aplicación de desmoldante 78
Figura 16 Caracterización del proceso propuesto de control de calidad de moldes 82
Figura 17 Ficha de indicador - % de rechazos por orejas delgadas/gruesas 83
Figura 18 Diagrama propuesto del proceso de Control de calidad de los moldes 84
Figura 19 Formato propuesto de Control de Calidad de los moldes 85
Figura 20 Manual de procedimiento propuesto de Control de calidad de moldes 86
Figura 21 Limit Switch modelo ME-8108 88

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variables e indicadores 8
Tabla 2 Operarios - competencia de Operación de Hornos de Afino y Moldeo 46
Tabla 3 Operarios - competencia de Operación de Rueda de Moldeo 48
Tabla 4 Operarios - competencia de Operación de Control de Calidad 50
Tabla 5 Operarios - competencia de Operación de Horno Holding 52
Tabla 6 Operarios - competencia de Operación de Enganche de barras blíster 54
Tabla 7 Operarios - competencia de Operación de Tomas de Muestra de Cobre 56
Tabla 8 Operarios - competencia de Operación Manual Grúa Puente 58
Tabla 9 Mantenimientos cucharas de moldeo 60
Tabla 10 Medición de indicadores de desempeño 63
Tabla 11 Ánodos rechazados por orejas gruesas/delgadas 64
Tabla 12 Ánodos rechazados por rebaba 65
Tabla 13 Ánodos rechazados por orejas dobladas/rotas 66
Tabla 14 Ánodos rechazados por protuberancias 67
Tabla 15 Ánodos rechazados por Aut. Casting 69
Tabla 16 Causas de los problemas identificados 71
Tabla 17 Relación entre las causas 72
Tabla 18 Alternativas de solución 74
Tabla 19 Consumo de desmoldante 75
Tabla 20 Consumo de desmoldante por molde 76
Tabla 21 Plan de Capacitaciones 80
Tabla 22 Focus Group 89
Tabla 23 Cronograma de Mantenimiento Preventivo 90
Tabla 24 Cronograma general de las propuestas 92
Tabla 25 Costos parciales de Consultoría de mejora y estandarización de procesos 93
Tabla 26 Costos parciales de materiales de escritorio 94
Tabla 27 Costos parciales de refrigerios de capacitaciones 95
Tabla 28 Costos parciales de mantenimiento preventivo a sala de control 96
Tabla 29 Costo total de la propuesta 96
Tabla 30 Margen de ganancia por ánodo 97
Tabla 31 Escenario optimista – Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas 98
Tabla 32 Escenario optimista – Rechazos de ánodos con rebaba 98
Tabla 33 Escenario optimista – Rechazos de ánodos por orejas dobladas/rotas 99

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 34 Escenario optimista – Rechazos de ánodos con protuberancias 99
Tabla 35 Escenario optimista – Rechazos de ánodos por Aut. Casting 100
Tabla 36 Escenario neutro – Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas 101
Tabla 37 Escenario neutro – Rechazos de ánodos con rebaba 101
Tabla 38 Escenario neutro – Rechazos de ánodos por orejas dobladas/rotas 102
Tabla 39 Escenario neutro – Rechazos de ánodos con protuberancias 103
Tabla 40 Escenario neutro – Rechazos de ánodos por Aut. Casting 103
Tabla 41 Escenario pesimista - Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas 104
Tabla 42 Escenario pesimista - Rechazos de ánodos con orejas dobladas/rotas 104
Tabla 43 Escenario pesimista - Rechazos de ánodos con protuberancias 105
Tabla 44 Escenario pesimista - Rechazos de ánodos por Aut. Casting 105
Tabla 45 Ratio beneficio costo 106

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Entrevista con el Supervisor de la Planta de Afino y Moldeo 114
Anexo 2: Mantenimientos a cucharas de moldeo 2019 – 2020 119
Anexo 3: Ficha de Focus Group 122
Anexo 4: Cotización TIP Engineering SAC 123
Anexo 5: Cotización Minería Consultores 124
Anexo 6 : Ficha técnica de Limit Switch 125

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

En la actualidad muchas empresas se basan en seguir con sus mismos procesos sin plantearse mejoras debido a que no tienen implementadas metodologías que faciliten esta identificación.

La gestión por procesos nace como una metodología de optimización de procesos, cuyo foco principal es el aseguramiento de la calidad reduciendo pérdidas lo que refleja en aumento de ingresos, ahorro de recursos y mejor control de los procesos.

La industria minera desempeña un papel fundamental de gran impacto en la economía del Perú y del mundo al proporcionar materiales para diversas industrias. En este contexto se encuentra la empresa en estudio, la cual presenta como problema un alto volumen de ánodos rechazados, por lo que se muestra la necesidad de analizar los subprocesos del área de Afino y Moldeo debido a que esta es la etapa final que tiene como salida los ánodos para exportación, aquellos que no cumplen con los parámetros de control de calidad, no pueden ser enviados a distribución.

Mencionado lo anterior, se busca realizar una propuesta de mejora en el área de Afino y Moldeo para reducir el número de ánodos rechazados aplicando la metodología de gestión por procesos. Esta metodología propuesta parte desde un diagnóstico inicial para la identificación de los procesos actuales hasta la propuesta de mejora a partir del análisis de causas raíz que originan la problemática además de considerar a lo largo de la implementación dos dimensiones principales: procesamiento en base a fallas producidas y el desempeño del proceso.

La generación de ánodos rechazados ya sea por defectos físicos o por incumplimientos en las especificaciones representan un gran desafío para la empresa en estudio, ya que al solucionar este problema se tendían beneficios económicos significativos. Los defectos representan desperdicio de recursos, incremento de costos e incluso impactos ambientales debido a que tiene que seguir otro proceso que los convierta en materia prima para ingresar nuevamente a todo el proceso de fundición.

La presente investigación está conformada por los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Se realiza el planteamiento teórico conformado por la descripción y formulación del problema, los objetivos de la investigación, justificación, delimitaciones, hipótesis, así como variables e indicadores en los cuales se basa la investigación. En este capítulo se incluyen también los aspectos metodológicos sobre los cuales se desarrollará la investigación asegurando que este bien fundamentada.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Capítulo 2: Se describe el marco de referencia, compuesto por antecedentes del tema de investigación, marco de referencia conceptual y marco teórico donde se mencionan las definiciones importantes a considerar.

Capítulo 3: Se realiza el diagnóstico de la situación actual y se detalla información relacionada a la empresa en estudio como rubro, actividad principal, reseña histórica, misión, visión, productos que ofrece, clientes, organigrama y su entorno.

Capítulo 4: Se desarrollo la propuesta de mejora a través de la metodología de gestión por procesos, para la que se considera la identificación y secuencia de los subprocesos, descripción del flujo del proceso, seguimiento y medición del proceso, terminando con la mejora de los procesos, donde se desarrollan las propuestas identificadas a través de las etapas iniciales de la metodología.

Capítulo 5: Se realiza la evaluación económica de las propuestas identificando los costos parciales y totales. Se calcula también los beneficios esperados y se realiza el análisis beneficio costo a fin de demostrar que las propuestas son viables cumpliendo con el objetivo definido al inicio de la investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

La gestión por procesos es una metodología que permite optimizar los procesos para mejorar la satisfacción de los clientes desde un enfoque de aseguramiento de la calidad, sin embargo, la empresa en estudio no ha realizado investigaciones ni propuestas relacionadas a la metodología mencionada por lo que es una oportunidad para mejorar su gestión y desempeño.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Descripción del problema

La presente tesis se desarrolla en torno a la problemática identificada en el área de Afino y Moldeo en la empresa de rubro minero en el sur de país, la cual tiene como producto final ánodos de cobre para la exportación. El proceso conlleva diferentes etapas para poder convertir el cobre blíster líquido en ánodos, con parámetros de control que deben cumplirse para asegurar que el producto obtenido sea dado como conforme, sin embargo, sin un adecuado control y gestión de la calidad, se producen también rechazos asociados a costos que podrían evitarse si se aplica una adecuada metodología enfocada en los procesos clave de la organización que influyen en el producto final. Los ánodos que no cumplen con los parámetros de control fijados para cada etapa del proceso son llamados ánodos rechazados y se procede a aplicar ciertas acciones correctivas como revisión de la maquinaria y cambio de moldes, mayor uso de recursos (desmoldante y adición de silicato de sodio) lo que significa una pérdida en tiempo y costo. Actualmente el porcentaje aproximado de ánodos rechazados equivale al 13% de la producción total mensual.

Dado esto, la empresa busca aplicar una metodología que le permita reducir estos productos rechazados y controlar de manera adecuada la calidad de los ánodos durante el moldeo, de manera que pueda cumplir de manera satisfactoria con sus clientes sin incurrir en costos innecesarios.

En este sentido, la gestión por procesos surge como una herramienta para mejorar los resultados empresariales asegurando la satisfacción de los clientes a través de la calidad de los productos entregados y la identificación de los procesos clave de la organización. De acuerdo a esto es que la empresa del rubro minero del sur del país se ve en la necesidad de aplicar esta metodología a fin de mejorar la eficiencia y eficacia del proceso de Afino y Moldeo y reducir los rechazos como producto del proceso, lo que le permitirá además mejorar la satisfacción de sus clientes y por lo tanto mantener su posicionamiento en el mercado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

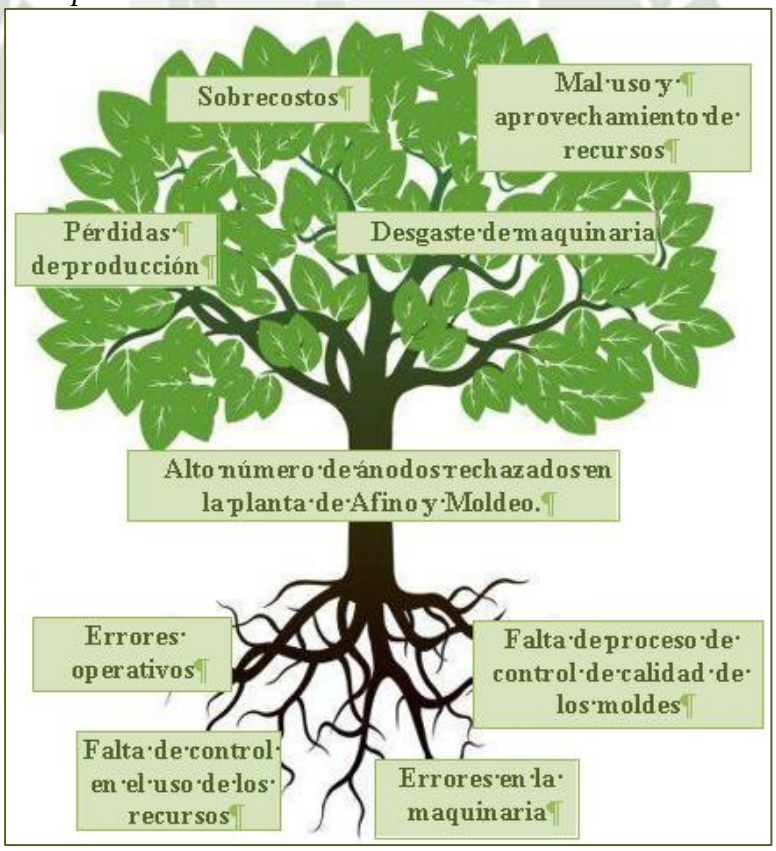
actual. Además, a través de la metodología en mención, va a poder analizar sus procesos desde un enfoque que le permita mejorar el valor ofrecido optimizando sus resultados teniendo una visión clara a fin de cumplir con los objetivos del área y, por ende, de la organización.

En base a lo mencionado anteriormente se ve la necesidad de realizar el presente estudio de investigación que permita realizar una propuesta de aplicación de la gestión por procesos para reducir el número de ánodos rechazados mejorando los procesos del área de Afino y Moldeo.

1.2.2. Árbol de problemas

Aplicando la herramienta de árbol de problemas y partiendo del contexto actual en el que se encuentra la empresa, se busca identificar principalmente las causas que generan un alto número de ánodos rechazados en la Planta de Afino y Moldeo, para tomar en cuenta las consecuencias que impactan en la problemática. Este análisis tiene como fin facilitar el planteamiento de alternativas de solución y puntos de optimización que se solucionen las causas raíz identificadas y por lo tanto lograr el objetivo de mejorar el proceso.

Figura 1
Árbol de problemas



Nota. Elaboración propia, 2024. La figura muestra las posibles causas que ocasionan la problemática de alto número de ánodos rechazados y las consecuencias producidas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

A partir de la Figura 1, queda claro que al corregir las causas raíz, se va a evitar o disminuir el impacto de las consecuencias de pérdidas de producción, sobrecostos, mal uso y aprovechamiento de los recursos y desgaste de la maquinaria.

1.2.3. Formulación del problema

¿De qué forma se puede reducir el número de ánodos rechazados mejorando el área de Afino y Moldeo de una empresa del rubro minero del sur del país aplicando la metodología de gestión por procesos?

1.2.4. Sistematización del problema

- ¿Cuál será la situación actual del proceso de Afino y Moldeo?
- ¿Cuáles serán los problemas y causales que generan las los ánodos rechazados en el proceso de Afino y Moldeo?
- ¿Cómo sería una propuesta de mejora que permita eliminar o mitigar los problemas identificados?
- ¿Cuál será el costo-beneficio de la implementación de la propuesta de mejora?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Realizar una propuesta de mejora en el área de Afino y Moldeo para reducir el número de ánodos rechazados en una empresa del rubro minero aplicando la metodología de gestión por procesos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis de la situación actual del área de Afino y Moldeo.
- Identificar los problemas y causas que generan ánodos rechazados en el área de Afino y Moldeo.
- Realizar una propuesta de mejora que permita eliminar o mitigar los problemas identificados.
- Realizar el análisis Costo Beneficio que implica la implementación de la propuesta de mejora.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Teórica

A través del presente estudio de investigación se busca demostrar la efectividad de la metodología de Gestión por Procesos para mejorar los resultados de la empresa en estudio de manera eficiente y eficaz, asegurando la satisfacción del cliente a partir del control de la calidad y generación de valor. La metodología en mención plantea la mejora continúa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

manteniendo el foco en los procesos y clientes.

1.4.2. Justificación Metodológica

Se justifica la necesidad de realizar el presente estudio de investigación con el que se aplicarán metodologías como la gestión por procesos y demás herramientas relacionadas para comprobar su efectividad y validez a fin de solucionar la problemática mencionada en el área de Afino y Moldeo con respecto a los ánodos rechazados.

1.4.3. Justificación Práctica

1.4.3.1. Política, Económica y/o Social.

El presente estudio de investigación se justifica ya que permitirá garantizar los resultados económicos evitando pérdidas a la empresa por productos rechazados por falta de gestión o control de los procesos claves, así como de los recursos que se involucran e influyen en la satisfacción del cliente asegurando la mejora continua de los procesos. De igual manera ayudará a un aporte social beneficiando al personal de la empresa ya que la metodología a aplicar fomenta la toma de decisiones a través del replanteamiento de la estructura organizativa de la empresa.

1.4.3.2. Profesional, Académica y/o Personal.

Se justifica la realización del presente estudio ya que permitirá aplicar y afianzar los conocimientos adquiridos en la formación academia de Ingeniería Industrial. Además, significa una oportunidad para aplicar herramientas relacionadas a la mejora de los procesos, lo que en lo personal me va a permitir obtener experiencia beneficiando a mi crecimiento profesional.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Temático

La presente investigación pertenece a la línea de investigación de Producción, Logística y Operaciones dado que el tema a desarrollar es la propuesta de implementación de la gestión por procesos, la cual busca mejorar los procesos del área de Afino y Moldeo.

1.5.2. Espacial

El presente estudio se realizará en una empresa del rubro minero ubicada en el sur del país, dentro del área de Afino y Moldeo.

1.5.3. Temporal

La data recolectada para la presente investigación corresponde a los años 2022 y 2023. El desarrollo de la tesis se dio desde marzo hasta noviembre del año 2024

1.6. Hipótesis

Si el deficiente desempeño de los procesos del área de Afino y Moldeo genera el rechazo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de ánodos, entonces es factible que la aplicación de la metodología de gestión por procesos pueda mejorarlos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

1.7. Variables e indicadores

Tabla 1

Variables e indicadores

VARIABLES	CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	FORMULA
VARIABLE INDEPENDIENTE Metodología de Gestión por Procesos	Metodología basada en gestionar actividades en lugar de departamentos, rompiendo el esquema organizativo tradicional. Este enfoque ayuda a desarrollar y mejorar un sistema de gestión de calidad, incrementando la satisfacción del cliente al cumplir sus requisitos (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, Tejedor , 2009)	Identificación y secuencia de los procesos	Procesos identificados	N° total de procesos identificados
		Descripción de cada proceso	Procesos caracterizados	$\frac{\text{N° de procesos caracterizados}}{\text{N° total de procesos identificados}}$
		Seguimiento y medición	Cumplimiento de indicadores	$\frac{\text{N° de indicadores que cumplen con la meta}}{\text{N° total de indicadores del proceso}}$
		Mejora de los procesos	Mejoras propuestas	$\frac{\text{N° de mejoras propuestas}}{\text{N° de mejoras identificadas}}$
VARIABLE DEPENDIENTE Procesos de Afino y Moldeo	Según informa la empresa en estudio, es el proceso por el cual se obtiene cobre anódico con características definidas a partir de la recepción en ollas de cobre blíster en los hornos de Afino.	Procesamiento	Operatividad de la sala de control	$\frac{\text{N° de fallas}}{\text{mes}}$
		Desempeño del proceso	Ánodos con orejas delgadas/gruesas	$\frac{\text{N° ánodos con orejas delgadas/gruesas}}{\text{N° total de ánodos}}$
			Ánodos con rebaba	$\frac{\text{N° ánodos con rebaba}}{\text{N° total de ánodos}}$
			Ánodos con orejas dobladas	$\frac{\text{N° ánodos con protuberancias}}{\text{N° total de ánodos}}$
			Ánodos con protuberancias	$\frac{\text{N° ánodos con orejas dobladas}}{\text{N° total de ánodos}}$
			Ánodos rechazados Aut. Casting	$\frac{\text{N° ánodos rechazados por Aut. C}}{\text{N° total de ánodos}}$

Nota. Elaboración propia, 2024.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.8. Aspectos metodológicos

1.8.1. Diseño

La presente investigación se basa en la observación de la situación actual de las variables sin influir sobre ellas, debido a que ya ocurrieron en un momento dado, al igual que sus efectos. Para Hernandez et al. (2006), esas características corresponden a un diseño no experimental transversal.

1.8.2. Tipo de investigación

La presente investigación busca hacer predicciones en base situación actual de la empresa buscando especificar características importantes que causan un fenómeno, describiendo tendencias; de acuerdo con Hernandez et al. (2006) estas características corresponden a un tipo de investigación descriptiva.

1.8.3. Nivel

En la presente investigación se recolectan simultáneamente datos cuantitativos y cualitativos para llevar a cabo el análisis y se involucran en el mismo estudio.

Según Hernandez et al. (2006), estas características corresponden a un enfoque mixto.

1.8.4. Levantamiento de Información

1.8.4.1. Técnicas

- Observación: Técnica cuyo objetivo es la comprensión de procesos y los eventos que suceden a través del tiempo para identificar problemas y generar hipótesis para estudios futuros. (Hernandez et al., 2006)
- Entrevistas: Dialogo orientado entre el investigador y una persona o grupo de personas, cuyo objetivo es obtener información relevante. (Babbie, 2000)

1.8.5. Instrumentos

1.8.5.1. Guía de observación documental

Se realizará una revisión y análisis de la información actual disponible en el área, como lo es:

- Formatos de control de la producción y calidad de ánodos
- Reportes de características químicas de los ánodos
- Reportes diarios de Hornos de Afino

El análisis comprenderá data de los años 2022 – 2023, de esta manera se tendrá información real acerca de la producción de ánodos y las principales razones de rechazo.

Estos datos serán clasificados por fecha mensual y por defecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.8.5.2. Guía de entrevista

La entrevista será diseñada para las personas que tienen conocimiento del proceso productivo del área de Afino y Moldeo. Se realizarán entrevistas escritas al jefe de área y supervisor principal. El principal objetivo es utilizar este instrumento es conocer, desde la experiencia del entrevistado, las principales deficiencias del proceso y llevar a cabo un diagnóstico sobre las causas de la producción de ánodos rechazados, así como también de las posibles mejoras que podrían implementarse.

1.8.6. Población

El tipo de muestreo será censal, el cual indica que todos los componentes de la población conformarán la muestra. En la empresa, todos los procesos operativos del área de Afino y Moldeo que son 8:

- Carga
- Calentamiento
- Oxidación y reducción
- Preparación de la rueda de moldeo y aplicación del desmoldante
- Moldeo de ánodos
- Enfriamiento y extracción
- Cambio de pines
- Almacenamiento y despacho

1.8.6.1. Análisis y procesamiento de Datos

El análisis y procesamiento de los datos proporcionados por las fuentes mencionadas previamente a través de los instrumentos y técnicas especificadas, se incluirán en el programa Microsoft Excel. De esta manera permitirá agrupar los datos para obtener gráficos que faciliten la interpretación de la data a fin de implementar una correcta propuesta de mejora de acuerdo a las deficiencias encontradas.

1.8.7. Criterios para el manejo de resultados

Con la información recopilada que será representada de forma gráfica, será necesario llevar a cabo un análisis de causa que nos permita tener una visión mucho más completa del problema a tratar. Esto también servirá de apoyo para comprobar la hipótesis planteada con el principal fin de que al final del desarrollo de la investigación se formule una conclusión general que oriente a la solución de los problemas identificados. La data proporcionada por la empresa es la base de la investigación, puesto que permitirán entender la situación actual y fijarlo como punto de partida para empezar a identificar oportunidades de mejora en el área de estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II. MARCO DE REFERENCIA TEÓRICO

2.1. Antecedentes del tema de investigación

Medina, Nogueira, Hernández, Comas (2019) *Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo, Ingeniare, Arica-Chile*

Investigación que busca lograr el enfoque al cliente, alineamiento estratégico y mejora continua a través de la aplicación de un procedimiento enfocado en los procesos. De la misma forma representa los procesos que contribuyen a la integración de sistemas de gestión alineados a los Normas ISO. Se deja en claro que las tradicionales estructuras organizativas se basan en la fragmentación de procesos, división del trabajo y jerarquización de funciones a fin de buscar una especialización individual quitándole importancia al resultado final de todo el trabajo. Sin embargo, a través de la gestión por procesos se busca alinear los mismos con la estrategia, misión y objetivos logrando de esta manera incrementar la satisfacción del cliente, el valor añadido y la capacidad de respuesta lo que hace que la organización sea muy más flexible y rápida en su propio entorno y centrada en sus propios aspectos esencial y objetivos a alcanzar.

Pomares y Jaimes (2020), *Enfoque basado en procesos en las empresas de calzado en el departamento de Santander;* Universidad de Pamplona, Santander-Colombia

Artículo que demuestra que un enfoque basado en procesos es la metodología más efectiva de gestión de las actividades y recursos de cualquier empresa, sin importar su tamaño, ya que permite alcanzar los objetivos y resultados propuestos, aumentar la eficiencia y eficacia. Luego de un análisis de la literatura con respecto a la gestión por procesos se muestra además la metodología de implementación y los principales beneficios, entre ellos el cumplimiento de objetivos, la mejora de las expectativas de los clientes y la optimización de todos los recursos. Demuestra que la gestión por procesos es de vital importancia para implementar adecuadamente un sistema de gestión de la calidad de acuerdo a las Normas ISO.

Cervantes, Murillo, Zamora, Rodríguez (2020), *Planificación estratégica en la gestión por procesos del cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Valencia, Provincia de Los Ríos,* Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo-Ecuador

Investigación realizada a fin de evaluar la gestión de procesos en la producción de cacao. Para la identificación de estrategias se utilizó la matriz FODA, Confrontación y CAME. Se demuestra la relación de la administración por procesos con la calidad de la empresa en estudio, por lo que al implementar esta nueva gestión propuesta fue posible ver a la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

organización como una red de procesos interrelacionados que permita maximizar los rendimientos y mejorar su calidad. Como resultado de la implementación se vio que la propuesta de la gestión por procesos ayudaría a los productores a incrementar sus niveles de producción y, por lo tanto, mejorar sus niveles de ingresos. Se demuestra que el aumento de la productividad se irá dando a medida que se implemente el modelo de gestión procesos con determinados factores claves de éxito.

Donayre, Martínez (2019), *Reducción de mermas de tela acabada del área de tintorería mediante la gestión por procesos en una empresa textil*, Universidad César Vallejo, Lima-Perú

Investigación cuyo objetivo principal fue comprobar la medida en que la Gestión por Procesos puede reducir la merma de tela acabada en el área de tintorería en la empresa Textil Díaz Ponce E.I.R.L. La investigación partió de la necesidad de la empresa por cubrir su demanda y aumentar la satisfacción de sus clientes. A partir de un análisis previo a la misma se identificó su problemática debido a que no se contaba con un procedimiento apropiado en el proceso de acabado, causa principal de los altos porcentajes de merma y pérdidas económicas. Como parte de la implementación de la Gestión por Procesos, se utilizaron también otras herramientas de calidad como el diagrama de Ishikawa, matrices de correlación y diagrama de Pareto a fin de identificar las causas de la problemática.

Se concluyó en que un enfoque de procesos, permitiría establecer un nuevo sistema para mejorar, reducir pérdidas y garantizar la calidad a través del cumplimiento de objetivos e indicadores de gestión.

Sánchez, Zavaleta (2019), *Aplicación de la Gestión por Procesos para aumentar la rentabilidad en ECROMSA S.A.C*, Universidad César Vallejo, Chimbote-Perú

Estudio que resuelve la problemática presentada por la empresa ECROMSA

S.A.C a través de la Gestión por Procesos con el objetivo de llevar un proceso totalmente estructurado, con mecanismos de control y de mejora, y de esta forma lograr un incremento de la satisfacción del cliente. Como parte del desarrollo del estudio se utilizaron diferentes herramientas de gestión como: matriz FODA, diagrama de Pareto y diagrama de Ishikawa. Además, a fin de aplicar la metodología de forma efectiva se diseñó un mapa de procesos para así elaborar a detalle la descripción del mismo con características y responsables por indicador a fin de cumplir con metas en específico. Al concluir el diseño e implementación de la propuesta se lograron notables cambios que ayudaron a la empresa a obtener mejores resultados y estandarizar sus procesos mejorando también sus indicadores de eficiencia económica, tener más ingresos y disminuir los índices de reclamos. (Sánchez Velásquez &

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Zavaleta Roldán, 2019).

Coaguila (2017), *Propuesta de implementación de un modelo de Gestión por Procesos y Calidad en la empresa O&C Metals S.A.C*, Universidad Católica San Pablo, Arequipa – Perú

Estudio realizado en una empresa dedicada a la realización de proyectos de fabricación y montaje de estructuras metálicas en el sector minero. El principal objetivo fue la aplicación de la metodología de Gestión por Procesos a fin de reducir los reclamos de los clientes, evitar pérdidas monetarias y mantenerse como una empresa competitiva en su rubro. Luego de un análisis a la misma empresa se pudo diferenciar la problemática existente debido a la mala gestión de los procesos, falta de normalización de los procedimientos y falta de control de indicadores de calidad afectando a los tiempos de producción.

Además de la aplicación de la metodología, también se siguieron los lineamientos dados por la Norma ISO 9001:2015 para poder mejorar el desempeño de los procesos y, por ende, satisfacer las necesidades de sus clientes. Al finalizar la investigación, se verificó la eficacia de la propuesta a través de su aporte al logro de objetivos, solución a la problemática y rentabilidad (Coaguila Gonzales, 2017).

2.2. Marco de referencia conceptual

- Gestión: Disciplina formada por principios, prácticas, métodos y técnicas que permiten la planificación, organización, dirección y control de los recursos a fin de lograr objetivos (Manriquez, 2014).
- Procesos: Secuencia de actividades ordenadas y repetitivas que tiene como fin crear valor para un cliente a través de un producto medible o evaluable, mecanismo que transforma entradas en salidas utilizando diferentes recursos (Fernández, 2004).
- Gestión por procesos: Modelo de gestión para la obtención eficiente de resultados relacionados a la satisfacción del cliente y de las partes interesadas tomando en cuenta las actividades y recursos clave dentro del proceso orientando a la organización a los resultados deseados. Estructura que está orientada a los clientes reconociéndolos como elementos de entrada en el sistema de gestión de calidad y parte de la mejora continua de los procesos (Beltrán et al., 2009).
- Eficiencia: Grado en que se cumplen los objetivos de una iniciativa al menor costo posible, referido a recursos tangibles o intangibles. Implica el uso racional y óptimo de los recursos e insumos para el logro de metas esperadas y minimización de costos. (Mokate, 2001)
- Eficacia: Medida en la que se cumplen los objetivos y metas propuestas en un periodo de tiempo previsto y con la calidad esperada sin considerar los costos o recursos necesarios para su realización, necesario para lograr la eficiencia (Mokate, 2001).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

- Procedimiento: Descripción detallada de las actividades o procesos que son parte del hacer de una organización en específico. Compuesta por tareas muy específicas con tiempos de duración y relaciones entre las mismas para lograr un resultado esperado (Bravo, 2009).
- Mejora continua: Base del enfoque de calidad de las organizaciones, promueve el enfoque basado en procesos y un sistema de gestión de la calidad a fin de aumentar la satisfacción del cliente dando cumplimiento a sus requisitos (García et al., 2003).
- Optimización: Medida de mejora que permite reducir los desperdicios, costes, plazos de entrega asegurando la calidad. Permite obtener ventaja competitiva y un beneficio general para la empresa (Granizo, 2018).
- Estandarización: Herramienta para guiar el trabajo de una organización y garantizar que el producto final sea conciso. Requiere de recursos materiales y humanos que permiten disminuir el riesgo por fallas de calidad y de desperdicios y tiempo, permite el aumento de la productividad (Yunuen Mira de Jesus, 2016)
- Indicadores de gestión: Herramienta clave para el logro de la competitividad de la empresa, proporcionan información contante sobre diferentes aspectos como la eficacia, eficiencia, productividad y calidad. Medios para mantener los procesos bajo control. (Beltrán, 2000)
- Take-off: Mecanismo de levante de los ánodos, el cual saca los ánodos de la rueda de moldeo y los coloca en la tina de enfriamiento (Malagueño, 2011).
- Blíster: Producto final del área de Convertidores que es la materia prima para el proceso de afino en los hornos, conocido también como cobre ampolloso. (Empresa en estudio, Manual del Sistema Integrado de Gestión., 2023)
- Collarín: Regleta que se coloca al contorno de la boca del horno para evitar que la carga se derrame o ensucie la superficie. (Empresa en estudio, Manual del Sistema Integrado de Gestión., 2023)
- Colada: Operación que consiste en bascular el horno para que fluya el cobre líquido hacia la rueda de moldeo. (Empresa en estudio, Manual del Sistema Integrado de Gestión., 2023)
- Desmoldante: Compuesto químico cuya principal función es evitar que el cobre se pegue a los moldes, debido a una baja conductividad térmica también cumple con la función secundaria de aislar térmicamente el molde. (Malagueño, 2011)
- Basculado: Operación que consiste en girar el horno hacia el lado de la piquera de colada permitiendo la salida de cobre líquido. (Empresa en estudio, Manual del Sistema Integrado de Gestión., 2023)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.3. Marco teórico

2.3.1. Gestión por procesos

La calidad percibida por el cliente y la satisfacción del mismo es producto de la forma en que la organización gestiona todas las actividades que conforman cada uno de sus procesos, si una empresa conoce sus procesos será capaz de optimizarlos y mejorarlos. Los directivos deben tener una estructura alineada al cumplimiento de sus objetivos, misión y visión establecidos, dado esto es que la gestión por procesos se ha definido como una de las herramientas más efectivas para la mejora de las organizaciones además de orientar las actividades hacia la satisfacción del cliente y sus necesidades a través de la mejora continua y aumento de la productividad. Esta metodología se centra en cada uno de los procesos fijando indicadores que permitan detectar posibles desviaciones y poder corregirlas antes de que esto afecte al resultado final. "Para poder controlar el efecto (resultado), es necesario actuar sobre la causa (proceso)". (Ministerio del Fomento, 2005)

De acuerdo a la Normal ISO 9001:2015, esta metodología basada en procesos se centra en la gestión de las actividades y no en los departamentos, rompiendo este esquema tradicional de las organizaciones. Se promueve la adopción de este enfoque para desarrollar, implementar y mejorar la eficacia de un sistema de gestión de calidad, ya que de esta manera se puede aumentar la satisfacción del cliente al cumplir con sus propios requisitos (International Organization for Standardization, 2015). Al reconocer la interrelación entre procesos, la organización podrá lograr los resultados esperados mejorando su eficiencia y eficacia, de igual manera este enfoque hace efectivo el control de estas interrelaciones de modo que se facilite la mejora del desempeño total de la organización al verlo como un solo sistema que tiene como fin la satisfacción del cliente.

De igual manera el modelo EFQM plantea la gestión por procesos como uno de sus fundamentos de la excelencia, indicando que esta metodología permite que las empresas sean mucho más efectivas en cuanto a todas las actividades que realizan al gestionarlas para la búsqueda equilibrada de todos los grupos de interés involucrados (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, Tejedor , 2009). La organización debe modelar todas sus actividades estableciendo una adecuada estructura de sus procesos, describiéndolos y estableciendo un sistema de seguimiento y control, que le facilite la medición del desempeño, de manera que se puedan incluir las mejoras que sean necesarias para satisfacer cada vez más a sus clientes y demás grupos de interés que formen parte de la organización.

El sistema de control es un aspecto clave en la gestión por procesos, ya que permite determinar que procesos necesitan ser mejorados, estableciendo prioridades para llevar a

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cabo la planificación de las acciones de mejora. El sistema de control debe centrarse en variables determinantes dentro del proceso que proporcionen información valiosa como resultados, funcionamiento y satisfacción del cliente (Camisón, 2006). Todo ello contribuye a un sistema proactivo que permitirá contar con información útil para la toma de decisiones dentro de la organización.

Según "Guía para una gestión basada en procesos (Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, Tejedor , 2009), se puede implementar este enfoque a través de los siguientes pasos:

- Identificación y secuencia de los procesos: Utilizando herramientas como el mapa de procesos se puede reflexionar acerca de los procesos que intervienen dentro de la organización, de manera que se puede identificar los más significativos, en este caso pueden ser, por ejemplo, aquellos que tienen mayor influencia en la satisfacción cliente y en la calidad del producto, aquellos que tienen influencia en la misión y estrategia o los que incluyen riesgos económicos. El mapa de procesos permitirá agrupar los procesos identificados y ver las interrelaciones existentes entre ellos.
- Descripción de cada proceso: El principal fin de la descripción del proceso es poder saber cómo es que cada uno de ellos transforma entradas en salidas, por lo tanto, es necesario determinar los criterios, métodos y controles que son utilizados para que las actividades que lo componen se lleven a cabo de forma eficaz. Se puede llevar a cabo utilizando distintas herramientas como el Diagrama de Proceso y Ficha de Proceso.
- Seguimiento y medición: Al llevar a cabo un seguimiento y medición de los procesos actuales de la organización, se puede analizar y reflexionar acerca del cumplimiento de sus resultados con respecto a sus objetivos previstos, este es un aspecto clave en la Gestión por Procesos. De acuerdo a este análisis es que es el punto de partida para el planteamiento y planificación de mejoras, se deben plantear indicadores que permitan conocer la capacidad y eficacia del proceso de acuerdo a los recursos utilizados y los resultados obtenidos.
- Mejora de los procesos: De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en el paso de seguimiento y medición es posible identificar aquellos procesos que no alcanzan los resultados planificados y aplicar las acciones correctivas necesarias y asegurar que las salidas del proceso cumplan con las especificaciones necesarias, así como identificar también donde existen posibles oportunidades de mejora. Para ello se pueden seguir una serie de pasos de acuerdo al ciclo de mejora continua de Deming o ciclo PHVA.

2.3.1.1. Procesos

Toda organización puede estar entendida como un sistema complejo, es decir un conjunto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

de procesos que le permite crear valor y cumplir objetivos, dicho esto, un proceso es la secuencia de actividades repetitivas, con un orden determinado, cuyo producto tiene un valor percibido por el cliente. (Beltrán, J., Carmona, M. A., Pérez, A., & Tejedor, F., 2009). Un proceso además tiene la característica fundamental de transformar uno o más insumos en uno o más productos para un cliente interno o externo, a través de la selección de técnicas y estrategias adecuadas, se pueden diseñar procesos que contribuyan a una ventaja competitiva. (Krajewski et al., 2008). Todo proceso consta de los siguientes elementos:

- Entradas (input): Insumos, productos o servicios obtenidos por otros proveedores o de la salida de otros procesos.
- Proceso: Actividades, factores, medios y recursos. Incluye un sistema de control con indicadores del funcionamiento del proceso para garantizar la satisfacción del cliente. Salidas (output): Producto con la calidad definida en el proceso.

En el proceso interactúan además distintos factores como personas con habilidades y competencias adecuados, materias primas con características requeridas por el proceso, recursos físicos en condiciones adecuadas de uso y procedimientos, métodos o instructivos que indiquen el cómo de las actividades (Pérez, 2004). Se pueden distinguir dos tipos diferentes de procesos:

- Procesos del Negocio: Van de acuerdo a la misión del negocio, destinados a satisfacerlas necesidades de los clientes. Dentro de estos:
  - Procesos estratégicos: Destinados a la planificación y control de los recursos. Encargados de dirigir a los demás procesos de manera que estén orientados a la misión y visión de la empresa.
  - Procesos operativos: Son la actividad primaria de la cadena de valor por lo que impactan directamente en la satisfacción del cliente y la misión de la empresa.
- Procesos de Apoyo: Conformado por los servicios internos de la organización necesarios para que se puedan realizar los procesos estratégicos y operativas de manera adecuada. (Mallar, 2010)
- Lo procesos deben tener objetivos claros a alcanzar, los cuales deben ser medibles a fin de poder evaluarlos periódicamente, deben contar con los recursos necesarios para su puesta en marcha y además contar con un responsable que se encargue y garantice su control y desempeño adecuado.

2.3.1.2. Mapa de procesos

El mapa de procesos es una útil herramienta que permite que la organización pueda representar todos sus procesos y la relación que existe entre ellas. Es importante reconocer

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

que los procesos no son independientes uno de otros, sino que trabajan de manera conjunto con el fin de satisfacer un objetivo común. Cuando las organizaciones se preocupan por hacer entender a sus empleados que sus actividades individuales son parte de algo mayor, es cuando se empieza a notar el cambio en el logro de sus metas y objetivos. Este diagrama permite ver los procesos estratégicos, operativos y de apoyo. Esta herramienta permite detectar lo que no agrega valor al producto final del proceso. Para elaborar el mapa de procesos se puede seguir la siguiente metodología:

- Identificar todos los procesos de la organización
- Determinar los Factores Clave de Éxito
- Identificar los Procesos Clave de la organización a través de un mapa de procesos
- Clasificar los procesos según los Factores Clave de Éxito

A través de esta herramienta se puede identificar claramente la importancia que tiene cada proceso en la organización, de manera que la gestión se enfoque en ellos. Estos procesos clave de la organización son los que deben mejorar contantemente, puesto que así se aumentará el valor agregado de la organización. (Pico, 2006). El mapa de procesos es una herramienta muy útil y necesaria para tener una visión global de todas las actividades que se realizan en la organización y reconocer aquellas que no aportan valor al producto final, de esta manera permite tomar decisiones estratégicas que aporten a la mejora continua.

2.3.1.3. Ciclo de mejora continua – PHVA

El ciclo PHVA, es un proceso que permite y facilita la mejora de la calidad en los procesos de cualquier organización, es un método de mejora continua (Camisón, 2006). El ciclo abarca desde el estudio de un problema inicial hasta la formulación e implementación de un plan de mejora.

- Planificar: Definir el problema, causas y posibles soluciones. Se pueden utilizar herramientas como: Brainstorming, Diagrama de Pareto y Diagrama de causa-efecto.
- Hacer: Efectuar los cambios planificados o soluciones planteadas. Se pueden utilizar herramientas como: Gráficos de barras o circulares.
- Verificar: Recopilar datos de control para evaluar los resultados, seguido de ello se procede a estandarizar y planear las posibles mejoras a través de la asignación de nuevas responsabilidades y operaciones. Se pueden utilizar herramientas como: Histogramas, gráficos de control y de línea.
- Actuar: Documentar la solución a través de procedimientos, instructivos y registros.

A través de estos pasos es que cada una de las organizaciones se incluyen dentro de un proceso de transformación y mejora continua de la calidad, adecuándose a los constantes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cambios de su entorno (Carro & Gonzáles, 2008).

2.3.1.4. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento permite conservar y aprovechar la operatividad de un equipo con una debida eficiencia y eficacia, además esto es un factor relacionado directamente a la calidad de la producción.

Actualmente en la industria se suele tomar como criterio general el mantenimiento únicamente de los componentes que son considerados críticos y que influyen directamente en el sistema de producción, quitando de foco a otros componentes dejando que trabajen hasta que fallen, es decir actualmente el mantenimiento más común es el mantenimiento correctivo, siendo el más sencillo, pero no el más adecuado.

Existen diferentes tipos de mantenimiento que se ajustan según la operatividad y proceso productivo de cada empresa y es de suma importancia plantear cuando es el mantenimiento más óptimo para evitar que se den intervenciones no programadas ya que se puede incurrir en costos por pérdida de producción que puede ser mayor incluso a los costos de reparación, pérdidas de tiempo debido a que los equipos no se encuentran disponibles para continuar con la producción, posibles accidentes que afecten a los trabajadores. (Sánchez & Zavaleta, 2019). El objetivo del mantenimiento preventivo es identificar y corregir problemas antes de que ocasionen fallas en los equipos trabajando de manera conjunta con todo el personal involucrado quienes pueden colaborar con la inspección de los equipos. Este tipo de mantenimiento se basa en diseñar un programa con frecuencias fijadas para realizar inspecciones y cambio de partes de acuerdo a su estado, para evitar fallos, paros y por lo tanto alcanzar y asegurar una alta efectividad.

El mantenimiento preventivo incluye acciones referidas a: reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc. de acuerdo a tiempos calendario o uso de la maquinaria en el proceso.

De acuerdo a ello, se va a considerar los siguientes puntos para la planificación del mantenimiento preventivo (Muñoz, 2004):

- Definición de partes y elementos que serán objeto del mantenimiento
- Establecer la vida útil de las partes definidas
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar los trabajos según las fechas calendario en que se darán las intervenciones

El mantenimiento preventivo debe apoyar a una adecuada sistematización y cumplimiento de los procesos, asegurando la confiabilidad, la calidad y productividad lo que conlleva al cumplimiento de las necesidades de los clientes. Es importante reconocer que la

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

planificación de los trabajos que se incluyen como parte del mantenimiento preventivo deben ir de la mano con una adecuada asignación de recursos, programación, instrucciones de trabajo que permitan llevar a cabo un seguimiento, control y uso de la ejecución del trabajo. El costo del mantenimiento preventivo suele ser más elevado que el correctivo, pero de igual manera es mucho menor al costo por falla de equipo o paradas no programadas. (SENATI, 2007)

En conclusión, el mantenimiento preventivo es una muy buena alternativa que pueda garantizar las siguientes ventajas (Villalobos, 2011):

- Las instalaciones operan en mejores condiciones de seguridad
- Los equipos tienen mayor vida útil que cuando tienen un sistema de mantenimiento correctivo
- Se reduce el costo de reparaciones
- Reducción de costos de inventarios
- Carga de trabajo uniforme
- Aumento de confiabilidad

2.3.1.5. Plan de capacitaciones

Todas las empresas y organizaciones deben tomar en cuenta la importancia de brindar bases para que sus colaboradores o empleados tengan la preparación necesaria y especializada de manera que se asegure que estos realicen sus tareas diarias en las mejores condiciones posibles, esto a su vez beneficia a las empresas al alcanzar altos niveles de motivación, productividad, integración, compromiso y solidaridad entre el personal. (Aguilar-Saven, 2004). La capacitación es el conjunto de acciones de preparación, que son planificadas y llevadas de manera periódica, tomado como una inversión para las organizaciones ya que permiten mejorar las competencias y calificaciones de sus trabajadores de manera que puedan cumplir con calidad las funciones del cargo, asegurar su desempeño exitoso y alcanzar los máximos resultados productivos o de servicios. (Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2007). Mencionado esto, las organizaciones deben tener un modelo de capacitación interna para mantenerse competitivas a su nivel asegurando la calidad de sus productos de cara a sus clientes.

La capacitación tiene varios propósitos fundamentales a perseguir, entre estos:

- Elevar la calidad del desempeño: La capacitación da la oportunidad de identificar los puntos bajos de desempeño individual por falta de conocimientos o habilidades.
- Resolver problemas: La capacitación es un proceso eficaz de apoyo a los problemas que debe enfrentar la alta dirección con respecto a las metas trazadas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Actualizar conocimientos y habilidades: En las empresas se llevan a cabo constantes cambios tecnológicos, que modifican la forma de realizar las labores. Por lo tanto, con las capacitaciones se asegura cubrir estos vacíos en materia de conocimientos y habilidades.

La capacitación es una de las mejores inversiones en recursos humanos de una empresa, así como una forma de asegurar el bienestar y productividad de los operadores. Al tomarlo como una inversión, dará resultados más adelante que llevarán al cumplimiento de metas. Al no contar con un plan de capacitaciones, se tiene consecuencias como sobrecostos por pérdidas, baja productividad, menor calidad, retrabajo, desperdicio de materia prima, etc. La capacitación de competencias es el factor más importante para mejorar la calidad y lograr la efectividad (Parra & Rodríguez, 2016).

Es importante reconocer que la capacitación engloba un aprendizaje a través de la práctica, ya que si es solo teórico no permitirá que el operario pueda realizar lo aprendido y corroborar los resultados, despejando además cualquier duda o inquietud. Con ello se tiene la seguridad de que se realice la operación de manera adecuada buscando incrementar la productividad. En la capacitación debe tenerse en cuenta (Qian et al., 2008):

- Identificar las necesidades específicas de la capacitación, así como las posibles alternativas para cubrir estas necesidades para cada trabajador.
- La rentabilidad de la capacitación, lo gastado en el entrenamiento debe producir mejoras en el desempeño individual, calidad y productividad.
- Asegurarse de contar con instructores competentes para impartir los cursos de entrenamiento que permitan optimizar tiempo, costos y resultados.

Una organización que mejor formado tenga a su personal, tiene la ventaja de poder adaptarse más rápido y fácil a los cambios tecnológicos y económicos.

De acuerdo a lo mencionado, se puede aplicar una metodología basada en pasos que permita elaborar un correcto plan de capacitaciones que asegure la productividad de la empresa (Godínez & Hernández, 2015).

- Detección de necesidades (DNC)
- Planear la capacitación anual, es importante darle mayor peso a la capacitación operativa ya que da mayores beneficios.
- Avisar a las áreas involucradas en el plan de capacitación.
- Fijar indicadores de avance en el plan de capacitación, definir metas de participación. Comunicar el avance a las personas involucradas.
- Incluir dentro del plan periodos de evaluación de resultados para medir el impacto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Al aplicar la metodología mencionada, se podrá cubrir todas las necesidades de capacitación que tienen los trabajadores en la Planta de Afino y Moldeo.

2.3.2. Proceso de Afino y Moldeo

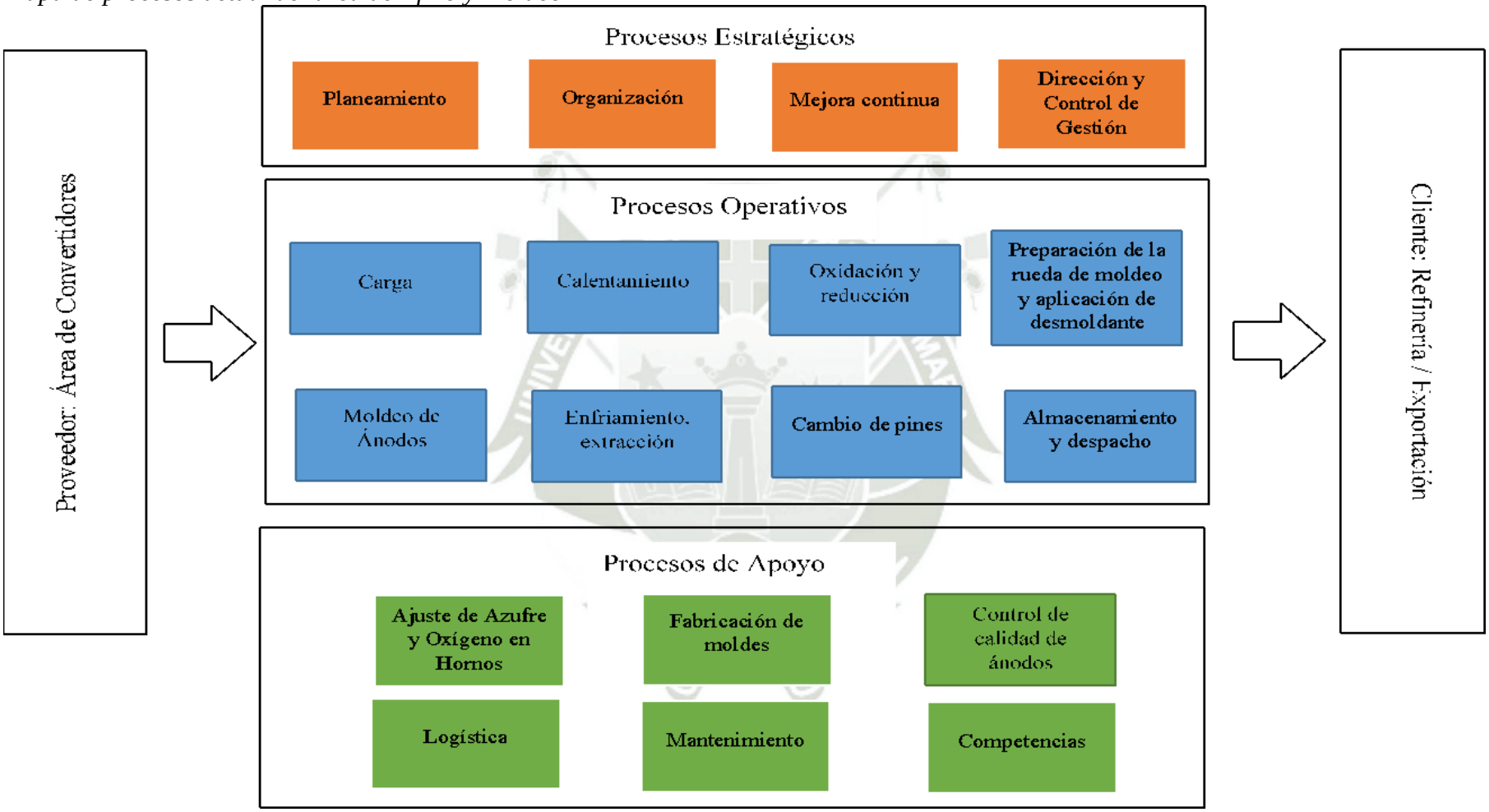
El proceso del área de Afino y Moldeo, tiene como objetivo procesar el cobre blíster o cobre ampolloso proveniente del área de Convertidores, para obtener ánodos de cobre con características físicas y químicas definidas en la documentación de la empresa, con una pureza de 99.7%, los cuales posteriormente son transportados a la Refinería, donde son sometidos a un proceso de Electrorefinación para ser aún más purificados y obtener cátodos de cobre para la exportación, con una pureza de 99.99%.

En la siguiente figura, se puede observar el mapa de procesos del área de Afino y Moldeo, elaborado con la información proporcionada por la empresa. A través del mapa de procesos se tiene como objetivo tener una visión general de las actividades interrelacionadas que conforman todo el proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura 2

Mapa de procesos actual del área de Afino y Moldeo



Nota. La empresa. Elaboración propia, 2024. La figura muestra los procesos estratégicos, procesos operativos y procesos de apoyo que forman parte del área de Afino y Moldeo

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Con lo mostrado en el mapa de procesos reflejado en la Figura 2, se facilita la identificación de aquellos procesos donde se centra la problemática. Estos procesos trabajan de manera interrelacionada para añadir valor y tener como producto final los ánodos de cobre. La información acerca de los procesos fue obtenida por medio de una entrevista con el supervisor de la planta, la cual se encuentra en el Anexo 1 y de la documentación (procedimientos, PETS) de la empresa. Los procesos mencionados, se detallan a continuación.

2.3.2.1. Carga

Previa inspección del horno de afino y el quemador principal, se recibe la primera carga de cobre, proveniente del área de Convertidores, se incrementa el flujo de petróleo de tal manera que el horno tenga buena temperatura al momento de la recepción. Esta parte inicial del proceso requiere que la piquera de cobre se encuentre limpia y en buenas condiciones. Se completa la carga con un promedio de 9-14 ollas con un peso promedio de 30 toneladas cada una, las cuales son transportadas por grúas puente.

2.3.2.2. Calentamiento de la carga

Se busca obtener la temperatura mínima de arranque del proceso regulando el quemador del horno con la llama oxidante 1 y los ventiladores de dilución y succión de manera que se aproveche el calor requerido dentro del horno. El calentamiento de cobre blíster líquido se realiza ya que muchas veces se completa la carga total del horno con cobre del holding, que son hornos de retención o espera, por lo tanto, es necesario que el cobre se caliente de manera uniforme para alcanzar la temperatura necesaria para empezar con la siguiente etapa. El horno alcanza una temperatura entre 1 100 a 1 120 °C en un tiempo aproximado de 30 a 40 minutos.

2.3.2.3. Oxidación y reducción

El cobre previamente calentado y con la temperatura adecuada, se procede a cambiar en el Panel View al modo de Oxidación, el cual busca oxidar las impurezas de la carga a través de la inyección de aire a valores prefijados de presión y flujo. Se bascula el horno para empezar con el proceso de escoriado en ollas, la cual debe salir de forma intermitente para evitar que salga cobre por exceso de flujo, por cada carga se dan aproximadamente 2 ollas de escoria en 20 minutos. Para controlar la oxidación se toman muestras regulares hasta que esta muestre un rechupe y finalmente se envían muestras finales a laboratorio para determinar el contenido de oxígeno, azufre y arsénico. La temperatura ideal de fin de oxidación es entre 1 130 y 1 147 °C.

Continuando con la siguiente etapa del proceso que es la reducción, consiste en reducir

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

la concentración de óxido disuelto en el cobre mediante la adición de GLP y vapor a valores prefijados de flujo y presión. Además, es importante regular las compuertas de entrada y salida de los ventiladores para mantener la temperatura adecuada. Al verificar que los gases emitidos por el baño son limpios y el aspecto es el adecuado, se toma una primera muestra de cobre para evaluar el grado de reducción. La primera muestra de cobre, se toma aproximadamente después de media hora de introducir el GLP. El principal objetivo de esta parte del proceso es obtener una superficie plana en el cobre, la coloración cambia de rosado opaco a negro en el centro. Se termina el proceso de reducción con la escorificación de limpieza, se verifica la temperatura para cumplir con 1200 °C.

2.3.2.4. Preparación de la rueda de moldeo y aplicación del desmoldante

Antes de bascular el horno, es necesario realizar el cambio y calentamiento de las cucharas de moldeo, mediante quemadores a gas. El recubrimiento refractario de los canales de colada está a cargo del taller de Mantenimiento de Planta.

La preparación de la rueda de moldeo se hace con el fin de poder maquinar los moldes de los ánodos para que el producto final tenga una superficie uniforme y no sea rechazado. En caso el molde posee protuberancias, este debe ser cambiado.

Al terminar de maquinar el molde, se procede a aplicar sobre la superficie desmoldante a los cabezales de los pines botadores para permitir desmoldar el ánodo del molde y evitar que el cobre líquido se adhiera al pin.

El material desmoldante es rociado también dentro de la superficie del molde. Esta actividad se hace mientras la rueda está parada, después de la aplicación con desmoldante, los moldes son movidos hacia la sección secado antes de ser movidos a la sección moldeo.

2.3.2.5. Moldeo de Ánodos

Al alcanzar la temperatura de colada requerida entre 1200 y 1250 °C, se procede a bascular el horno, el cobre en estado líquido fluye continuamente del horno a través de un canal estacionario hacia la cuchara intermedia, es necesario mantener un buen flujo de cobre para que las cucharas tengan un nivel adecuado de cobre, evitando rebalses o enfriamiento. La cuchara intermedia recibe aproximadamente 3000 kg de cobre y deposita una cantidad determinada de cobre en la cuchara de moldeo, la cual es controlada por medio de un software de programación. Al llenar la cantidad programada hacia la cuchara de moldeo de 680 kg., la intermedia deja de vaciar, regresando a su posición normal, en este momento la rueda empieza a girar para poder recibir en los moldes siguientes el cobre líquido. Cada vez que la rueda coloca un molde a la posición de moldeo, la cuchara de colada empieza a vaciar cobre en el molde. La planta de afino y moldeo cuenta con dos ruedas de moldeo con 18 moldes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cada una, hechos de cobre, los cuales previamente se recubren con desmoldante de bario y trióxido de arsénico para evitar que el cobre vaciado se pegue.

Cuando la rueda ha girado 360° se inicia la refrigeración en automático de los moldes, primero con inyección de agua por la parte inferior mediante spray, luego enfriar por la parte superior de acuerdo a lo observado en el registro de temperatura de los moldes que se tiene en los monitores de ambas ruedas.

Esta parte del proceso culmina cuando el horno ha basculado a -62°, momento en que se toca la sirena indicando el término del mismo. (Empresa en estudio, 2023)

2.3.2.6. Enfriamiento y extracción

Los ánodos una vez moldeados son movidos dentro de la sección de enfriamiento para luego ser enviados a la sección de calidad donde los ánodos rechazados son removidos. En la sección de enfriamiento los ánodos moldeados y los moldes son enfriados con agua. Los ánodos se levantan de los moldes mediante el mecanismo de retiro (take-off) formado por dos pines de empuje y una grúa, son levantados de tan manera que se pueda realizar un control visual de acuerdo a las especificaciones deseadas, los que no cumplen con estas características son removidos mediante el mecanismo de levante de ánodos rechazados y son retornados a fundición.

El mecanismo de retiro traslada los ánodos al tanque de enfriamiento con agua donde son sumergidos para continuar reduciendo su temperatura hasta formar paquetes de 10 unidades sobre el transportador de cadenas, luego el paquete es llevado mediante el montacargas hacia el almacén transitorio ubicado en la zona norte y sur- este de la Planta.

2.3.2.7. Cambio de pines

Los pines es el sistema de empuje que permite que los ánodos puedan despegarse del molde para que puedan ser trasladados a las tinas de enfriamiento y además permiten una inspección rápida de las características físicas del ánodo antes de ser dados como conformes. Para facilitar esta parte del proceso se recubren los pines con desmoldante, en este caso se utiliza Sulfato de Bario, si no se utiliza la cantidad adecuada de desmoldante podría ocasionar que los ánodos se peguen a los moldes afectando a sus características físicas. Se utilizan dos pines por cada molde.

2.3.2.8. Almacenamiento y despacho

Verificada la calidad del producto, los ánodos son cargados a las plataformas y luego son identificados pintando las orejas de cada uno para ser llevados a la Refinería o destinados para la exportación. La empresa utiliza un código de colores para diferenciar cada uno de los lotes enviados. Terminado esto, se procede a realizar el conteo de los ánodos que se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

encuentran en las plataformas y llenar el registro correspondiente.

2.3.2.9. Procesos de apoyo

Para que el proceso desarrollado en el área de Afino y Moldeo se lleve a cabo de manera adecuada, existen procesos adicionales que abarcan las actividades necesarias para el funcionamiento correcto de los procesos operativos previamente mencionados y apoyan al cumplimiento de objetivos trazados en el área.

2.3.2.10.Ajuste de Azufre y Oxígeno en Hornos

Según sea el caso, el supervisor es el encargado de dar pase a las siguientes acciones:

2.3.2.10.1. Contenido de Azufre por encima del rango:

Se retoma el horno para cambiar a etapa de oxidación, inyectando aire por las toberas por un lapso de 3-5 minutos (Empresa en estudio, 2023). Se comprueba el estado a través de pruebas de cono y de manera visual, comprobándose después con el análisis efectuado por Laboratorio Central.

2.3.2.10.2. Contenido de Oxígeno por encima del rango:

Se retoma el horno para cambiar a etapa de reducción, inyectando el vapor y GLP por las toberas para reducir por un lapso 3-5 minutos (Empresa en estudio, 2023). Se comprueba el estado a través de pruebas de cono y de manera visual, comprobándose después con el análisis efectuado por Laboratorio Central.

2.3.2.11.Fabricación de moldes

En esta parte auxiliar del proceso es necesario verificar el estado del canal y piquera de los moldes, en caso contrario se debe comunicar a los refraccionistas su reparación. Para la fabricación de los moldes se utilizan dos matrices de cobre, las cuales deben esta frías, limpias y cubiertas de desmoldante en los bordes, en este caso se utiliza como desmoldante el Sulfato de Bario.

La temperatura de vaciado del cobre es muy importante para asegurar que fluya con facilidad y asegurar una buena fabricación de molde. Es necesario también retirar la escoria que se puede acumular en la superficie, esto evita malformaciones en la zona de las orejas del molde.

2.3.2.12.Control de calidad de ánodos

Cuando los ánodos son retirados de las tinas de enfriamiento, el operador de calidad verifica los espesores de las orejas y marca con una tiza aquellas que estén fuera del rango de aceptabilidad, los cuales son llevados a los convertidores Peirce Smith como material frío.

Como parte del proceso se realiza una verificación de las características físicas del producto, si este no cumple con las especificaciones indicadas, se procede a reparar o separar

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

para reprocesar. En cuanto a las características químicas, se hace un seguimiento semanal/mensual de los resultados reportados por Laboratorio Central.

2.3.2.13.Logística

El área Logística es la encargada de proveer los materiales necesarios para el proceso de obtención de ánodos de cobre, de acuerdo a la planificación de producción cumpliendo con plazos específicos. De igual manera son los encargados de la verificación de los suministros comprados. Esta área suministra:

- Desmoldante Sulfato de Bario Demox-150
- Desmoldante Trióxido de Arsénico
- Matriz tipo C y D

2.3.2.14.Mantenimiento

En la planta de Afino y Moldeo hay diferentes equipos y máquinas que requieren estar en correcto estado de manera que no tengan un impacto desfavorable en la producción. El área de manteamiento es la encargada de revisar y mantener en adecuado estado la maquinaria como son los hornos de afino, cabinas, ventiladores, extractores de vapor, montacargas, quemadores, balanza Toledo de 10 TN, tanques de enfriamiento, take off, entre otros. Estos mantenimientos se realizan de acuerdo a una planificación anual determinada por la misma área.

2.3.2.15.Competencias

A fin de asegurar que se cuente con el capital humano pertinente, de manera anual el área de competencias evalúa y hace seguimiento de las competencias requeridas por el área de acuerdo a las operaciones que componen el proceso. Estos avances son fijados por evaluaciones tanto prácticas como teóricas de acuerdo a lo que los operarios realizan en su día a día. Es análisis llevado a cabo por el área de competencias es uno de los puntos claves para asegurar que se realice el proceso en su normalidad evitando problemas relacionados a la falta de conocimiento de los operarios con el proceso de producción de ánodos de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1. La empresa

3.1.1. Rubro

Empresa perteneciente al rubro minero – metalúrgico.

3.1.2. Actividad principal

La empresa se encuentra dedicada a la extracción, transformación y comercialización de recursos mineros especialmente de cobre y otros subproductos valiosos como oro, plata y selenio.

3.1.3. Breve reseña histórica

La empresa en estudio es una de las principales compañías del Perú y, una de las diez más grandes organizaciones productoras de cobre en el mundo y posee dos minas a cielo abierto y dos completos de procesamiento metalúrgico ubicados al sur del país. La empresa es un productor integrado de cobre y otros minerales y opera minas, fundiciones y refinerías en Perú y México. Realiza sus operaciones principales en el Perú a través de una de sus sucursales y sus actividades de exploración en Argentina, Chile, Ecuador, México y Perú.

En 1952 la empresa se constituye por primera vez en el Perú e inició sus operaciones en el año 1960 con una alta y creciente capacidad de producción dedicada principalmente a las operaciones de cobre con la Fundición, años más tarde se inauguran las minas de explotación con los que cuenta la empresa hasta la actualidad seguida de proyectos de ampliación en el año 2002. Las minas de la empresa se encuentran en producción todo el año, las veinticuatro horas del día removiendo diariamente aproximadamente 700 unidades métricas de material con lo que se obtiene 1 tonelada de cobre fino. En 1994 la empresa adquiere la Refinería del Estado Peruano, la cual también amplió su capacidad en el año 2002. En 1995 se instala en la Fundición una Planta de Ácido Sulfúrico para capturar el 18% del total de emisiones del proceso y una

Planta de Oxígeno. En el 1998 se implementa la ampliación de la Planta de Ácido para incrementa la captura de emisiones a 30%. En el 2006 la empresa empieza a producir cobre anódico y en el año 2007 se renueva completamente la Fundición con el proyecto de modernización con la tecnología ISASMELT, uno de los hornos más eficientes del mundo reduciendo el impacto ambiental. Actualmente la empresa opera con un Horno ISASMELT, cuatro convertidores Peirce Smith, dos hornos de tratamiento de escorias, dos hornos de afino, dos ruedas de moldeo de ánodos, dos plantas de ácido sulfúrico y dos plantas de oxígeno.

Anualmente la empresa en mención produce más de 300 mil toneladas de cátodos de cobre al año al 99.99% de pureza.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.1.4. Misión

"Transformar eficientemente las mejores reservas de minerales del mundo con pasión, talento y dedicación. Nuestra experiencia garantiza la producción de metales de la más alta calidad de forma responsable y rentable, priorizando la seguridad de nuestra gente y el cuidado de nuestro entorno" (Empresa en estudio, 2023)

3.1.5. Visión

"Ser líder en la transformación sostenible, de recursos naturales, comprometidos con la creación de valor y bienestar para nuestro entorno" (Empresa en estudio, 2023)

3.1.6. Principales productos y/o servicios

La empresa incluye los procesos relacionados para la producción de:

- Cátodos de cobre refinado
- Ácido sulfúrico
- Plata refinada
- Oro refinado
- Selenio grado comercial

3.1.7. Principales clientes

La empresa en estudio exporta cátodos de cobre a distintos países del mundo, siendo el principal destino China.

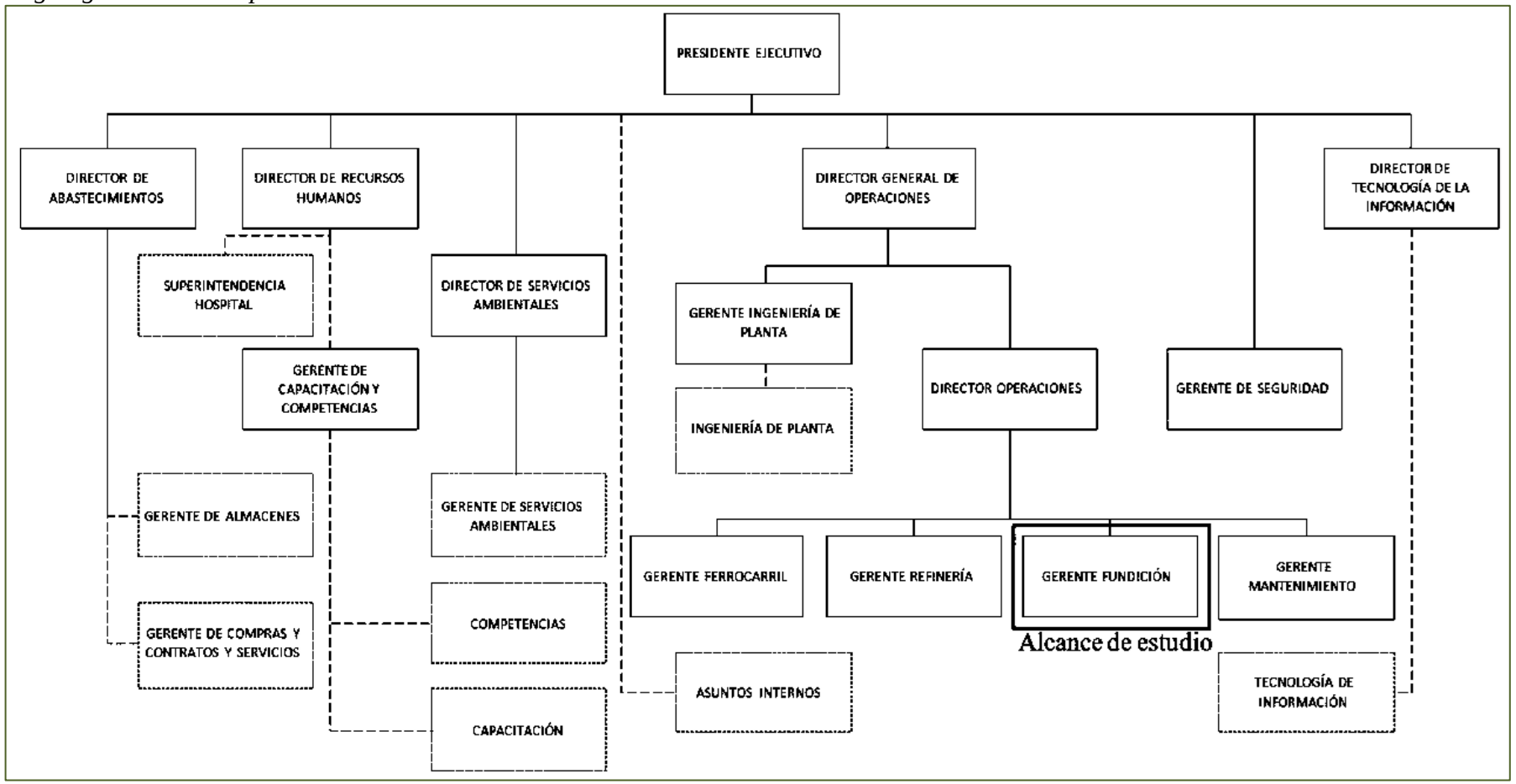
3.1.8. Organigrama de la empresa

A continuación, en la Figura 3, se presenta el organigrama actual vigente de la empresa, proporcionado por la misma con el objetivo de entender su estructura y organización. En el organigrama se señala la gerencia a la cual pertenece el área en la cual se está enfocando el estudio.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Figura 3

Organigrama de la empresa



Nota. La empresa. Elaboración propia, 2024. La figura muestra el organigrama vertical funcional de la empresa minera en estudio.

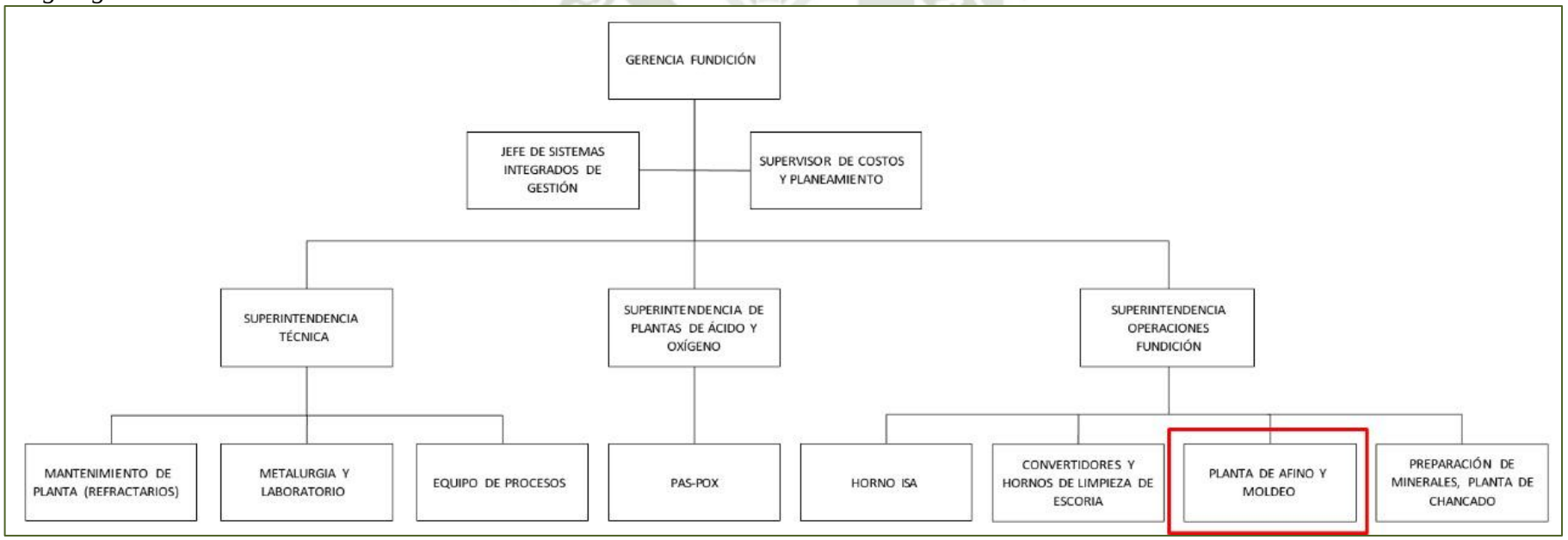
Como se observa en la Figura 3, el área de análisis se encuentra en la Gerencia de Fundición, la cual pertenece a la Dirección de Operaciones de la empresa.

3.1.9. Organigrama de la gerencia de Fundición

A continuación, en la Figura 4, se presenta el organigrama actual de la Gerencia de Fundición, proporcionado por la misma empresa, con el objetivo de poner conocer la estructura y división de la misma, a partir de ello ubicar donde se encuentra el área de Afino y Moldeo, en donde se centra la presente investigación.

Figura 4

Organigrama de la Gerencia de Fundición



Nota. La empresa. Elaboración propia, 2024. En la figura se muestra el organigrama de la Fundición, mostrando el área de Afino y Moldeo.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se observa en la Figura 4, la Gerencia de Fundición sigue manteniendo una estructura horizontal funcional, está dividida en tres superintendencias, el área de Afino y Moldeo forma parte de la Superintendencia de Operaciones.

3.2. Entorno

El sector minero juega un rol principal en la economía peruana a través de las regalías, inversiones y empleos tanto directos como indirectos. La minería representa el 61.6% de las exportaciones totales del Perú y el 8.6% de participación en PBI Global (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2023). De igual manera por parte de la minería formal, se ha generado un gran impacto en la mejora del nivel de vida de las personas aumentando el ingreso de las familias que viven en las localidades donde se desarrolla dicha actividad, reduciendo los niveles de pobreza y pobreza extrema. La minería tomó importancia en el Perú desde el año 1993, lo que permitió que el país duplicara su producción de minerales.

El Perú ocupa el segundo lugar en el ranking mundial de producción minera en cobre, plata y zinc, siendo los principales destinos de exportación China, Alemania y Bélgica. Actualmente todos estos minerales de exportación tienen una alta demanda como insumos para la tecnología empleada en diversos procesos industriales.

En cuando a cobre, en el año 2023 se tuvo una producción de aproximadamente 2 755 066 toneladas métricas de cobre puro, alcanzando un nuevo récord. (Ministerio de Energía y Minas MINAM, 2023). En cuanto al entorno de la empresa en estudio, es una de las principales productoras y exportadoras de cobre del país. En cuanto a los precios de los metales, de cual dependen los ingresos de las empresas de este rubro, se ve que se corren diferentes riesgos de mercado que surgen debido a la volatibilidad del mismo. La empresa en estudio recibe ingresos principalmente en dólares de Estados unidos, siendo su moneda funcional, pero al operar en Perú y México los costos operativos están representados en soles peruanos y pesos mexicanos. Por lo tanto, con la inflación y el tipo de cambio de ambas monedas, los resultados operativos de la empresa pueden verse afectados.

A nivel de empresas de producción cuprífera, en el año 2023 la Sociedad Minera Cerro Verde ocupó el primer lugar con un 16.9%, en segundo lugar, Compañía Minera Antamina con 15.6% y Southern Peru Copper Corporation en tercer lugar con 13.6%. (Ministerio de Energía y Minas, 2023)

Con respecto al sector, se ve que la minería es una actividad descentralizada ya que tiene una mayor relevancia en los diferentes departamentos del Perú y esto se ve reflejado en el crecimiento económico que han tenido las diferentes regiones del interior del país como Moquegua, Tacna, Arequipa, Cuzco e Ica.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.3. Identificación y secuencia de los sub procesos

Como paso inicial de la aplicación de la metodología de gestión por procesos en el proceso de Afino y Moldeo, cuyo objetivo es la obtención de ánodos con las características físicas y químicas definidas por la empresa, se identifican los siguientes subprocesos:

- Carga: Antes de recibir la primera carga de cobre del área de Convertidores, se inspecciona el horno y el quemador, a su vez se aumenta el flujo de petróleo para asegurar la temperatura adecuada.
- Calentamiento de la carga: Se regula el quemador del horno y los ventiladores para alcanzar la temperatura mínima de arranque y aprovechar el calor dentro del horno. El cobre blíster líquido se calienta de manera uniforme. El horno llega a 1 100 – 1 120 °C en unos 30-40 minutos.
- Oxidación y reducción: Se lleva a cabo a fin de asegurar la calidad de la carga y flujo del horno, de acuerdo a las pruebas se inyecta aire (oxidación) o vapor y GLP (reducción). Esto se define con pruebas de cono y análisis de laboratorio.
- Preparación de la rueda de moldeo: Antes de iniciar el basculado del horno, se realiza el cambio y calentamiento de cucharas de colada y canales de moldeo con Diesel a fin de eliminar la humedad del material refractario que las cubre.
- Moldeo de ánodos: El cobre fundido proveniente del horno fluye desde la cuchara intermedia y cucharas de recibo depositando una cantidad determinada en los moldes de la rueda.
- Enfriamiento y extracción: Cuando la rueda ha girado 360° se inicia la refrigeración de los moldes con inyección de agua. Con esto se alarga la vida útil de los moldes evitando también que los ánodos se peguen. A través de la activación de los pines botadores, se levantan los ánodos y se da la extracción de los mismos en los carros recogedores y colocándolos en las tinas de enfriamiento.
- Control de calidad: El operador de calidad revisa las características físicas de los ánodos enfriados y marca los fuera de rango para enviar a reprocesar. Las características químicas se verifican según el reporte del Laboratorio Central.
- Almacenamiento y despacho: Tras verificar la calidad, los ánodos se cargan en las plataformas y se identifican pintando sus orejas según un código de colores para la Refinería o exportación. Luego, se cuentan los ánodos en las plataformas y se registra el total.

A continuación, se presenta el Diagrama de Operaciones del Proceso (DOP), en base a los sub procesos identificados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

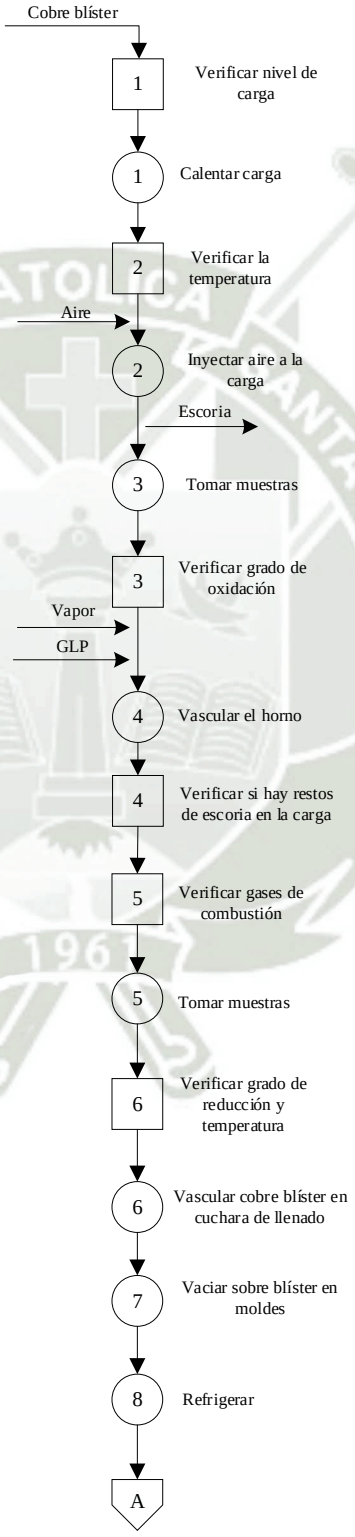
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 5

Diagrama de operaciones del proceso

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
EMPRESA: EMPRESA MINERA	PAGINA: 1/2
DEPARTAMENTO: AFINO Y MOLDEO	FECHA: NOVIEMBRE 2024
PROCESO: PRODUCCIÓN DE ÁNODOS	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA REALIZADO POR: DANIELA VILLANUEVA	APROBADO POR: JEFE AFINO Y MOLDEO

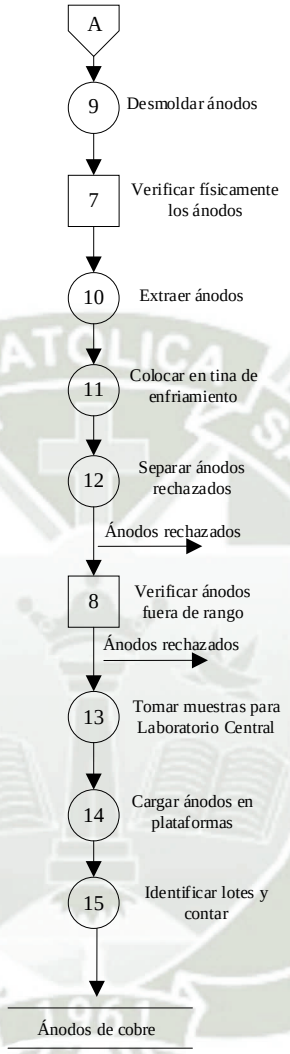


Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO	
EMPRESA: EMPRESA MINERA	PAGINA: 2/2
DEPARTAMENTO: AFINO Y MOLDEO	FECHA: NOVIEMBRE 2024
PROCESO: PRODUCCIÓN DE ÁNODOS	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA REALIZADO POR: DANIELA VILLANUEVA	APROBADO POR: JEFE AFINO Y MOLDEO



Nota. Elaboración propia, 2024. La figura muestra el Diagrama de operaciones del proceso de producción de ánodos de cobre, se tiene un total de 15 operaciones y 08 inspecciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

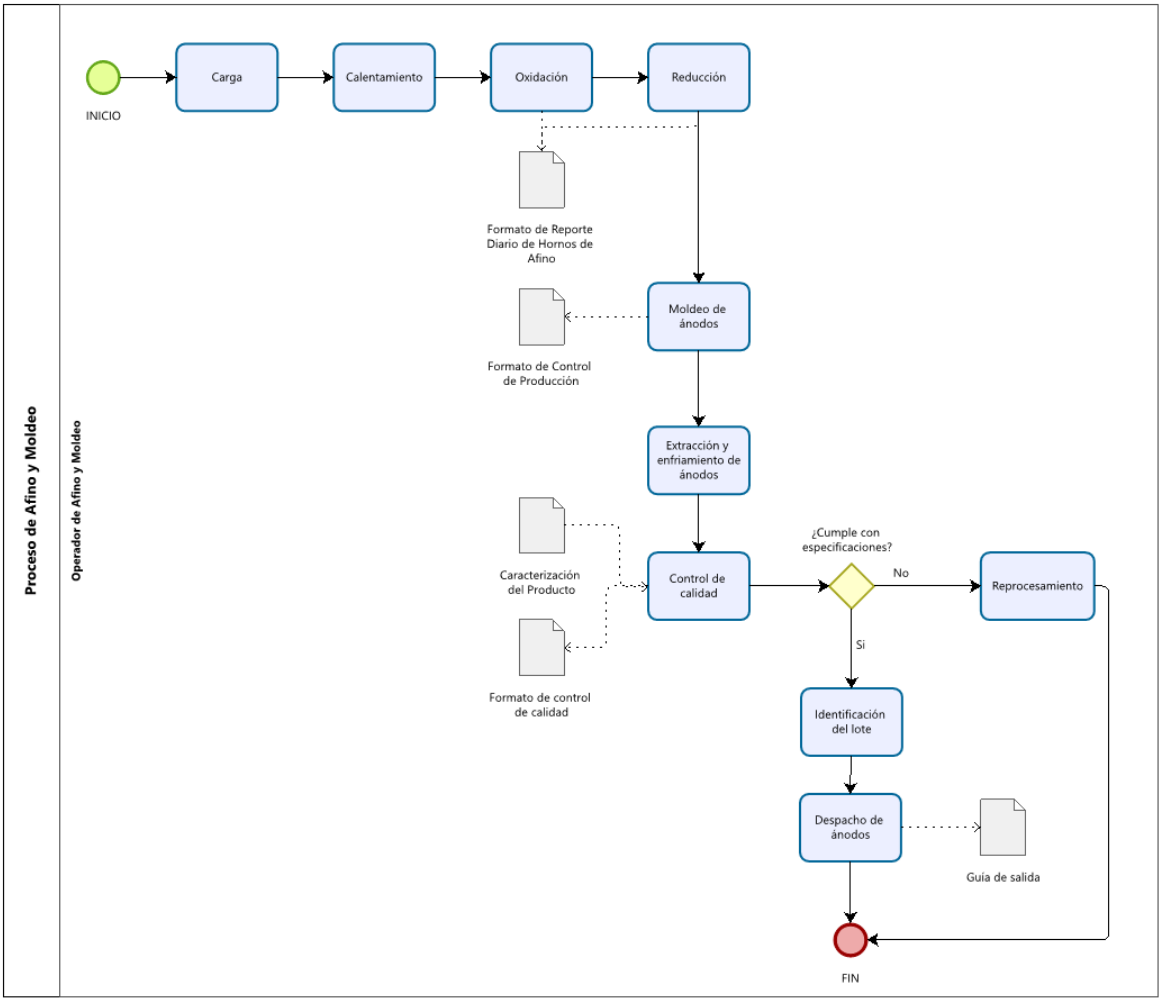
3.4. Descripción del flujo del proceso

A fin de llevar a cabo una revisión exhaustiva del todo el proceso de Afino y Moldeo para plantear mejorar a partir de la identificación de problemas, se realizará un análisis del proceso utilizando diferentes herramientas, esto va a permitir identificar todos los componentes que interactúan dentro de cada parte del proceso para producir resultados.

3.4.1. Diagrama de flujo del proceso

En la Figura 6 se muestra el diagrama de flujo del proceso de Afino y Moldeo, elaborado a partir de información y documentación proporcionada por la empresa, con el objetivo de reconocer los procesos continuos para obtener el producto final.

Figura 6
Diagrama de Flujo actual del Proceso de Afino y Moldeo



Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de ánodos con las principales operaciones dentro del área de Afino y Moldeo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se observa en la Figura 6, con alcance se considera desde la recepción y carga de ollas de cobre blíster provenientes de Convertidores, hasta el despacho final de los ánodos de cobre. A lo largo de proceso se pueden ver que se emiten diferentes registros para controlar la producción y la calidad del proceso. De igual manera para el control de la calidad se utiliza el documento de Características del Producto, el cual indica los estándares establecidos para los ánodos, de manera que se pueda indicar si este es conforme o será rechazado.

3.4.2. Diagrama de análisis del proceso

Considerando la información del diagrama de procesos, a continuación, se plasma el diagrama de análisis de procesos (DAP). Este diagrama va a permitir ver los subprocesos que conforman todo el proceso de obtención de cobre anódico a mayor detalle y de esta manera poder identificar las partes más críticas a donde enfocar las mejoras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 7

Diagrama actual de Análisis de Proceso -DAP detallado

DIAGRAMA DE ANALISIS DETALLADO DEL PROCESO			
EMPRESA	Empresa minera del sur del país	**PÁGINA**	1/2
DEPARTAMENTO	Afino y moldeo	**FECHA**	13/08/2024
PROCESO	Producción de cobre anódico	**MÉTODO**	Actual
ELABORADO POR	Daniela Villanueva Sosa	**APROBADO POR**	Jefe de Afino y moldeo

ACTIVIDAD	C	D	T	SIMBOLOS						OBSERVACIONES
	u	M	M	○	⇨	□	D	▽	◯	
1. Carga										
1.1 Inspeccionar el quemador principal y la tobera del horno						X				
1.2 Colocar el collarín				X						
1.3 Aumentar el flujo de petróleo									X	
1.4 Regular las compuertas de entrada y salida de los ventiladores									X	
1.5 Verificar la piquera del horno									X	Se realizan 3 cargas para llenar la capacidad del horno
1.6 Recepción de ollas de cobre blíster	4			X						
1.7 Verificar el nivel de carga						X				
1.8 Colocar una olla curada para la recepción de escoria producto de la etapa de oxidación				X						
2. Calentamiento			15							
2.1 Regular los quemadores del horno									X	
2.2 Calentar la carga				X						La temperatura mínima de arranque es de 1100°C
2.3 Verificar la temperatura						X				
3. Oxidación										
3.1 Seleccionar en el Panel View la etapa de Oxidación				X						La temperatura óptima de oxidación es entre 1130° y 1147°
3.2 Verificar la temperatura						X				
3.3 Inyectar aire									X	
3.4 Voltear el horno a 42°				X						
3.5 Vascular el horno para el proceso de escoriado			20	X						
3.6 Retiro de la olla de escoria				X						
3.7 Tomar muestras									X	
3.8 Verificar el grado de oxidación						X				
3.9 Levantar el horno hasta posición segura de 0°				X						
3.10 Enviar pruebas a laboratorio				X						
4. Reducción			105							
4.1 Seleccionar en el Panel View la etapa de Reducción				X						
4.2 Activar la purga de vapor para eliminar condensado en la línea de vapor			5						X	
4.3 Inyectar vapor por las toberas									X	
4.4 Inyectar GLP por las toberas									X	
4.5 Voltear el horno a 42°				X						
4.6 Vascular el horno				X						
4.7 Regular las compuertas de entrada y salida de los ventiladores									X	
4.8 Verificar si hay remanente o restos de escoria en la carga						X				
4.9 Verificar los gases de combustión						X				

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

DIAGRAMA DE ANALISIS DETALLADO DEL PROCESO

EMPRESA	Empresa minera del sur del país	**PÁGINA**	2/2
DEPARTAMENTO	Afino y moldeo	**FECHA**	13/08/2024
PROCESO	Producción de cobre anódico	**MÉTODO**	Actual
ELABORADO POR	Daniela Villanueva Sosa	**APROBADO POR**	Jefe de Afino y moldeo

ACTIVIDAD	**C**	**D**	**T**	**SIMBOLOS**						**OBSERVACIONES**
	u	**M**	**M**	○	⇨	□	D	▽	◯	
4.10 Tomar muestras				X						Se verifica la superficie del cobre, rechupe y coloración.
4.11 Verificar el grado de reducción						X				
4.12 Levantar el horno hasta posición segura de 0°				X						
4.13 Cortar la alimentación de GLP				X						
4.14 Cortar ingreso de vapor				X						
4.15 Regular el quemador principal									X	
4.16 Incrementar la temperatura				X						La temperatura óptima de fin de reducción es entre 1195° y 1200°
4.17 Verificar la temperatura									X	
4.18 Dar pase para el inicio del moldeo				X						
5. Moldeo de Ánodos										
5.1 Tomar muestra de cobre líquido									X	
5.2 Programar los giros de la rueda				X						
5.3 Recepción de cobre líquido en la cuchara de recibo				X						Cada cuchara de intermedia llena hasta 3000 kg.
5.4 Llenado de cobre líquido en las cuchadas intermedias			5	X						
5.5 Vaciado de cobre en los moldes	18			X						
5.6 Inicio de la refrigeración de manera automática				X						
5.7 Tocar la sirena de término de moldeo				X						
6. Enfriamiento y extracción										
6.1 Levante de ánodos				X						
6.2 Verificación física de ánodos						X				
6.3 Extracción de ánodos									X	
6.4 Traslado de ánodos a tina de enfriamiento					X					
6.5 Enfriamiento de ánodos				X						
6.6 Separación de ánodos rechazados									X	
6.7 Traslado a sección de control de calidad					X					
7. Control de calidad										
7.1 Verificar el espesor de las orejas del ánodo									X	
7.2 Marcar ánodos fuera de rango de aceptabilidad									X	
7.3 Traslado de ánodos rechazados a Convertidores					X					
7.4 Toma de pruebas para Laboratorio Central									X	
8. Almacenamiento y despacho										
8.1 Carguío de ánodos en plataformas									X	
8.2 Identificación de lotes				X						
8.3 Conteo de ánodos en plataformas				X						
8.4 Envío de ánodos a Refinería o exportación					X					

Nota. Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestra el diagrama de análisis del proceso detallado (DAP detallado) correspondiente a la producción de ánodos de cobre.

Como se observa en la Figura 7, se tienen 61 actividades de las cuales 29 son operaciones, 4 son actividades de transporte, 9 son actividades netamente de inspección y finalmente 19

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

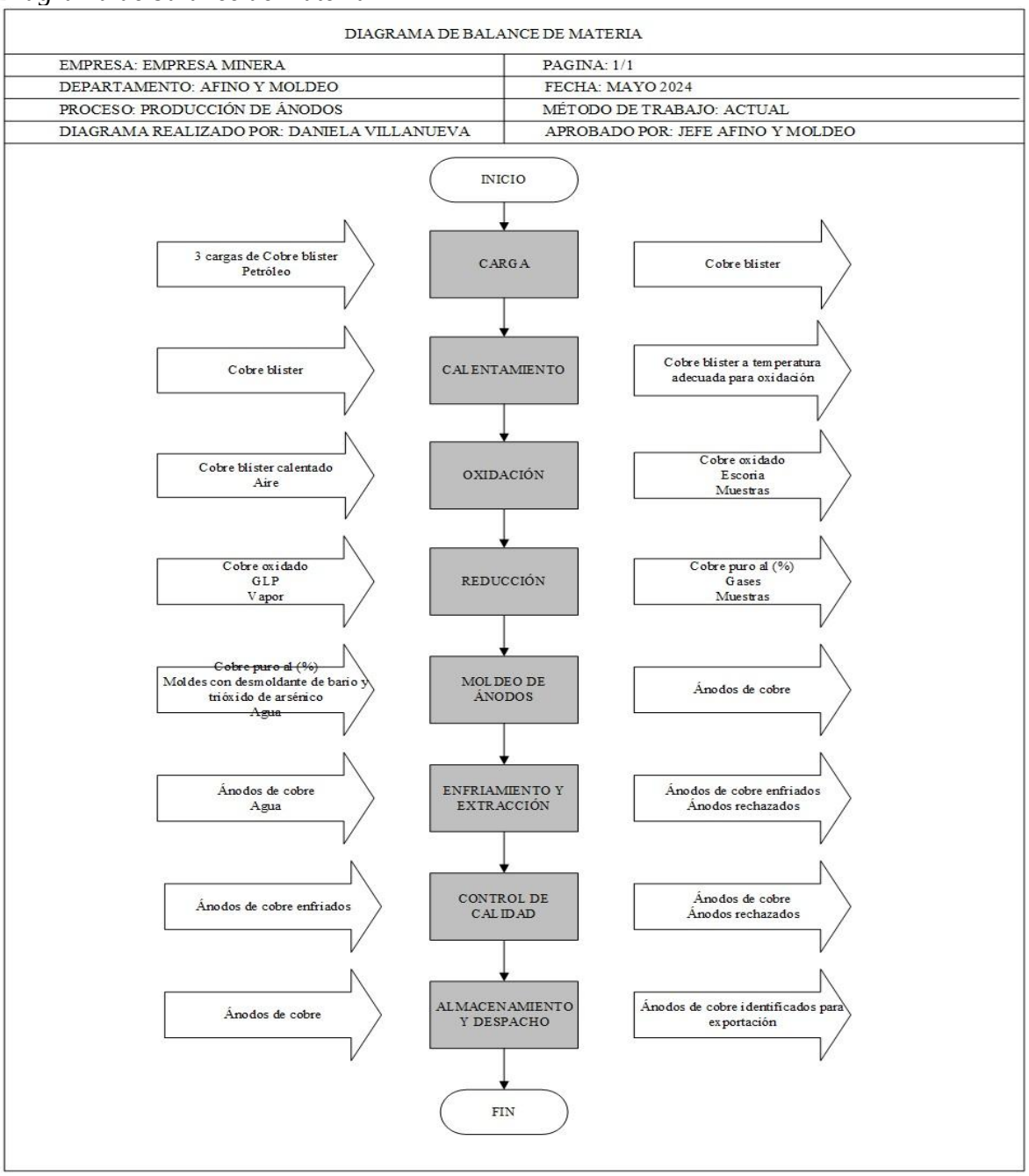
actividades son de operación-inspección.

3.4.3. Diagrama de balance de materia

Considerando la información dada a través del mapa de procesos y del diagrama de análisis de proceso, a continuación, en la Figura 8 se plasma el diagrama de balance de materia del proceso de producción de ánodos de cobre.

Figura 8

Diagrama de balance de materia



Nota. Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestra el diagrama de balance de materia que identifica las entradas y salidas de cada proceso.

Mediante la Figura 8, es posible observar también las transformaciones que se van dando

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

en todo el flujo comenzando con cobre blíster y terminando con ánodos de cobre e identificando también los diferentes insumos que se requieren para que cada operación se realice de manera correcta.

3.4.4. Flowchart

Tomando en cuenta el diagrama de análisis de proceso realizado, a continuación, en la Figura 9 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de ánodos de cobre.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

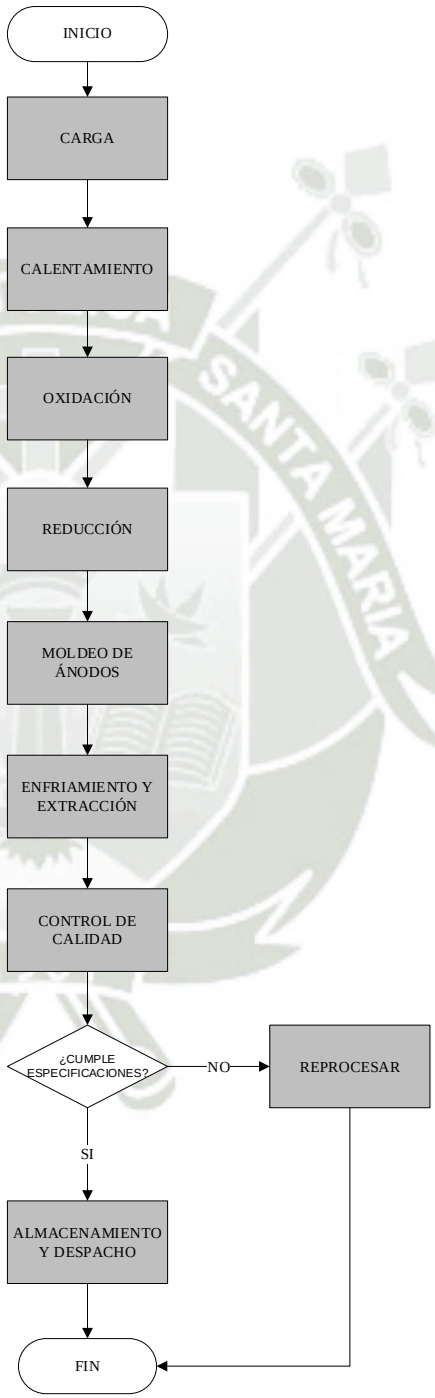
REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 9

Flow chart del proceso

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	
EMPRESA: EMPRESA MINERA	PAGINA: 1/1
DEPARTAMENTO: AFINO Y MOLDEO	FECHA: NOVIEMBRE 2024
PROCESO: PRODUCCIÓN DE ÁNODOS	MÉTODO DE TRABAJO: ACTUAL
DIAGRAMA REALIZADO POR: DANIELA VILLANUEVA	APROBADO POR: JEFE AFINO Y MOLDEO



Nota. Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de ánodos, el que inicia con la carga en el horno de afino y moldeo y termina con el almacenamiento y despacho.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la Figura 9, el proceso inicia con la carga en el horno de afino para seguir con el calentamiento, oxidación y reducción, donde se modifican y verifican todas las características químicas de la carga antes de que proceda con el vaciado en la rueda de moldeo. Luego se procede con el moldeo, enfriamiento en las tinas y control de calidad de las características físicas de los ánodos, donde se puede terminar en el almacenamiento y despecho, como en el reproceso en caso de ser rechazados.

3.5. Seguimiento y medición del proceso

3.5.1. Análisis de capital humano

A fin de poder llevar a cabo un análisis más específico en el área de Afino y Moldeo y completar las variables en estudio, en los puntos siguientes se tomará en cuenta las características del personal del área, así como las competencias requeridas para manejar y controlar el proceso.

3.5.1.1. Descripción del personal de Afino y Moldeo

El área de Afino y Moldeo está conformada actualmente por 41 operarios organizados en 3 guardias que trabajan en los turnos A (7:00 – 15:00), turno B (15:00 – 23:00) y turno C (23:00-7:00).

Un punto característico dentro de la empresa es que la mayoría de los operarios llevan ya varios años trabajando en la misma, por esta razón es que algunos controles del proceso dependen del criterio y experiencia de cada operador, lo cual puede significar una gran brecha a cubrir en caso un operador se retire o jubile, incluso estos conocimientos no se encuentran documentados.

De acuerdo a esto, del total de operarios, el 27% tiene 10 o menos años de servicio en la empresa, mientras que el 73% tiene de 30 años a más, el aperador con más experiencia tiene 48 años de servicio.

3.5.1.2. Descripción de las competencias

En la planta de Afino y Moldeo, se cumple con un programa de capacitaciones de acuerdo a competencias requeridas para cada parte del proceso, para que un operario cuente con una competencia debe completar con horas de entrenamiento fijadas por la misma área de competencias, así como también exámenes teóricos y prácticos. Todo esto se ve reflejado y formalizado en un formato de competencias manejado por la empresa en mención.

A continuación, se hará una breve descripción de las principales competencias necesarias en el proceso de cobre anódico, así como un análisis de los operarios por competencia.

a) Operación de hornos de Afino y Moldeo

Competencia desarrollada a fin de tener la capacidad de operar el Horno Kumera

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

cumpliendo con las normas de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Verificar y controlar el funcionamiento adecuado del horno y sus equipos auxiliares bajo estándares establecidos y ser capaz de identificar sus irregularidades. Conocer las etapas del proceso de Afino como lo es la espera, carguío, calentamiento, oxidación, reducción y colada y reportar la información requerida sobre la operación y producción.

En la Tabla 2 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de antigüedad que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada con la empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 2

Operarios - competencia de Operación de Hornos de Afino y Moldeo

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN DE HORNOS AFINO Y MOLDEO
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	√
Operario 5	43	√
Operario 6	44	√
Operario 7	45	-
Operario 8	41	-
Operario 9	45	√
Operario 10	3	X
Operario 11	3	√
Operario 12	1	X
Operario 13	3	X
Operario 14	43	-
Operario 15	44	-
Operario 16	45	-
Operario 17	8	√
Operario 18	31	-
Operario 19	48	-
Operario 20	30	-
Operario 21	10	√
Operario 22	42	√
Operario 23	44	-
Operario 24	41	-
Operario 25	37	-
Operario 26	42	-
Operario 27	43	-
Operario 28	43	-
Operario 29	1	X
Operario 30	44	-
Operario 31	44	-
Operario 32	46	-
Operario 33	8	X
Operario 34	6	X
Operario 35	45	-
Operario 36	43	-
Operario 37	44	-
Operario 38	44	-
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	-

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 2, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

diarias que llevan a cabo, solo 20 necesitan desarrollar esta competencia. Del grupo que debe desarrollar esta competencia, el 65% (13 operarios) ya cuenta con la competencia desarrollada, existiendo una brecha faltante del 35%. (7 operarios).

b) Operación de rueda de moldeo

Competencia necesaria para tener la capacidad necesaria para realizar el proceso de Moldeo de Ánodos y operar la rueda de moldeo, cumpliendo con las normas de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Manejar y controlar el funcionamiento de la rueda de moldeo bajo parámetros y estándares que permitan la efectividad del proceso. Identificar irregularidades y conocer el proceso de colada de cobre anódico y las actividades que esto conlleva. Además, el operario que cuenta con esta competencia debe llevar un control y registro de las variables del proceso como: peso de ánodos, flujo de cobre, movimiento de la ruda, basculado, temperatura, preparación de la rueda y aplicación del desmoldante.

En la Tabla 3 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia de operación de rueda de moldeo, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada con la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 3

Operarios - competencia de Operación de Rueda de Moldeo

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN DE RUEDA MOLDEO
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	-
Operario 5	43	√
Operario 6	44	-
Operario 7	45	√
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	√
Operario 11	3	X
Operario 12	1	X
Operario 13	3	√
Operario 14	43	-
Operario 15	44	√
Operario 16	45	-
Operario 17	8	-
Operario 18	31	-
Operario 19	48	-
Operario 20	30	√
Operario 21	10	√
Operario 22	42	-
Operario 23	44	-
Operario 24	41	-
Operario 25	37	-
Operario 26	42	-
Operario 27	43	-
Operario 28	43	√
Operario 29	1	X
Operario 30	44	-
Operario 31	44	-
Operario 32	46	-
Operario 33	8	X
Operario 34	6	√
Operario 35	45	-
Operario 36	43	-
Operario 37	44	-
Operario 38	44	-
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	-

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 3, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

diarias que llevan a cabo, solo 19 necesitan desarrollar esta competencia. Del grupo que debe desarrollar esta competencia, el 79% (15 operarios) ya cuenta con la competencia desarrollada, existiendo una brecha faltante del 21%. (4 operarios). En el caso de esta competencia, se ve que la gran mayoría de los operarios que la requieren, ya la tienen desarrollada.

c) Operación control de calidad

Competencia necesaria para tener la capacidad necesaria para realizar el proceso de control de calidad de ánodos cumpliendo con las normas de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente. El operario con esta competencia debe ser capaz de reconocer y verificar la calidad del ánodo producido tomando en cuenta los parámetros del Plan de Calidad, así como identificar posibles defectos. De la misma forma, debe llevar registros de las variables que influyen en el proceso: Peso de ánodos, espesor de las orejas, protuberancias, etc.

En la Tabla 4 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada con la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 4

Operarios - competencia de Operación de Control de Calidad

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN CONTROL DE CALIDAD
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	-
Operario 5	43	-
Operario 6	44	-
Operario 7	45	√
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	√
Operario 11	3	X
Operario 12	1	X
Operario 13	3	√
Operario 14	43	-
Operario 15	44	√
Operario 16	45	-
Operario 17	8	-
Operario 18	31	√
Operario 19	48	√
Operario 20	30	√
Operario 21	10	√
Operario 22	42	-
Operario 23	44	-
Operario 24	41	-
Operario 25	37	-
Operario 26	42	√
Operario 27	43	√
Operario 28	43	√
Operario 29	1	√
Operario 30	44	√
Operario 31	44	√
Operario 32	46	-
Operario 33	8	X
Operario 34	6	√
Operario 35	45	√
Operario 36	43	√
Operario 37	44	√
Operario 38	44	√
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	√

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la Tabla 4, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas diarias que llevan a cabo, 29 necesitan desarrollar esta competencia. Del grupo que debe desarrollar esta competencia, el 90% (26 operarios) ya cuenta con la competencia desarrollada, existiendo una brecha faltante del 10%. (3 operarios). De acuerdo al análisis, se ve que la mayoría de los operarios que debido a la parte del proceso en que se involucran requieren esta competencia ya la tienen totalmente desarrollada, siendo solo 3 operarios los faltantes, los cuales tienen 1, 3 y 8 años de servicio.

d) Operación horno holding

Competencia requerida para desarrollar la capacidad de realizar el proceso de molde de cobre blíster y operar la rueda de moldeo, cumpliendo con las normas de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

El operario que desarrolla esta competencia debe ser capaz de manejar, controlar y verificar el adecuado funcionamiento del horno holding, así como los equipos auxiliares de acuerdo a parámetros establecidos que permitan mantener el proceso bajo control y corregir posibles irregularidades, se requiere además que conozca el proceso de colada de cobre a fin de dominar esta parte del proceso.

En la Tabla 5 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada con la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 5

Operarios - competencia de Operación de Horno Holding

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN HORNO HOLDING
Operario 1	30	-
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	-
Operario 5	43	√
Operario 6	44	-
Operario 7	45	-
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	X
Operario 11	3	X
Operario 12	1	X
Operario 13	3	X
Operario 14	43	-
Operario 15	44	-
Operario 16	45	-
Operario 17	8	-
Operario 18	31	-
Operario 19	48	-
Operario 20	30	-
Operario 21	10	-
Operario 22	42	-
Operario 23	44	-
Operario 24	41	-
Operario 25	37	-
Operario 26	42	-
Operario 27	43	√
Operario 28	43	√
Operario 29	1	X
Operario 30	44	√
Operario 31	44	-
Operario 32	46	-
Operario 33	8	X
Operario 34	6	X
Operario 35	45	-
Operario 36	43	√
Operario 37	44	-
Operario 38	44	√
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	-

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la Tabla 5, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas diarias que llevan a cabo, 18 necesitan desarrollar esta competencia. Del grupo que debe desarrollar esta competencia, el 61% (11 operarios) ya cuenta con la competencia desarrollada, existiendo una brecha faltante del 39%. (7 operarios).

e) Operación de enganche de barras blíster

Competencia necesaria para desarrollar la operación de enganchar la barra de cobre blíster cumpliendo las normas de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

El operario con esta competencia debe ser capaz de manejar, controlar y verificar la operación de enganche de barras blíster para asegurar la continuidad del proceso de moldeo de barras blíster, esta parte del proceso es de mucha importancia ya que el operador tiene que intervenir en caso el ánodo de cobre no se despega del molde de la rueda.

En la Tabla 6 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada con la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 6

Operarios - competencia de Operación de Enganche de barras blíster

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN ENGANCHE DE BARRAS BLISTER
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	-
Operario 5	43	√
Operario 6	44	-
Operario 7	45	-
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	√
Operario 11	3	X
Operario 12	1	X
Operario 13	3	√
Operario 14	43	√
Operario 15	44	√
Operario 16	45	√
Operario 17	8	-
Operario 18	31	√
Operario 19	48	√
Operario 20	30	√
Operario 21	10	√
Operario 22	42	√
Operario 23	44	-
Operario 24	41	-
Operario 25	37	-
Operario 26	42	-
Operario 27	43	√
Operario 28	43	√
Operario 29	1	X
Operario 30	44	√
Operario 31	44	√
Operario 32	46	√
Operario 33	8	√
Operario 34	6	√
Operario 35	45	-
Operario 36	43	√
Operario 37	44	-
Operario 38	44	√
Operario 39	8	√
Operario 40	7	-
Operario 41	30	√

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la Tabla 6, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas diarias que llevan a cabo, 29 necesitan desarrollar esta competencia. Del grupo que debe desarrollar esta competencia, el 90% (26 operarios) ya cuenta con la competencia desarrollada, existiendo una brecha faltante de solo el 10%. (3 operarios).

De acuerdo al análisis, se ve que en la mayoría de los operarios ya cuentan con la competencia totalmente desarrollada, al igual que en la competencia de Operación de Control de Calidad, solo 3 operarios no completan aún esta competencia, los cuales tienen 1, 3 y 8 años de servicio.

f) Operación de tomas de muestra de cobre blíster

Competencia necesaria para desarrollar la capacidad para extraer, separar y preparar muestras sólidas de cobre blíster para su posterior análisis cumpliendo con las normas de Seguridad, Medio Ambiente y Salud Ocupacional.

El operario que desarrolla de forma completa esta competencia es capaz de manejar y explicar los equipos involucrados que indica el procedimiento y fichas de características del producto. Es necesario además que conozca el proceso de preparación de muestras, así como el resto de las partes del proceso para coordinar el tiempo en que se tomarán las muestras y asegurar la calidad del producto final.

En la Tabla 7 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada por la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 7

Operarios - competencia de Operación de Tomas de Muestra de Cobre

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia Operación de tomas de muestra de cobre blister
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	-
Operario 5	43	√
Operario 6	44	-
Operario 7	45	√
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	√
Operario 11	3	√
Operario 12	1	√
Operario 13	3	√
Operario 14	43	√
Operario 15	44	√
Operario 16	45	√
Operario 17	8	√
Operario 18	31	√
Operario 19	48	√
Operario 20	30	√
Operario 21	10	√
Operario 22	42	√
Operario 23	44	√
Operario 24	41	√
Operario 25	37	-
Operario 26	42	√
Operario 27	43	√
Operario 28	43	√
Operario 29	1	√
Operario 30	44	√
Operario 31	44	√
Operario 32	46	√
Operario 33	8	√
Operario 34	6	√
Operario 35	45	√
Operario 36	43	√
Operario 37	44	-
Operario 38	44	√
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	√

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024

Como se ve en la Tabla 7, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

diarias que llevan a cabo, 36 necesitan desarrollar esta competencia. El 100% de estos operarios han completado con la evaluación práctica y teórica de esta competencia, se ve que es una competencia a la que el área le da mucha importancia ya que la toma de muestras es determinando en el análisis químico que se realiza en el laboratorio para determinar si el producto es conforme.

g) Operación Montacargas

Competencia necesaria para desarrollar la capacidad de desarrollar el montacargas cumpliendo las normas de Seguridad, Salud Ocupacional, Medio Ambiente y procedimientos de producción. El operario que desarrolla esta competencia debe ser capaz de verificar el adecuado funcionamiento del montacargas y reconocer sus irregularidades, además de identificar y determinar el peso, centro y elevación de la carga. Llevar un control y reportar las variabilidades de operación, estibar y desestibar elementos propios del proceso.

En la Tabla 8 se presenta el listado de los trabajadores que cuentan con la competencia en mención, así como también los años de servicio que llevan en la empresa. Esta data fue proporcionada por la misma empresa de manera que se facilite el análisis del capital humano en esta área.

En la tabla siguiente se considera:

- 'X': Debe desarrollar la competencia
- '√': Si tiene la competencia
- '-': No Aplica

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 8

Operarios - competencia de Operación Manual Grúa Puente

Operario	Tiempo Servicio (En años)	Competencia OPERACIÓN MANUAL GRÚA PUENTE
Operario 1	30	√
Operario 2	43	√
Operario 3	43	√
Operario 4	42	√
Operario 5	43	√
Operario 6	44	-
Operario 7	45	√
Operario 8	41	√
Operario 9	45	-
Operario 10	3	√
Operario 11	3	X
Operario 12	1	X
Operario 13	3	√
Operario 14	43	√
Operario 15	44	√
Operario 16	45	√
Operario 17	8	-
Operario 18	31	√
Operario 19	48	√
Operario 20	30	√
Operario 21	10	√
Operario 22	42	√
Operario 23	44	√
Operario 24	41	-
Operario 25	37	√
Operario 26	42	√
Operario 27	43	√
Operario 28	43	√
Operario 29	1	√
Operario 30	44	√
Operario 31	44	√
Operario 32	46	-
Operario 33	8	√
Operario 34	6	√
Operario 35	45	√
Operario 36	43	√
Operario 37	44	√
Operario 38	44	√
Operario 39	8	√
Operario 40	7	√
Operario 41	30	√

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

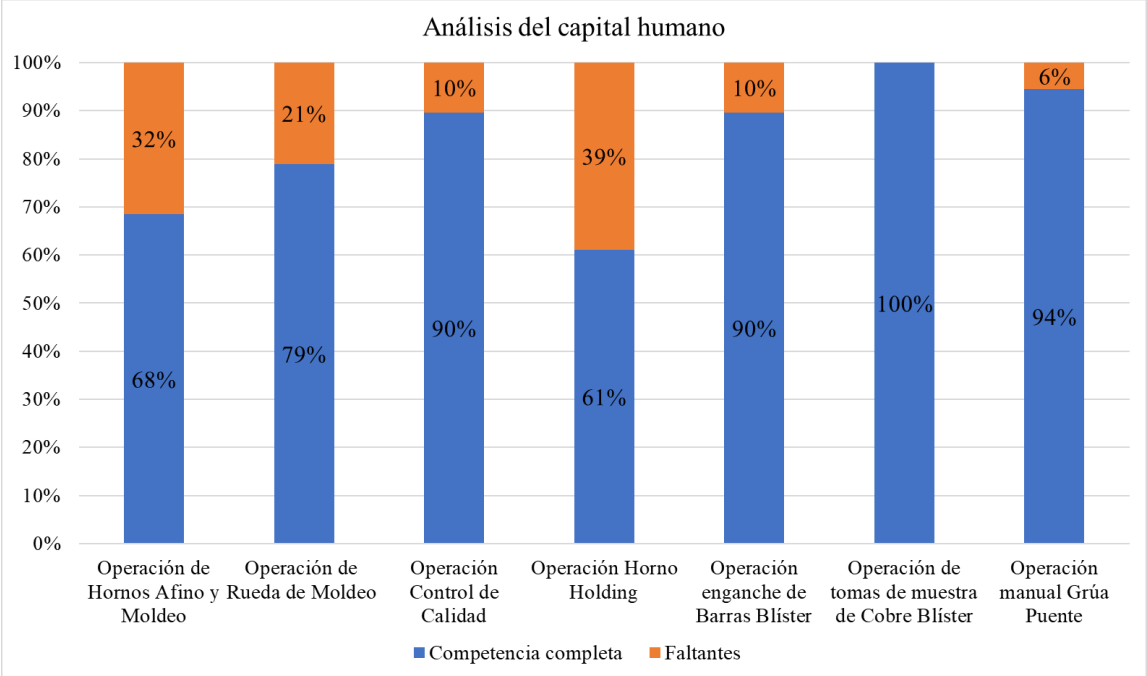
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Como se ve en la Tabla 8, de un total de 41 operarios, debido a las operaciones y tareas diarias que llevan a cabo, 36 necesitan desarrollar esta competencia. El 94% (34 operarios) han completado en su totalidad la competencia en mentón y el 6% (2 operarios) aún tienen pendiente completarla, estos son los operarios nuevos que tienen 1 y 3 años de servicio.

3.5.1.3. Análisis de las competencias

De acuerdo a lo explicado en el apéndice 3.5.1.2 con respecto a principales competencias requeridas por cada parte del proceso, se puede llevar a cabo un análisis general del capital humano del área de Afino y Moldeo, representado en la siguiente figura.

Figura 10
Análisis de capital humano



Nota. Datos de la empresa Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestran las competencias requeridas para controlar y participar en el proceso de producción de ánodos.

Como se ve en la Figura 10, se consideran un total de 7 competencias de acuerdo a las operaciones más importantes dentro del proceso de obtención de ánodos de cobre. De acuerdo al gráfico se puede notar que en la competencia donde se tiene una mayor brecha de operadores que aún tienen pendiente el desarrollo de la misma es en la operación del Horno Holding a pesar de ser una parte importante al ser donde inicia todo el proceso.

Como se mencionó, en su gran mayoría los operarios de la planta de Afino y Moldeo tienen más de 30 años de servicio por lo que ya conocen y dominan sus operaciones pero por otro lado se ven claras deficiencias con respecto a los operarios nuevos que se refleja en las brechas por completar en base al desarrollo de las competencias de los operaciones que tienen

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

menos de 10 años de servicios, la empresa además indicó que no se tienen un plan de rotación del personal porque algunos parámetros son controlados por el conocimiento y experiencia de los operarios. Sin embargo, dentro del plan de capacitación, no se desarrolla una competencia referida a la fabricación de moldes, el cual es una parte crítica del proceso ya que de esta depende la calidad y características físicas finales de los ánodos. Los moldes tienen un impacto en las causas de rechazos de los ánodos.

3.5.2. Análisis de mantenimiento

A fin de que todos los procesos para la obtención de ánodos de cobre se lleven a cabo con normalidad y cumplir con los parámetros de calidad fijados, en el área se cumple con un programa de mantenimiento preventivo anual que consta de revisiones mecánicas, lubricaciones, calibraciones, etc. En este caso a fin de completar la investigación, la empresa en estudio brindó información sobre tres de los mantenimientos que más se relacionan con la producción de ánodos de cobre y sus características físicas.

3.5.2.1. Mantenimiento cucharas de moldeo

En el área de Afino y Moldeo, en el proceso de colada se cuenta con una cuchara intermedia o de recibo que es la que recibe el cobre líquido y lo distribuye entre dos cucharas de moldeo que son las que llenan el cobre en los moldes de la rueda de moldeo. En la siguiente tabla se puede observar los mantenimientos realizados a las cucharas en los años 2022-2023, se consideran los programados como los correctivos.

Tabla 9

Mantenimientos cucharas de moldeo

	2022	2023	Detalle
Mantenimientos preventivos (programados)	61	60	Inspección estructural, revisión del refractario, limpieza, lubricación y control de temperatura.
Mantenimientos correctivos	3	6	- Cuchara lateral - Rueda de Moldeo 1 (2) - Cuchara lateral - Rueda de Moldeo 2 (2) - Cuchara intermedia (5)

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 9, en el área se cumplen con un adecuado programa de mantenimiento de 4 a 5 mensuales para evitar posibles fallas en el proceso, esto se ve reflejado en el número bajo de mantenimientos correctivos realizados.

Al analizar las causas de rechazo de los ánodos, no se encuentra ninguno a causa de los mantenimientos de las cucharas de control lo que refleja una adecuada programación anual de los mantenimientos preventivos a las cucharas de moldeo. El detalle de estos

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

mantenimientos realizados en los años 2022 y 2023 se encuentra en el Anexo 2.

3.5.2.2. Mantenimiento balanza

En la planta de afino y moldeo se cuenta con una balanza Toledo la cual es muy importante para definir que los ánodos cumplan con los rangos de aceptación en cuanto a su peso, definido en el Plan de Calidad del área. Debido a que es una parte que determina la aceptación o rechazo de los ánodos es que se cumple con un programa semanal de mantenimiento preventivo a la balanza Toledo. Se puede comprobar el cumplimiento de la adecuada planificación con el análisis realizado a las causas de rechazo de los ánodos, los rechazos a causa de un alto o bajo peso no es nada frecuente ni significativo.

3.5.2.3. Mantenimiento a la sala de control

Este tipo de mantenimiento realizado se relaciona directamente a los ánodos rechazados por Aut. Casting. Considerando que desde la sala de control se programa el recojo y traslado de los ánodos desde la rueda de moldeo a las tinas de enfriamiento y a su vez manejan las cadenas que permiten que los ánodos se vayan desplazando en la tina. Si este sistema falla, todo el lote será rechazado ya que esto ocasiona alteraciones en la superficie de los ánodos. La falta de planificación de mantenimientos preventivos a la sala de control se refleja claramente en el elevado número de rechazados por Aut. Casting que se tiene cada mes, lo cual se evidencia en la Figura 11, en base a los reportes de las fallas en la sala de control del área correspondiente a los años 2022 y 2023.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 11

Reporte de fallas en sala de control

Fallas - Sala de Control		
2022	Enero	2
	Febrero	2
	Marzo	3
	Abril	4
	Mayo	2
	Junio	3
	Julio	3
	Agosto	4
	Setiembre	3
	Octubre	2
	Noviembre	4
	Diciembre	4
2023	Enero	4
	Febrero	2
	Marzo	4
	Abril	3
	Mayo	3
	Junio	2
	Julio	3
	Agosto	2
	Setiembre	2
	Octubre	2
	Noviembre	5
	Diciembre	4

Nota. Datos obtenidos de reportes de la empresa. En la figura se muestra el reporte de fallas en la sala de control registradas para los años 2022 y 2023.

Al analizar información brindada por la empresa a través de la figura 11, se ve un número constante de fallas debido a que no se tiene un programa de mantenimientos preventivos a la sala de control ya que todos son mantenimientos correctivos, son un aproximado de 3 por mes para atender y corregir estas fallas ocasionadas que se dan de manera repetitiva, lo que lleva a pérdidas de producción que se refleja en el número de ánodos rechazados por Aut. Casting.

3.5.3. Análisis del desempeño del proceso

A través de la revisión de la información proporcionada por la empresa con respecto a la producción de ánodos en los años 2022 – 2023 utilizando los formatos de control de producción y calidad de los ánodos, será posible analizar las principales razones de rechazo, explicadas a continuación.

En la siguiente tabla se muestran los indicadores para la medición del desempeño del proceso, los cuales fueron definidos según los tipos de rechazo.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 10
Medición de indicadores de desempeño

DIMENSIONES	INDICADORES	FÓRMULA
Procesamiento	Operatividad de la sala de control	$\frac{\text{N° de fallas}}{mes}$
Desempeño del proceso	Ánodos con orejas delgadas/gruesas	$\frac{\text{N° ánodos con orejas delgadas/gruesas}}{\text{N° total de ánodos}}$
	Ánodos con rebaba	$\frac{\text{N° ánodos con rebaba}}{\text{N° total de ánodos}}$
	Ánodos con orejas dobladas	$\frac{\text{N° ánodos con orejas dobladas}}{\text{N° total de ánodos}}$
	Ánodos con protuberancias	$\frac{\text{N° ánodos con protuberancicas}}{\text{N° total de ánodos}}$
	Ánodos rechazados Aut. Casting	$\frac{\text{N° ánodos rechazados por Aut. Casting}}{\text{N° total de ánodos}}$

Nota. Elaboración Propia, 2024.

3.5.3.1. Ánodos con orejas delgadas / gruesas

Para que un ánodo sea dado como conforme, es necesario que el espesor de las orejas se encuentre dentro del rango de control fijado en el plan de calidad del área, entre 37 – 43 mm. Para comprobar el cumplimiento de este parámetro, se utiliza una horquilla o muestreador. Este tipo de defecto es ocasionado por una mala nivelación de los moldes de la rueda, defectos en el molde o un desajuste en la velocidad de llenado de los moldes.

En la Tabla 11 se puede observar la cantidad de ánodos rechazados a causa de tener orejas delgadas y gruesas, esta data fue proporcionada por la empresa con respecto a los años 2022 y 2023. El análisis de esta data tiene como objetivo reconocer y comparar las causas de rechazo a fin de plantear mejoras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 11

Ánodos rechazados por orejas gruesas/delgadas

Año	Mes	Rechazos				
		Orejas delgadas R1	Orejas gruesas R1	Orejas delgadas R2	Orejas gruesas R2	Total, Rechazados
2022	Enero	1	0	1	0	2
	Febrero	1	7	4	5	17
	Marzo	13	5	16	8	42
	Abril	33	11	26	4	74
	Mayo	26	6	20	8	60
	Junio	29	2	22	2	55
	Julio	20	2	17	2	41
	Agosto	11	3	12	4	30
	Setiembre	13	4	13	2	32
	Octubre	25	3	19	0	47
	Noviembre	35	0	26	0	61
	Diciembre	32	1	31	4	68
2023	Enero	9	0	2	0	11
	Febrero	34	2	33	1	70
	Marzo	34	0	27	1	62
	Abril	35	0	33	0	68
	Mayo	15	0	14	0	29
	Junio	29	3	27	0	59
	Julio	17	0	15	0	32
	Agosto	11	5	15	4	35
	Setiembre	26	3	30	6	65
	Octubre	13	3	8	5	29
	Noviembre	7	4	8	3	22
	Diciembre	1	13	4	8	26
Promedio mensual						43

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se observa en la Tabla 11, las orejas delgadas son la principal causa de rechazo frente a las orejas gruesas. El mes en el que se tuvo el pico más alto de rechazo fue en abril. Como se mencionó, esto puede deberse a una falta de inspección de los moldes antes de su uso e incorporación en la rueda de moldeo, que el cobre no alcanzó la temperatura óptima al inicio de la colada o la aplicación insuficiente de desmoldante lo que evito que el cobre se adhiera correctamente a los moldes.

3.5.3.2. Ánodos con rebaba

La presencia de rebaba en la superficie de los ánodos es causada por moldes húmedos por lo que es necesario alcanzar una temperatura óptima de trabajo en el molde de aproximadamente 150°C, de igual manera este defecto puede ser causado por una desuniformidad en las descargas de las cucharas de moldeo o una velocidad de vaciado

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

irregular. En la Tabla 12 se puede observar la cantidad de ánodos rechazados a causa rebabas en la superficie, con esta data proporcionada por la empresa con respecto a los años 2022 y 2023 se tiene como objetivo analizar la causa de rechazo por rebaba, identificar su impacto en el número total de rechazos y plantear mejoras.

Tabla 12
Ánodos rechazados por rebaba

Año	Mes	Rechazos Ánodos con rebaba R1	Rechazos Ánodos con rebaba R2	Total rechazos
2022	Enero	0	0	0
	Febrero	0	2	2
	Marzo	4	8	12
	Abril	5	5	10
	Mayo	5	4	9
	Junio	2	1	3
	Julio	2	0	2
	Agosto	11	4	15
	Setiembre	2	3	5
	Octubre	4	6	10
	Noviembre	0	1	1
	Diciembre	2	1	3
2023	Enero	7	4	11
	Febrero	0	0	0
	Marzo	1	0	1
	Abril	1	3	4
	Mayo	3	5	8
	Junio	2	0	2
	Julio	0	0	0
	Agosto	0	0	0
	Setiembre	0	1	1
	Octubre	0	0	0
	Noviembre	0	1	1
	Diciembre	1	1	2
		Promedio mensual		4

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se observa en la Tabla 12, los ánodos con rebaba que ocasionan un rechazo, no significan una gran cantidad al mes, los picos más altos fueron en agosto (2022) y enero (2023). Como se mencionó, esto puede deberse a un exceso de humedad de los moldes antes de la colada o un tiempo de calentamiento muy corto.

3.5.3.3. Ánodos con orejas dobladas / rotas

En el caso de que el molde donde se verte el cobre líquido tenga defectos puede ocasionar dificultades para desmoldar el ánodo, de igual manera este defecto puede ser provocado por

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

el transporte de los ánodos al momento de meter las cuchillas del montacarga o también por la incorrecta o insuficiente aplicación de desmoldante.

En la Tabla 13 se puede observar los ánodos rechazados a causa de orejas dobladas o rotos en los años 2022 y 2023, a partir de esta data proporcionada de la empresa, será posible evaluar la significancia de esta causa en la cantidad total de ánodos rechazados.

Tabla 13

Ánodos rechazados por orejas dobladas/rotas

Año	Mes	Rechazo Orejas dobladas/rotas R1	Rechazo Orejas dobladas/rotas R2	Total Rechazados
2022	Enero	0	0	0
	Febrero	2	4	6
	Marzo	21	14	35
	Abril	32	21	53
	Mayo	7	4	11
	Junio	9	6	15
	Julio	15	13	28
	Agosto	39	26	65
	Setiembre	27	14	41
	Octubre	31	23	54
	Noviembre	10	8	18
	Diciembre	6	4	10
2023	Enero	27	27	54
	Febrero	24	19	43
	Marzo	16	8	24
	Abril	29	23	52
	Mayo	42	33	75
	Junio	38	35	73
	Julio	61	60	121
	Agosto	67	51	118
	Setiembre	48	46	94
	Octubre	62	65	127
	Noviembre	66	57	123
	Diciembre	30	35	65
		Promedio mensual		54

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se observa en la Tabla 13, se puede ver que los ánodos rechazados por orejas dobladas y rotas si representan una cantidad significativa dentro de la cantidad total de rechazos. A partir de la data se puede ver un incremento alto desde julio de 2023, esto puede haber sido ocasionado por el ingreso de nuevo personal que empezó a capacitarse en el manejo de montacargas.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5.3.4. Ánodos con protuberancias

Este tipo de defecto se refiere a burbujas o bolsas de aire formadas en la superficie del ánodo producto del uso de un desmoldante con una alta densidad, baja temperatura de los moldes de operación, exceso de reducción u oxidación del cobre o por un enfriamiento brusco de los ánodos.

En la Tabla 14 se puede ver la cantidad total de ánodos rechazados a causa de presentar protuberancias en su superficie en los años 2022 y 2023, esta data fue proporcionada por la misma empresa en estudio a fin de poder identificar su impacto y plantear mejoras.

Tabla 14
Ánodos rechazados por protuberancias

Año	Mes	Rechazos				
		Protub. en set R1	Protub. en el Contraset R1	Protub. en set R2	Protub. en el Contraset R2	Total Rechazos
2022	Enero	2	0	3	0	5
	Febrero	8	0	4	0	12
	Marzo	21	0	21	0	42
	Abril	37	3	37	3	80
	Mayo	22	0	38	0	60
	Junio	20	0	28	0	48
	Julio	24	0	18	1	43
	Agosto	35	1	27	1	64
	Setiembre	23	0	13	0	36
	Octubre	16	1	8	1	26
	Noviembre	15	0	13	0	28
	Diciembre	29	0	18	0	47
2023	Enero	12	0	6	0	18
	Febrero	10	0	1	0	11
	Marzo	6	0	7	0	13
	Abril	0	0	0	0	0
	Mayo	0	0	0	0	0
	Junio	0	0	0	0	0
	Julio	2	0	1	0	3
	Agosto	0	0	0	0	0
	Setiembre	2	0	1	0	3
	Octubre	8	0	4	0	12
	Noviembre	13	0	7	0	20
	Diciembre	3	0	3	0	6
Promedio mensual					24	

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se observa en la Tabla 14, se puede ver que los ánodos rechazados por esta causa son en mayor cantidad por protuberancias en set, es decir por presencia de burbujas en la cara frontal de los ánodos tanto en la rueda 1 como en la rueda 2. A partir de la data se puede ver

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

un una disminución entre finales del año 2022 y comienzos del 2023, este tipo de rechazo puede haber sido ocasionado por un error en la oxidación o reducción que posteriormente fue solucionado a través de un reajuste de los parámetros.

3.5.3.5. Ánodos rechazados Aut. Casting

Este tipo de defecto es originado por errores que provienen de la cabina de control durante la programación automática para recoger los ánodos y colocarlos en las tinas de enfriamiento. Debido a que los ánodos no están del todo fríos, al colocarlos en las tinas de enfriamiento, las cadenas que desplazan los ánodos pueden ocasionar golpes bruscos entre los ánodos afectando su superficie.

En la Tabla 15 se puede ver la cantidad total de ánodos rechazados por Aut. Casting en los años 2022 y 2023, esta data fue proporcionada por la misma empresa en estudio a fin de poder evaluar su impacto y significancia en la cantidad total de ánodos rechazados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 15

Ánodos rechazados por Aut. Casting

Año	Mes	Rechazos				
		Ánodos Rechazados Aut. Casting R1	**Ánodos rechazados Automática R1**	**Ánodos Rechazados Aut. Casting R2**	**Ánodos Rechazados Automática R2**	**Total rechazos**
2022	Enero	3	19	5	18	45
	Febrero	1	42	5	67	115
	Marzo	25	180	17	141	363
	Abril	38	176	28	144	386
	Mayo	45	128	32	123	328
	Junio	43	126	35	113	317
	Julio	48	120	38	97	303
	Agosto	38	157	26	118	339
	Setiembre	29	132	29	97	287
	Octubre	24	126	23	96	269
	Noviembre	40	120	38	96	294
	Diciembre	42	135	35	114	326
2023	Enero	32	103	28	79	242
	Febrero	45	116	43	99	303
	Marzo	51	115	41	86	293
	Abril	19	91	11	75	196
	Mayo	20	96	18	87	221
	Junio	11	92	9	79	191
	Julio	8	88	4	80	180
	Agosto	0	83	1	71	155
	Setiembre	8	99	3	90	200
	Octubre	15	103	12	101	231
	Noviembre	62	154	56	136	408
	Diciembre	49	123	54	125	351
Promedio mensual						264

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024.

Como se observa en la Tabla 15, los ánodos rechazados por esta causa son los más significativos a comparación de los defectos anteriormente mencionados, sin considerar el mes de enero de 2022 se puede ver un notable incremento en los siguientes meses lo que suman muchos ánodos rechazados. Como se mencionó, esto fue ocasionado por errores desde la sala de control, lo que puede deberse a una falta de mantenimiento o revisión eléctrica de las conexiones y controles que permiten una correcta programación del llenado y enfriamiento de ánodos.

Se pueden identificar diferentes puntos de mejora luego de haber analizado cada una de las variables fijadas para el estudio a fin de encontrar alternativas que permitan mejorar el área de afino y moldeo reduciendo el número de ánodos rechazados. En cuanto a los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

rechazos, podemos concluir en que la mayor causa de rechazo de los ánodos es por Aut. Casting, seguido por ánodos rechazados por orejas dobladas o rotas y ánodos rechazados por no cumplir con el espesor fijado para las orejas. Tomando en cuenta eso, se tiene claro las causas principales de rechazo, las cuales ahora requieren un análisis más específico para determinar alternativas de mejora en el proceso a través de la solución de los problemas identificados.

3.6. Propuesta de soluciones para la mejora de los procesos

En base a lo identificado en el diagnóstico realizado en el capítulo III del proceso de afino y moldeo de ánodos de cobre, se realizará la aplicación de la matriz Vester y el diagrama Ishikawa para identificar las causas principales del problema lo cual permitirá realizar propuestas de solución para la mejora del proceso analizado.

3.6.1. Jerarquización de problemas mediante Matriz de Vester

Para realizar la matriz Vester es necesario identificar los problemas que se tiene en el área de afino y moldeo como se observa a detalle en los siguientes subtítulos.

3.6.1.1. Identificación de problemas

A continuación, se presentan las diversas problemáticas que afectan al proceso, la correcta identificación constituye el punto de partida para la aplicación de la matriz de Vester.

- Fallas en la sala de control
- Espesor de las orejas de los ánodos fuera de rango
- Ánodos con rebaba en la superficie
- Ánodos con orejas dobladas/rotas
- Ánodos con burbujas en la superficie
- Ánodos rechazados por Automatic Casting
- Capacitación insuficiente de los operarios nuevos
- Falta de control de calidad de los moldes
- Falta de registros de control

3.6.1.2. Identificación de causas

A continuación, se presentan las causas de los problemas identificados, así como los códigos correspondientes para la priorización.

- Ausencia de mantenimiento preventivo planificado y eficaz
- Mala nivelación de los moldes
- Defectos de los moldes
- Velocidad de llenado irregular
- Ausencia de inspección rigurosa de calidad de moldes antes del uso

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Deficiente aplicación de desmoldante
- Fallas en la preparación de desmoldante
- Errores en el sistema de levante y enfriamiento de ánodos
- Fallas en pieza limit switch del sistema de levante de ánodos
- Deficiencias en el control de calidad de moldes debido a la falta de definición y documentación del proceso.
- Ausencia de proceso de gestión de calidad de los moldes

Tabla 16
Causas de los problemas identificados

Código	Causa del Problema
C1	Ausencia de mantenimiento preventivo planificado y eficaz
C2	Mala nivelación de los moldes
C3	Defectos de los moldes
C4	Velocidad de llenado irregular
C5	Ausencia de inspección rigurosa de calidad de moldes antes del uso
C6	Deficiente aplicación de desmoldante
C7	Fallas en la preparación de desmoldante
C8	Errores en el sistema de levante y enfriamiento de ánodos
C9	Fallas en pieza limit switch del sistema de levante de ánodos
C10	Falta de estandarización y documentación del proceso de control de calidad de moldes
C11	Ausencia de proceso de gestión de calidad de los moldes

Nota. Elaboración Propia, 2024.

3.6.1.3. Relación entre las causas

Al haber identificado las principales causas que afectan al proceso de afino y moldeo de ánodos de cobre, siguiendo la metodología planteada, se procede a analizar la relación entre ellas. Esta herramienta permite conocer las causas que se deben priorizar para el planteamiento de la propuesta de mejora.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 17

Relación entre las causas

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	TOTAL
C1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
C2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	4
C3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	4
C4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	4
C6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
C7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
C8	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
C9	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
C10	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	4
C11	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	4

Nota. Elaboración Propia, 2024.

3.6.1.3.1. Análisis e interpretación

El análisis de la matriz permite identificar las causas más influyentes, es decir, aquellas que tienen mayor número de efectos sobre otras causas. Estas son:

- **C2**: Mala nivelación de los moldes
- **C3**: Defectos de los moldes
- **C5**: Ausencia de inspección rigurosa de calidad de moldes antes del uso
- **C10**: Falta de estandarización y documentación del proceso de control de calidad de moldes
- **C11**: Ausencia de proceso de gestión de calidad de los moldes

Estas causas representan palancas clave en la mejora del proceso, ya que al intervenir sobre ellas se espera un mayor impacto positivo.

3.6.2. Análisis de causa raíz

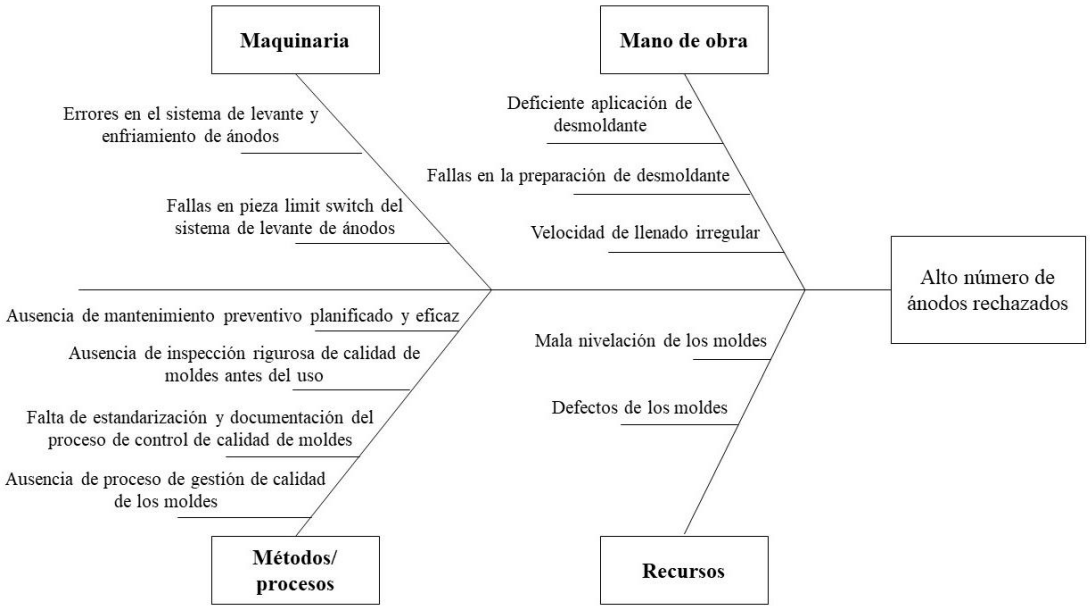
Para poder plantear alternativas de solución que ataquen las causas que llevan a un alto número de ánodos rechazados, a continuación, en la Figura 13 se muestra el diagrama de Ishikawa que servirá como herramienta para identificar las causas principales de esta problemática.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 12
Diagrama de Ishikawa



Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024. En la figura se muestra el diagrama de Ishikawa utilizado para identificar y clasificar las causas que generan el alto número de ánodos rechazados, agrupados en maquinaria, mano de obra, métodos/procesos y recursos.

3.6.3. Selección de alternativas de solución a cada problema raíz

A continuación, se presentan diversas alternativas de solución para cada problema y causas relevantes que permita mejorar el proceso de producción de ánodos.

Las alternativas consideras deben tener un impacto directo en las causas raíz a fin de reducir el número de ánodos rechazados.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 18
Alternativas de solución

Problema	Causa raíz	Alternativa de solución	Objetivo
Errores de los operarios	• Deficiente aplicación de desmoldante • Fallas en la preparación de desmoldante	Estandarización de procesos y normalización	Asegurar que todos los subprocesos de afino y moldeo sigan los mismos procedimientos específicos, minimizando variaciones que puedan llevar al rechazo de los ánodos. Además, capacitar el personal para que cumplan con lo definido.
Incremento en los defectos físicos de los ánodos	• Falta de estandarización y documentación del proceso de control de calidad de moldes • Ausencia de inspección rigurosa de calidad de moldes antes del uso • Mala nivelación de los moldes • Defectos de los moldes • Ausencia de proceso de gestión de calidad de los moldes	Control de Calidad de moldes	Asegurar la calidad de los moldes de acuerdo a los parámetros establecidos y de esta manera reducir los ánodos con defectos en la superficie.
Fallas en la sala de control	• Ausencia de mantenimiento preventivo planificado y eficaz • Errores en el sistema de levante y enfriamiento de ánodos • Fallas en pieza limit switch del sistema de levante de ánodos	Mantenimiento Preventivo en la sala de control	Reducir fallas de equipo que podrían afectar la calidad de los ánodos. Esto puede incluir análisis de vibración, termografía y otras técnicas predictivas.

Nota. La empresa Elaboración Propia, 2024

Como se ve en la tabla anterior, se están planteando tres alternativas de solución que agrupan y actúan sobre las causas de los problemas identificados a través del diagnóstico. Como parte de la propuesta se está considerando también la normalización de los procesos que tiene como alcance capacitar a los operarios en las mejoras y cambios propuestos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV. PROPUESTA DE MEJORA

4.1. Desarrollo de las propuestas de mejora

Las propuestas finales identificadas en el apéndice 4.4.2 son viables y factibles, alineadas a la misión y visión de la empresa puesto que permitirán tener un mayor aprovechamiento de los recursos, así como mantener una producción que cumpla con los criterios de calidad establecidos por la misma. Al actuar de manera directa en el problema de los ánodos rechazados se va a garantizar la producción de metales de alta calidad de manera rentable.

4.1.1. Estandarización de procesos y normalización

A través de la estandarización de procesos se busca documentar de forma óptima las actividades y tareas que se deben realizar para asegurar que los ánodos de cobre se produzcan sin defectos. Con ello, además se asegura que los empleados sigan un mismo procedimiento.

4.1.1.1. Implementación de formato de uso y aplicación de desmoldante

De acuerdo al análisis realizado el punto 3.5.3 de la presente investigación, se identificó que otro de los problemas que causa el rechazo de ánodos era la incorrecta aplicación de desmoldante, lo que ocasiona que las orejas de los ánodos estén dobladas o rotas, ya que se presentan dificultades al desmoldarlos, quedándose pegados.

Este defecto, como se menciona, es causado por la mala aplicación de desmoldante en los moldes, previo al llenado de los mismos.

En la planta actualmente no se cuenta con un procedimiento ni con un registro que evidencie la correcta aplicación del desmoldante, de acuerdo a información brindada por el supervisor de la planta, la cantidad a aplicar depende mucho del criterio y conocimiento del operador. Actualmente en el plan de calidad de la producción de ánodos, se indica que no es necesario un registro, sin embargo, al realizar el análisis se refleja la falta del mismo.

Como punto de partida, es necesario determinar la cantidad de desmoldante óptima a utilizar en los moldes. En la tabla 19, se puede observar la cantidad en toneladas (Tn) de desmoldante utilizado por mes en el primer semestre del año 2024.

Tabla 19

Consumo de desmoldante

Mes	Consumo (Tn)
Enero	11.3
Febrero	10.7
Marzo	12.7
Abril	9.8
Mayo	9
Junio	13

Nota. Elaboración propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

De acuerdo a los datos de la Tabla 19 con respecto al consumo de desmoldante por mes, se obtiene un promedio de aproximadamente 11.08 Tn al mes, es decir 11 000 kg. De acuerdo a información brindada en base a la producción, se puede tener los siguientes datos reflejados en la Tabla 20.

Tabla 20
Consumo de desmoldante por molde

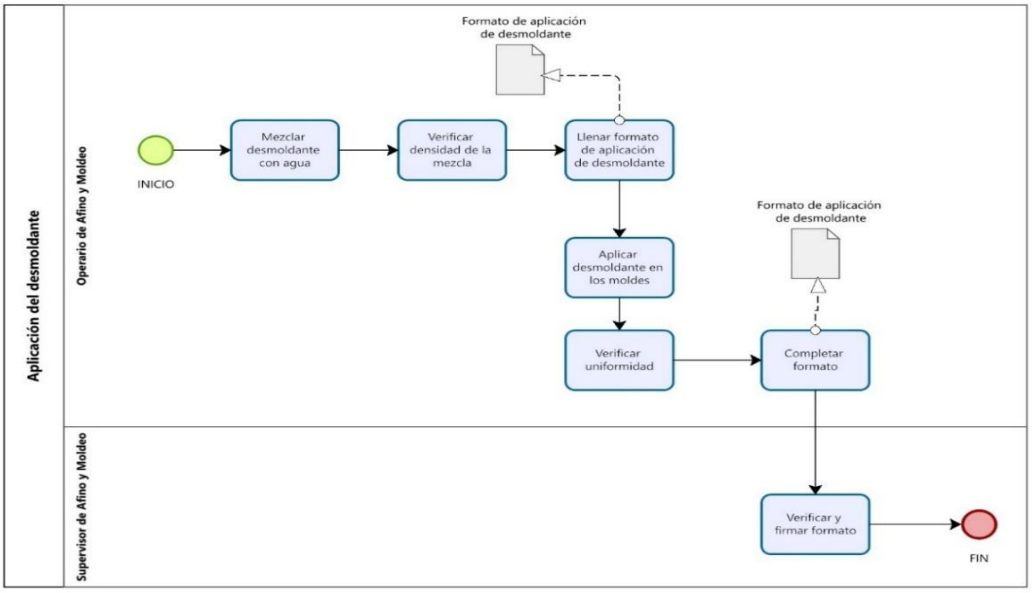
Ítem	Consumo
Consumo mensual desmoldante	11 000 kg.
Total, de lotes al mes	84 lotes
Ánodos por lote (2 ruedas/18 moldes)	36
Consumo por molde	3.63 kg.

Nota. Elaboración propia, 2024.

De acuerdo a la Tabla 20, el consumo de desmoldante aproximado por cada molde es de 3.63 kg. Para poder adherirlo y aplicarlo, es necesario mezclarlo con agua ya que se requiere que la mezcla final del desmoldante tenga una densidad de 9.8 gr/cm3. Para este cálculo se utilizan en la planta de Afino y Moldeo la Balanza Marcy.

A fin de implementar un registro que evidencie la correcta aplicación del desmoldante, es necesario determinar las operaciones que forman parte de este proceso. Como punto de partida en la siguiente figura se presenta el diagrama de flujo propuesto para el proceso de aplicación de desmoldante.

Figura 13
Diagrama de flujo del proceso propuesto de Aplicación del desmoldante



Nota. Elaboración Propia, 2024. La figura muestra el diagrama de flujo propuesto para el proceso de aplicación del desmoldante, detallando las actividades, secuencia operativa y puntos de control necesarios.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se muestra en la Figura 13, el proceso de aplicación del desmoldante incluye un total de 7 actividades generales, involucrando al operario de Afino y Moldeo y al supervisor de la guardia para la verificación final del uso del formato, el cual también forma parte de la propuesta.

Considerando la información general reflejada en el diagrama de flujo, a continuación, se plasma el diagrama de análisis de procesos (DAP) propuesto de la aplicación del desmoldante a fin de descomponer y analizar las actividades involucradas en el proceso específico.

Figura 14

DAP detallado del proceso propuesto de Aplicación del Desmoldante

DIAGRAMA DE ANALISIS DETALLADO DEL PROCESO												
EMPRESA	Empresa minera del sur del país										**PÁGINA**	1/2
DEPARTAMENTO	Afino y moldeo										**FECHA**	Octubre 2024
PROCESO	Aplicación de desmoldante										**MÉTODO**	Actual
ELABORADO POR	Daniela Villanueva Sosa										**APROBADO POR**	Jefe de Afino y moldeo
ACTIVIDAD	**C**	**D**	**T**	**SIMBOLOS**							**OBSERVACIONES**	
	u	**M**	**M**	○	⇨	□	D	▽	◯			
1. Mezclar desmoldante con agua				X								
2. Verificar densidad de la mezcla									X		La densidad óptima de la mezcla del desmoldante es de 9.8 gr/cm^3	
3. Llenar formato de 'Aplicación de desmoldante'				X								
4. Preparar brochas para aplicación de desmoldante									X			
5. Cubrir orejas de los ánodos con desmoldante									X			
6. Verificar distribución uniforme						X						
7. Cubrir el centro del molde con desmoldante	4								X			
8. Verificar distribución uniforme						X						
9. Conectar manguera con sprays de la campana de la rueda de moldeo						X					En cada rueda de moldeo se cuenta con 3 spray para aplicación de desmoldante.	
10. Verificar aplicación de desmoldante con los sprays			15			X						
11. Completar formato de 'Aplicación de desmoldante'									X			

Nota. Elaboración Propia, 2024. La figura representa el DAP detallado propuesto para el proceso de aplicación del desmoldante, donde se describe la secuencia operativa y las actividades críticas que conforman el nuevo flujo de trabajo.

Como se observa en la Figura 14 del Diagrama de Análisis de Proceso de Aplicación del Desmoldante, este proceso es corto y cuenta con 11 actividades, de las cuales 3 son operaciones, 3 inspecciones y 5 de operación-inspección.

De acuerdo a las actividades mencionadas, se ve que se incluye el formato de 'Aplicación de desmoldante', el que tiene como fin registrar y evidenciar la correcta aplicación del

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

desmoldante. De esta forma los operarios brindarán mayor atención a esta parte importante del proceso para evitar que se den posteriores fallas.

A continuación, en la Figura 15 se presenta el formato de 'Aplicación de desmoldante' propuesto, el cual deberá ser llenado oportunamente y de manera adecuado por el operario que aplica el desmoldante y firmado por el supervisor de turno.

Figura 15

Formato propuesto de aplicación de desmoldante

FORMATO DE APLICACIÓN DE DESMOLDANTE		
Operador		
Fecha / Turno		
N° de lote		
Puntos de control	Conformidad ✓ Marcar con una X cada vez que se haya cumplido con todas las actividades dentro del proceso.	Observaciones
Densidad inicial (9.8 mg/cm^3)		
Conformidad de desmoldante en orejas del moldeo		
Conformidad de desmoldante en cuerpo de moldes.		

_____
Firma del supervisor

Nota. Elaboración Propia, 2024. La figura muestra el formato propuesto para aplicación del desmoldante, el cual estandariza los datos a registrar, así como los puntos de control a fin de ser de apoyo para el proceso propuesto.

De acuerdo a la Figura 15 de formato para aplicación del desmoldante, se identifican tres puntos principales de control que son críticos en el proceso en mención. Al documentar y registrar este proceso se busca asegurar que los operarios cumplan con todas las actividades de este proceso de manera correcta y, por lo tanto, disminuir los rechazos ocasionados por la mala aplicación del desmoldante en la planta de Afino y Moldeo.

4.1.1.2. Desarrollo de un plan de capacitaciones

A partir de las propuestas incluidas en este capítulo de la presente investigación, se busca desarrollar un plan de capacitaciones que incluya la fabricación de moldes, así como las otras actividades nuevas de las propuestas de mejora en la planta de Afino y Moldeo. Para ello, se aplica la siguiente metodología:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- Detección de necesidades (DNC): De acuerdo al análisis del proceso realizado y las propuestas de mejora planteadas, se identifican los siguientes puntos a considerar dentro la capacitación:
  - Fabricación de moldes
  - Aplicación de desmoldante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

- Planificación de la capacitación: Debido a que las necesidades identificadas se relacionan a actividades manuales, es necesario optar por una capacitación práctica que permita que, a través de la práctica, los operarios puedan aprender del encargado de la capacitación como llevar a cabo estas tareas. A continuación, en la Tabla 21, se presenta el plan de capacitaciones propuesto que se desarrollaría dentro del horario laboral, mientras se realizan las operaciones cotidianas.

Tabla 21
Plan de Capacitaciones

TEMA	MES 1				MES 2				IMPARTIDA POR	IMPARTIDA A
Semana	1	2	3	4	1	2	3	4		
Fabricación de moldes: Explicación de medidas de acuerdo a plan de calidad	X								Supervisor	Operarios – Turno A, B y C
Fabricación de moldes: Explicación práctica y control de calidad		X							Operario Líder	Operarios – Turno A, B y C
Fabricación de moldes: Uso de formato de control de calidad			X						Supervisor	Operarios – Turno A, B y C
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO				X					Supervisor	Operarios – Turno A, B y C
Aplicación del desmoldante: Explicación teórica del proceso					X				Supervisor	Operarios – Turno A, B y C
Aplicación del desmoldante: Explicación práctica						X			Operario Líder	Operarios – Turno A, B y C
Aplicación del desmoldante: Uso de formato							X		Supervisor	Operarios – Turno A, B y C
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO								X	Supervisor	Operarios – Turno A, B y C

Nota. Elaboración Propia, 2024.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se muestra en la Tabla 21, se organizan los temas a tratar en la capacitación basado en 3 etapas, una explicación teórica, explicación práctica y por último, el uso de los formatos a implementar de manera que se asegure el cumplimiento de los parámetros de las actividades. Cada capacitación está programada para cada semana, al terminar las tres etapas correspondientes por cada tema, se programa también una evaluación. Es importante resaltar también que estás capacitaciones también serán evaluadas a largo plazo con la reducción de ánodos rechazados, en caso contrario se puede volver a realizar el plan de capacitación de forma periódica de acuerdo a como se estén llevando las operaciones.

- Avisar a las áreas involucradas en el plan de capacitación: En esta parte de la metodología, se colocará el plan de capacitaciones propuesto tanto en la oficina principal de la jefatura de Afino y Moldeo, así como en el comedor de manera que se asegure que este difundido a todos los operadores. De igual forma para asegurar su compromiso, el Superintendente de Operaciones mantendrá una reunión con cada guardia para informar sobre el inicio de las capacitaciones y los beneficios que se busca tener.
- Fijar indicadores de avance en el plan de capacitación, definir metas de participación: Como principal indicador del avance del plan de capacitaciones será la nota promedio obtenida en las evaluaciones al terminar cada uno de los 2 temas a tratar. Además, otro indicador y el más importante, será el número de ánodos rechazados que se espera se reduzca al aplicar todos estos controles. La participación, debido a que se llevará a cabo dentro del horario laboral, será del 100%.
- Incluir dentro del plan periodos de evaluación de resultados para medir el impacto: Como se menciona, al terminar las 3 etapas por tema a tratar en la capacitación, se considera una semana para la evaluación y seguimiento, donde además del examen a los operarios, el supervisor a cargo de la guardia entregará un informe a la jefatura donde se indique la participación, notas por operario, así como fotografías que evidencien la realización de las capacitaciones. Este informe será presentado a la Superintendencia de Operaciones. Pasados 6 meses de realizadas las capacitaciones, se hará un análisis sobre el número de ánodos rechazados.

4.1.2. Control de Calidad de moldes

De acuerdo al análisis realizado en el punto 3.5.3 de la presente investigación, se pudo ver el rechazo de ánodos y las diferentes causas se debe a una falta de inspección de los moldes antes de su uso e incorporación en la rueda de moldeo. Al analizar las distintas etapas del proceso actual, no se identifica un proceso de control de calidad de los moldes.

Esta alternativa propuesta es de fácil aplicación y no conlleva un sobrecosto ya que será

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

realizado por los mismos operarios basados en su experiencia, verifican el correcto estado de los moldes y asegurar que se encuentren nivelados, lo que influye directamente en la calidad del ánodo final.

4.1.2.1. Caracterización de procesos

Al haber identificado el proceso principal que se quiere implementar, se procede a realizar la caracterización del mismo a través del método SIPOC, con el objetivo de identificar las actividades, entradas y salidas, recursos.

Dicho ello, en la siguiente figura se presenta la caracterización del proceso.

Figura 16

Caracterización del proceso propuesto de control de calidad de moldes

FICHA DE CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE MOLDES	Código: FUN-PRO-001
	Versión: 01
	Página: 1/1

Proceso	Control de calidad de moldes
Área	Afino y Moldeo
Responsable	Supervisor de Afino y Moldeo
Objetivo	Garantizar que los moldes utilizados en la rueda de moldeo cumplan con los estándares requeridos para los ánodos en cuanto a dimenciones y funcionalidad y de esta manera minimizar defectos.

Proveedor	Entradas	Proceso	Salidas	Cliente
Operario de fabricación de moldes	Molde	Verificar el estado físico en general considerando desgaste, grietas, corrosión	Molde libre de imperfecciones en la superficie	Operario rueda de moldeo
Operario de fabricación de moldes	Molde	Verificar la superficie de los moldes asegurando que la superficie este lisa y libre de cualquier resto de material de un uso previo	Molde libre de imperfecciones en la superficie	Operario rueda de moldeo
Operario de fabricación de moldes	Molde	Verificar la nivelación del molde utilizando el instrumento de nivel de burbuja	Molde nivelado	Operario rueda de moldeo
Operario de fabricación de moldes	Molde	Completar el registro con el resultado de la inspección y futura generación de informes	Registro de resultados de la inspección	Supervisor de Afino y Moldeo

Nota: Elaboración propia, 2024. La figura muestra la caracterización del proceso propuesto de control de calidad de moldes, detallando la secuencia del proceso, las actividades principales y responsables.

Como se muestra en la figura 16, se definen las actividades incluidas dentro del proceso de control de calidad de moldes enfocándose sobre todo en la inspección física de los moldes con el fin de asegurar que se encuentren en correcto estado antes de colocarlos en la rueda de moldeo para el llenado de cobre.

Es importante reconocer que no es necesario que el operario verifique las medidas del molde ya que este se lleva a cabo en base a un estándar, lo que es necesario verificar es que

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

se encuentre nivelado.

Se propone que, para verificar este aspecto, se utilice una herramienta de medición como el nivel de burbuja. Este es un método rápido y sencillo que será de gran utilidad para que el operario se asegure que el molde será llenado uniformemente.

4.1.2.2. Ficha de indicadores

Una vez caracterizado el proceso y al haber identificado las actividades incluidas dentro del mismo, se consideran indicadores para evaluar y dar seguimiento del proceso, además permitirá identificar posibles cambios y mejoras. Para ello a continuación se refleja la ficha de indicador correspondiente.

Figura 17

Ficha de indicador - % de rechazos por orejas delgadas/gruesas

FICHA DE INDICADOR				Código: FUN-CA-005
PROCESO DE CONTROL DE CALIDAD DE MOLDES				Versión: 01
				Página: 1/1
Indicador	% de ánodos rechazados por orejas delgadas/gruesas			
Descripción	Mide el volumen de ánodos rechazados por el tipo de defecto			
Responsable	Supervisor de Afino y Moldeo			
Fórmula	N° ánodos con orejas delgadas/gruesas / N° total de rechazos			
Nivel de referencia	Malo	Regular	Aceptable	
	X > 5%	5% < X < 2%	X < 2%	
Fuente procesamiento	Excel			
Frecuencia de medición	Mensual	**Frecuencia de reporte**	3 primeros días del mes siguiente	

Nota: Elaboración propia, 2024. En la imagen se muestra la ficha del indicador propuesto para el proceso a fin de hacer seguimiento del porcentaje de rechazos por orejas delgadas/gruesas.

Como se muestra en la figura 17, se han definido como indicador de este proceso el porcentaje de ánodos rechazados por orejas delgadas/gruesas debido a que una de las causas de este rechazo son los moldes desnivelados previo a su colocación en la rueda, así como restos en la parte de las orejas de los ánodos, lo que ocasiona que, al medir el espesor, este no sea el adecuado.

4.1.2.3. Diagrama BPMN del proceso

A partir de lo identificado previamente, a continuación, se presenta el modelado en diagrama BPMN a través de la plataforma Bizagi. A través de este se identifican a mayor detalle las actividades y flujo a seguir, así como los involucrados en el proceso.

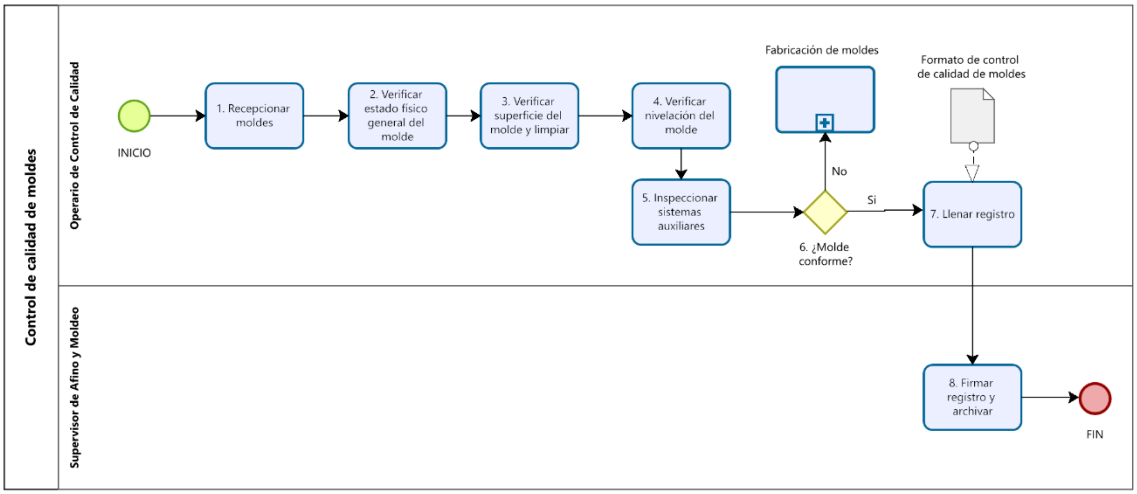
Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 18

Diagrama propuesto del proceso de Control de calidad de los moldes



Nota: Elaboración propia, 2024. La imagen muestra la representación en notación BPMN del proceso propuesto de control de calidad de los moldes, incluyendo actividades y puntos de control.

Como se muestra en la figura anterior, el proceso propuesto de Control de calidad de los moldes incluye 8 actividades involucrando en su mayoría al Operario de Control de Calidad, además al final del proceso se menciona al formato para el control de calidad verificado y firmado por el supervisor. Este formato propuesto se desarrolla en el siguiente punto.

4.1.2.4. Formato para el Control de Calidad de los moldes

Para asegurar el correcto control del proceso a implementar, también se propone el uso de un formato que permita el registro de los moldes diarios, así como el nombre del operador a cargo de la fabricación y control de calidad.

A continuación, en la Figura 19 se presenta el formato de ‘Control de Calidad de moldes’ propuesto, el cual deberá ser llenado oportunamente y de manera adecuado por el operario que fabrica los moldes y firmado por el supervisor de turno.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 19

Formato propuesto de Control de Calidad de los moldes

FORMATO DE CONTROL DE CALIDAD DE MOLDES			
Fecha / Turno			
N° de lote			
N°	Operario	Verificación física	Verificación de nivelación
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
			Firma del supervisor

Nota: Elaboración propia, 2024. En la figura se muestra el formato propuesto de apoyo para el proceso de control de calidad de los moldes a fin de registrar y validar el estado de los moldes.

Como se muestra en la Figura 19 de Formato de Control de Calidad de los Moldes, será posible identificar un registro que permita asegurar que se cumpla con un control de la nivelación de los moldes previo a que se coloquen en la rueda de moldeo, con ello también se podrá identificar fácilmente en caso alguno no se encuentre correctamente nivelado, de manera que pueda corregirse y evitar que se siga utilizando, reduciendo así el número de rechazos.

4.1.2.5. Manual de procedimientos

Se elabora el manual de procedimiento para el proceso propuesto a fin de tenerlo documentado facilitando el seguimiento y control de las actividades, además teniéndolo de esa manera se podrá compartir con los operarios. Por lo tanto, a continuación, se presenta el procedimiento considerando puntos importantes y el diagrama de flujo previamente desarrollado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 20

Manual de procedimiento propuesto de Control de calidad de moldes

PROCEDIMIENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE MOLDES	Código: FUN-PR-008
	Versión: 01
	Página: 1 / 1

1. Objetivo

Dar lineamientos para el control de calidad de los moldes para la producción de ánodos de cobre, previo a su incorporación en la rueda de moldeo, asegurando las características físicas a fin de cumplmir con los requerimientos exigidos por el cliente.

2. Justificación

El presente procedimiento es importante debido a que conteniene descripciones de actividades que deben realizarse por el personar involucrado, es importante resaltar que el manual esta enfocado en el control de calidad de las características físicas. No se incluyen las mediciones debido a que se trabaja con matrices ya establecidas.

3. Alcance

Las actividades incluidas en este procedimientos deberán realizarse para todos los lotes de producción de ánodos de cobre, abarca desde la verificación física general hasta el la firma y archivado del formato.

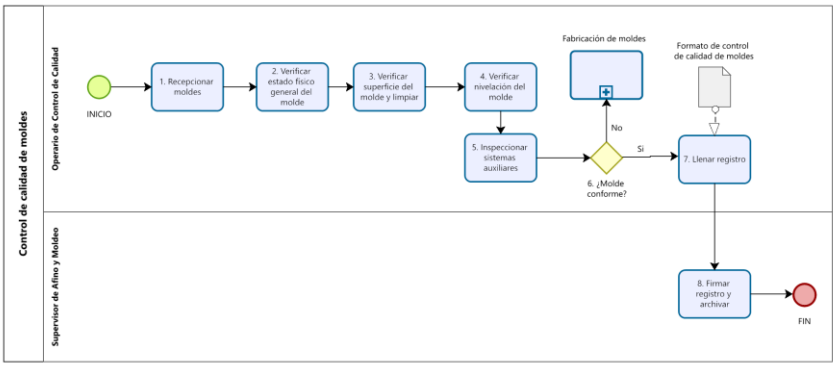
4. Participantes

4.1 Operario de Control de Calidad: Se encarga de cada fase de verificación de los moldes, así como del llenado del formato de verificación.
4.2 Supervisor de Afino y Moldeo: Se encarga de verificar el correcto llenado del formato, así como darle seguimiento al desarrollo de las actividades.

5. Actividades

N°	Responsable	Actividad	Descripción
1	Operario de Control de Calidad	Recepcionar moldes	Después de la fabricación, se reciben los moldes para realizar la verificación.
2	Operario de Control de Calidad	Verificar estado físico general del molde	Inspeccionar el molde y verificar el estado del mismo para descartar desgaste, grietas o corrosión
3	Operario de Control de Calidad	Verificar superficie del molde y limpiar	Revisar la superficie del molde para asegurar que este lisa y libre de cualquier resto de material
4	Operario de Control de Calidad	Verificar nivelación del molde	Con el uso de un nivel de burbuja adecuado para el tamaño del molde, se ajusta y verifica la nivelación confirmando que este alineado correctamente y evitar defectos en los productos.
5	Operario de Control de Calidad	Inspeccionar sistemas auxiliares	Revisar que los canales de enfiamiento se encuentres despejados y limpios para asegurar que el llenado se de de forma adecuada.
6	Operario de Control de Calidad	¿Molde conforme?	- Si el molde es conforme, **ir a la actividad 7**. - Si el molde no es conforme, se regresa al proceso de **Fabricación de moldes**
7	Operario de Control de Calidad	Llenar registro	Completar el formato de Control de Calidad de Moldes confirmando la verificación en cuando a esta físico como nivelación.
8	Supervisor de Afino y Moldeo	Firmar registro y archivar	Firmar el formato llenado por el operario verificando el correcto llenado.

6. Diagrama de actividades



7. Registros

Código	Nombre del formato
FUN-FOR-006	Registro de control de calidad de moldes

8. Políticas

- Este procedimiento se debe difundir con el personal de Afino y Moldeo, además será considerado dentro de la inducción para personal nuevo

- Es responsabilidad del supervisor mantener el procedimiento actualizado,

- Un incumplimiento del procedimiento puede generar una sanción de acuerdo al reglamento interno

- El llenado y firma del registro debe darse de forma obligatoria para todos los lotes de producción.

Nota: Elaboración propia, 2024. En la figura se muestra manual de procedimiento propuesto para el levantamiento del proceso.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se muestra en la figura 20, se indica también los registros relacionados y políticas. Se especifican también los responsables por cada actividad que forma parte del mismo.

4.1.3. Mantenimiento Preventivo en la sala de control

Debido al análisis realizado en el punto 4.4.3 de la presente investigación, se identificó que la principal causa de rechazo de ánodos era debido a un defecto denominado Automatic Casting. Este tipo de defecto era causado por fallas en la sala de control, desde donde se manejan el mecanismo de transporte de ánodos para sacarlos de la rueda de moldeo para sumergirlos en las tinas de enfriamiento.

Con esta información es que se plantea la propuesta de desarrollo de plan de mantenimiento preventivo que permita evitar estas fallas que ocasionan el rechazo de ánodos. Para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo base se plantean 4 pasos a seguir (Muñoz, 2004)

4.1.3.1. Definición de partes y elementos que serán objeto del mantenimiento

En la planta de Afino y Moldeo se utiliza maquinaria para el levante de ánodos, el cual saca los ánodos de la rueda de moldeo y los coloca en la tina de enfriamiento. Estos take-off son la razón de los rechazos por Automatic Casting, el tipo de defecto que significa la mayor cantidad de rechazos.

El Take-off está programado de manera que pueda levantar cada ánodo en la rueda de moldeo, como parte de su operatividad tienen incluidos interruptores llamados Limit Switch. Estos interruptores cumplen con la función de conseguir que las tenazas bajen hasta una altura necesaria para recoger los ánodos desmoldados. Sin embargo, lo que ocurre es que los interruptores suelen fallar, ocasionando que la tenaza no alcance a recoger los ánodos o también que los ánodos se golpeen al ser introducidos en las tinas de enfriamiento.

Esta parte del proceso forma parte de la sala de control, puesto que desde ahí se realiza la programación y se reciben las alertas cuando se dan estas fallas.

Debido a que se busca reducir el número de ánodos rechazados debido a fallas por Automatic Casting, los elementos o partes principales en las que se va a centrar el mantenimiento preventivo planteado son los Limit Switch.

El Limit Switch a utilizar es del tipo ajustable con rodillo que al estar ubicado en la parte final del recorrido de las tenazas del Take Off, permite el correcto levantamiento y transporte de los ánodos. A continuación, en la Figura 22, se muestra el Limit Switch modelo ME-8108 el cual se ajusta al Take off utilizado en la Planta de Afino y Moldeo

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Figura 21
Limit Switch modelo ME-8108

Nota. Unit Electronics. La figura muestra el modelo específico a utilizar en la presente propuesta.

Como se observa en la Figura 21, la principal característica de este modelo de interruptor es que está dotado contra líquidos como el agua o aceite. En este caso esta característica es muy importante ya que hay la posibilidad de que el componente entre en contacto con el agua de las tinas de enfriamiento al dejar los ánodos.

4.1.3.2. Establecer la vida útil de las partes definidas

La vida útil de las piezas objeto de la propuesta de mantenimiento preventivo para reducir el número de rechazos en la planta de Afino y Moldeo, se definió a través de un Focus Group (Ver Anexo 4) con el técnico de mantenimiento encargado del área de Afino y Moldeo y con el supervisor principal de la planta el 13/08/2024, a través del cual fue posible llegar a los resultados que se reflejan en la Tabla 22.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 22
Focus Group

Focus Group	Técnico de Mantenimiento	Supervisor de la planta
1.Necesidad de mantenimiento preventivo	Actualmente no se llevó a cabo un plan preventivo ya que no se había realizado un análisis de su impacto	Tener un mantenimiento preventivo a las piezas vinculadas a la sala de control reducirá el tiempo y producción perdido en la corrección de las fallas.
2.Piezas objeto de mantenimiento / cambio	El plan de mantenimiento preventivo debe enfocarse en las pequeñas piezas del Limit Swith, las piezas más complejas ya forman parte del MMF. (Mantenimiento Mayor de la Fundición)	El principal componente que ocasiona el rechazo de ánodos son los Limit Switch del Take-off.
3. Plazos de mantenimiento	Para evitar sobrecostos, se puede planificar una inspección mensual de los Limit Switch como se hace con otros componentes de la planta y cada 3 meses hacer un cambio para evitar que se den estas fallas.	Lo que se requiere es una inspección quincenal del funcionamiento de los Limit Swich, normalmente lo que ocurre es que el perno de ajuste se suelta y malogra la conexión.

Nota: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo a la información y resultados obtenidos con el Focus Group representado en la Tabla 22, se puede determinar que la vida útil aproximada de las piezas es de 3 meses. Para poder cumplir con esto es necesario hacer una inspección periódica de los limit switch para posibles ajustes de su instalación.

4.1.3.3. Determinar los trabajos a realizar

De acuerdo a la información brindada a través de Focus Group (Ver Tabla 22), se define que el plan de mantenimiento preventivo en la sala de control se fijará en los Limit Swich, a través de dos trabajos principales:

- Inspección mensual de las instalaciones de los Limit Swich: Verificar el ajuste de los pernos de manera que las conexiones y limpieza del área de instalación.
- Cambio de piezas: De acuerdo al conocimiento del especialista del área, cada 3 meses de debe realizar el cambio de estos componentes, de forma conjunta con las inspecciones mensuales se evitaría cual falla o imprevisto en el funcionamiento del Take-off.

4.1.3.4. Agrupar los trabajos según las fechas calendario en que se darán las intervenciones

A continuación, en la Tabla 23, se puede observar el cronograma del plan de mantenimiento preventivo propuesto para el Take-Off, de acuerdo a las actividades e

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

información identificada previamente en la Tabla 22.

Tabla 23

Cronograma de Mantenimiento Preventivo

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Inspección de instalaciones	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Cambio de componentes			X			X			X			X

Nota: Elaboración propia, 2024.

Como se refleja en la Tabla 23 Cronograma de Mantenimiento Preventivo, se plantea una inspección mensual de las instalaciones la que conlleva un ajuste, revisión y limpieza de las conexiones, así como un cambio trimestral, ver Tabla 22, de los componentes de manera que se puedan evitar fallas y por lo tanto reducir el número de ánodos rechazados a causa de este imprevisto. Cabe mencionar que los cambios de los componentes se realizaran al fin del mes.

4.2. Plan de implementación de las propuestas

4.2.1. Objetivo del plan

Con las propuestas planteadas a partir de los problemas identificados del presente trabajo, se busca:

- Reducir el número de ánodos rechazados.
- Mejorar el uso y manejo de los recursos.
- Controlar el proceso asegurando la calidad de los ánodos.
- Mejorar el proceso de producción de ánodos de cobre.

4.2.1.1. Participantes

Se consideran como participantes para el desarrollo de las propuestas:

- Operarios del área de Afino y Moldeo
- Superintendente de Operaciones – Fundición
- Jefe del área de Afino y Moldeo
- Supervisores del área de Afino y Moldeo
- Jefe SIG

Los encargados de llevar a cabo todas las propuestas y actividades de la propuesta son actuales trabajadores de esta empresa, que solamente se les asignará una tarea adicional para el desarrollo de las propuestas. En este caso se contará principalmente con el Superintendente de Operaciones, jefe de Afino y Moldeo, supervisores y operadores líderes de cada guardia.

Los supervisores estarán a cargo del control de las actividades, presentando informes

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

periódicos a la jefatura del área, quien a su vez mostrará resultados a la Superintendencia de Operaciones. Los operarios líderes cumplirán también con sus responsabilidades dentro del proyecto de mejora, no es necesario considerar horas adicionales, ya que como se mencionó, todo se realizará dentro del horario laboral. De forma adicional también se puede contar con el apoyo del área de Sistemas Integrados de Gestión de la Fundición, la cual hace seguimiento a los proyectos de mejora planteados por las áreas.

4.2.1.2. Cronograma de la propuesta

Para asegurar el desarrollo de las propuestas es necesario fijar un cronograma integrado que permita analizar de forma general las actividades requeridas para lograr una mejora en el área de Afino y Moldeo. Por lo tanto, a continuación, en la Tabla 24 se presenta el Cronograma de las propuestas con todas las actividades a realizar para cada una de ellas, así como la periodicidad con las que se llevarán a cabo en el periodo de un año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

Tabla 24

Cronograma general de las propuestas

Propuesta de Mejora	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Estandarización de procesos y normalización	**Implementación de un formato de uso y aplicación de desmoldante**												
	Documentar proceso de uso y aplicación de desmoldante	X											
	Explicación al personal sobre el proceso de uso y aplicación del desmoldante	X					X						X
	Control del uso adecuado del formato y verificación del proceso		X		X		X		X		X		X
	Revisión y análisis de reportes de ánodos rechazados						X						X
	Desarrollo de un plan de capacitaciones en cascada												
	Determinación del plan de capacitaciones	X											
	Difusión del plan de capacitaciones al personal involucrado y reuniones		X										
	Capacitación: Fabricación de Moldes			X								X	
	Capacitación: Aplicación de desmoldante				X								X
	Seguimiento y control			X	X							X	X
	Revisión y análisis de reportes de ánodos rechazados										X		
Control de Calidad de moldes	Documentación del nuevo proceso	X											
	Explicación del nuevo proceso a los operarios de la planta y uso del formato de control		X										
	Verificación del proceso y el adecuado uso del formato			X		X		X		X		X	
	Revisión y análisis de reportes de ánodos rechazados						X						X
Plan de Mantenimiento preventivo a la sala de control	Determinación del plan de mantenimiento	X											
	Inspección de instalaciones de los Limit Swich		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Cambio de piezas				X			X			X		
	Verificación del cumplimiento del plan de mantenimiento					X				X			
	Revisión y análisis de reportes de ánodos rechazados						X						X

Nota: Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en la Tabla 24 del Cronograma general de las propuestas, se detallan todas las actividades principales para el desarrollo de las propuestas, en todas se considera una actividad de revisión y análisis de los reportes de ánodos rechazados ya que el objetivo en común que se busca es la reducción de las causas que originan los ánodos rechazados. Estas revisiones están fijadas con periodicidad semestral, sin embargo, se consideran otras actividades de control específicas a cada proceso que sirvan de apoyo para asegurar la efectividad que se busca. En el caso de la propuesta acerca del desarrollo de un plan de capacitaciones, este análisis de los ánodos rechazos se realiza después de seis meses de haber realiza la capacitación, luego de esto se volverá a realizar un refuerzo de la misma hasta lograr que todos los operarios conozcan los procesos y formatos propuestos y con ello, conseguir una mejora en la planta de Afino y Moldeo.

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1. Costeo de la propuesta

5.1.1. Costos parciales de la propuesta

5.1.1.1. Costos parciales de Consultoría de mejora y estandarización de procesos

Al aplicar la metodología de gestión por procesos, la fase institucional exige la definición formal del presupuesto, alcance y actividades necesarias para su presentación y aprobación ante el Directorio, conforme con la política interna de la empresa. La consultoría no reemplaza las mejoras desarrolladas, si no que las complementa.

La consultoría resulta necesaria para trasladar las propuestas elaboradas a un escenario de implementación real, asegurando la estandarización, validación y la ejecución especializada de actividades más allá del alcance del presente estudio.

A continuación, en la Tabla 25 se presentan los costos parciales desglosados para la propuesta, con el fin de tener una evaluación más clara, así como una estimación realista de los recursos necesarios para la implementación. Para la estimación de los costos se han considerado dos propuestas sustentadas en los Anexos 5 y Anexo 6, en ambos casos se realizó la misma solicitud relacionada a la mejora y estandarización de procesos, sin embargo, se optó por la primera propuesta al considerarse más completa, contando como diferencial a las fases de pruebas y monitoreo post-implementación.

Tabla 25

Costos parciales de Consultoría de mejora y estandarización de procesos

Item	Descripción	Duración		Precio
1	Evaluación y auditoría de proceso AS-IS	1 mes	$	25,000.00
2	Rediseño de infraestructura y recursos	1.5 meses	$	35,000.00
3	Desarrollo de estrategias para implementación	1 mes	$	15,000.00
4	Pruebas piloto y validación	1.5 meses	$	20,000.00
5	Monitoreo y análisis Post-Implementación	1 mes	$	25,000.00
6	Gestión del cambio y desarrollo cultural	1 mes	$	20,000.00
	Total	**6 meses**	**$**	**140,000.00**
	Total + impuestos		**$**	**165,200.00**

Nota: Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 25, la propuesta elegida tendría una duración de 6 meses con un costo total de $ 165,200.00. Esta incluye 6 fases en las cuales se va a comenzar por un análisis de los subprocesos de Afino y Moldeo de la empresa minera en estudio, tomando como base

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

todo lo desarrollado en el Capítulo III. Diagnóstico de la situación actual. A su vez esta fase puede incluir entrevistas con el personal, observación de operaciones, etc. Todo con el fin de identificar ineficiencias y oportunidades de mejora.

Posterior a ello se considera una fase de rediseño de infraestructura y recursos donde la empresa consultora propone mejoras no solo en los procesos si no también en otros recursos como moldes y desmoldante, considerando el desarrollo del punto 4.1.1.

Continúa con el desarrollo de estrategias de implementación para ejecutar las mejoras de acuerdo a un plan, involucrando al personal del área y gestionando los cambios. En esta fase se estaría considerando lo desarrollado en el punto 4.1 así como otras mejoras identificadas en el proceso por parte de la consultoría.

Como se mencionó anteriormente la propuesta incluye pruebas piloto y de validación del proceso rediseñado a fin de evitar pérdidas económicas y adelantarse a posibles errores antes de la implementación total. Como control se considera la fase de monitoreo y análisis, post implementación donde a través de indicadores se va a poder evaluar el impacto de las mejoras. En el sector minero y en el área de Afino y Moldeo, se cuenta con personal con más de 30 años de experiencia, los cuales pueden presentar resistencia a los cambios, por esta razón la empresa consultora ofrece también la gestión del cambio y desarrollo cultural como fase de cierre a fin de que se facilite la transición a estos procesos mejorados, incluye también algunos talleres y actividades para asegurar la participación de todos.

Todas el desarrollo y mejoras propuestas en el presente trabajo formarían parte de los ítems 1, 2 y 3. Después y de acuerdo a lo mencionado se está considerando la implementación.

5.1.1.2. Costos parciales de materiales de escritorio

Siguiendo con los costos asociados a las propuestas, se consideran también materiales de escritorio reflejados en la Tabla 26, se indican la cantidad aproximada en cada caso, así como los costos unitarios y costos totales.

Tabla 26

Costos parciales de materiales de escritorio

Item	Descripción	Cantidad	Costo Unitario		Costo total	
1	Hojas bond	2.5 millares	$	6.87	$	17.18
2	Lapiceros	2 cajas x 50 u.	$	16.00	$	32.00
3	Tinta para impresión	3 frascos	$	9.40	$	28.20
4	Nivel de burbuja	3	$	22.18	$	66.54
	Total				**$**	**143.92**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la tabla anterior como parte de los materiales de escritorio se están considerando hojas bond para los formatos de uso y aplicación de desmoldante, evaluaciones y seguimiento para las capacitaciones de fabricación de moldes y aplicación de desmoldante, uso del formato de control de calidad de los moldes, así como también para los formatos de inspección planteados como parte del mantenimiento preventivo propuesto. Debido a que todos estos formatos serán impresos desde las plantillas propuestas se ha considerado tinta de impresión, además como serán llenados por los mismos operarios y validados por los supervisores de cada turno de forma manual, se consideran también lapiceros.

Como parte de esta sección se está considerando como instrumento un nivel de burbuja que servirá de apoyo en el subproceso de fabricación de moldes, para asegurar que estén nivelados y por lo tanto que no existan ánodos rechazados a causa de este defecto.

5.1.1.3. Costos parciales de refrigerios para las capacitaciones

Para las capacitaciones que se realizaran dentro del horario laboral correspondientes a la fabricación de moldes y aplicación del desmoldante, en la Tabla 27 se reflejan los costos parciales, esto se considera con el fin de ofrecer un ambiente cómodo para los operarios e incentivar su participación.

Tabla 27
Costos parciales de refrigerios de capacitaciones

Item	Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
01	Bebidas	528 u.	$ 0.55	$ 290.40
02	Snacks	528 u.	$ 0.18	$ 95.04
	Total			**$ 385.44**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Para la estimación de los costos se está considerando una bebida y snack por operario en cada sesión de capacitación, siendo un total de 41 de operarios y 3 supervisores.

5.1.1.4. Costos parciales de mantenimiento preventivo a sala de control

En el caso de la propuesta de mantenimiento preventivo en la sala de control, se está considerando dentro de los costos asociados el cambio de pieza que causa los rechazos por Automatic Casting. De acuerdo a la información recopilada con el personal del área se debe hacer el cambio de las 2 piezas que conforman el sistema de levante de forma trimestral. En la tabla 28 se menciona este costo y las cantidades necesarias para un año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 28
Costos parciales de mantenimiento preventivo a sala de control

Item	Descripción	Cantidad	Costo Unitario		Costo total	
1	Limit Switch modelo ME-8108	8	$	59.11	$	472.88
	Total				**$**	**472.88**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en la tabla anterior, se está considerando un total de 8 piezas de Limit Swith modelo ME-8108 para un año, este incluye tanto el precio de la pieza como el envío, ya que la empresa queda fuera del Perú. La ficha técnica y especificaciones de la pieza se encuentran en el Anexo 7.

La ventaja y principal razón de elección de este modelo es su compatibilidad y resistencia al agua y polvo lo cual asegura su durabilidad en la planta de Afino y Moldeo debido a que tiene contacto con las tinas de enfriamiento donde se colocan los ánodos una vez que fueron desmoldados.

5.1.2. Costo total de la propuesta

Después de haberse desglosado los costros asociados a las propuestas, a continuación, en la Tabla 29 se presenta el costo total de la propuesta.

Tabla 29
Costo total de la propuesta

Item	Descripción		Costo adicional
01	Consultoría por estandarización de procesos	$	165,200.00
02	Material de escritorio	$	143.92
03	Refrigerio de capacitación	$	385.44
04	Mantenimiento preventivo en sala de control	$	472.88
	Total	**$**	**166,202.24**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en la tabla anterior, toda la implementación de las propuestas de mejora tendría un costo total de $ 166,202.24 siento el costo más significativo el de la consultoría por estandarización de procesos.

Es importante mencionar que el costo por el servicio de consultoría ya incluye el paso de IGV. Además, el costo total podría variar entre un 5% o 8% debido a imprevistos que puedan presentarse en la empresa.

Se consideran todos los costos asociados a las propuestas de mejora, sin embargo, producto de la consultoría podrían identificarse otras mejoras, cuyos costos no estarían incluidos y deberían manejarse de forma independiente, previa aprobación de la Superintendencia de Operaciones.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2. Beneficios esperados

Basado en el comportamiento histórico del proceso, el cual no podría llegar a tener cero defectos, además que se puede tener siempre hay una variabilidad por factores imprevisibles.

De acuerdo a (Womack, J. P., & Jones, D. T. , 2003) todos los procesos están sujetos a variabilidad que pueden afectar su desempeño, por esta razón es ideal establecer 3 escenarios bajo los cuales se espera la reducción de ánodos rechazados.

Dentro de las propuestas no se ha optado por la automatización, debido a su complejidad y costo de implementación en las empresas del sector minero, por lo tanto, se considera que los rechazos van a reducirse en un rango ya que esto depende mucho de los operarios y su forma de realizar las actividades propuestas.

Para el cálculo de los beneficios esperados se ha considerado los datos proporcionados por la empresa en cuanto a precio de venta y costo de producción, a fin de que se calcule el margen de ganancia, en la Tabla 30 se reflejan estos datos.

Tabla 30

Margen de ganancia por ánodo

Costo total de producción por ánodo	$ 335.71
Precio de venta por ánodo	$ 3 901.92
Margen de ganancia por ánodo	$ 3 566.21

Nota. Datos proporcionados por la empresa en estudio, 2024.

Como parte de los costos de producción se consideran costos directos como electricidad, mano de obra e insumos, así como costos indirectos como depreciación de la maquinaria, servicios generales y mano de obra indirecta. La empresa en estudio y la mayoría de empresas del sector operan con economías de escala lo que disminuye los costos de producción unitarios. Además, el producto final es utilizado para la construcción, electrónica y energía, por lo que tiene una alta demanda lo cual se refleja también en el precio elevado.

5.2.1. Escenario optimista

En el caso del escenario optimista y dadas las razones mencionadas en el punto 5.2, se espera reducir el 10% de los rechazos. En las siguientes tablas se muestra el volumen, así como los beneficios totales esperados, tomando en cuenta el promedio de rechazados en los años 2022 – 2023 para cada tipo de defecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 31

Escenario optimista – Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	1	$3,566.21
Febrero	4	$14,264.85
Marzo	5	$17,831.06
Abril	7	$24,963.49
Mayo	4	$14,264.85
Junio	6	$21,397.28
Julio	4	$14,264.85
Agosto	3	$10,698.64
Setiembre	5	$17,831.06
Octubre	4	$14,264.85
Noviembre	4	$14,264.85
Diciembre	5	$17,831.06
Total		**$185,443.06**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 31, al reducir el 10% de los rechazos ocasionados por orejas delgadas / gruesas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $185,443.06 al año.

Tabla 32

Escenario optimista – Rechazos de ánodos con rebaba

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	1	$3,566.21
Febrero	0	$ -
Marzo	1	$3,566.21
Abril	1	$3,566.21
Mayo	1	$3,566.21
Junio	0	$ -
Julio	0	$ -
Agosto	1	$3,566.21
Setiembre	0	$ -
Octubre	1	$3,566.21
Noviembre	0	$ -
Diciembre	0	$ -
Total		**$21,397.28**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 32, al reducir el 10% de los rechazos ocasionados por ánodos con rebaba a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $21,397.28 al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 33

Escenario optimista – Rechazos de ánodos por orejas dobladas/rotas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	3	$10,698.64
Febrero	2	$7,132.43
Marzo	3	$10,698.64
Abril	5	$17,831.06
Mayo	4	$14,264.85
Junio	4	$14,264.85
Julio	7	$24,963.49
Agosto	9	$32,095.91
Setiembre	7	$24,963.49
Octubre	9	$32,095.91
Noviembre	7	$24,963.49
Diciembre	4	$14,264.85
Total		**$228,237.61**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 33, al reducir el 10% de los rechazos ocasionados por orejas dobladas/rotas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $228,237.61al año.

Tabla 34

Escenario optimista – Rechazos de ánodos con protuberancias

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	1	$3,566.21
Febrero	1	$3,566.21
Marzo	3	$10,698.64
Abril	4	$14,264.85
Mayo	3	$10,698.64
Junio	2	$7,132.43
Julio	2	$7,132.43
Agosto	3	$10,698.64
Setiembre	2	$7,132.43
Octubre	2	$7,132.43
Noviembre	2	$7,132.43
Diciembre	3	$10,698.64
Total		**$99,853.95**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 34, al reducir el 10% de los rechazos ocasionados por ánodos con rebaba a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $99,853.95 al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 35

Escenario optimista – Rechazos de ánodos por Aut. Casting

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	14	$49,926.98
Febrero	21	$74,890.47
Marzo	33	$117,685.02
Abril	29	$103,420.17
Mayo	27	$96,287.74
Junio	25	$89,155.32
Julio	24	$85,589.10
Agosto	25	$89,155.32
Setiembre	24	$85,589.10
Octubre	25	$89,155.32
Noviembre	35	$124,817.44
Diciembre	34	$121,251.23
Total		**$1,126,923.20**

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 35, al reducir el 10% de los rechazos ocasionados por Aut. Casting a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $1,126,923.20 al año.

De acuerdo a las tablas anteriores, bajo un escenario optimista de reducir el 10% de los rechazos según cada tipo, se tendría un beneficio total de $1,661,855.09 al año.

5.2.2. Escenario neutro

En el caso del escenario neutro y dadas las razones mencionadas en el punto 5.2, se espera reducir el 6% de los rechazos. En las siguientes tablas se muestra el volumen, así como los beneficios totales esperados, tomando en cuenta el promedio de rechazados en los años 2022 – 2023 para cada tipo de defecto.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 36

Escenario neutro – Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	0	$-
Febrero	3	$10,698.64
Marzo	3	$10,698.64
Abril	4	$14,264.85
Mayo	3	$10,698.64
Junio	3	$10,698.64
Julio	2	$7,132.43
Agosto	2	$7,132.43
Setiembre	3	$10,698.64
Octubre	2	$7,132.43
Noviembre	2	$7,132.43
Diciembre	3	$10,698.64
Total		$106,986.38

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 36, al reducir el 6% de los rechazos ocasionados por orejas delgadas / gruesas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $106,986.38 al año.

Tabla 37

Escenario neutro – Rechazos de ánodos con rebaba

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	0	$-
Febrero	0	$-
Marzo	0	$-
Abril	0	$-
Mayo	1	$3,566.21
Junio	0	$-
Julio	0	$-
Agosto	0	$-
Setiembre	0	$-
Octubre	0	$-
Noviembre	0	$-
Diciembre	0	$-
Total		$3,566.21

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 37, al reducir el 6% de los rechazos ocasionados por ánodos con rebaba a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $3,566.21 al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 38

Escenario neutro – Rechazos de ánodos por orejas dobladas/rotas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	2	$7,132.43
Febrero	1	$3,566.21
Marzo	2	$7,132.43
Abril	3	$10,698.64
Mayo	3	$10,698.64
Junio	3	$10,698.64
Julio	4	$14,264.85
Agosto	5	$17,831.06
Setiembre	4	$14,264.85
Octubre	5	$17,831.06
Noviembre	4	$14,264.85
Diciembre	2	$7,132.43
Total		$135,516.08

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 38, al reducir el 6% de los rechazos ocasionados por orejas dobladas / rotas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $135,516.08 al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tabla 39

Escenario neutro – Rechazos de ánodos con protuberancias

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	1	$3,566.21
Febrero	1	$3,566.21
Marzo	2	$7,132.43
Abril	2	$7,132.43
Mayo	2	$7,132.43
Junio	1	$3,566.21
Julio	1	$3,566.21
Agosto	2	$7,132.43
Setiembre	1	$3,566.21
Octubre	1	$3,566.21
Noviembre	1	$3,566.21
Diciembre	2	$7,132.43
Total		$60,625.62

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 39, al reducir el 6% de los rechazos ocasionados por ánodos con protuberancias a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $60,625.62 al año.

Tabla 40

Escenario neutro – Rechazos de ánodos por Aut. Casting

Mes	Total de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	9	$32,095.91
Febrero	13	$46,360.76
Marzo	20	$71,324.25
Abril	17	$60,625.62
Mayo	16	$57,059.40
Junio	15	$53,493.19
Julio	14	$49,926.98
Agosto	15	$53,493.19
Setiembre	15	$53,493.19
Octubre	15	$53,493.19
Noviembre	21	$74,890.47
Diciembre	20	$71,324.25
Total		$677,580.40

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 40, al reducir el 6% de los rechazos ocasionados por Aut. Casting a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $677,580.40 al año. De acuerdo a las tablas anteriores, bajo un escenario optimista de reducir el 6% de los rechazos según cada tipo, se tendría un beneficio total de $984,274.69 al año.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

5.2.3. Escenario pesimista

En el caso del escenario pesimista y dadas las razones mencionadas en el punto 5.2, se espera reducir el 3% de los rechazos. En las siguientes tablas se muestra el volumen, así como los beneficios totales esperados, tomando en cuenta el promedio de rechazados en los años 2022 – 2023 para cada tipo de defecto.

Tabla 41

Escenario pesimista - Rechazos de ánodos por orejas delgadas / gruesas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	0	$-
Febrero	1	$3,566.21
Marzo	2	$7,132.43
Abril	2	$7,132.43
Mayo	1	$3,566.21
Junio	2	$7,132.43
Julio	1	$3,566.21
Agosto	1	$3,566.21
Setiembre	1	$3,566.21
Octubre	1	$3,566.21
Noviembre	1	$3,566.21
Diciembre	1	$3,566.21
Total		$49,926.98

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 41, al reducir el 3% de los rechazos ocasionados por orejas delgadas / gruesas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $49,926.98 al año.

Tabla 42

Escenario pesimista - Rechazos de ánodos con orejas dobladas/rotas

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	1	$3,566.21
Febrero	1	$3,566.21
Marzo	1	$3,566.21
Abril	2	$7,132.43
Mayo	1	$3,566.21
Junio	1	$3,566.21
Julio	2	$7,132.43
Agosto	3	$10,698.64
Setiembre	2	$7,132.43
Octubre	3	$10,698.64
Noviembre	2	$7,132.43
Diciembre	1	$3,566.21
Total		$71,324.25

Nota. Elaboración propia, 2024.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Como se ve en la Tabla 42, al reducir el 3% de los rechazos ocasionados por orejas dobladas/rotas a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $74,585.45 al año.

Tabla 43

Escenario pesimista - Rechazos de ánodos con protuberancias

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	0	$-
Febrero	0	$-
Marzo	1	$3,566.21
Abril	1	$3,566.21
Mayo	1	$3,566.21
Junio	1	$3,566.21
Julio	1	$3,566.21
Agosto	1	$3,566.21
Setiembre	1	$3,566.21
Octubre	1	$3,566.21
Noviembre	1	$3,566.21
Diciembre	1	$3,566.21
Total		$35,662.13

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 43, al reducir el 3% de los rechazos ocasionados por ánodos con protuberancias a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $35,662.13 al año.

Tabla 44

Escenario pesimista - Rechazos de ánodos por Aut. Casting

Mes	Total, de rechazos reducido	Costo parcial
Enero	4	$14,264.85
Febrero	6	$21,397.28
Marzo	10	$35,662.13
Abril	9	$32,095.91
Mayo	8	$28,529.70
Junio	8	$28,529.70
Julio	7	$24,963.49
Agosto	7	$24,963.49
Setiembre	7	$24,963.49
Octubre	8	$28,529.70
Noviembre	11	$39,228.34
Diciembre	10	$35,662.13
Total		$338,790.20

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se ve en la Tabla 44, al reducir el 3% de los rechazos ocasionados por Aut. Casting a través de las propuestas de mejora propuestas se tendría un beneficio de $338,790.20 al

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

año.

De acuerdo a las tablas anteriores, bajo un escenario optimista de reducir el 6% de los rechazos según cada tipo, se tendría un beneficio total de $495,703.56 al año. No se considera reducción de rechazos relacionados a ánodos con rebaba, al ser los de menor volumen.

5.3. Análisis beneficio costo

Como parte de la viabilidad económica de las propuestas planteadas en el presente trabajo, en la siguiente tabla se muestra el análisis beneficio costo con los indicadores en cada uno de los escenarios pesimista, neutro y optimista.

Tabla 45

Ratio beneficio costo

Escenario	Ratio Beneficio – Costo
Optimista	10.00
Neutro	5.93
Pesimista	2.98

Nota. Elaboración propia, 2024.

Como se muestra en la tabla 45, en resultado en cualquiera de los 3 escenarios es positivo lo que indica que el retorno por cada dólar invertido es mayor que el costo, esto se debe también al margen de ganancia que se tiene por cada ánodo de cobre y los bajos costos operativos al trabajar con economías de escala.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CONCLUSIONES

PRIMERA. - Se logró realizar una propuesta de mejora en el área de Afino y Moldeo para reducir el número de ánodos rechazados en una empresa del rubro minero aplicando la metodología de gestión por procesos a través de un diagnóstico inicial para la identificación de los subprocesos correspondientes, descripción de los mismos utilizando diversas herramientas, análisis y seguimiento de datos cuantitativos, análisis de causa raíz y planteamiento de alternativas de solución. A través de esta mejora propuesta por lo menos se espera una reducción de 140 ánodos rechazados.

SEGUNDA. - Se realizó un análisis de la situación actual del área de Afino y Moldeo para la identificación de los subprocesos, sus secuencias y las interacciones clave mediante el uso de herramientas como el diagrama de flujo del proceso, diagrama de análisis del proceso y diagrama de balance de materia. Esto permitió visualizar y conocer que se tiene un porcentaje promedio del 13%, el cual es consecuencia de la existencia de oportunidades de mejora en el método de trabajo, control de calidad y mantenimiento de la maquinaria. Además, el 80% de operaciones están cubiertas por un plan de capacitaciones, sin embargo, los subprocesos de apoyo no están considerados.

TERCERA. - Se identificaron los problemas y causas que generan ánodos rechazados en el área de Afino y Moldeo encontrando como principales problemas errores de los operarios, incremento en los defectos físicos de los ánodos y fallas en la sala de control, siendo este último el más significativo representando el 68% del total de ánodos rechazados. Estos problemas fueron causados por capacitaciones deficientes en algunas partes del proceso, falta de registros de control, falta de seguimiento del proceso y falta de seguimiento de la maquinaria.

CUARTA.- Se logró diseñar la propuesta de mejora a fin de eliminar o mitigar los problemas identificados, la cual comprende las siguientes herramientas: estandarización de procesos y normalización a fin de asegurar que todos los subprocesos de afino y moldeo sigan los mismos procedimientos específicos, control de calidad de los moldes a fin de que se elaboren de acuerdo a los parámetros establecidos y mantenimiento preventivo en la sala de control para reducir fallas de equipo que podrían afectar la calidad de los ánodos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

QUINTA.- Se realizó el análisis Costo Beneficio que implica la implementación de las propuestas de mejora obteniendo como resultado un ratio de 10.00 en un escenario optimista y 2.98 en un escenario pesimista, lo cual significa que la propuesta es económicamente viable dado que se espera en ambos escenarios un retorno mayor al invertido, lo cual se debe a que los costos de producción son muy bajos en comparación al precio de venta del mineral; este análisis respalda una implementación de bajo riesgo financiero.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

RECOMENDACIONES

PRIMERA. - Se recomienda que la empresa en estudio opte por la automatización para la mejora de sus procesos, actualmente utiliza maquinara con hasta 20 años de antigüedad. Se podría llevar a cabo un análisis a mayor profundidad que considere la mejora en cuenta a características químicas de los ánodos. Asimismo, es crucial evaluar el impacto de la automatización en la eficiencia energética y en la reducción de costos operativos. De igual forma, se sugiere implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para garantizar un control más preciso y continuo de la calidad en los procesos productivos.

SEGUNDA. - Se recomienda reforzar con el personal la necesidad de mantener actualizada las guías, procedimientos y formatos correspondiente al proceso de Afino y Moldeo. A través de ello se podrá tener una visión clara de las actividades evitando duplicidades y errores esto servirá como base para futuras propuestas de mejora, además de ser fundamental para dar cumplimiento a la certificación ISO 9001 que actualmente tiene la empresa. También se podría implementar un mejor sistema de gestión documental digital que facilite el acceso, edición y control de versiones de estos documentos. Esto no solo agilizaría las auditorías internas y externas, sino que también fomentaría una mayor cultura de cumplimiento y estandarización entre los colaboradores. Además, se recomienda reforzar un plan de capacitaciones en las operaciones de Horno Holding y Horno de Afino y Moldeo, ya que es donde se identificó una mayor brecha.

TERCERA. - Se recomienda que la empresa priorice el seguimiento y medición de sus equipos, no solo considerar el mantenimiento correctivo como alternativa. El área debe asegurar el correcto funcionamiento de sus equipos a través de una medición periódica. Además, sería beneficioso implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo que permita anticiparse a fallas críticas. Esto contribuirá a prolongar la vida útil de los equipos y a reducir los tiempos de inactividad no planificada, mejorando así la productividad y la eficiencia operativa.

CUARTA. - Se recomienda involucrar a todas las jerarquías de la empresa en la normalización considerada como parte de las propuestas de mejora, partir desde una reunión de Kick off donde se les muestre a los operarios el objetivo de las mejoras propuestas, así como la importancia de su participación. Es fundamental fomentar un ambiente colaborativo en el que cada empleado se sienta valorado y entienda cómo sus aportaciones impactan en los resultados generales. Además, se podrían establecer canales de comunicación abiertos para que los colaboradores puedan compartir ideas, sugerencias y retroalimentación a lo largo del proceso de implementación a cargo de la consultoría propuesta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

QUINTA. - Se recomienda que la empresa se involucre más en la mejora de sus procesos y se considere dentro de su presupuesto anual para reducir aún más la cantidad de ánodos rechazados, ya que, al tener costos bajos de producción, el riesgo de pérdida siempre sería bajo. Asimismo, se podrían destinar recursos a la implementación de tecnologías más avanzadas para el control de calidad en tiempo real. Esto no solo ayudaría a disminuir los rechazos, sino también a optimizar la eficiencia del proceso y a mejorar la competitividad en el mercado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS

Aguilar-Saven, R. (2004). Business process modelling: Review and framework. *International Journal of production economics, 90*, 129-149.

Babbie. (2000). *La práctica de la investigación Social.* Wadsworth Publishing.

Beltrán, Carmona, Carrasco, Rivas, Tejedor . (2009). *Guía para una gestión basada en procesos.* Instituto Andaluz de Tecnología.

Beltrán, J. (2000). *Indicadores de gestión: Herramientas de trabajo para lograr la competitividad.* 3R Editores.

Bravo, J. (2009). *Gestión de procesos.* Editorial Evolución S.A.

Camisón, C. C. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas.* Pearson Educación.

Carro, R., & Gonzáles, D. (2008). *Administración de la calidad total* (1 ed.). Universidad Nacional de Mar del Plata.

Cervantes, Murillo, Zamora, Rodríguez. (2020). *Planificación estratégica en la gestión por procesos del cultivo de Cacao (Theobroma cacao L.) en el cantón Valencia, Provincia de Los Ríos.* Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

Coaguila. (2017). *Propuesta de implementación de un modelo de Gestión por Procesos y Calidad en la empresa O&C Metals S.A.C.* Arequipa – Perú: Universidad Católica San Pablo.

Donayre, Martínez. (2019). *Reducción de mermas de tela acabada del área de tintorería mediante la gestión por procesos en una empresa textil.* Lima-Perú: Universidad César Vallejo.

Empresa en estudio. (2023). *Manual del Sistema Integrado de Gestión.*

Empresa en estudio. (2023). *Procedimiento de Afino y Moldeo.*

Fernández, J. (2004). *Gestión por procesos.* ESIC Editorial.

García, M., Quispe, C., & Ráez, L. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial Data*, 89-94. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/816/81606112.pdf

Godínez, A. M., & Hernández, G. R. (2015). *Planeación estratégica TOTAL: La fórmula exclusiva y garantizada que ayudará a lograr lo que deseas en menos tiempo.* Ignius Media.

Granizo, C. (2018). *Optimización de los procesos de una empresa comercial.* Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Hernandez; Fernandez; Baptista. (2006). *Metodología de la investigación.* McGraw-Hill Interamericana.

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2023). *Principales indicadores del sector minería e hidrocarburos, 2015-2019. Sistema Estadístico Nacional - Compendio Estadístico.* Instituto Nacional de Estadística e Informática.

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 Sistemas de Gestión de la Calidad - Requisitos.*

Juran, J. (1993). *La Calidad desde el Enfoque Total.* Madrid: Ediciones McGraw-Hill.

Krajewski, L., Ritzman, L., & Malhotra, M. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor (8ª ed.).* Pearson Educación.

Malagueño, S. (2011). *Análisis de fallas para la disminución de defectos en ánodos obtenidos en una fundición de cobre.* Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

Mallar, M. (2010). La gestión por procesos: Un enfoque de gestión eficiente. *Revista Científica "Visión de Futuro", 13*(1). Obtenido de https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3579/357935475004

Manriquez, A. (2014). Gestión y diseño: Convergencia disciplinar. *Pensamiento & Gestión., 40*, 137.

Medina, Nogueira, Hernández, Comas. (2019). *Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo.* Arica-Chile: Ingeniare.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2007). *NC 3000:2007. Sistema de gestión de la calidad - Requisitos.* Ministerio de Comercio, Industria y Turismo.

Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Ranking mundial de producción minera, según país, 2023.* Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera.

Ministerio del Fomento. (2005). *La gestión por procesos. Modelos para implantar la mejora continua en la gestión de empresas de transporte por carretera, Capítulo 4.* Ministerio de Fomento de España.

Mokate, K. (2001). *Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad: ¿Qué queremos decir?* Instituto para el Desarrollo Social, Departamento de Integración y Programas Regionales.

Muñoz, M. (2004). *Mantenimiento industrial.* Universidad Carlos III de Madrid.

Parra, C., & Rodríguez, F. (2016). La capacitación y su efecto en la calidad dentro de las organizaciones. *Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 6*(2), 131-143. Obtenido de https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/4602

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Pérez, J. (2004). *Gestión por procesos.* ESIC Editorial.

Pico, G. (2006). El mapa de procesos: Elemento fundamental de un sistema de gestión de calidad para empresas de servicios en Venezuela. *Revista Venezolana de Análisis de Coyuntura*, *12*(2), 291-309. Obtenido de www.redalyc.org/pdf/364/36412216.pdf

Pomares, Jaimes. (2020). *Enfoque basado en procesos en las empresas de calzado en el departamento de Santander.* Santander-Colombia: Universidad de Pamplona.

Qian, X., Li, Z., & Zhou, Y. (2008). Modelo de formación y desarrollo a implementar en las universidades. *Eumed.net*.

Sánchez, O. G., & Zavaleta, B. A. (2019). *Aplicación de la gestión por procesos para aumentar la rentabilidad en ECROMSA S.A.C.* Universidad César Vallejo.

SENATI. (2007). *Mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo. Gestión de mantenimiento, módulo 2.*

Villalobos, S. (2011). *Análisis de fallas para la disminución de defectos en ánodos obtenidos en una fundición de cobre.* Universidad Católica de Valparaíso.

Womack, J. P., & Jones, D. T. . (2003). *Lean Thinking.* Nueva York: McGraw-Hill.

Yunuen Mira de Jesus, C. (2016). *La estandarización de procesos, como herramienta de mejora a la calidad de procesos administrativos.* Universidad Nacional Autónoma de México.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

ANEXOS

Anexo 1: *Entrevista con el Supervisor de la Planta de Afino y Moldeo*

Tesista: Buenos días

Supervisor: Buenos días

Tesista: Quisiera hacerla algunas preguntas acerca de los datos y parámetros que se manejan en el proceso.

Supervisor: Claro

Tesista: En el proceso de carga, el cobre es recepcionado del área de convertidores ¿Con cuantas ollas se llena la capacidad del horno?

Supervisor: Se completa la carga con un aproximado de 9 a 14 ollas y cada olla pesa 30 toneladas.

Tesista: Previo a la recepción de la carga, ¿Se controla algún parámetro en el horno?

Supervisor: Es necesario coordinar con el Supervisor General de la Fundición la hora en que se va a recibir la primera carga de cobre para que de acuerdo a ello vayamos incrementando el flujo de petróleo de tal manera que el horno tenga una buena temperatura al momento de la recepción. Antes de cada carguío se coloca el collarín para evitar que el cobre se derrame fuera del horno y no tener pérdidas. Además, debemos asegurarnos de que la piquera se encuentre limpia y en buenas condiciones.

Tesista: Con respecto al proceso siguiente, el calentamiento de la carga. ¿Cuál es la temperatura óptima que la carga debe alcanzar para empezar con la oxidación?

Supervisor: La temperatura que se busca alcanzar es entre 1 100 a 1 120 °C. Para ello, concluido el carguío es necesario obtener la temperatura mínima de arranque del proceso, así como regular los ventiladores para aprovechar el calor requerido dentro del horno.

Tesista: ¿En cuánto tiempo aproximadamente se alcanza esa temperatura óptima?

Supervisor: El calentamiento dura un aproximado de 30 a 40 minutos, luego de ello se inicia con la oxidación.

Tesista: ¿Qué parámetros les permite ver que ya se completó con la oxidación?

Supervisor: Este proceso se controla mayormente de forma visual, los operarios a cargo ya tienen experiencia en el proceso. Apoyado a esto se toman muestras regulares que son enviadas al laboratorio para el análisis químico. Para la oxidación es necesario subir el aire de proceso a los valores pre fijados de

presión y flujo, con ello ya se prepara el horno para empezar con el proceso de escoriado.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Tesista: ¿Cómo se da el sub proceso de escoriado? ¿Es parte de la oxidación?

Supervisor: Si, el proceso de escoriado está dentro de la oxidación ya que se puede entender como una primera limpieza que tiene el cobre. La escoria debe salir a través de la boca de escoria en forma intermitente para evitar que salga cobre con exceso de flujo.

Tesista: ¿Cuánto dura este subproceso?

Supervisor: El subproceso de escorificación dura aproximadamente 20 minutos. Tesista: ¿Cuántas ollas de escoria sale por carga?

Superficie: Por la carga salen 2 ollas de escoria, producto de la oxidación de las impurezas. Al terminar con la oxidación, se le comunica al operador de la grúa puente para el retiro de la olla de escoria. Si bien durante toda la oxidación se van tomando muestras hasta que el operador observe el color óptimo, también se toma nuevamente una muestra al terminar la oxidación para que se envíe a laboratorio a fin de que se determine el contenido de oxígeno, azufre y arsénico en ppm. Tenemos un formato donde se llenan todos estos datos, así como más información necesaria que demanda el proceso.

Tesista: Para empezar con la reducción, ¿Es necesario que la carga también tenga una temperatura determinada?

Supervisor: Si, también es un parámetro a controlar en la oxidación. La temperatura que debe tener la carga es de aproximadamente entre 1 130 y 1 147 °C. Al incrementar el vapor a los valores pre fijados de presión y flujo, ya se puede abrir la línea de GLP. Es necesario que se regulen constantemente las compuertas de entrada y salida de los ventiladores de manera que se mantenga la temperatura adecuada.

Tesista: En el caso de la reducción ¿Qué parámetros controlan?

Supervisor: Al igual que en la oxidación, los controles son visuales por parte de los operarios que ya tienen experiencia en el proceso, una señal para saber que es momento de tomar la primera muestra es el color de los gases de combustión emitidos a través de la chimenea, los gases deben ser claros. Para ello el operador debe verificar si es efectivo el ingreso de GLP observando a través de la chimenea del horno que los gases sean limpios.

Tesista: ¿También se toman pruebas? ¿Cada cuánto tiempo?

Supervisor: La primera muestra de cobre se toma aproximadamente después de media hora de introducir el GLP. El fin de la reducción se controla tomando muestras de cobre a intervalos regulares para evaluar el grado de reducción, si el centro de la muestra esta hundido, se requiere mayor tiempo de reducción.

Tesista: ¿Cómo se da fin al proceso de reducción?

Supervisor: La etapa de reducción es llevada a cabo hasta obtener una superficie plana en

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

el cobre y cambia de coloración de rosado opaco a negro en el centro. La temperatura del cobre se manifiesta por la rugosidad que representa en su superficie. Cumplido esto, inmediatamente se corta la alimentación de GLP y después de 2 a 3 minutos se cierra el ingreso de vapor.

Tesista: ¿Se utiliza también un formato como en el proceso de oxidación?

Supervisor: Utilizamos el mismo formato, está dividido por cada parte crítica del proceso.

Tesista: ¿Se tiene una temperatura específica de fin del proceso?

Supervisor: La temperatura de fin de reducción es de 1200 °C, por lo que es la óptima para iniciar con el moldeo.

Tesista: ¿Qué ocurre si se tiene contenido de azufre por encima del rango permitido?

Supervisor: Se tiene que cambiar a la etapa de oxidación, abrir el aire para oxidar, pero solo por un lapso de 3-5 minutos. Se toma nuevamente una muestra y visualmente se da por terminado el ajuste, lo que se comprueba después con el análisis del Laboratorio Central.

Tesista: ¿Y en el caso de que el oxígeno este por encima del rango?

Supervisor: A diferencia del ajuste de azufre, en este caso se cambia a la etapa de reducción, se abre el GLP por un lapso de 3-5 minutos. De la misma manera se toma una muestra y visualmente se da por terminado el ajusto, lo que se comprueba después con el análisis del Laboratorio Central.

Tesista: ¿Estos ajustes se dan constantemente?

Supervisor: No, estos ajustes son como un plan de emergencia porque no suelen darse.

Tesista: ¿En qué momento se inicia con la preparación de la rueda de moldeo?

Supervisor: Antes de iniciar el basculado del horno, se realiza el cambio y calentamiento de las cucharas de colada y los canales de moldeo, mediante quemadores a gas. El área de Mantenimiento Refractarios, previo a ello realiza el recubrimiento refractario de los canales de colada para que estén listo al bascular el horno.

Tesista: Además de ello, ¿Qué otra preparación realiza?

Supervisor: La preparación de la rueda de moldeo consiste en una previa elaboración de los moldes, se maquinan con el fin de obtener ánodos con superficies uniformes. También se requiere una inspección previa ya que si el molde presenta alguna protuberancia o hendidura pronunciada se procede a cambiarlo.

Tesista: ¿Llevan algún registro del tiempo promedio de cambio de moldes? Supervisor: No, todo es de manera visual y en el momento.

Tesista: Después de la inspección y maquinado de los moldes ¿Se procede con la aplicación de desmoldante?

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Supervisor: Si, una vez maquinado el molde, se procede a aplicar sobre la superficie una fina capa de desmoldante con el fin de evitar que el cobre líquido se adhiera al molde.

Tesista: Además de lo mencionado, ¿El desmoldante cumple con otra función?

Supervisor: El desmoldante además de evitar que el cobre de adhiera, protege el molde y le da mayor tiempo de vida útil.

Tesista: ¿Qué desmoldante es el que usan?

Supervisor: En la planta usamos dos tipos de desmoldante: Sulfato de Bario, para los cabezales de los pines botadores para evitar que el cobre ingrese al orificio del pin y Trióxido de arsénico para el resto del molde.

Tesista: ¿Se tiene algún registro o procedimiento para la aplicación del desmoldante?

Supervisor: No y esa es una falencia que hay en la planta, ya que al ingresar nuevos operarios no saben la cantidad exacta o como es la manera correcta de aplicar el desmoldante. También tenemos algunos problemas porque nos olvidamos de pedir a Almacén el desmoldante o hay retrasos en la entrega, hace que no se aplique correctamente en los moldes ya que no hay cantidades suficientes. Esto afecta ya que el número de rechazos aumenta si se tienen ánodos que están pegados a los moldes, la superficie ya no se ve plana.

Tesista: ¿Esta aplicación es manual?

Supervisor: Si, la realiza el operador. Pero a veces es difícil llegar a los huecos o cavidades de los moldes.

Tesista: ¿Qué considera que es la parte más crítica a la cual se le debería poner atención al aplicar el desmoldante?

Supervisor: Además de las cantidades, es importante saber que para obtener el desmoldante es necesario mezclar el componente con agua, pero esto tiene el gran problema de que el agua reacciona de forma explosiva en contacto con el cobre líquido. Por ello es necesario garantizar que el molde este lo suficientemente caliente para que evapore el 100% del agua aplicada con el desmoldante. Si no se cumple con esto, se puede dar una reacción química explosiva que puede afectar la superficie del ánodo causando su rechazo.

Tesista: Continuando con el siguiente proceso, ¿Cuáles son los aspectos determinantes en el moldeo de los ánodos?

Supervisor: Es necesario observar el flujo de cobre que viene desde el horno a la cuchara intermedia o de recibo ya que de eso depende el llenado de las cucharas laterales y la temperatura a mantener del cobre. De igual manera es importante fijarse en la cantidad de cobre que se verte a las cucharas intermedias, por eso es que en contamos con la balanza Toledo debajo de la cuchara de recibo para asegurarnos que cada cuchara lateral reciba los 680 kg.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

requeridos. En el caso del enfriamiento de los moldes, se tienen un sensor de registro de temperatura en los moldes, que nos permite monitorear este parámetro en ambas ruedas.

Tesista: Cuando los ánodos ya están enfriados y posterior al control de calidad, ¿Cómo controlan el despacho de los mismos?

Supervisor: En la planta utilizamos un código de colores, basado en una numeración de 1 al 9 con un color determinado para cada uno. De acuerdo a esto se pintan las orejas de cada lote antes de su despacho a Refinería. También llenamos un registro correspondiente de acuerdo a los lotes que se tienen para que si en caso se de algún reclamo, sea mucho más fácil identificar el lote.

Tesista: Con respecto a la aplicación del desmoldante, ¿qué parámetros se controlan previo a la aplicación? En el plan de calidad no se observa algún parámetro de control ni registro.

Supervisor: El único parámetro a controlar es que la densidad de la mezcla sea de 9.8 gr/cm^3. En el plan de calidad no se incluye algún registro ya que esto depende mucho del criterio del operador.

Tesista: Si es de acuerdo al criterio del operador, ¿Cómo se podría evidenciar que está llevando a cabo de manera correcta esta parte del proceso?

Supervisor: Lo que mencionas es una oportunidad de mejora que podría darse ya que a pesar de que los operarios tienen bastante experiencia, de igual manera a veces por las mismas distracciones del entorno se tienen problemas para el desmoldeo de los ánodos, ocasionando rechazos.

Tesista: Eso sería todo, muchas gracias por su tiempo. Hasta luego.

Supervisor: Hasta luego.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 2: ***Mantenimientos a cucharas de moldeo 2022 - 2023***

Mantenimiento		Ubicación técnica	Fecha
Programado	Correctivo		
IP1020181226		Cuchara intermedia	10/01/2022
IP1020181226		Cuchara intermedia	11/01/2022
IP1020181226		Cuchara intermedia	11/01/2022
	96458	Cuchara laterial - Rueda moldeo 1	24/01/2022
IP1020190131		Cuchara intermedia	24/01/2022
IP1020190110		Cuchara intermedia	25/01/2022
IP1020190131		Cuchara intermedia	7/02/2022
IP1020190121		Cuchara intermedia	8/02/2022
IP1020190131		Cuchara intermedia	21/02/2022
IP1020190131		Cuchara intermedia	24/02/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	7/03/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	8/03/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	8/03/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	21/03/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	22/03/2022
	96756	Cuchara laterial - Rueda moldeo 1	2/04/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	4/04/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	5/04/2022
IP1020190207		Cuchara intermedia	5/04/2022
IP1020190226		Cuchara intermedia	15/04/2022
IP1020190226		Cuchara intermedia	19/04/2022
IP1020190415		Cuchara intermedia	2/05/2022
IP1020190415		Cuchara intermedia	3/05/2022
IP1020190415		Cuchara intermedia	16/05/2022
IP1020190415		Cuchara intermedia	17/05/2022
IP1020190515		Cuchara intermedia	30/05/2022
IP1020190513		Cuchara intermedia	31/05/2022
IP1020190513		Cuchara intermedia	31/05/2022
IP1020190523		Cuchara intermedia	13/06/2022
IP1020190523		Cuchara intermedia	14/06/2022
IP1020190606		Cuchara intermedia	27/06/2022
IP1020190606		Cuchara intermedia	28/06/2022
IP1020190606		Cuchara intermedia	28/06/2022
IP1020190614		Cuchara intermedia	11/07/2022
IP1020190614		Cuchara intermedia	12/07/2022
IP1020190626		Cuchara intermedia	25/07/2022
IP1020190626		Cuchara intermedia	26/07/2022
IP1020190712		Cuchara intermedia	8/08/2022
IP1020190712		Cuchara intermedia	9/08/2022
IP1020190725		Cuchara intermedia	22/08/2022
IP1020190725		Cuchara intermedia	23/08/2022
IP1020190725		Cuchara intermedia	23/08/2022

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Mantenimiento		Ubicación técnica	Fecha
Programado	Correctivo		
IP1020190808		Cuchara intermedia	5/09/2022
IP1020190819		Cuchara intermedia	6/09/2022
IP1020190904		Cuchara intermedia	19/09/2022
IP1020190902		Cuchara intermedia	20/09/2022
IP1020190902		Cuchara intermedia	20/09/2022
IP1020190911		Cuchara intermedia	3/10/2022
IP1020190911		Cuchara intermedia	4/10/2022
	910355	Cuchara intermedia	15/10/2022
IP1020190926		Cuchara intermedia	17/10/2022
IP1020190926		Cuchara intermedia	19/10/2022
IP1020191010		Cuchara intermedia	31/10/2022
IP1020191010		Cuchara intermedia	1/11/2022
IP1020191023		Cuchara intermedia	14/11/2022
IP1020191023		Cuchara intermedia	15/11/2022
IP1020191023		Cuchara intermedia	15/11/2022
IP1020191106		Cuchara intermedia	28/11/2022
IP1020191106		Cuchara intermedia	29/11/2022
IP1020191126		Cuchara intermedia	12/12/2022
IP1020191125		Cuchara intermedia	13/12/2022
IP1020191125		Cuchara intermedia	13/12/2022
IP1020191213		Cuchara intermedia	26/12/2022
IP1020191203		Cuchara intermedia	29/12/2022
	91449	Cuchara laterial - Rueda moldeo 2	1/01/2023
IP1020191218		Cuchara intermedia	9/01/2023
IP1020191218		Cuchara intermedia	10/01/2023
	94326	Cuchara laterial - Rueda moldeo 2	17/01/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	21/01/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	24/01/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	6/02/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	7/02/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	7/02/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	17/02/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	20/02/2023
	97691	Cuchara intermedia	21/02/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	5/03/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	6/03/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	6/03/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	19/03/2023
IP1020191224		Cuchara intermedia	20/03/2023
IP1020200222		Cuchara intermedia	2/04/2023
IP1020200222		Cuchara intermedia	3/04/2023
IP1020200222		Cuchara intermedia	17/04/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	1/05/2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Mantenimiento		Ubicación técnica	Fecha
Programado	Correctivo		
IP1020200222		Cuchara intermedia	7/05/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	8/05/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	14/05/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	15/05/2023
IP1020200222		Cuchara intermedia	16/05/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	28/05/2023
IP1020200228		Cuchara intermedia	29/05/2023
IP1020200228		Cuchara Intermedia	29/05/2023
IP1020200423		Cuchara Intermedia	11/06/2023
IP1020200408		Cuchara Intermedia	12/06/2023
IP1020200408		Cuchara Intermedia	22/06/2023
	910355	Cuchara Intermedia	23/06/2023
IP1020200423		Cuchara Intermedia	25/06/2023
IP1020200624		Cuchara Intermedia	9/07/2023
IP1020200408		Cuchara Intermedia	10/07/2023
IP1020200624		Cuchara Intermedia	23/07/2023
IP1020200624		Cuchara Intermedia	24/07/2023
IP1020200624		Cuchara Intermedia	24/07/2023
IP1020200624		Cuchara Intermedia	6/08/2023
IP1020200709		Cuchara Intermedia	10/08/2023
IP1020200723		Cuchara Intermedia	20/08/2023
IP1020200723		Cuchara Intermedia	21/08/2023
IP1020200723		Cuchara Intermedia	21/08/2023
IP1020200723		Cuchara Intermedia	3/09/2023
IP1020200723		Cuchara Intermedia	4/09/2023
	910355	Cuchara Intermedia	15/09/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	18/09/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	19/09/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	1/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	2/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	15/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	16/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	16/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	29/10/2023
IP1020200824		Cuchara Intermedia	30/10/2023
IP1020201022		Cuchara Intermedia	12/11/2023
IP1020201022		Cuchara Intermedia	13/11/2023
IP1020201022		Cuchara Intermedia	13/11/2023
IP1020201103		Cuchara Intermedia	26/11/2023
IP1020201109		Cuchara Intermedia	27/11/2023
	910355	Cuchara Intermedia	8/12/2023
IP1020201111		Cuchara Intermedia	10/12/2023
IP1020201111		Cuchara Intermedia	11/12/2023
IP1020201210		Cuchara Intermedia	24/12/2023
IP1020201207		Cuchara Intermedia	25/12/2023

Nota. La empresa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 3: ***Ficha de Focus Group***

FOCUS GROUP
Integrantes:
Técnico de mantenimiento
Supervisor del área de Afino y Moldeo Fecha: 13/08/2024
Temas:Necesidad de mantenimiento preventivo Piezas objeto de mantenimiento / cambio Plazos de mantenimiento

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 4: ***Cotización TIP Engineering SAC***

TIP ENGINEERING SAC
RUC: 20549743456

COTIZACIÓN

Fecha de cotización: 07/12/2024
Fecha de vencimiento: 21/12/2024
Cliente: [illegible]

A continuación se detallan los precios según a la cotización solicitada :

	Concepto	Duración	Precio
1	Evaluación y auditoría de proceso AS-IS	1 mes	$25,000.00
2	Rediseño de infraestructura y recursos	1.5 meses	$35,000.00
3	Desarrollo de estrategias para implementación	1 mes	$15,000.00
4	Pruebas piloto y validación	1.5 mes	$20,000.00
5	Monitoreo y análisis Post-Implementación	1 mes	$25,000.00
6	Gestión del cambio y desarrollo cultural	1 mes	$20,000.00
Total		6 meses	$140,000.00
Total + impuestos			$165,200.00*

(*)Los montos mostrados son aproximados dado que se basa en la solcitud recibida, luego de realizar la visita de diagnóstico se realizará una cotización con mayor detalle y precisión.

CONSULTORÍA DE ESTADARIZACIÓN Y MEJORA DE PROCESOS

Contacto: (51) 988 870 549

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 5*: Cotización Minería Consultores*

Fecha: 11/12/2024
Vencimiento: 11/01/2025

COTIZACIÓN DE SERVICIOS

DATOS DEL CLIENTE:

[redacted]

MINERÍA CONSULTORES
Jr. Los Lirios 460, Cajamarca
51-962203282

De acuerdo a lo solicitado en el requerimiento, se detallan los costos de la propuesta:

DESCRIPCIÓN	DURACIÓN	PRECIO
Diagnóstico Inicial y evaluación de procesos	4 semanas	$ 20.000
Rediseño y Mejora de Procesos	6 semanas	$ 35.000
Normalización y documentación	5 semanas	$ 30.000
Capacitación y acompañamiento	4 semanas	$ 25.000

Sub Total	$ 120.000
IGV	$ 21.600
Total	$ 141.600

Nota: Los costos presentados podrán reajustarse en base al alcance, requerimientos adicionales, condiciones imprevistas, previa notificación al cliente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 6 : ***Ficha técnica de Limit Switch***

moujen

FICHA TÉCNICA

1.INFORMACIÓN GENERAL
Modelo: ME-8108
Tipo de actuador: Palanca con rodillo ajustable
Aplicaciones: Control de movimiento, posicionamiento y automatización industrial.

2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Parámetro	**Valor**
Tipo de contacto	SPDT (1NO + 1NC)
Corriente nominal	5A a 250VAC
Velocidad de operación	0.5 mm/s a 50 m/s
Resistencia de contacto	Máx. 15 mΩ
Durabilidad mecánica	10,000,000 operaciones mínimas
Durabilidad eléctrica	300,000 operaciones mínimas
Grado de protección	IP65 (resistente al agua y polvo)
Material del cuerpo	Metal y plástico
Temperatura de operación	-15 °C a +70 °C
Frecuencia de operación	Mecánica: 120 op/min; Eléctrica: 30 op/min
Peso aproximado	192 g

3. DIMENSIONES
Tamaño del cuerpo: 65 mm x 30 mm x 25 mm (aproximado)
Actuador: Palanca ajustable con rodillo Ø 50 mm.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

moujen

FICHA TÉCNICA

4.CARACTERÍSTICAS ADICIONALES
Cabezal ajustable en diferentes posiciones.
Resistencia al polvo, aceite y agua.
Tornillos cautivos para mayor seguridad durante la instalación.
Terminales internos con tornillo de conexión a tierra.

5. APLICACIONES
Automatización de transportadores.
Máquinas de embalaje y CNC.
Equipos de minería y procesamiento de minerales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis