

Universidad Católica de Santa María

Facultad Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales

Escuela Profesional Ingeniería Industrial



PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE UNA EMPRESA MINERA EN EL SUR DEL PERÚ

Tesis presentada por el bachiller:
Márquez Pérez, Fiorella de Fátima

Para optar el Título Profesional de:
Ingeniera Industrial

Asesor:
Mg. Valdivia Portugal, Cesar

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA INDUSTRIAL
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 10 de Mayo del 2023

Dictamen: 002074-C-EPII-2023

Visto el borrador del expediente 002074, presentado por:

2014601672 - MARQUEZ PEREZ FIORELLA DE FATIMA

Titulado:

**PROPUESTA PARA LA APLICACION DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA
PLANTA DE FUNDICIÓN DE UNA EMPRESA MINERA EN EL SUR DEL PERÚ**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**29276357 - RODRIGUEZ SALAZAR OSWALDO RENE
DICTAMINADOR**



**29267647 - VALENCIA BECERRA ROLARDI MARIO
DICTAMINADOR**



**29643059 - TUPAYACHY QUISPE DANNY PAMELA
DICTAMINADOR**



Dedicatoria

Con todo mi cariño y afecto a mis padres que gracias a ellos me han formado en la persona que soy ahora, gracias por ser una guía y ayudarme a forjar mi camino, enseñándome que todo con esfuerzo y dedicación es posible.

A mi hermano mayor Arturo que a estado para mí en cada momento, levantándose en los momentos más difíciles y enseñándome que puedo lograr todo lo que me proponga, gracias por tu motivación y apoyo incondicional.

A mis hermanos Lucero y Alejandro por su comprensión, apoyo y soporte en cada etapa de mi vida.

FIGURELLA DE FÁTIMA MÁRQUEZ PÉREZ

Agradecimiento

Agradezco a Dios y a la virgen por iluminar mi camino y darme la fuerza necesaria para seguir adelante en cada etapa.

A la Universidad Católica de Santa María, y a todos mis docentes por compartir sus conocimientos y experiencias que fueron de gran valor para mi formación tanto profesional como personal y motivándome a ser gestor de cambio en la sociedad.

Al Dr. Cesar Valdivia, mi asesor de tesis, por brindarme su apoyo y asesoramiento, haciendo posible la realización del presente trabajo de investigación.

A todos y cada uno de los que me han apoyado con su guía y comprensión para hacer esto posible.

A todos mi mayor reconocimiento y gratitud.

RESUMEN

La presente tesis busca plantear una propuesta de implementación de herramientas de Lean Manufacturing en la planta de fundición, con el objetivo de aumentar la productividad y la optimización de los recursos del proceso actual, las herramientas a implementar en la presente investigación tales como VSM, Kaizen, Poka Yoke y 5S's.

Identificada la problemática del proyecto se plantean el objetivo general, hipótesis, variables tanto dependientes como independientes y la justificación del problema, esto para posteriormente definir los conceptos básicos y herramientas a utilizar.

Se desarrolló el análisis situacional de la planta de fundición, analizando la producción actual y la productividad, para esto se utilizaron herramientas como las 6M's y el diagrama de Ishikawa para la identificación de los problemas, posteriormente mediante el uso de la herramienta de Pareto se identificaron los problemas más representativos a atacar como la deficiente operación en la limpieza de ollas, la comunicación de las grúas puente en el sub proceso de conversión y la falta de orden y limpieza y de esta manera identificar y plantear las oportunidades de mejora, para el desarrollo de este análisis fue necesaria la participación de supervisores y jefes de la planta de fundición.

Para el desarrollo de las propuestas de mejora identificadas dentro del procesos de conversión se proponen herramientas tales como Kaizen, balance de materia, Poka Yoke, 5S's, VSM, para las mejoras identificadas en las tareas de limpieza de ollas, movimiento de materiales y proceso de conversión del material fundido. Estas herramientas de Lean Manufacturing permitirán el aumento de la producción y la productividad en la planta de fundición por la mejora en procedimientos de trabajo, uso eficiente de los recursos y herramientas visuales.

Se obtuvo como resultado el incremento de la productividad en 5,43% que representa 18.767,07 toneladas de ánodos de cobre al año con herramientas como el Kaizen, balance de material y Poka Yoke para la falta de comunicación entre grúas mejorando el LT del proceso en 1.53%, también se obtuvo un B/C = 1,73 y un VAN de 4.678.355,87 dólares.

Palabras claves: Lean Manufacturing, Balance de materia, Productividad, Fundición, Conversión

ABSTRACT

This thesis seeks to propose a proposal for the implementation of Lean Manufacturing tools in the foundry plant, with the aim of increasing productivity and optimizing the resources of the current process, the tools to be implemented in this research such as VSM, Kaizen, Poka Yoke y 5S's.

Once the problem of the project has been identified, the general objective, hypothesis, variables, both dependent and independent, and the justification of the problem are proposed, in order to subsequently define the basic concepts and tools to be used.

The situational analysis of the foundry plant was developed, analyzing the current production and productivity, for this tools such as the 6M's and the Ishikawa diagram were used to identify the problems, later by using the Pareto tool they were identified. the most representative problems to attack such as the poor operation in the cleaning of pots and the communication of the bridge cranes in the conversion sub-process and in this way identify and propose opportunities for improvement, for the development of this analysis it was necessary the participation of supervisors and heads of the foundry plant.

For the development of the improvement proposals identified within the conversion processes, tools such as Kaizen, material balance, Poka Yoke, 5S's, VSM are proposed for the improvements identified in the tasks of cleaning pots, movement of materials and material conversion process. molten. These Lean Manufacturing tools will allow increased production and productivity in the foundry plant by improving work procedures, efficient use of resources and visual tools.

As a result, the increase in productivity was obtained by 5.43%, which represents 18,767.07 tons of copper anodes per year with tools such as Kaizen, material balance and Poka Yoke for the lack of communication between cranes, improving the LT of the process in 1.53%, a B/C = 1.73 and a NPV of 4,678,355.87 dollars were also obtained.

Keywords: Lean Manufacturing, Material Balance, Productivity, Foundry, Conversion

ÍNDICE

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
CAPÍTULO I:.....	16
1. GENERALIDADES.....	16
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.3.1. Problema general.....	17
1.3.2. Problemas específicos	17
1.4. OBJETIVOS.....	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5. HIPÓTESIS	18
1.6. VARIABLES.....	18
1.7. JUSTIFICACIÓN.....	19
1.7.1. Justificación práctica	20
1.7.2. Justificación social	20
1.7.3. Justificación ambiental.....	20
1.7.4. Justificación económica	21
1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	21
1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	21
1.9.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
CAPÍTULO II:.....	23
2. MARCO TEÓRICO	23

2.1.	ANTECEDENTES	23
2.2.	CONCEPTOS BÁSICOS	24
2.3.	PRODUCTIVIDAD	26
2.3.1.	Objetivo	26
2.3.2.	Beneficios	26
2.4.	LEAN MANUFACTURING	26
2.4.1.	Concepto	26
2.4.2.	Objetivos	26
2.5.	HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING	27
2.5.1.	Poka Yoke	27
2.5.2.	Kaizen	27
2.5.3.	VSM	27
2.5.4.	Diagrama de Ishikawa	28
2.5.5.	PARETO	28
CAPÍTULO III:		30
3.	ANÁLISIS SITUACIONAL	30
3.1.	COBERTURA Y LOCALIZACIÓN	30
3.2.	SECTOR Y TIPO DE PROYECTO	30
3.2.1.	Sector	30
3.3.	CULTURA ORGANIZACIONAL	31
3.3.1.	Visión	31
3.3.2.	Misión	31
3.3.3.	Valores	31
3.4.	ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	31
3.5.	PRODUCTOS Y SERVICIOS	36
3.6.	MAQUINARIA Y EQUIPOS	39
3.7.	DISTRIBUCIÓN DE PLANTA	40
3.8.	PROCESO DE PRODUCCIÓN	42
3.8.1.	Diagrama de bloques del proceso de fusión	51
3.8.2.	Diagramas del proceso de fusión	52
3.9.	ANÁLISIS SITUACIONAL DEL LA PLANTA DE FUNDICIÓN	56
3.9.1.	Análisis de la producción	56
3.9.2.	Análisis de la productividad	58
3.9.3.	Análisis de las 6M's	60

3.9.3.1.	Mano de obra	60
3.9.3.2.	Material	61
3.9.3.3.	Maquinaria	61
3.9.3.4.	Método de trabajo	61
3.9.3.5.	Medio ambiente	62
3.9.3.6.	Medición	62
3.9.4.	Análisis de Ishikawa.....	63
3.9.5.	Identificación de los puntos de mejora.....	65
CAPITULO IV:		69
4.	PROPUESTAS DE MEJORA.....	69
4.1.	RECOPIACIÓN DE DATOS DEL PROBLEMA.....	69
4.1.1.	Determinación de datos	69
4.2.	PROPUESTA DE HERRAMIENTAS A UTILIZAR	69
4.3.	PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA	70
4.3.1.	Value Stream Mapping (VSM) actual.....	70
4.3.2.	Propuesta de mejora para la implementación de las 5's.....	73
4.3.2.1.	Objetivo	73
4.3.2.2.	Alcance	74
4.3.2.3.	Responsabilidades para la aplicación de la herramienta.....	74
4.3.2.4.	Aplicación de la herramienta de las 5S's.....	75
4.3.2.5.	Secuencia de la aplicación de las 5's	79
4.3.2.6.	SEIRI: Clasificación	79
4.3.2.7.	SEITON: Organización.....	83
4.3.2.8.	SEISO: Limpieza	87
4.3.2.9.	SEIKETSU: Estandarización.....	88
4.3.2.10.	SHITSUKE: Disciplina	91
4.3.3.	Tarea de limpieza de ollas del proceso de conversión (Kaizen)	92
4.3.3.1.	Objetivo	93
4.3.3.2.	Alcance	93
4.3.3.3.	Método actual	93
4.3.3.4.	Balance de materia actual	95
4.3.3.5.	Método propuesto	99
4.3.3.6.	Balance de materia propuesto usando ollas limpias	108

4.3.3.7. Datos comparativos de la tarea de limpieza de ollas, uso de ollas limpias	111
4.3.4. Mejora en la comunicación de las grúas en el proceso de conversión (Poka Yoke)	112
4.3.4.1. Objetivo	114
4.3.4.2. Alcance	115
4.3.4.3. Método actual para el procedimiento de grúas puente.....	115
4.3.4.4. Método propuesto para el procedimiento de grúas puente	123
4.3.5. Proceso productivo para la fusión de ánodos de cobre	133
CAPÍTULO V:	135
5. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO	135
5.1. EVALUACIÓN TÉCNICA.....	135
5.1.1. Determinación de datos.....	135
5.1.2. Calculo de la producción proyectada	137
5.1.3. Calculo de las horas hombre proyectado.....	139
5.1.4. Análisis de la productividad propuesta	139
5.1.5. Evaluación del impacto de las mejoras en el proceso de conversión.....	140
5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	142
5.2.1. Costos y gastos del estudio	142
5.2.1.1. Costo directo	142
5.2.1.2. Costos indirectos.....	143
5.2.1.3. Costos administrativos.....	144
5.2.1.4. Costos totales	145
5.2.2. Proyección de ingresos.....	145
5.2.3. Inversión.....	146
5.2.4. Indicadores económicos	148
CONCLUSIONES.....	151
RECOMENDACIONES	153
REFERENCIA	154
ANEXOS.....	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01	Ishikawa	28
Figura 02	Pareto.....	29
Figura 03	Organigrama por áreas	32
Figura 04	Organigrama por puestos	34
Figura 05	Ánodo de cobre comercial.....	37
Figura 06	Planta de ácido sulfúrico	38
Figura 07	Planta de oxígeno	39
Figura 08	Distribución de planta de fundición	41
Figura 09	Zona de almacenamiento de fundición.....	42
Figura 10	Traslado de material	43
Figura 11	Horno principal	45
Figura 12	Carga de convertidor	47
Figura 13	Descarga convertidor.....	48
Figura 14	Horno de afinamiento.....	49
Figura 15	Moldeo de cobre.....	50
Figura 16	Carguío de ánodos	51
Figura 17	Diagrama de bloques del proceso de fusión.....	52
Figura 18	Flow sheet del proceso de fusión de ánodos	53
Figura 19	Diagrama horizontal del proceso de fusión de ánodos.....	54
Figura 20	Diagrama de flujo del proceso de fusión de ánodos.....	55
Figura 21	Análisis de Ishikawa de la planta de fundición	64
Figura 22	Análisis de Pareto.....	67
Figura 23	VSM actual dela planta de fundición	72
Figura 24	Desorden en los talleres de la planta	76
Figura 25	Tapa de la máquina en mal estado	77
Figura 26	Polines verticales en malas condiciones.....	78
Figura 27	Pasadizos sucios y carro muestreador en malas condiciones.....	79
Figura 28	Rotulación de producto terminado	86
Figura 29	Limpieza de ollas	94
Figura 30	Distribución de ollas.....	95
Figura 31	Balance de materia general de la primera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual.....	96

Figura 32	Balance de materia general de la segunda carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual.....	98
Figura 33	Balance de materia general de la tercera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual.....	99
Figura 34	Balance de materia general de la primera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –propuesto.....	108
Figura 35	Balance de materia general de la segunda carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria -propuesto	109
Figura 36	Balance de materia general de la tercera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –propuesto.....	110
Figura 37	Secuencia de la operación de los 4 hornos de conversión.....	113
Figura 38	Diagrama de análisis de proceso actual del proceso de conversión	120
Figura 39	Diagrama de análisis de proceso propuesto del proceso de conversión..	129
Figura 40	Diagrama de bloques del proceso de fusión de ánodos con rendimientos	134
Figura 41	VSM propuesto de la planta de fundición.....	136

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01	Variables e indicadores	19
Tabla 02	Maquinaria y equipos de la planta de fundición	40
Tabla 03	Producción anual	56
Tabla 04	Factores que inciden en la producción	57
Tabla 05	Productividad de la planta de Fundición	59
Tabla 06	Análisis de Pareto de la problemática de la planta de fundición.....	66
Tabla 07	Propuesta de herramientas de Lean Manufacturing	70
Tabla 08	Base de datos para la elaboración del VSM	71
Tabla 09	Criterios de selección para la planta de fundición.....	80
Tabla 10	Inventario de los materiales de cada área de la planta de fundición	81
Tabla 11	Distribución de materiales en la planta de producción	85
Tabla 12	Cronograma de limpieza	88
Tabla 13	Procedimiento – Orden y limpieza.....	89
Tabla 14	Comparación balance de material actual y propuesto.....	111
Tabla 15	Comparación del uso de ollas limpias (Toneladas).....	111
Tabla 16	Resumen del método actual del proceso de conversión.....	132
Tabla 17	Resumen del método propuesto del proceso de conversión.....	132
Tabla 18	Tabla comparativa del VSM actual vs VSM propuesto	137
Tabla 19	Comparativo de la producción actual vs la propuesta.....	138
Tabla 20	Análisis de la productividad	139
Tabla 21	Evaluación del impacto de las mejoras en el proceso de conversión.....	140
Tabla 22	Mano de obra directa.....	142
Tabla 23	Materiales indirectos	143
Tabla 24	Gastos indirectos	144
Tabla 25	Gastos indirectos totales.....	144
Tabla 26	Gastos administrativos	145
Tabla 27	Costos totales.....	145
Tabla 28	Proyección de ingresos.....	146
Tabla 29	Activo tangible	146
Tabla 30	Activos intangibles.....	147
Tabla 31	Capital de trabajo	147
Tabla 32	Inversión total de la propuesta	148

Tabla 33	Flujo de caja	149
Tabla 34	Estructura financiera – Indicadores económicos.....	150



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 01: Materia prima e insumos	156
Anexo 02: Conversión	157
Anexo 03: Formato de inspección de pre –uso de la grúa.....	158
Anexo 04: Instrumento para la recolección de datos.....	159
Anexo 05: Instrumento para el análisis documental de la productividad.....	160
Anexo 06: Riesgos ambientales.....	161



INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayoría de las empresas están constantemente buscando la mejora de sus procesos para responder a las exigencias de un mercado cada vez más cambiante, es en esta búsqueda de responder a nuevos retos que las empresas buscan ser más competitivos es ahí donde la productividad toma un papel principal como eje para el desarrollo de procesos eficientes.

En el capítulo II se desarrolló el marco teórico del estudio considerando los antecedentes en relación a sus variables, también se realizó el marco conceptual de las palabras claves, las variables y las principales herramientas a utilizar.

En el capítulo III se desarrolló el análisis situacional de la planta de fundición, por medio de herramientas como el análisis de las 6M's, Ishikawa y Pareto, también se analizó el proceso productividad y la productividad actual para identificar las oportunidades de mejora que se presentan, los principales problemas que se tiene en la planta son la deficiente operación en la limpieza de ollas y la comunicación de las grúas puente en el sub proceso de conversión.

En el capítulo IV se elaboraron las propuestas de mejora basados en las herramientas de Lean Manufacturing como las 5S's para mejorar el orden y limpieza en la planta, el Kaizen en el proceso de conversión, el balance de materia, Poka Yoke en las tareas de limpieza de ollas, movimiento de materiales y proceso de conversión del material fundido. Con la propuesta de mejora se puede incrementar el índice de productividad en 5,43% que representa 18.767,07 toneladas.

En el capítulo V se realizó la evaluación técnica de las herramientas propuestas, alcanzando mejoras en el índice de productividad e incremento en la producción, también se realizó la evaluación económica mediante los indicadores como el VAN, el periodo de recuperación de la inversión y el B/C que se encuentra en 1,73.

Por último, se plantean las conclusiones y recomendaciones del estudio.

CAPÍTULO I:

1. GENERALIDADES

En el presente capítulo se presentan, la identificación del problema, justificación, hipótesis y objetivos del estudio como puntos principales.

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La planta de fundición de la empresa minera en estudio, se encarga de la producción de ánodos de cobre para la venta, dentro del proceso de fusión que inicia desde la recepción de la materia prima (concentrado de cobre) hasta la entrega de los ánodos.

En el área de conversión por ser el cuello de botella de la planta de fundición es donde se analiza a detalle los diversos problemas que presenta como uso de recursos que no son utilizados eficientemente y tiempos improductivos que generan un impacto en la productividad y rendimiento del proceso.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la mayoría de las empresas están constantemente buscando la mejora de sus procesos para responder a las exigencias de un mercado cada vez más cambiante, es en esta búsqueda de responder a nuevos retos que las empresas buscan ser más competitivos es ahí donde la productividad toma un papel principal como eje para el desarrollo de procesos eficientes.

La productividad hoy en día es muy importante para las empresas industriales ya que les permite la eliminación de sus desperdicios, implementar sus niveles de producción y cumplir con sus clientes en los tiempos adecuados; muchas veces se puede llegar a confundir la productividad con un incremento de producción, sin embargo, la productividad se refiere a una eficiente y eficaz utilización de los recursos disponibles.

La problemática actual de la planta de fundición de la empresa minera principalmente se centra en el proceso de conversión de los que se puede identificar los siguientes problemas:

- Tiempos muertos en el proceso de conversión.
- Demoras en el proceso productivo ocasionadas principalmente por atrasos en las transferencias del material fundido y movimiento de grúas.
- Bajo compromiso del personal con la productividad y mejora continua.
- Incumplimiento de los procedimientos y estándares de trabajo.
- Incumplimiento en la toma de muestras en los hornos de separación.
- Materiales innecesarios en el área de trabajo.
- Inexistente evaluación del riesgo previo a trabajos de mejoras de producción.

Los problemas antes mencionados son las causas que generan bajos índices de productividad, desperdicios de tiempo en el proceso productivo, traslados innecesarios, mayor índice de accidentes y elevados costos de producción en la planta de fundición.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1. Problema general

¿Cuánto incrementará la productividad de la planta de Fundición de la empresa minera con la propuesta de aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la situación actual de la planta de Fundición de la empresa minera al sur del Perú?
- ¿Qué factores influirán en la productividad del proceso de conversión de la planta de Fundición?
- ¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing que permitan incrementar la productividad en la planta de Fundición?
- ¿En cuánto se mejorará la productividad a partir de la propuesta planteada?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Aplicar las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de Fusión de la Empresa Minera al sur del Perú con la finalidad de incrementar los niveles de productividad y la mejora en la rentabilidad.

1.4.2. Objetivos específicos

- Realizar el análisis situacional de la planta de Fundición de la Empresa Minera al sur del Perú.
- Identificar los factores que influyen en la productividad del proceso de conversión de la planta de Fundición.
- Elaborar las mejoras para el incremento de la productividad a partir de herramientas de Lean Manufacturing.
- Realizar evaluación económica y técnica de la propuesta a desarrollar.

1.5. HIPÓTESIS

La propuesta de aplicación de las herramientas de lean Manufacturing permitirá incrementar la productividad en la planta de fundición de la Empresa Minera al sur del Perú.

1.6. VARIABLES

A continuación, en la Tabla 01, se presenta una lista de las variables dependientes e independientes a considerar durante la investigación con sus respectivos indicadores de medición,

Las variables para la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing en la planta de Fundición de la Empresa Minera al sur del Perú son:

Variable independiente

- Propuesta de aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing.

Variable dependiente

- Productividad.
- Rentabilidad.

En la Tabla 01 se presenta la operacionalización de variables del presente estudio.

Tabla 01

Variables e indicadores

Variables	Dimensiones	Indicadores
Independiente: Propuesta de aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing	Indicadores del VSM	- Tack time - NA (tiempo de espera) - AV (tiempo de producción) - Lead time
	Rendimiento	- Rendimiento de la materia prima (mata de cobre) - Rendimiento de los insumos (sílica)
	Flujo de producción	- Tiempo de demora
Dependiente: Productividad	Eficiencia	- Recursos utilizados / Recursos disponibles
	Producción	- Toneladas producidas
	Indicadores económicos	- B/C (Beneficio costo) - PRI (Periodo de recuperación de la inversión) - Kc (Costo de capital) - Rentabilidad
Rentabilidad		

En la Tabla 01 se realizó la operacionalización de variables con las dimensiones e indicadores.

1.7. JUSTIFICACIÓN

Las empresas hoy en día están en la búsqueda de mejorar sus procesos con el fin de ser más competitivos en el mercado que cada vez tiene mayores exigencias, es por esta búsqueda de la mejora continua que se busca ser más productivos.

1.7.1. Justificación práctica

La presente investigación se desarrolla en una planta de Fundición de una Empresa Minera al sur del Perú por la necesidad de mejorar el proceso de producción para satisfacer la demanda de un mercado cada vez mayor, es por esto que se busca hacer un análisis de la situación actual del proceso e identificar las causas de la baja productividad en el proceso, específicamente de conversión al ser este un proceso crítico al estar identificado como un cuello de botella por tener una capacidad que limita el proceso productivo, es por esto que se busca un proceso más eficiente y productivo que permita tener un proceso más ágil.

Se aplica en el presente trabajo las herramientas de Lean Manufacturing (VSM, 5'S, Poka Yoke, Kaizen, etc) que permitan solucionar los actuales problemas identificados en la planta de fundición y de esta manera lograr una mejora en el proceso que permita ser más flexible, reaccionando de manera rápida a los cambios del mercado, reducción de tiempos muertos, tiempos de espera y desperdicios, la estandarización de los subprocesos para lograr como resultado una mayor productividad a la planta de fundición con el fin de poder tener una respuesta más ágil a los cambios de un mercado cambiante.

1.7.2. Justificación social

Las mejoras en la planta de fundición de la Empresa Minera van a permitirle mejorar la productividad del proceso productivo y por ende mantenerse como una de las mineras más importantes en el Sur del Perú, convirtiéndose en una importante fuente de trabajo de manera directa e indirecta con más de tres mil trabajadores y una importante cantidad de contratistas, trabajando siempre con las buenas prácticas de responsabilidad social con sus trabajadores y con la sociedad. También se permitirá que los trabajadores se vean beneficiados puesto que desarrollaran sus labores con mayor seguridad.

1.7.3. Justificación ambiental

Las mejoras aplicadas en el proceso productivo de la planta de fundición permiten una mejor utilización de los recursos, reduciendo la cantidad de desperdicios y un mejor cuidado del medio ambiente, la empresa minera tiene como una de las políticas más importante, la producción responsable con el cuidado del medio

ambiente y con el estudio se disminuyen la cantidad de escoria y se tratan mejor los desperdicios.

1.7.4. Justificación económica

Las mejoras aplicadas en la planta de Fundición se verán reflejadas en mejoras económicas ya que se logrará reducir los tiempos de inter ciclos dentro del proceso en el que se propondrá la implementación de herramientas de Lean Manufacturing lo que se traduciría en una mayor productividad, que se vería reflejada en la entrega del producto final, así mismo se permitirá un ordenamiento del proceso lo que permitirá tener mayor disponibilidad de los equipos y recursos a utilizar.

1.8. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de tesis es de tipo descriptivo no experimental ya que no requiere de pruebas para su respectiva validación y de características descriptivas, lo que permite diagnosticar y evaluar el problema planteado. Se aplicaron herramientas de gestión propias de la carrera de Ingeniería Industrial con la finalidad de obtener resultados previsibles para garantizar la mejora de la productividad del área de conversión de una planta de Fundición al sur del Perú.

1.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1.9.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

Para poder recopilar la mayor cantidad de datos posibles se utiliza la técnica de observación la cual se realizó al jefe de la planta, los supervisores y el personal de la planta de fundición en el trabajo de campo, se tomaron los tiempos de producción y espera que cada sub proceso.

Otra de las técnicas utilizadas es el análisis documental de la data de producción de la planta de fundición la cual fue proporcionada por el personal de producción, se analizó la data del periodo 2020.

b) Instrumentos

El instrumento que se van a utilizar en la propuesta de aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de Fundición de la Empresa Minera al sur del Perú son los formatos de producción para el levantamiento de los tiempos de producción y espera. (Ver anexo 04)

También se utiliza como instrumento para el análisis documental la ficha para el cálculo de la productividad. (Ver anexo 05)



CAPÍTULO II:

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se desarrolla el marco teórico de las principales herramientas de ingeniería a utilizar, también se definen los conceptos de las variables de estudio, y se presentan antecedentes del estudio realizado.

2.1. ANTECEDENTES

A continuación, se presentan antecedentes previos acerca de propuesta o implementaciones de las herramientas de Lean Manufacturing a empresas de producción.

Arenas (2017) con la tesis titulada “Análisis e implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad y control de planta en una empresa productora de alimentos balanceados para cerdos, aves y cuyes”, Arequipa, Perú, tiene como objetivo principal “Análisis e implementación de Lean Manufacturing para mejorar la productividad y control de planta en elaboración de alimentos balanceados para cerdos, aves y cuyes”. Se tiene como meta “perfeccionar la planificación de producción y control de planta, dejando de lado el sistema de producción convencional destacando importantes beneficios como flexibilidad, tiempos de entrega, distribución uniforme en todas las partes del proceso y estandarizar procesos”.

La investigación busca mejorar los márgenes de productividad mediante la eliminación de muda; entendido como despilfarros o aquellas actividades que no agregan valor al producto, así como que la empresa sea flexible a los ajustes de producción.

Arroyo (2018) con la tesis de título “implementación de lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica”, Lima, Perú, tiene como objetivo principal “Mejorar el sistema de producción de una empresa metalmecánica en términos que se traduzca en rentabilidad para la empresa a partir de la implementación del Lean Manufacturing”.

Aplicando las herramientas de Lean Manufacturing como son las herramientas SMED y JIT (justo a tiempo) se logró obtener una mejora en el procesos siendo esta la reducción de un 47% del Set Up de las paradas programadas en el proceso, un 59% de reducción en el tiempo de reprocesado y 17% de reducción del tiempo en el ciclo de producción, cada una de estas mejoras genero finalmente un incremento del 25% de la producción final; por lo tanto el autor concluye que “la aplicación del Lean Manufacturing a través de su metodología e implementación de las herramientas mejora el sistema de producción en las empresas productivas aplicadas”.

Carpio (2016) con la tesis titulada “plan de mejora en el área de producción de la empresa Comolsa S.A.C. para incrementar la productividad, usando herramientas de lean Manufacturing”, Lambayeque, Perú, tiene como objetivo principal “Diseñar una Plan de Mejora en el área de Producción de la Empresa COMOLSA S.AC para incrementar la Productividad usando herramientas del Lean Manufacturing – Lambayeque 2015”, mediante la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing como 5S’s y VSM se buscó la mejora de la productividad dentro de la empresa Molinera, los resultados de la mejora se vieron reflejados en el análisis de beneficio/ costo el cual arrojó como resultado 1.88 por lo que se pudo evidenciar un incremento en la rentabilidad de la empresa.

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS

a) Lean Manufacturing

“Eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Kanban, Kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean Manufacturing son: la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios” (Rajadell & Sánchez 2010)

b) Productividad

Según Prokopenko (1987) nos dice que la productividad es “la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos

utilizados para obtenerla” es de esta manera que se puede definir como el uso eficiente de los recursos.

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{\text{Productos obtenidos}}{\text{Recursos utilizados}}$$

c) Eficiencia

Para la Real Academia Española (2018) la eficiencia es “la capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado” y según Chase, Jacobs & Alquilano (2009) se define como el logro de resultados deseados con el mínimo de recursos.

d) Mata de cobre

La mata de cobre es el producto que se obtiene de la fusión de diversos minerales sulfuros de cobre, plomo, etc. Con el objetivo de posteriormente separar el sulfuro del cobre.

e) Ánodo de cobre

Planchas gruesas de cobre de un peso aproximado de 435 kg y un porcentaje de pureza de 99.7%, producto del afinamiento de cobre.

f) Sílica

Mineral utilizado como fundente en los procesos de fusión principal y conversión, en el proceso de conversión proporciona sílice con el objetivo de eliminar como escoria el FeO.

g) Metal blanco

Material que sale del proceso de conversión, con alto contenido de cobre.

h) Cobre ampolloso

Material que se obtiene de la oxidación del metal blanco en los hornos de afino, el cobre ampolloso posteriormente es afinado y moldeado hasta convertirse en ánodo de cobre.

2.3. PRODUCTIVIDAD

2.3.1. Objetivo

La productividad tiene como objetivo principal el de medir el índice de eficiencia de la producción por los recursos utilizados para alcanzar dicha producción, en cuanto menor sean los recursos y mayor la producción alcanzada la productividad será mayor.

2.3.2. Beneficios

Permite conocer cuan productivos está siendo el uso de los recursos.

Permite tomar decisiones, respecto a cuan productivo estamos siendo con los recursos que tenemos y que acciones podemos tomar para aumentar la producción.

2.4. LEAN MANUFACTURING

2.4.1. Concepto

Según Hernández & Vizán (2013) Lean Manufacturing es “Una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos éstos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios. Identifica varios tipos de “desperdicios” que se observan en la producción: sobreproducción, tiempo de espera, transporte, exceso de procesado, inventario, movimiento y defectos.”

2.4.2. Objetivos

El lean Manufacturing tiene por objetivo “La eliminación del despilfarro, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5S, SMED, Poka Yoke, Kaizen, heijunka, jidoka, etc.), que se desarrollaron fundamentalmente en Japón. Los pilares del lean Manufacturing son: la filosofía de la mejora continua, el control total de la calidad, la eliminación del despilfarro, el aprovechamiento de todo el potencial a lo largo de la cadena de valor y la participación de los operarios” (Rajadell & Sánchez, 2010)

2.5. HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING

2.5.1. Poka Yoke

Según Serrano (2020), Poka Yoke es una herramienta que se encarga de reducir al máximo los errores humanos que se puedan cometer dentro de una fábrica. Según la finalidad con la que se establezcan, podemos identificar diferentes tipos de herramientas Poka Yoke:

- Físicos: se aseguran evitar errores en una operación concreta.
- Secuenciales: evita que haya fallos a la hora de implementar una orden en las etapas de fabricación.
- De agrupamiento: suelen consistir en un lote o kit de herramientas o componentes. De esta manera nos aseguramos de tener a mano todo lo necesario para realizar correctamente nuestra labor.
- De información: proporcionan al trabajador información en tiempo real para que desempeñen su obligación correctamente y de forma segura.

2.5.2. Kaizen

El origen de la palabra Kaizen proviene según Masaki Imai como la unión de dos términos Kai que significa cambio y Zen que es mejorar por lo que finalmente tendría el significado de Cambio para mejorar, lo que lleva a la mejora continua.

Según Matías & Vizán (2013), lo definen como “La actitud hacia la mejora, hacia la utilización de las capacidades de todo el personal, la que hace avanzar el sistema hasta llevarlo al éxito. Lógicamente este espíritu lleva aparejada una manera de dirigir las empresas que implica una cultura de cambio constante para evolucionar hacia mejores prácticas, que es a lo que se refiere la denominación de mejora continua”.

2.5.3. VSM

El VSM (Value Stream Mapping) o mapa de la cadena de valor es un modelo gráfico que representa la cadena de valor, mostrando tanto el flujo de materiales como el flujo de información desde el proveedor hasta el cliente. Tiene por objetivo plasmar en un papel, de una manera sencilla, todas las actividades

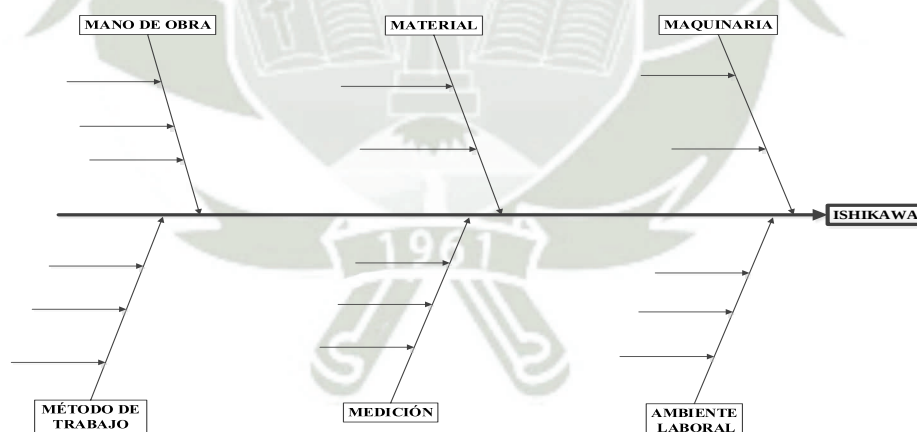
productivas para identificar la cadena de valor y detectar, a nivel global, donde se producen los mayores desperdicios del proceso. El VSM facilita, de forma visual, la identificación de las actividades que no aportan valor añadido al negocio con el fin de eliminarlas y ganar en eficiencia. Es una herramienta sencilla que permite una visión panorámica de toda la cadena de valor. Actualmente ya existen en el mercado diferentes programas de software que facilitan la labor de elaboración de estos modelos a través bibliotecas de simbología normalizada. (Matías & Vizán, 2013)

2.5.4. Diagrama de Ishikawa

También conocido como diagrama de espina de pescado o causa y efecto, es una herramienta de Lean Manufacturing para la mejora continua, ayuda a identificar las posibles causas a un problema bajo un enfoque de calidad, este se muestra en la Figura 01.

Figura 01

Ishikawa



Nota, de Rus (2020)

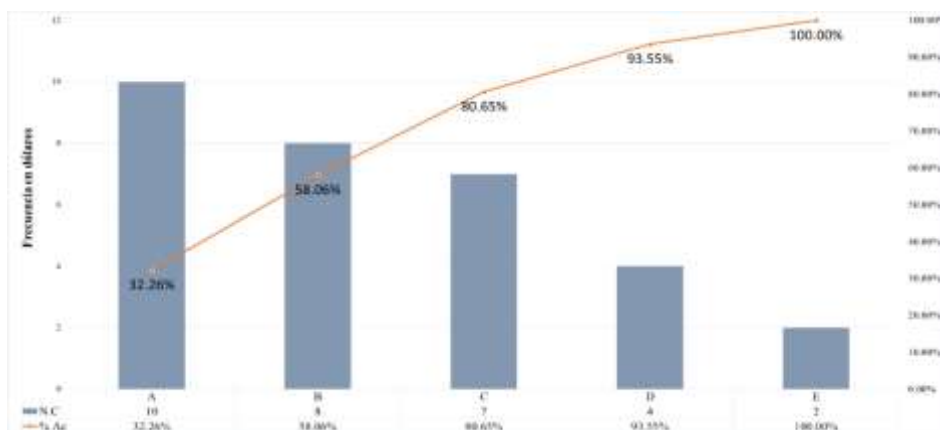
Se muestra el diagrama de Ishikawa con los principales factores que le afectan.

2.5.5. PARETO

El diagrama de Pareto, es una herramienta de Lean Manufacturing que permite clasificar los valores más relevantes de mayor a menor y el porcentaje acumulado que representan del total de valores y se muestra en la Figura 02.

Figura 02

Pareto



Nota, de Rus (2020)

En la Figura 02 se muestra el diagrama de Pareto con los valores acumulados de menor a mayor para su análisis.

CAPÍTULO III:

3. ANÁLISIS SITUACIONAL

En el presente capítulo se da a conocer el panorama general de la planta de fundición, los productos que ofrece, maquinarias, cultura y estructura organizacional y análisis situacional.

3.1. COBERTURA Y LOCALIZACIÓN

La empresa minera de estudio con más de 50 años de funcionamiento se encuentra ubicada al sur del Perú, viene realizando sus operaciones en el rubro minero, se encarga de la producción de ánodos de cobre y ácido sulfúrico; actualmente cuenta con dos plantas de producción:

- Planta de fundición.
- Planta de ácido sulfúrico.

Esta empresa cuenta con cuatro ramas de soporte en las operaciones de las plantas:

- Recursos humanos.
- Comercial.
- Mantenimiento.
- Seguridad y medio ambiente.

3.2. SECTOR Y TIPO DE PROYECTO

3.2.1. Sector

El presente trabajo se desarrolla en una empresa del sector minero metalúrgico, siendo este sector uno de los principales ejes para el desarrollo del país; esta industria representa aproximadamente el 10% del PBI nacional y del 61% del valor total de las exportaciones (Minem, 2018), siendo este sector una gran fuente de empleo directo e indirecto.

3.3. CULTURA ORGANIZACIONAL

3.3.1. Visión

Ser una empresa líder a nivel global donde la armonización de nuestras potencialidades logre una gestión de excelencia que defina los estándares para la industria minera (Lineamientos SIG, 2019)

3.3.2. Misión

Desarrollar una operación con altos estándares de calidad, seguridad, responsabilidad social y ambiental, obteniendo productos y relaciones de valor que garantizan una alta rentabilidad, mediante el uso eficiente de todos nuestros recursos. (Lineamientos SIG, 2019)

3.3.3. Valores

Se presentan los valores que guían la cultura organizacional de la planta de fundición de la empresa minera del estudio. (Lineamientos SIG, 2019)

- **Integridad:** Actuando con honestidad, responsabilidad y ética profesional
- **Respeto:** A las personas, al entorno y al ambiente.
- **Solidaridad:** Trabajando en equipo para cumplir nuestra misión y lograr nuestra visión.
- **Puntualidad:** En el cumplimiento de los compromisos y obligaciones.
- **Lealtad:** Actuando con equidad, en base a la verdad y a nuestros demás valores.
- **Servicio:** A nuestros clientes internos y externos, con nuestro mejor esfuerzo y compromiso.
- **Creatividad:** En hacer mejor las cosas, rompiendo paradigmas.

3.4. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

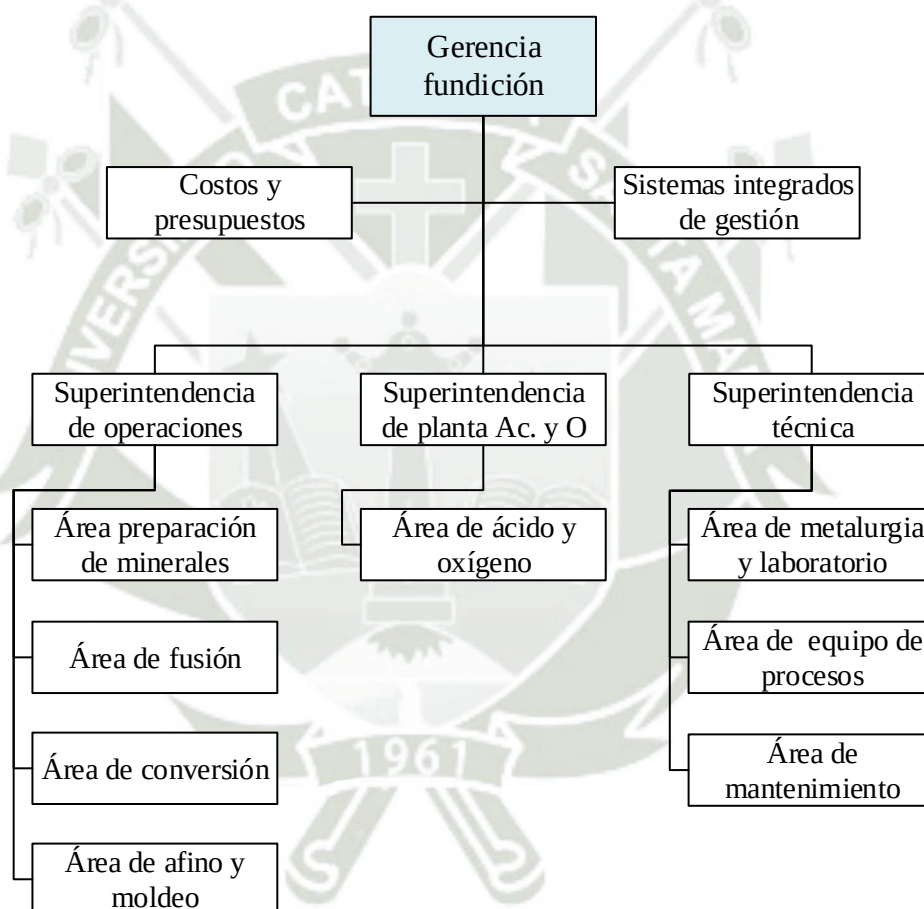
La empresa minera de estudio cuenta con cinco gerencias, fundición, mantenimiento, recursos humanos, comercial y seguridad y medio ambiente, las cuales se encargan del desarrollo y sostenimiento de la empresa. El presente estudio se realiza dentro de la gerencia de fundición, la cual está compuesta por tres superintendencias las cuales son, superintendencia de operaciones,

superintendencia de planta de ácido y oxígeno y superintendencia técnica, el presente estudio se encuentra dentro de la superintendencia de operaciones, la que tiene cuatro áreas de proceso, preparación de minerales, fusión conversión y afino y moldeo.

En la Figura 03, se presenta la estructura organizacional de la gerencia de fundición.

Figura 03

Organigrama por áreas



Nota, de Recursos humanos de la Empresa Minera

En la Figura 03 se muestra el organigrama por áreas donde se ubica la superintendencia de operaciones, esta se encarga del aseguramiento eficaz del proceso desde la recepción de las materias primas, la fusión, conversión de los materiales hasta el moldeo del producto final, además se encargan de velar por la calidad del producto, la seguridad en el proceso y la protección del medio ambiente.

Las áreas dentro de la superintendencia de operaciones son dirigidas por los jefes de área los cuales tienen las siguientes responsabilidades dentro de su proceso:

El jefe del área de preparación de minerales se encarga de la recepción del concentrado, chancado de sílica y materiales re circulantes.

El jefe del área de fusión es responsable de la fusión del concentrado con materiales fundentes, separación del material fundido y escoria y posterior entrega del material fundido al área de conversión.

El jefe del área de conversión se encarga de la recepción del material fundido la conversión de este en los hornos de conversión y limpieza de escoria para posterior entrega del material fundido de mayor pureza a los hornos de afino.

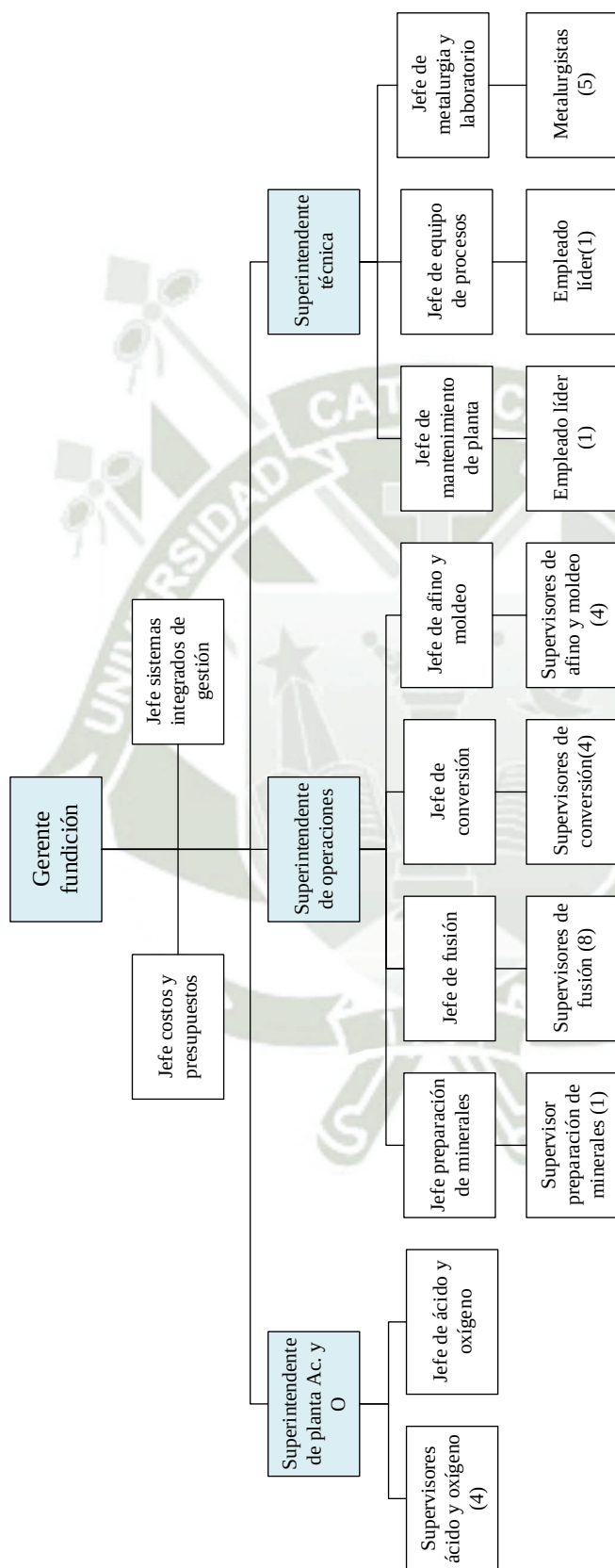
En el área de afino y moldeo son responsables de la última etapa de afinamiento del material fundido para su posterior moldeo y entrega del producto final.

Además de las responsabilidades propias del proceso tienen otras como la implementación de políticas y procesos necesarios para su funcionamiento, evaluación de la eficacia de objetivos, planes entre otros.

En la Figura 04 se presenta la estructura organizacional de la gerencia de fundición por puesto de trabajo.

Figura 04

Organigrama por puestos



Nota, de Recursos humanos de la Empresa Minera

Así como las responsabilidades propias de cada área de trabajo todos los superintendentes, jefes, supervisores, metalurgistas y empleados líderes realizan actividades comunes.

a) Superintendentes

- Asegura la implementación de los procesos necesarios para el funcionamiento eficaz operaciones.
- Informa a la gerencia de cualquier necesidad de mejora en su línea funcional.
- Dirige y controla las actividades que se realizan en las operaciones, enfocadas en el cumplimiento de objetivos operacionales y económicos.
- Participar en la investigación de accidentes e incidentes en las áreas operativas.
- Establece anualmente objetivos de calidad, seguridad, salud ocupacional y protección del ambiente.
- Asegura la entrega de productos finales con la calidad del producto.
- Asegura la eficacia de los controles operativos para la seguridad, salud ocupacional y protección del ambiente.
- Promueven las políticas, toma de conciencia entre los trabajadores de su línea funcional en los temas de calidad, seguridad, salud y medio ambiente.

b) Jefes de área

- Implementan las políticas, objetivos y planes de los procesos para su funcionamiento eficaz en sus áreas.
- Revisa y aprueba los reportes de investigación de accidentes e incidentes, en área de su responsabilidad.
- Elabora, asegura su implementación y evalúa la eficacia de objetivos de calidad, seguridad, salud ocupacional, protección del ambiente y reporta trimestralmente a su Superintendencia los resultados.
- Planifica trabajos de operaciones que se realizaran en las áreas, define plazos y metodologías para su realización.
- Revisa el cumplimiento de los indicadores.
- Propone iniciativas para la mejora de los procesos y aumento de la productividad de las áreas,

- Elabora, asegura su implementación y evalúa eficacia de: matrices identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles (línea base y continuo), mapas de riesgo, matrices identificación de aspectos ambientales y sus controles operativos, caracterización de productos, planes de calidad, procedimientos escritos de trabajo seguro, procedimientos de respuesta a emergencia.

c) Supervisores, metalurgista y empleados líderes

- Supervisa las actividades de las operaciones de las áreas.
- Realiza toreos del personal.
- Realiza inspecciones en las áreas de trabajo.
- Supervisa, promueve e implementa los procedimientos en el área de trabajo y verifica su aplicación.
- Capacita a sus trabajadores en la aplicación del IPERC (línea base y continuo), controles operativos para los aspectos ambientales significativos, controles de calidad del producto.
- Elabora reportes de investigación de accidentes e incidentes, registros de IPERC continuo, ATS, PETAR, registro de entrega de EPP, registros de entrenamiento de sus trabajadores, registros de reuniones grupales, etc.
- Implementa los planes, procedimientos entre otras a los trabajadores.
- Promueve en sus trabajadores el desarrollo y aplicación de: herramientas de seguridad preventiva y conducta segura, controles operativos de protección del ambiente y controles de calidad del producto.

3.5. PRODUCTOS Y SERVICIOS

La gerencia de fundición de la empresa minera de estudio produce principalmente ánodos de cobre y ácido sulfúrico provenientes de la fusión del concentrado de cobre propio y eventualmente de otro comprado a empresas mineras del sector, este por medio de procesos de fusión y conversión da paso a nuestros principales productos que son posteriormente vendidos a refinerías del sector.

a) Ánodos de cobre

Es el producto final del proceso de afino y moldeo, proviene de la fusión de concentrado de cobre a altas temperaturas en el proceso de fusión en el cual se va eliminando la escoria (impurezas, hierro, azufre, etc.), los ánodos de cobre son planchas de cobre en forma de T con un aproximado de 435 kg, estas planchas tienen una pureza de 99.6% de cobre aproximadamente, el porcentaje restante de impurezas corresponden a elementos como oro y plata lo que origina que los ánodos producidos tengan gran aceptación en el mercado por su buena conductibilidad.

Los ánodos de cobre posteriormente son vendidos a las refinerías del sector y el extranjero como materia prima para la principalmente la producción de cátodos de cobre, granallas de plata y oro que se muestran en la Figura 05.

Figura 05**Ánodo de cobre comercial**

Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

En la Figura 05 se muestra uno de los principales productos de la empresa minera.

b) Ácido sulfúrico

El ácido sulfúrico es el producto final proveniente de las plantas de ácido, este tiene como materia prima los gases de proceso de fusión que son captados por un sistema

de manejo de gases en el cual son enfriados y posteriormente se limpian de polvo e impurezas para ser tratados en las plantas de ácido.

La producción de ácido va de la mano junto a la fusión de cobre ya que como compromiso ambiental estos gases de fusión no pueden ser liberados al ambiente por las consecuencias al entorno, al ser captados y procesados generan un producto de calidad que posteriormente es vendido en el mercado.

En la Figura 06 se muestra la planta de ácido sulfúrico.

Figura 06

Planta de ácido sulfúrico



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

La planta de ácido sulfúrico que se muestra en la Figura 06 tiene un producto con una pureza del 98%, este químico comúnmente es usado en el sector minero siendo altamente corrosivo.

c) Oxígeno

El oxígeno es un subproducto necesario para el proceso de fusión, este es utilizado como un agente oxidante en todos los procesos de fusión, siendo el producto final proveniente de las plantas de oxígeno, este tiene una pureza mínima del 95% que es requerido para los procesos operativos.

Este producto al tener una alta capacidad para reaccionar con metales, para aumentar la velocidad de reacción y por consecuencia la liberación de energía en el proceso de fusión toma un rol importante en el proceso.

En la Figura 07 se muestra la planta de oxígeno.

Figura 07

Planta de oxígeno



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

En la Figura 07, se muestra la planta de oxígeno donde los productos finales se utilizan en la planta de fundición.

3.6. MAQUINARIA Y EQUIPOS

La planta de fundición cuenta principalmente con los equipos que son mostrados en el siguiente cuadro, estos son los ejes principales para el desarrollo de las operaciones, también se presentan las plantas de ácido y oxígeno que trabajan en paralelo con el proceso de fusión al ser necesarias para la operación del proceso de fusión.

En la Tabla 02 se muestra la maquinaria y equipos de la planta de fundición de la empresa minera.

Tabla 02

Maquinaria y equipos de la planta de fundición

Área	Código	Equipos principales	Cantidad	Capacidad
Fusión	MFP001	Horno de fusión principal	01	155 t/h
	MHS001	Horno de separación	01	73.6 t/h
	MHS002		01	73.6 t/h
Conversión	MHC001	Horno de conversión	01	180 t/ciclo
	MHC002		01	180 t/ciclo
	MHC003		01	180 t/ciclo
	MHC004		01	180 t/ciclo
	MHL001	Hornos de limpieza	01	22 t/ ciclo
	MHL002		01	22 t/ ciclo
	MGP001	Grúa puente	01	60 Ton
	MGP002		01	60 Ton
	MGP001		01	60 Ton-
Afino y moldeo	MHA001	Horno de afino	01	439 t/ ciclo
	MHA002		01	439 t/ ciclo
	MRM001	Rueda de moldeo	01	1197 t/día
	MRM002		01	1197 t/día

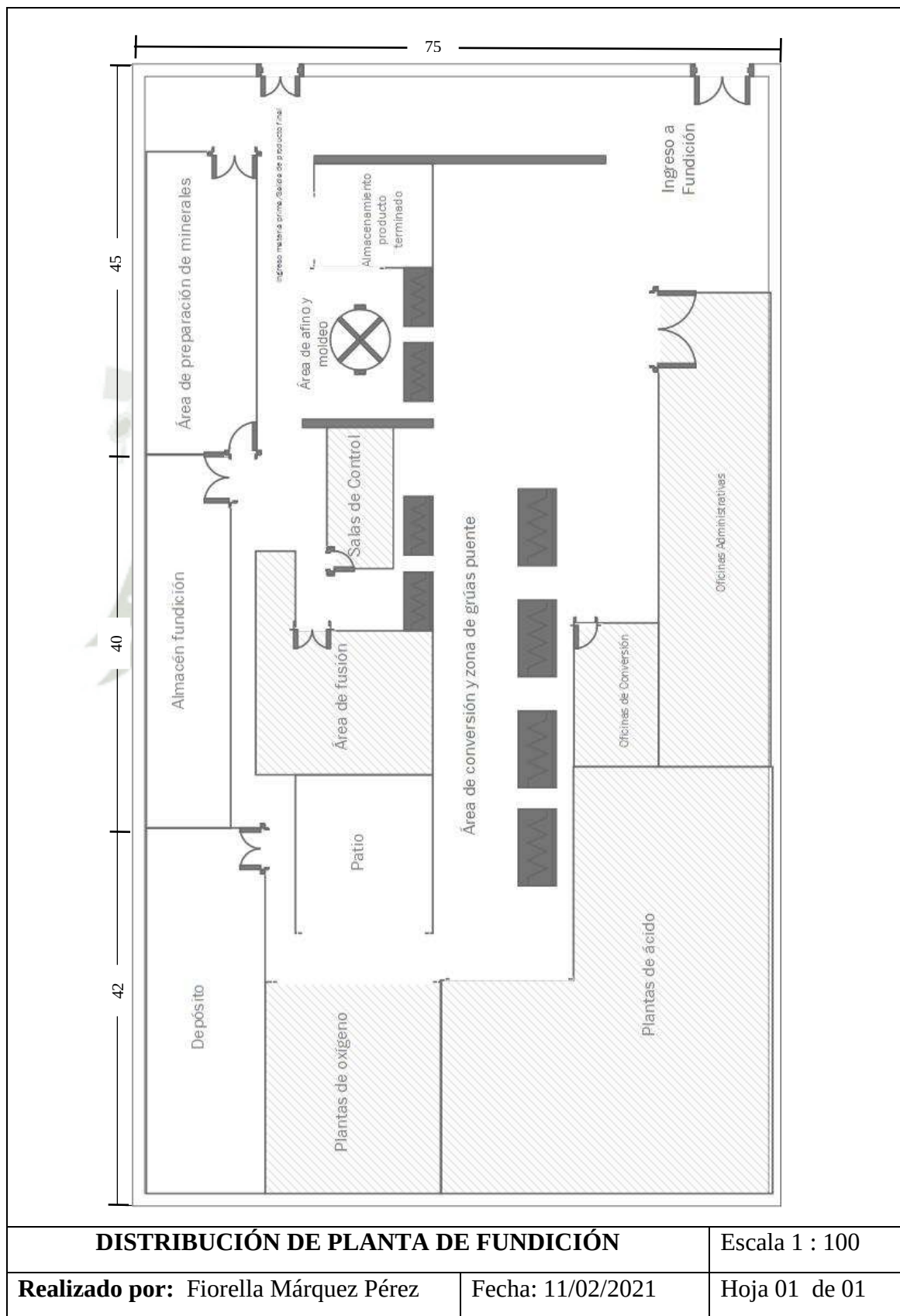
Las máquinas y equipos de la planta de fundición que se muestran en la Tabla 02 se distribuyen en tres áreas, fusión, conversión y afino y moldeo.

3.7. DISTRIBUCIÓN DE PLANTA

En la Figura 08 se muestra la distribución de la planta de fundición, las áreas operativas, administrativas y almacenes, para identificar su ubicación.

Figura 08

Distribución de planta de fundición



En la Figura 08 se muestra la distribución de la planta de fundición en una escala de 1:100 identificando las principales áreas administrativas y operativas.

3.8. PROCESO DE PRODUCCIÓN

a) Almacén de fundición

El concentrado de cobre (con las características de humedad adecuadas que le permiten que sea transportado y almacenado sin problemas) adquirido por el área de comercial llega en vagones a la fundición, siendo la cantidad aproximada de llegada por día de 3,800 toneladas, este es recepcionado por el supervisor de turno del área de preparación de minerales, posteriormente es descargado y acopiado en el almacén de fundición en pilas de concentrado de 12 mil toneladas cada una que serían utilizados para 10 a 12 lotes de producción. En la Figura 09 se muestra la zona de almacenamiento de la materia prima para la planta de fundición.

Figura 09

Zona de almacenamiento de fundición



***Nota,** de Planta de fundición de Empresa Minera*

En la Figura 09 que es la zona de almacenamiento de fundición también se alberga a otros insumos del proceso como son la sílica (material que es adquirido y reducida por medio de máquinas chancadoras a los tamaños adecuados para los procesos de fusión), carbón y otros materiales recirculantes así como maquinaria pesada que se utiliza para el transporte del material a rejillas que distribuyen el material a fajas.

b) Preparación de minerales

El concentrado que se encuentra en el almacén es transportado por maquinaria hacia unas rejillas que se encuentran en la parte posterior del almacén, estas conducirán el material hacia unas fajas transportadoras que trasladaran el concentrado hacia las tolvas de acopio, siendo estas 3 de una capacidad de 250 toneladas cada una, de la misma manera la sílica, carbón y material recirculante es transportado por sus respectivas rejillas hacia las tolvas de almacenamiento, para la sílica se cuenta con 1 tolva de almacenamiento con una capacidad de 150 toneladas, el carbón cuenta con 1 tolva de almacenamiento con una capacidad de 100 toneladas y el material recirculante con 2 tolvas de almacenamiento con una capacidad de 100 toneladas cada una. El transporte y carga de las tolvas de almacenamiento temporal toma un tiempo aproximado de 3.72 horas para un lote de producción.

Las tolvas de acopio operan de forma semi continua y son programadas por órdenes de un sistema automático que es operado desde una sala de control por un supervisor de turno, cuando el material es descargado para entrega llegando al 30% de la capacidad de las tolvas son cargadas nuevamente al 80% de su capacidad, repitiendo este proceso las 24 horas del día. En la Figura 10 se muestra los vehículos y la forma de la carga de materia prima.

Figura 10**Traslado de material**

Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

En la Figura 10 se muestran las tolvas de copio que pueden estar trabajando todas al mismo tiempo o independientemente según la operación lo requiera.

c) Mezclado de materiales

El material que se encuentra en las tolvas de acopio mediante fajas transportadoras es dirigido hacia un mezclador de paletas que mezcla los materiales y permite que todos se encuentren a la humedad adecuada para ingresar al proceso de fusión, finalmente los materiales son transportados por medio de fajas hacia el alimentador del horno principal de fusión, el tiempo promedio que toma realizar este proceso es aproximadamente 0.16 horas para un lote de producción.

d) Fusión principal

El proceso de fusión inicia en el horno vertical de fusión este horno cuenta con una lanza que inyecta oxígeno industrial al baño lo que permite la reacción de fusión en el proceso del concentrado de cobre, sílica, carbón y material re circulante; El material proveniente de las fajas transportadoras ingresan por la entrada de alimentación del horno y son fundidas, en este proceso se generan 3 fases escoria, mate (cobre, azufre y hierro) y gases. La escoria y mate son redirigidos a los hornos de separación, mientras que los gases son enviados a la planta de ácido.

Se descarga material del horno de fusión cuando la altura del nivel de preparación llega a 1 metro y es en este punto cuando ingresa nuevamente material al horno para seguir con el proceso.

En la Figura 11 se muestra el horno principal de la planta de fundición.

Figura 11

Horno principal



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

El horno de fusión que se muestra en la Figura 11 es operado de forma automática desde una sala de control por un supervisor de turno y cuenta con un proceso semi continuo que opera las 24 horas del día, se tiene un tiempo de ciclo de 8 horas para un lote producción de 1565 toneladas de material.

e) Horno de separación

Cada periodo de tiempo el material reaccionado del horno principal es extraído hacia un horno de separación con una capacidad de 736 t/h el cual se encarga de separar las fases de escoria y mate (la separación es llevada a cabo por la sedimentación de la escoria), esto con el objetivo de retirar la escoria con el menor porcentaje de cobre y llevado a los depósitos; posteriormente el mate (mezcla de concentrado, sílica, entre otros en estado líquido) con alto porcentaje de cobre es recepcionado en grandes ollas de una capacidad de 22.5 toneladas y transportado mediante grúas puente a los hornos de conversión.

El tiempo de ciclo por un lote de producción (1101 ton mate) en el horno de separación es de 6.67 horas, este horno es operado de manera automática, en una sala de control donde un supervisor verifica los movimientos.

f) Conversión de soplado a escoria

El proceso de conversión se lleva a cabo en hornos cilíndricos horizontales y rotatorios de una capacidad de 180 toneladas por ciclo, se cuenta con 4 hornos de conversión de los cuales 1 se encuentra siempre en mantenimiento, 1 en calentamiento previo a la operación y 2 hornos en operación, en este proceso la mata de cobre es convertida a cobre ampolloso con un porcentaje aproximado de 99.3% de cobre, este proceso se lleva a cabo por la inyección de oxígeno, mata de cobre y la sílica, el proceso de conversión consta de principalmente dos etapas.

La primera etapa de soplado a escoria se realiza por la reacción química de oxidación del sulfuro de hierro, en esta etapa se retira la escoria con alto contenido de cobre la cual es enviada a los hornos de limpieza de escoria, en estos hornos se recupera el mayor contenido de cobre para su reinscripción en la etapa de soplado a cobre. La etapa de soplado escoria consiste principalmente en la adición de mate proveniente de los hornos de separación junto con la inyección de oxígeno que permite la fusión de la mezcla y retiro de escoria, esto se repite las veces necesarias según capacidad, por las condiciones de diseño del convertidor es necesario su detención para el retiro y adición del material, para completar un ciclo de un convertidor se necesita aproximadamente una carga de 7 ollas de 22.5 toneladas.

Los hornos de conversión son manejados de forma automática por un supervisor, esta etapa tiene un tiempo de ciclo de 6.46 horas entre los 2 convertidores en operación para un lote de producción de 472.5 toneladas por lote.

En la Figura 12 se muestra como se realiza la carga del convertidor.

Figura 12

Carga de convertidor



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

En la Figura 12 se muestra la carga del convertidor por medio de las ollas que contienen el material.

g) Conversión, soplado a cobre

La segunda etapa de soplado a cobre se realiza por la oxidación del sulfuro de cobre, en el mismo convertidor en el que se ha llevado a cabo soplado a escoria, en esta etapa se produce el cobre ampoloso el cual posteriormente es enviado por grúas puente a los hornos de afinamiento para eliminar las impurezas restantes, este proceso tiene un tiempo de ciclo aproximado de 3.33 horas entre los 2 hornos de conversión para un lote de producción de 431 toneladas por lote.

En la Figura 13 se muestra como se realiza la descarga del convertidor.

Figura 13**Descarga convertidor**

Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

La descarga del convertidor que se muestra en la Figura 13 se da antes de ser trasladado el material a los hornos de afinamiento.

h) Afinamiento de cobre de oxidación

El proceso de afino de cobre es realizado en dos etapas de oxidación y reducción hasta producir un cobre con 99,9% de pureza, el horno de afino es cargado con la producción de los 3 hornos de conversión, es decir se tiene un tiempo de espera hasta que se junte todo el cobre proveniente que es una carga de aproximada de 13.5 ollas de 28 toneladas cada una, este proceso tiene un tiempo de ciclo de 1.66 horas donde el cobre se oxida para continuar con el proceso químico metalúrgico y retirar el azufre remanente, de esta manera se busca obtener un producto de mayor porcentaje de cobre.

En la Figura 14 se muestra el horno de afinamiento.

Figura 14**Horno de afinamiento**

Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

El horno de afinamiento que se muestra en la Figura 14 es donde se realiza el proceso de afinamiento de cobre con una concentración al 99%.

i) Afinamiento de cobre reducción

La etapa de reducción de cobre en los hornos de afinamiento sigue su proceso en el mismo horno de la etapa de oxidación en esta etapa del cobre se remueve el oxígeno para obtener una pureza de hasta 99.9%, el tiempo de ciclo para este proceso es 2 horas para un lote de producción de 364 toneladas de cobre, este proceso es realizado automáticamente por un operador en la sala de control del área.

j) Moldeo de cobre

El cobre en estado líquido proveniente de los hornos de afino es transportado por un canal hacia la cuchara intermedia que hace de una báscula y vierte el cobre liquido sobre moldes de una rueda que es controlada por el operador de la sala de control, posteriormente son refrigerados en forma automática por la inyección de agua, este proceso se realiza de forma automática, el tiempo de ciclo para este proceso 3.83 horas para un lote de producción de 352 toneladas de cobre líquido.

En la Figura 15 se muestra como se realiza el moldeo de cobre.

Figura 15

Moldeo de cobre



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

El moldeo de cobre que se muestra en la Figura 15 realiza un moldeo por lote aproximado de 809 barras de ánodos de cobre.

k) Marcado de ánodos

Los ánodos que salen de la rueda de moldeo son transportados en paquetes de 10 ánodos por un montacargas y son almacenados en una zona posterior donde son marcados en la parte posterior por medio de colores para su identificación como lote y su inspección de las características para separar los productos no conformes, este proceso es realizado por un operador junto con el supervisor de turno, el tiempo de ciclo para esta etapa es de 0.5 horas para un lote de 350 toneladas de cobre o 805 barras de ánodos.

l) Carguío

Los ánodos son trasladados por medio del montacargas y colocados en las plataformas que lo transportaran para su posterior venta, el tiempo de ciclo de este proceso toma 2 horas para para un lote de 805 barras de ánodos.

En la Figura 16 se muestra la máquina requerida para el carguío de ánodos.

Figura 16

Carguío de ánodos



Nota, de Planta de fundición de Empresa Minera

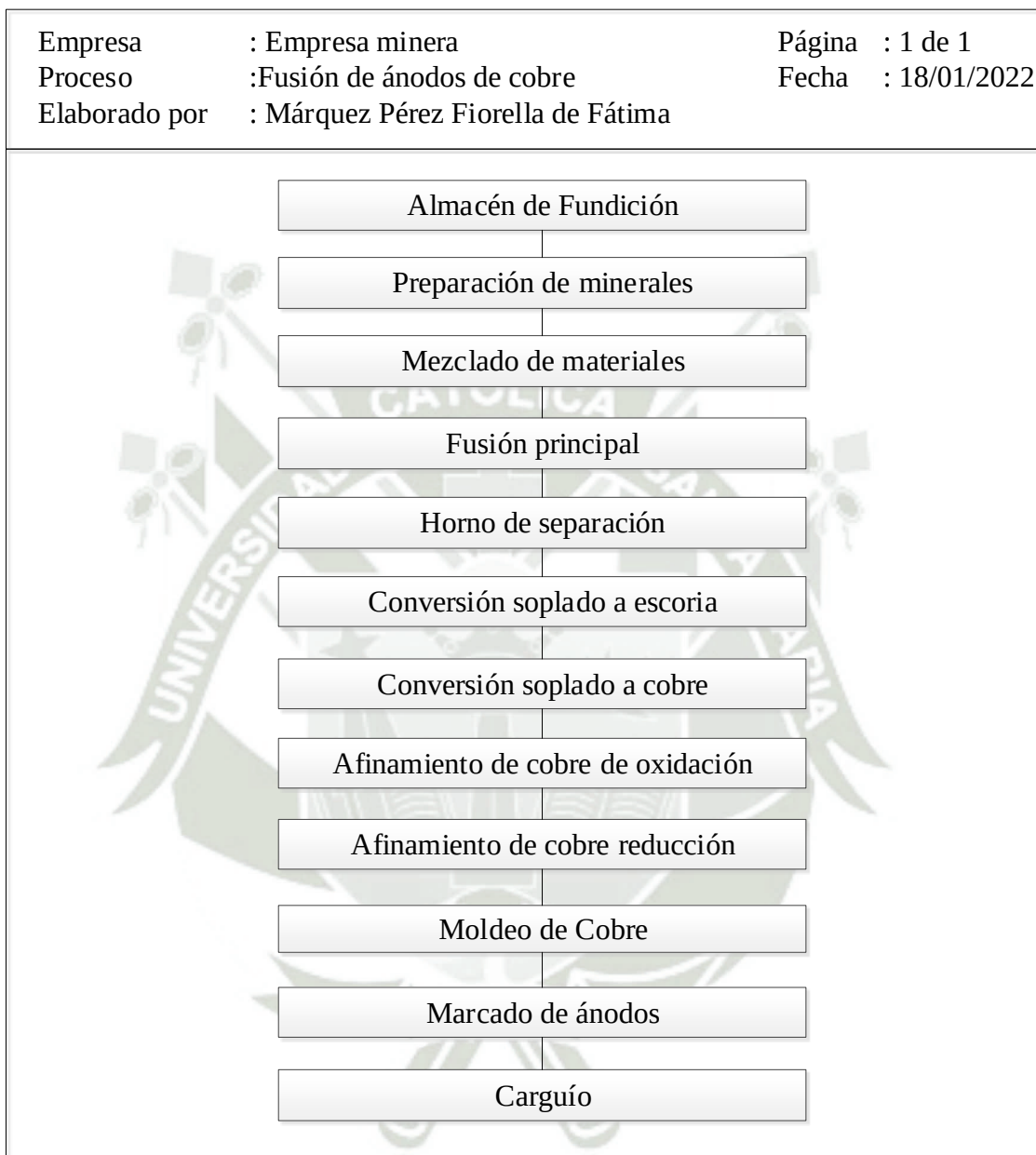
En la figura 16 se muestra el montacarga que es necesario para la carga y traslado de los ánodos de cobre y de los otros materiales pesados.

3.8.1. Diagrama de bloques del proceso de fusión

Se presenta el diagrama de bloques del proceso de fusión de la Empresa minera en la Figura 17.

Figura 17

Diagrama de bloques del proceso de fusión



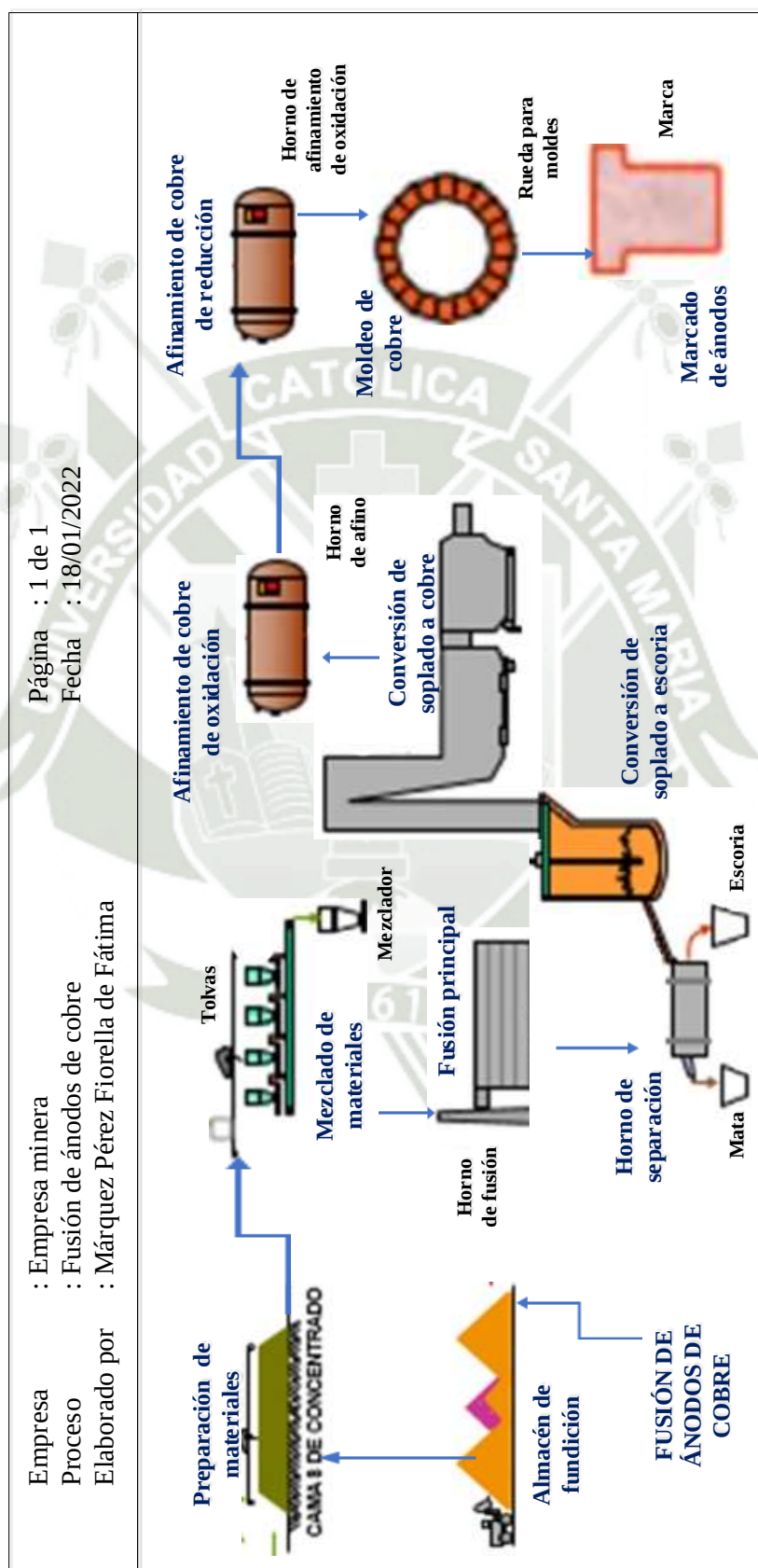
En la Figura 17 se muestran los sub procesos principales de la fusión de ánodos de cobre mediante el diagrama de bloques.

3.8.2. Diagramas del proceso de fusión

El Flow Sheet del proceso de fusión de ánodos de cobre se muestra en la Figura 18.

Figura 18

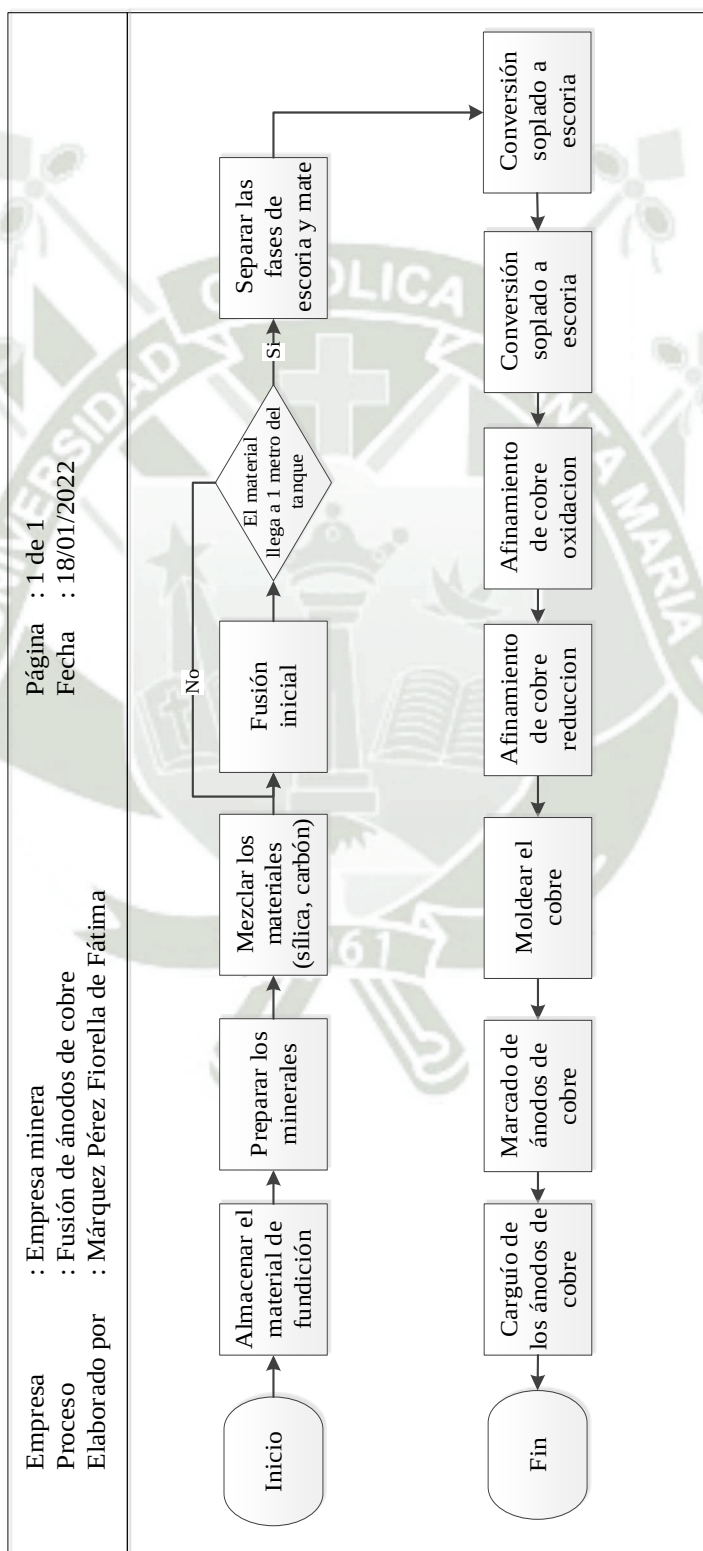
Flow sheet del proceso de fusión de ánodos



El diagrama horizontal del proceso de fusión de ánodos de cobre se muestra en la Figura 19.

Figura 19

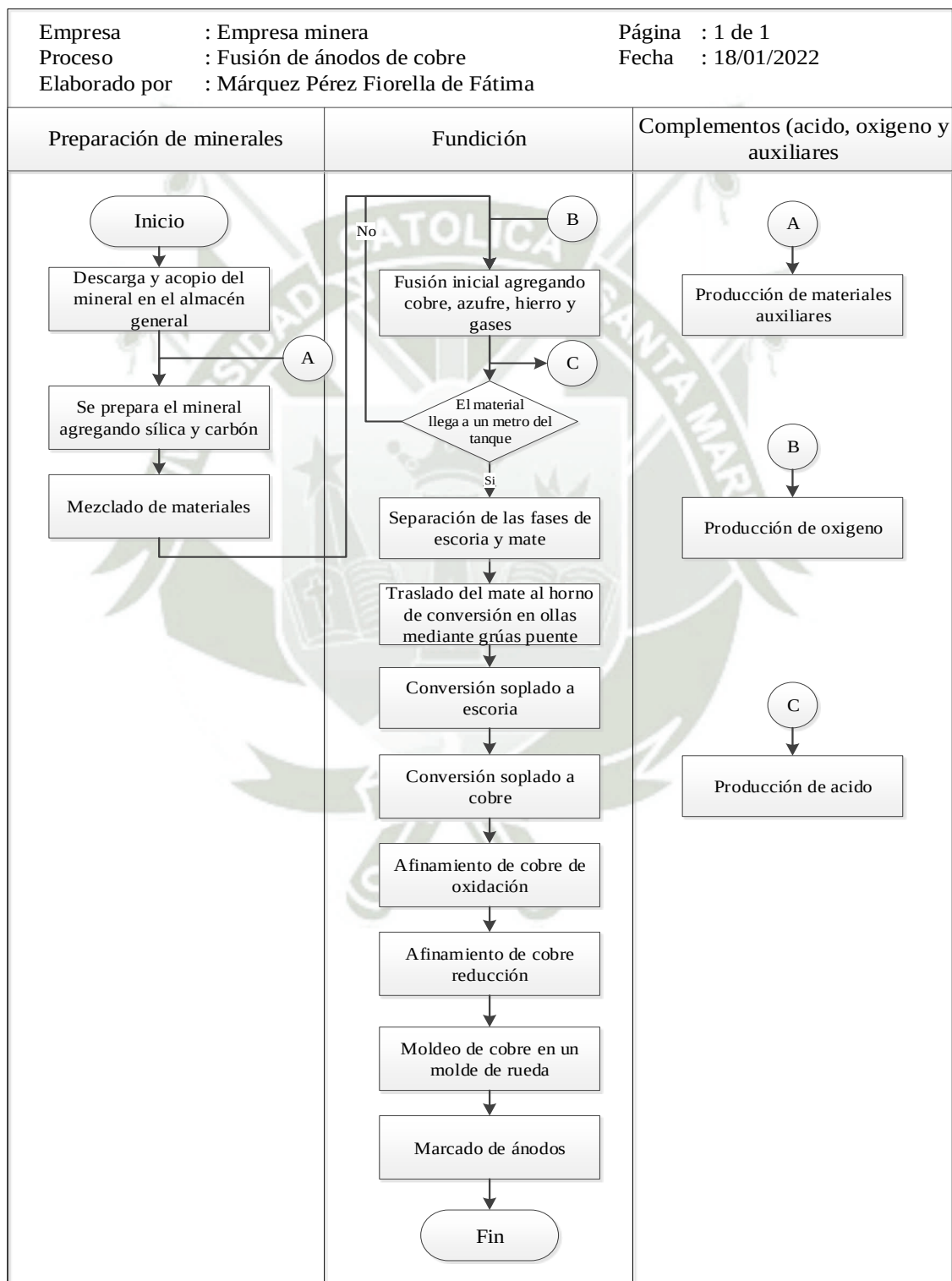
Diagrama horizontal del proceso de fusión de ánodos



El flujograma del proceso de fusión de ánodos de cobre se muestra en la Figura 20 donde se muestran las áreas de preparación de minerales, fundición y complementos.

Figura 20

Diagrama de flujo del proceso de fusión de ánodos



3.9. ANÁLISIS SITUACIONAL DEL LA PLANTA DE FUNDICIÓN

Con el objetivo de realizar el análisis situacional de la planta de fundición de la empresa minera en estudio se toma en cuenta data del año 2020 para la realización de análisis de la producción, productividad, análisis de las 6M's y posteriormente identificar cuáles las oportunidades de mejora.

3.9.1. Análisis de la producción

La producción de la planta de fundición se mide en toneladas de ánodos de cobre producido o en unidades de ánodos de cobre. En la Tabla 03 Se presenta la producción anual de la planta de fundición

Tabla 03

Producción anual

Producción planta de fundición	
Fecha	Toneladas de ánodo de cobre
Ene-20	29,507.99
Feb-20	26,915.60
Mar-20	28,967.19
Abr-20	30,640.94
May-20	28,475.21
Jun-20	28,767.55
Jul-20	26,876.85
Ago-20	25,590.34
Set-20	30,942.19
Oct-20	31,583.41
Nov-20	27,979.70
Dic-20	29,306.84
TOTAL	345,553.82

En la Tabla 03 se muestra la producción para el año 2020 que registró 345,553.82 toneladas de ánodos de cobre y 794,376 ánodos de cobre.

La producción de la planta de fundición presenta diversos factores que pueden influir en esta tal como se muestra en la Tabla 04.

Tabla 04

Factores que inciden en la producción

Subproceso	Factor
Preparación de Minerales	- Capacidad de producción - Mano de obra - Mantenimiento
Horno principal	- Capacidad de producción - Mano de obra - Mantenimiento - Materia Prima - Temperatura
Conversión	- Capacidad de producción - Mano de obra - Mantenimiento - Temperatura
Afino y Moldeo	- Capacidad de producción - Mano de obra - Mantenimiento - Materia prima - Temperatura
Plantas de ácido y oxígeno	- Capacidad de producción - Mano de obra - Mantenimiento - Materia Prima

En la Tabla 04, se presenta los factores que incide en la producción de la planta de fundición como la capacidad de producción, mano de obra, mantenimiento, materia prima, así como condiciones de operación (temperatura) entre otras.

3.9.2. Análisis de la productividad

Para el cálculo de la productividad de la planta de fundición se realizó un análisis de la información historia registrada en donde muestra que la producción anual de toneladas de ánodos de cobre para el 2020 fue de 345,553.82 toneladas para 927,396 horas hombre, habiendo trabajado los 365 días del año.

La productividad de la planta de fundición se da mediante el cálculo del índice de productividad en tonelada/h-h (tonelada por hora, hombre). El índice de productividad 2020 es obtenido por la sumatoria de los índices mensuales que salen a partir de la división de la producción mensual y las horas de trabajo registradas.

En la Tabla 05 se presenta la productividad de la planta de fundición. Para el año 2020 la productividad fue de 0.3726 toneladas/h-h, en el presente trabajo se busca mejorar esta productividad mediante la aplicación de herramientas de lean Manufacturing en el proceso de conversión.

Tabla 05

Productividad de la planta de Fundición

Indicador de productividad año 2020 -planta de fundición							
Fecha	Toneladas de ánodo de cobre	Nro. ánodos de cobre	Nro. operarios	Horas trabajadas	Lote	Días trabajados	Productividad tonelada./h-h
Ene-20	29,507.99	67,834.46	360	77,387	6,783	31	0.38
Feb-20	26,915.60	61,874.93	362	73,818	6,187	28	0.36
Mar-20	28,967.19	66,591.24	362	76,306	6,659	31	0.38
Abr-20	30,640.94	70,438.94	362	80,006	7,044	30	0.38
May-20	28,475.21	65,460.25	362	80,163	6,546	31	0.36
Jun-20	28,767.55	66,132.30	362	75,275	6,613	30	0.38
Jul-20	26,876.85	61,785.87	362	77,479	6,179	31	0.35
Ago-20	25,590.34	58,828.38	362	76,393	5,883	31	0.33
Set-20	30,942.19	71,131.47	362	75,398	7,113	30	0.41
Oct-20	31,583.41	72,605.54	362	77,341	7,261	31	0.41
Nov-20	27,979.70	64,321.15	362	76,791	6,432	30	0.36
Dic-20	29,306.84	67,372.05	361	81,039	6,737	31	0.36
Total	345,553.82	794,376.60	4,341	927,396.1	79,438	365	0.3726

En la Tabla 05 se analizan los factores que afectan la productividad del proceso que alcanza un valor de 0.3726 toneladas/h-h.

3.9.3. Análisis de las 6M's

La metodología de análisis de las 6M's que se utilizó para realizar un análisis de la situación actual de la producción de ánodos de cobre de la empresa minera en estudio.

3.9.3.1. Mano de obra

Actualmente la mano de obra en el área de operaciones de producción de ánodos de la empresa minera en estudio es calificada, pero esta requiere ser capacitada internamente en competencias específicas del puesto al ser este un proceso poco común, muchas veces los trabajadores ingresan con conocimientos básicos y tienen que ir aprendiendo poco a poco las tareas a desarrollar y conocer los procedimientos específicos del área de trabajo esto requiere una inversión de tiempo y capacitación interna en la operación de diversos equipos, esta tarea está a cargo de la supervisión de cada área.

La mano de obra que labora en los procesos es mayormente de edad avanzada puesto que ya van años trabajando con la empresa, al ser personal mayor a puertas de jubilarse tienen menos fuerza para realizar diversas tareas a comparación de personal joven que recién empieza, esto ocasiona menor productividad y demora en la realización de tareas.

La supervisión del área tiene problemas de eficiencia en sus labores, muchas veces realizan trabajos operativos descuidando los trabajos de supervisión, esto genera mayor carga de trabajo y descuido de otras tareas específicas de su puesto como supervisión lo que genera retrasos en actividades programadas y aprobaciones de diferentes procesos, esto se traduce en estrés y desperdicio de tiempo.

3.9.3.2. Material

El material de trabajo que se encuentra en el almacén viene con calidades variables, están son muestreadas y reguladas por la supervisión con el objetivo de tener una mezcla que permita un proceso de fusión estable e idóneo.

La materia prima que llega a los almacenes tiene diferentes composiciones químicas que afectan al proceso, muchas veces cuando este proceso no es regulado adecuadamente requiere mayor tiempo de fusión y afinamiento en los procesos lo que genera mayor tiempo para su procesamiento y un mayor índice de consumo de energía en los procesos.

3.9.3.3. Maquinaria

Gran cantidad de la maquinaria con la que se trabaja tiene una antigüedad mayor a 10 años, esta va presentando desgaste mayor al programado por métodos de operación inadecuados o no acode a los procedimientos que genera paradas de producción por mantenimientos correctivos y adelanto de mantenimientos generales fallas mecánicas y eléctricas.

Las fallas en sistemas eléctricos y mecánicos en equipos principales pueden ocasionar pérdida de la producción, así como deterioro de la maquinaria y accidentes en el personal.

3.9.3.4. Método de trabajo

En el proceso de conversión las demoras en el traslado de material para su ingreso al proceso generan altos tiempos de interciclos lo que ocasiona que el proceso de producción sea mayor, estas demoras generalmente son ocasionadas por demoras en el traslado de material y la no disponibilidad de grúas para el transito pues otra grúa obstruye el paso.

La falta de comunicación entre operadores de grúa y la supervisión ocasiona retrasos en la entrega y recepción del material, choques entre grúas y atascamiento de estas unidades.

Muchas veces en el cambio de turno del personal del área de conversión se observa que el proceso queda desatendido, esto ya que el personal que ingresa tiene un lapso en el que debe prepararse para ingresar al trabajo (charlas, cambio de vestimenta adecuada para el trabajo, entre otros), es por esto genera una demora en el proceso y demora en la entrega de material.

En el proceso de conversión en la tarea de traslado de material por parte de las grúas, el material es transportado en ollas con demasiado grosor de recubrimiento de la olla lo que genera una menor capacidad de material transportado que se traduce en demoras en la carga o descarga de material.

3.9.3.5. Medio ambiente

La condición propia del proceso de fusión por ser a altas temperaturas emite calor ocasionando en el trabajador se desgaste en la realización de sus labores al estar realizando sus labores en condiciones a altas temperaturas.

Las áreas de trabajo en su gran mayoría se encuentran despejadas para permitir el paso de los trabajadores, sin embargo, se encuentran herramientas desordenadas en las zonas de trabajo y materiales artículos obsoletos y viejos en estado inservible que se encuentran en las áreas de preparación de minerales, fusión, conversión, afino y moldeo y ambientes sucios que contribuyen a trabajos inseguros.

Las oficinas o puntos de control de los operadores de equipos como son los hornos de limpieza, conversión y afino se encuentran sucios con desorden que dificulta la operación rápida de los equipos.

3.9.3.6. Medición

Los muestreos realizados por el área de metalurgia en el material que sale de los hornos de separación no es realizado según los procedimientos establecidos con la rapidez adecuada para que este resultado llegue al área de conversión de manera oportuna, esto origina que los operadores no sepan exactamente la calidad del material que están recibiendo en su proceso lo que ocasiona que tengan que basarse a partir del juicio de personal con experiencia, muchas veces esto puede generar demoras en el proceso o derrames de material.

Las áreas establecen indicadores para su proceso, sin embargo, algunos de estos no son coherentes con la situación actual, muchos de estos indicadores no son posiblemente trabajables por el área puesto que dependen de factores externos, esto ocasiona incumplimiento de los indicadores al final de periodo por no sincerar los datos.

En el área de fusión por ser un lugar de trabajo a altas temperaturas se registran altos índices por quemaduras producto de chispas o quemaduras leves en las áreas de fusión principal y conversión.

3.9.4. Análisis de Ishikawa

En base al análisis de las 6M's realizado en el anterior punto se desarrolla el diagrama de Ishikawa para la planta de la planta de fundición el cual se presenta en la Figura 21.

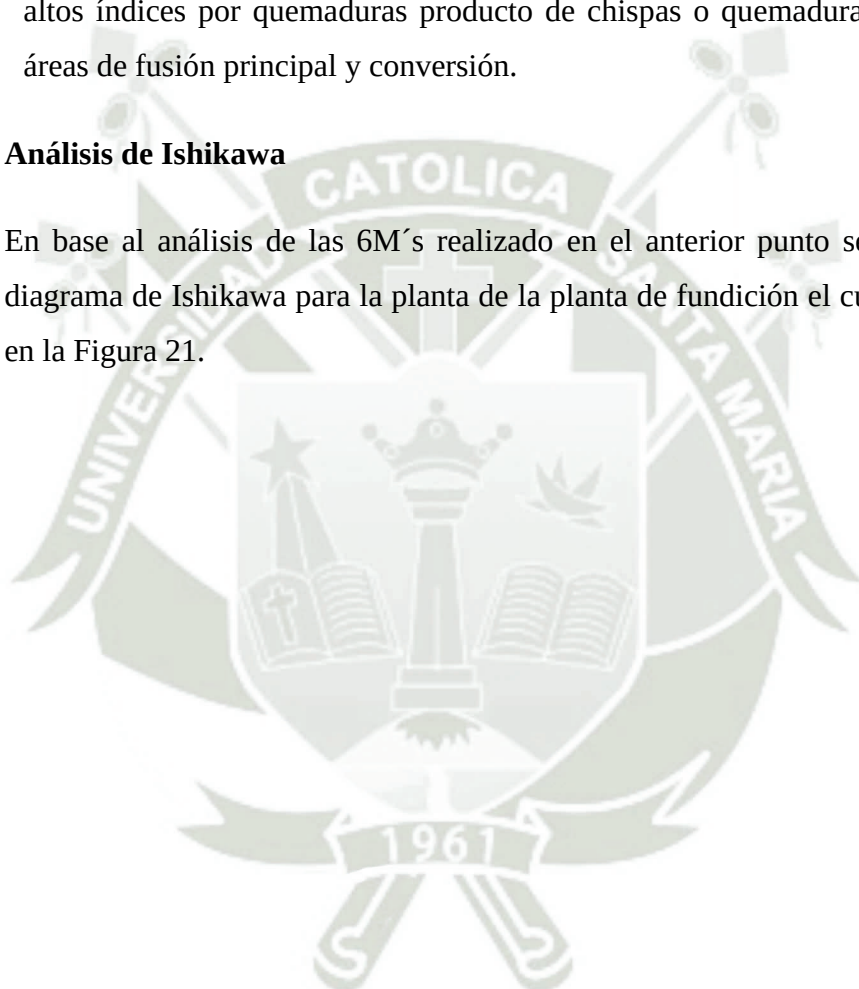
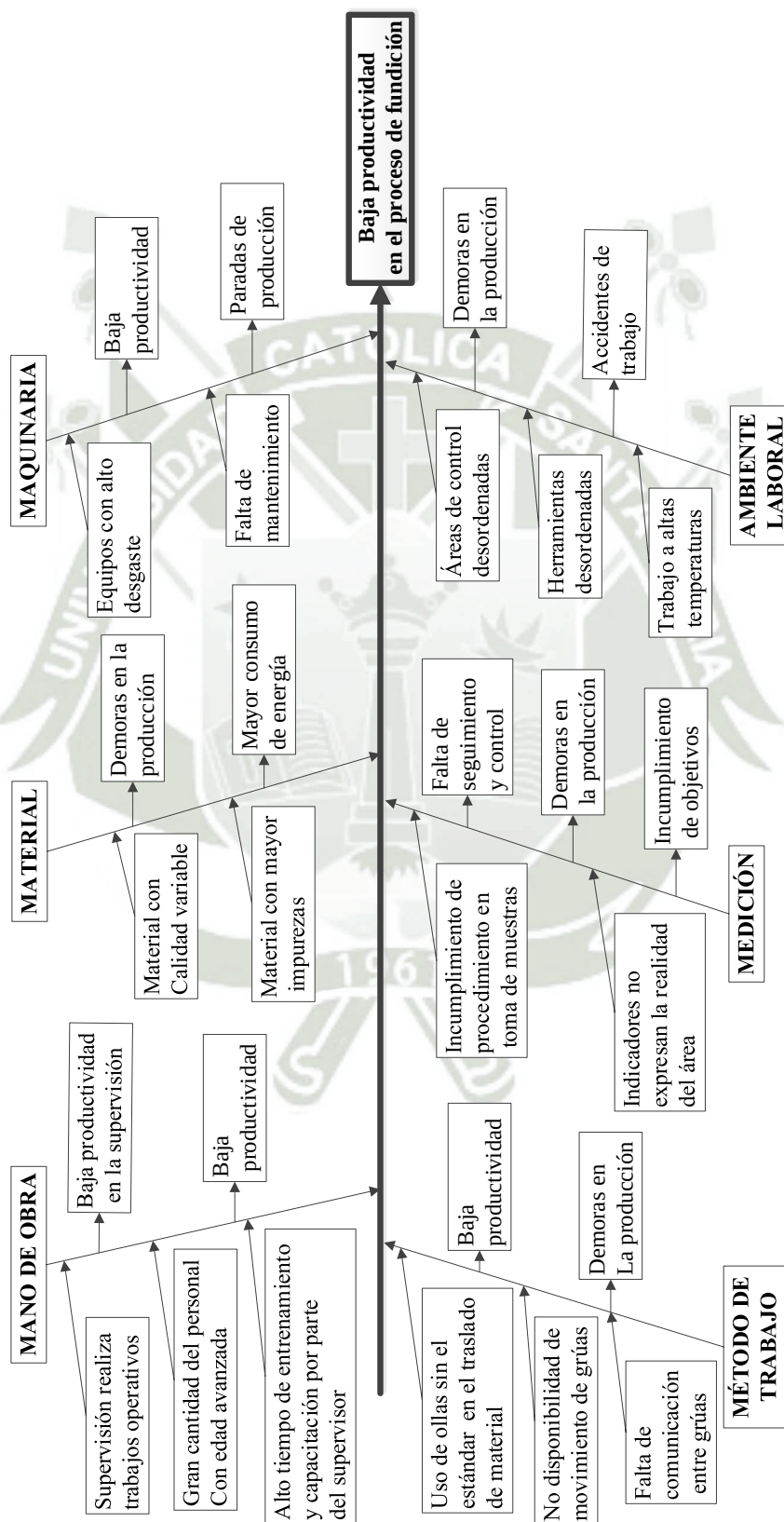


Figura 21

Análisis de Ishikawa de la planta de fundición



En la Figura 21 se muestra los factores identificados en el diagrama de Ishikawa que son método de trabajo, medición, ambiente laboral, mano de obra, material y maquinaria.

3.9.5. Identificación de los puntos de mejora

Para la realización del análisis situación de la planta de fundición se realizó el análisis de la producción, análisis de la productividad y el análisis de las 6M's, esto con el fin de hacer un análisis para la identificación de los puntos de mejora, a partir de la obtención de dichos puntos se identificará donde aplicar las herramientas de Lean Manufacturing que permitan un aumento de la productividad y eficiencia en el uso de los recursos.

Se clasifico las principales problemáticas que presenta la planta de fundición y los efectos ocasionados con el fin de poder aplicar las herramientas de lean Manufacturing en los principales problemas que presenta, a partir de eso se realiza un Pareto identificando los problemas más frecuentes que inciden en la productividad de la planta de fundición.

En Tabla 06 se identifica los puntos de mejora más importantes para la aplicación de las herramientas de lean Manufacturing en la planta de fundición.

Tabla 06

Análisis de Pareto de la problemática de la planta de fundición

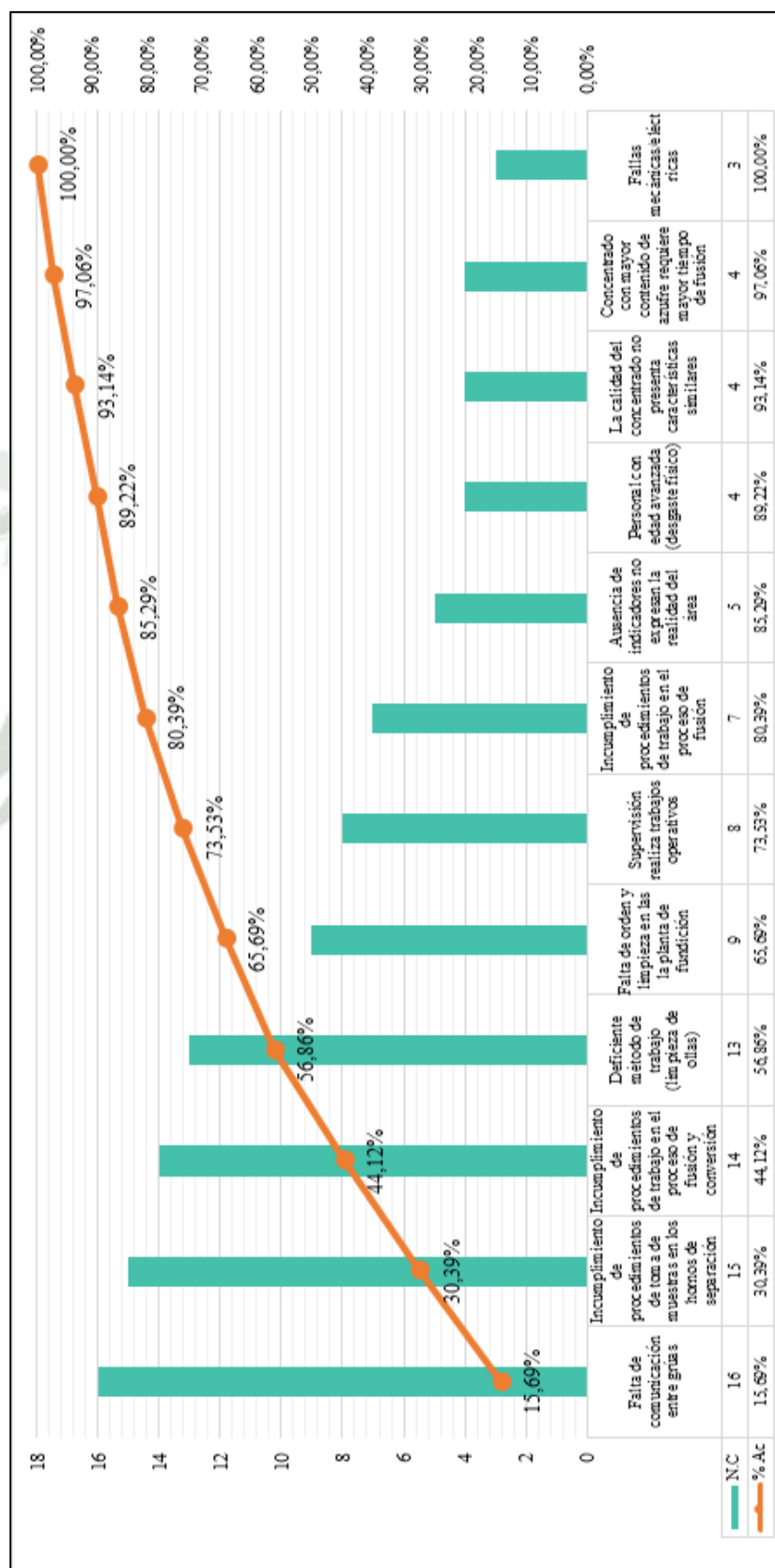
Nº	6 M's	Causas principales de baja productividad	Efectos ocasionados	N.C ¹	% Acumulado	Porcentaje Total
1	Método	Falta de comunicación entre grúas	No hay seguimiento y control y baja productividad	16	15,69%	80.39%
2	Maquina	Incumplimiento de procedimientos de toma de muestras en los hornos de separación	Daños a los equipos	15	30,39%	
3	Método	Incumplimiento de procedimientos de trabajo en el proceso de fusión y conversión	Demoras en el proceso de fusión	14	44,12%	
4	Método	Deficiente método de trabajo (limpieza de ollas)	Demoras en la producción	13	56,86%	
5	Mano de Obra	Falta de orden y limpieza en las la planta de fundición	Accidentes de trabajo (quemaduras)	9	65,69%	
6	Ambiente	Supervisión realiza trabajos operativos	Demoras en la producción	8	73,53%	
7	Mano de obra	Incumplimiento de procedimientos de trabajo en el proceso de fusión	Baja productividad en la supervisión	7	80,39%	
8	Medición	Ausencia de indicadores no expresan la realidad del área	Incumplimiento de objetivos	5	85,29%	19.61%
9	Mano de obra	Personal con edad avanzada (desgaste físico)	Incumplimiento de tareas específicas (levantar peso, caminar distancias)	4	89,22%	
10	Material	La calidad del concentrado no presenta características similares	Demoras en la producción	4	93,14%	
11	Material	Concentrado con mayor contenido de azufre requiere mayor tiempo de fusión	Mayor consumo de energía	4	97,06%	
12	Maquina	Fallas mecánicas/eléctricas	Demoras en la producción	3	100,00%	
				102		100.00%

En la Figura 22 se muestra el diagrama de Pareto para seleccionar los principales problemas que presenta la planta de fundición.

¹ N.C. (No Conformidades)

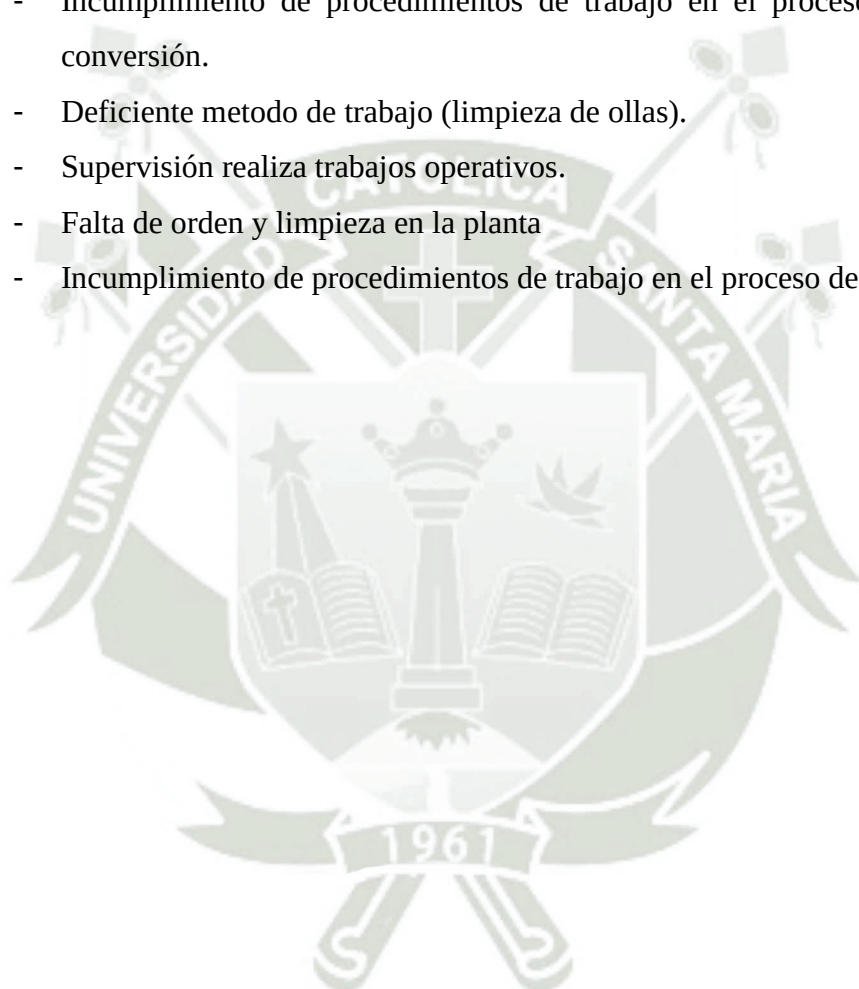
Figura 22

Análisis de Pareto



En la Tabla 06 y Figura 22 se identifican los principales problemas y causas que determina la baja productividad de la planta de fundición, se identificaron 7 de ellos, los cuales se presentan a continuación:

- Falta de comunicación entre grúas.
- Incumplimiento de procedimientos en la tomade muestras de los hornos de separación.
- Incumplimiento de procedimientos de trabajo en el proceso de fusión y conversión.
- Deficiente metodo de trabajo (limpieza de ollas).
- Supervisión realiza trabajos operativos.
- Falta de orden y limpieza en la planta
- Incumplimiento de procedimientos de trabajo en el proceso de fusión.



CAPITULO IV:

4. PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente capítulo se desarrollan las propuestas para la aplicación de las herramientas de Lean Manufacturing en la planta de fundición de la empresa minera de estudio.

4.1. RECOPIACIÓN DE DATOS DEL PROBLEMA

Para el desarrollo del trabajo se recopiló información de la planta de fundición en un periodo de 30 días, donde se hizo seguimiento a la producción, lotes y proceso en campo, así mismo se realizó la validación de los datos obtenidos, esto por parte de la supervisión y data histórica, con el objetivo de obtener información veraz y real que nos permita la aplicación las herramientas de Lean Manufacturing.

4.1.1. Determinación de datos

Se recogen datos de la planta de fundición y se toman tiempos de los subprocesos tales como:

- Preparación de minerales.
- Mezclado de minerales.
- Fusión (principal)
- Horno de separación (mata escoria)
- Conversión, soplado a escoria.
- Conversión, soplado a cobre.
- Afinamiento de cobre oxidación.
- Afinamiento de cobre reducción.
- Moldeo de cobre.
- Marcado de ánodos.

4.2. PROPUESTA DE HERRAMIENTAS A UTILIZAR

Las herramientas de Lean Manufacturing se identifican mediante el análisis de la situación actual de la planta de fundición, análisis de los procesos productivo, el análisis de Ishikawa, y el diagrama de Pareto donde se evidencia las causas y consecuencias que ocasionan una baja productividad

En la Tabla 07 se presentan las causas principales de problemas en la planta de fundición y las herramientas propuestas.

Tabla 07

Propuesta de herramientas de Lean Manufacturing

Causas principales	Herramientas utilizadas
Falta de comunicación entre grúas	Poka Yoke, inversión
Incumplimiento de procedimientos en la toma de muestras de los hornos de separación.	Kaizen
Deficiente metodo de trabajo (limpieza de ollas)	Kaizen, balance de materia
Falta de orden y limpieza en la planta de fundicion	5S's
Incumplimiento de procedimientos de trabajo en el proceso de conversión	Kaizen

Las herramientas a utilizar son las de la filosofía Lean Manufacturing.

4.3. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS DE MEJORA

En el presente trabajo de estudio las alternativas de mejora se realizan bajo el enfoque de las herramientas de Lean Manufacturing que tiene como objetivo eliminar desperdicios de tiempos que se identifican en los procesos de la planta de fundición, mediante estas herramientas se busca aumentar la productividad y el cumplimiento eficiente de los requerimientos del cliente.

4.3.1. Value Stream Mapping (VSM) actual

El VSM, actual de la planta de fundición se realizó mediante la toma de tiempos de los procesos de la planta, durante 30 días se realizó seguimiento a 30 lotes de producción de ánodos que fueron procesados, esto desde el ingreso de la materia prima hasta el carguío del material.

Contando con la información necesaria se realizó un mapeo de los procesos donde se identificaron tiempos de proceso y espera entre cada subproceso, la base de datos se muestra en la Tabla 08.

Tabla 08

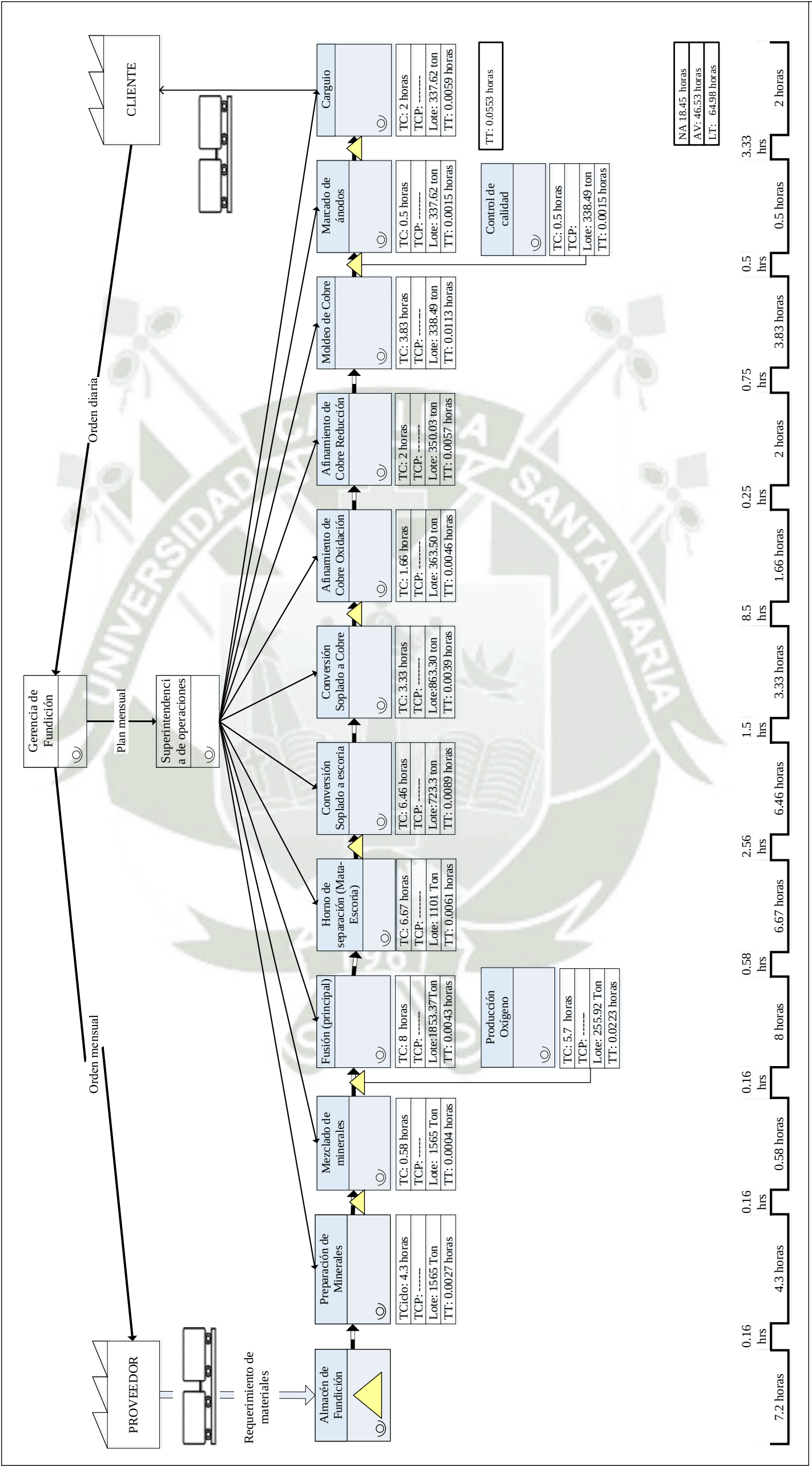
Base de datos para la elaboración del VSM

Entrada	Operación	Demanda	Tiempo de ciclo horas	Tamaño de lote	Takt Time horas	Salida
Concentrado de cobre	Almacén de fundición	Concentrado	7,20		0,0000	Ánodo de cobre
	Preparación de minerales	Concentrado	4,30	1.565,00	0,0027	
	Mezclado de minerales	Concentrado	0,58	1.565,00	0,0004	
	Fusión	Mata de cobre	8,00	1.853,00	0,0043	
	Horno de separación	Mata de cobre	6,67	1.101,00	0,0061	
	Conversión soplado a escoria	Cobre Blíster	6,46	723,00	0,0089	
	Conversión soplado a cobre	Cobre Blíster	3,33	863,00	0,0039	
	Afinamiento de cobre, oxidación	Cobre anódico	1,66	363,00	0,0046	
	Afinamiento de cobre, reacción	Cobre anódico	2,00	350,00	0,0057	
	Moldeo de cobre	Cobre anódico	3,83	338,00	0,0113	
	Marcado de ánodos	Cobre anódico	0,50	337,00	0,0015	
	Carguío	Cobre anódico	2,00	337,00	0,0059	

Con la toma de datos que se muestran en la Tabla 08 se realiza el VSM del proceso actual de fundición que se muestra en la Figura 23.

Figura 23

VSM actual dela planta de fundición



En la Figura 23 se presenta el VSM del proceso de fusión de la planta de fundición en donde se tiene un tiempo de espera entre procesos NA de 18.45 horas, un tiempo de producción AV de 46.53 horas y un tiempo total para la producción de los ánodos de cobre, LT de 64.98 horas, también se ha calculado el TT = 0.0553 horas.

En el proceso de la planta de fundición se propone herramientas de Lean Manufacturing en el área de Conversión, específicamente en los procesos de Conversión soplado a escoria y conversión soplado a cobre, esto con el objetivo de para mejorar la productividad del proceso, consumo eficiente de los recursos y eliminar los tiempos que no agregan valor, es de esta manera se presentan las herramientas como el Kaizen, 5S's y Poka Yoke, como herramientas para la mejora.

4.3.2. Propuesta de mejora para la implementación de las 5's

En la planta de fundición de la empresa minera donde se realiza el proceso de conversión se busca mejorar las condiciones ambientales en las que se encuentra la planta en relación al orden y limpieza, para ello es necesario la aplicación de la herramienta de las 5S's donde el principal líder es el superintendente de operaciones.

Dentro de las áreas que se encuentran en la planta se tiene el área de preparación de minerales, el área de fusión, el área de conversión y el área de afino y moldeo, la aplicación de esta herramienta complementa las mejoras realizadas en la productividad de la planta de fundición y mejora el ambiente de trabajo que se ha visto contaminado con materiales, equipos y máquinas que no sirven y no le agregan valor al proceso productivo.

4.3.2.1. Objetivo

El objetivo principal de la aplicación de la herramienta de Lean Manufacturing es generar una cultura de orden y limpieza en la planta de fundición de la empresa minera como punto de partida y poder de esta manera mejorar el ambiente laboral dándole mejores condiciones de trabajo y seguridad a los colaboradores de las distintas áreas, también generar el orden y limpieza en la planta para poder complementar las herramientas propuestas en el estudio, para ello es importante la aplicación de las fases de la metodología de las 5S's.

4.3.2.2. Alcance

La metodología de las 5S's se aplicará en la planta de fundición de la empresa minera, específicamente en las áreas de preparación de minerales, fusión, conversión y afino y moldeo que se encuentran a cargo del Superintendente de Operaciones.

4.3.2.3. Responsabilidades para la aplicación de la herramienta

El personal que está a cargo para la aplicación de la herramienta de las 5S's son los responsables de la planta de función de la empresa minera, también el responsable de la aplicación de las herramientas de mejora y los colaboradores de cada área para ello se definen sus responsabilidades.

a) Superintendente de operaciones

El superintendente de operaciones de la planta de fundición es la primera persona en asumir la aplicación de la herramienta de las 5S's y tiene como principal función el proporcionar todo tipo de recursos que se necesite para la implementación de la herramienta, también es el encargado de autorizar las compras necesarias.

b) Supervisor de planta

El supervisor de cada una de las áreas de la planta de fundición serán los encargados de coordinar de manera directa con los colaboradores de cada sub proceso y también de realizar el seguimiento y control de las actividades programadas en las distintas fases de la herramienta como la clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina, también son los encargados de realizar las capacitaciones al personal y transmitir los objetivos que se quieren alcanzar.

c) Colaboradores de cada área

Los trabajadores que se encuentran en cada área de trabajo serán responsables de realizar las actividades correspondientes a cada fase de la herramienta de las 5S's, también son los responsables de ejecutar la clasificación, organización y

limpieza de la planta de fundición, con el esfuerzo, disciplina y constancia de cada trabajador se mantendrá vigente la herramienta en el tiempo sin importar quien se encuentre en cada puesto de trabajo.

d) Coordinador de mejora continua

Es la persona encargada del seguimiento de las actividades a realizar en la implementación de la herramienta de las 5S's, también de recolectar la información necesaria para que se lleve a cabo cada fase de la herramienta, mediante formatos que han sido revisados por el superintendente de operaciones.

el coordinador de mejora continua también se encargará de realizar las auditorías internas para el cumplimiento de las actividades ya programadas.

4.3.2.4. Aplicación de la herramienta de las 5S's

La metodología de las 5S's se inicia con la capacitación del personal de la planta de fundición en todos los niveles de acuerdo a las actividades que van a realizar cada uno, también se realiza un registro fotográfico de las inconformidades que se presenten en la planta, luego se inicia con la aplicación de las 5 fases de la metodología.

- a) Capacitación del personal:** se realizan dos grupos de trabajo, siendo los primeros, los niveles jerárquicos más altos a los que se da a conocer los objetivos de la metodología, también el alcance y las responsabilidades de cada persona, se tiene el gerente de fundición, el Superintendente de operaciones, el Superintendente técnico, el Superintendente de la planta de ácido y oxígeno y los responsables de cada una de las áreas de la planta de fundición.

En el otro grupo de capacitación se va a considerar a todo el personal de la planta de fundición de las distintas áreas, donde se va dar a conocer las actividades de cada uno, los procedimientos de trabajo y la situación actual de la planta.

- b) Diagnóstico de la situación actual de la planta de fundición:** es realizado por el coordinador de mejora continua que es el encargado de registrar como se encuentran en la actualidad las distintas áreas de la planta, este registro se realiza

con cada responsable identificando anomalías de manera visual, también se identifican los puntos críticos del ambiente de trabajo de la planta.

Los principales problemas que se presentan en la planta de función están relacionados con los materiales y repuestos usados y en malas condiciones, también al desorden que se presenta en las zonas de los calderos, en el área de preparación de los materiales, en el área de fusión, en el área de conversión y en el área de afino y moldeo.

En la Figura 24 se muestra la zona de los talleres internos de cada una de las áreas donde se encuentran los repuestos usados que se encuentran en malas condiciones, estos necesitan ser reparados o eliminados del taller para que no ocupen espacio y no ocurran accidentes.

Figura 24

Desorden en los talleres de la planta



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

En la Figura 24 se muestran los repuestos de las distintas áreas, que son seleccionados por el personal de mantenimiento, tomando la decisión de eliminar o mandar a reparar, por falta de espacio son colocados en el área de producción interrumpiendo las actividades diarias.

Se encuentran los matillos y tensores en mal estado, las válvulas 0778 y 0779 WHB en mal estado.

En el área de conversión se encuentra el enfriador de tapadora en mal estado, esta se encuentra perforada como se muestra en la Figura 25.

Figura 25

Tapa de la máquina en mal estado



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

En la Figura 25 también se muestran un área importante con cantidades de suciedad y óxido de las máquinas, también se encuentran sobrantes de materiales en los lugares de almacenamiento, se tienen materiales que no se encuentran en su lugar, como depósitos, jaulas, repuestos en buen estado.

Otro de los puntos críticos de la planta de función son los pasadizos, las gradas, las barandas y las zonas en común que no se encuentran en buenas condiciones, las barandas se encuentran rotas o desoldadas y otros accesorios se encuentran sin codificación y despintados como se muestran en la Figura 26.

Figura 26

Polines verticales en malas condiciones



***Nota,** de Planta de fundición de la Empresa Minera*

En la Figura 26 se muestran los polines verticales en malas condiciones fuera de lugar y no se nota la codificación del accesorio para poder ser atendido, también el gay tronic del sistema 130 no trabaja en buenas condiciones por falta de atención.

Las zonas en común como los pasadizos en las distintas áreas se encuentran en malas condiciones, despintadas y con falta de señalización, también se tiene los accesorios de seguridad algunos de ellos vencidos y que no están funcionando por falta de seguimiento y control.

En la Figura 27 se muestra el lado oeste del carro muestreador en malas condiciones.

Figura 27

Pasadizos sucios y carro muestreador en malas condiciones



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

En la Figura 27 se tiene las condiciones en las que se encuentran las áreas de la planta de función que están desordenadas y con falta de limpieza debido al derrame de aceites, materiales y accesorios que no corresponden al lugar.

4.3.2.5. Secuencia de la aplicación de las 5's

La secuencia de aplicación de las herramientas de las 5S's son proporcionadas por el coordinador de mejora continua y son clasificación, organización, limpieza, estandarización y disciplina.

4.3.2.6. SEIRI: Clasificación

La clasificación de los materiales y artículos es la primera fase de la metodología de las 5S's, en este punto se realiza la selección de los artículos de la planta de fundición, se separan aquellos que van a servir de alguna manera para la producción y los que no sirven y no agregan valor al proceso o al producto, para aplicar la clasificación se realiza la capacitación del personal de la planta de las distintas áreas y luego se realiza un inventario de los materiales para poder aplicar los criterios de selección.

a) Capacitación sobre la clasificación de los materiales

La capacitación de los colaboradores de las distintas áreas de la planta de fundición se realiza en un tiempo de 1 hora y se da a todos los colaboradores, en esta reunión se da a conocer los objetivos de esta etapa y los criterios de selección que fueron aprobados por el superintendente de operaciones, también se da a conocer cada una de las actividades que deben realizar los trabajadores del área.

b) Aprobación de los criterios de selección

Se plantean criterios de selección de los materiales y artículos de la planta de fundición que son aprobados por el superintendente de operaciones, estos se muestran en la Tabla 09.

Tabla 09

Criterios de selección para la planta de fundición

Acción a tomar	Descripción
Producción	Artículos y materiales aptos para la producción, en buen estado y para el uso en las máquinas.
Reparar, descartar	Artículos y materiales que están malogrados o defectuosos.
Descartar	Artículos y materiales vencidos o que no sirven
Reubicar, descartar	Artículos y materiales que no corresponden a las áreas de la planta de fundición.
Devolver	Artículos y materiales que sobran o no corresponden a cada área.
Reubicar	Artículos y materiales que no corresponden a cada área de la planta de fundición.

En la Tabla 09 se muestran los criterios de selección que se aplican a los materiales y artículos de las áreas de la planta de fundición.

c) Inventario de los artículos de la planta de fundición

Los operarios de las áreas de preparación de minerales, área de fusión, área de conversión y área de afino y moldeo realizan el inventario de los artículos que se encuentran en el área, estos pueden estar en buenas condiciones, en estado para reparación o eliminación, se codifican cada uno de ellos para poder dar un criterio de clasificación, en la Tabla 10 se muestra el inventario de materiales y artículos de la planta.

Tabla 10

Inventario de los materiales de cada área de la planta de fundición

N°	Descripción de producto	Criterio
1	Rack de tuberías de vapor	Producción
2	Tuberías de vapor malogradas	Descartar, vender
3	Tuberías de vapor nuevas	Producción
4	Hornos de afino en malas condiciones	Reparar
5	Horno de afino nuevo	Producción
6	Tuberías de aire nuevos	Producción
7	Tuberías de aire oxidadas	Descartar, vender
8	Rack de tubería de GLP	Producción
9	Tubería de GLP malogradas	Descartar, vender
10	Tubería de GLP nuevas	Producción
11	Repuestos de equipos móviles nuevos	Reubicar
12	Montacarga malogrado	Reparar
13	Repuestos de equipos móviles malogrados	Descartar, vender
14	Luces de montacargas nuevas	Reubicar
15	Luces de montacarga malogradas	Descartar
16	Uñas de montacarga nuevas	Producción
17	Uñas de montacarga malogradas	Reparar
18	Pistones de máquinas nuevas	Producción
19	Pistones de máquinas malogrados	Reparar, descartar
20	Llantas de equipos móviles nuevos	Producción
21	Llantas de equipos móviles usadas	Descartar, vender
22	Llantas de equipos móviles malogradas	Descartar

N°	Descripción de producto	Criterio
23	Escobillas de las máquinas nuevas	Reubicar
24	Escobillas usadas	Descartar
25	Cadenas en los pasadizos	Reubicar
26	Barandas de seguridad nuevas	Reubicar
27	Barandas de seguridad sin pintar	Reparar
28	Barandas de seguridad oxidadas	Descartar
29	Toberas de horno de afino nuevas	Producción
30	Toberas de horno de afino usadas	Reparar
31	Letreros de señalización nuevos	Reubicar
32	Letreros de señalización usados	Reparar
33	Letreros de señalización malogrados (rotos)	Descartar
34	Equipos de seguridad nuevo	Reubicar
35	Equipos de seguridad usados	Reparar
36	Equipos de seguridad malogrados	Descartar
37	Zapatos de seguridad usados	Descartar
38	Tuberías de agua nuevas	Producción
39	Tuberías de agua usadas	Descartar, vender
40	Parihuelas de madera malogradas	Descartar, vender
41	Parihuelas de plástico malogradas	Descartar, vender
42	Parihuelas de madera en buenas condiciones	Reubicar
43	Parihuelas de plástico en buenas condiciones	Reubicar
44	Pines botadores malogrados	Descartar
45	Pines botadores doblados	Reparar
46	Tanque desmoldante en malas condiciones	Reparar
47	Mangueras de agua nuevas	Producción
48	Mangueras de agua malogradas	Descartar
49	Escaleras de metal en mal estado	Reparar
50	Horno de separación malogrados	Reparar
51	Hornos de separación viejos y oxidados	Descartar
52	Extintores usados	Reparar
53	Bidones de petróleo llenos	Producción
54	Bidones de petróleo vacíos	Reubicar

N°	Descripción de producto	Criterio
55	Calaminas nuevas	Reubicar
56	Calaminas viejas	Descartar
57	Planchas de cerámico viejas	Descartar
58	Planchas de cerámico nuevas	Reubicar
59	Repuestos del horno de separación nuevos	Reubicar
60	Repuestos del horno de afino nuevos	Reubicar
61	Repuestos del convertidor nuevos	Reubicar
62	Ollas de en buenas condiciones	Producción
63	Ollas en malas condiciones	Reparar
64	Tanques de oxígeno vacíos	Reubicar
65	Tanques de oxígeno llenos	Producción
66	Tanques de oxígeno malogrados	Descartar

Los criterios de selección aplicados en los materiales que se encontraron en la planta de fundición son realizados por el personal de las áreas y aprobados por el personal responsable o el superintendente de operaciones.

4.3.2.7. SEITON: Organización

La organización de los materiales y artículos de las áreas de la planta de fundición es la segunda fase de la aplicación de las 5S's, se realiza con los materiales que fueron inventariado y aplicado el criterio de selección.

Aquellos materiales que se encuentran listos para la producción o reubicación en otras áreas deben ser organizados de tal forma que se coloquen rótulos, pinturas y marcas donde correspondan, para ello es importante realizar una reunión con los colaboradores de las áreas de la planta para que conozcan con exactitud qué zona le corresponde a cada artículo.

a) Capacitación para la organización de los materiales y artículos

La capacitación de los colaboradores de las distintas áreas de la planta de fundición se realiza en un tiempo de 1 hora y se da a todos los colaboradores, en esta reunión se da a conocer los objetivos de la etapa de organización y las zonas

donde van a ser ubicados cada uno de los materiales y artículos inventariados, también se da a conocer cada una de las actividades que deben realizar los trabajadores del área.

b) Organización de los materiales de la planta de fundición

Los materiales y artículos que se encuentran en buenas condiciones y han sido asignados con los criterios de selección de producción, reparación, y reubicación se colocan en las siguientes zonas:

- Zona A Tuberías de vapor, aire, GLP, agua.
- Zona B Repuestos de equipos móviles, luces, uñas, montacarga
- Zona C Repuestos en reparación de equipos móviles
- Zona D Llantas de equipos móviles
- Zona E Equipos de limpieza, escobillas
- Zona F Materiales para reparación, barandas, etc.
- Zona G Repuesto de hornos de separación, fusión, afino.
- Zona H Equipos de seguridad, materiales, letreros.
- Zona I Uñas de reemplazo de montacarga
- Zona J Chatarra, hornos viejos y metales oxidados
- Zona K Insumos, bidones de petróleo
- Zona L Equipos en buen estado, convertidores, tanques, etc.

Bajo los criterios planteados se realiza la organización de los materiales y artículos de la planta de fundición.

En la Tabla 11 se muestran las zonas asignadas a cada material y articulo de las zonas de la planta de fundición.

Tabla 11

Distribución de materiales en la planta de producción

N°	Descripción de producto	Zona
1	Rack de tuberías de vapor	Zona A
2	Tuberías de vapor nuevas	Zona A
3	Hornos de afino en malas condiciones	Zona J
4	Horno de afino nuevo	Zona A
5	Tuberías de aire nuevos	Zona A
6	Rack de tubería de GLP	Zona A
7	Tubería de GLP nuevas	Zona A
8	Repuestos de equipos móviles nuevos	Zona B
9	Montacarga malogrado	Zona C
10	Luces de montacargas nuevas	Zona B
11	Uñas de montacarga nuevas	Zona I
12	Uñas de montacarga malogradas	Zona C
13	Pistones de máquinas nuevas	Zona B
14	Llantas de equipos móviles nuevos	Zona D
15	Escobillas de las máquinas nuevas	Zona E
16	Barandas de seguridad nuevas	Zona H
17	Toberas de horno de afino nuevas	Zona G
18	Letreros de señalización nuevos	Zona H
19	Equipos de seguridad nuevo	Zona H
20	Tuberías de agua nuevas	Zona A
21	Parihuelas de madera en buenas condiciones	Zona L
22	Parihuelas de plástico en buenas condiciones	Zona L
23	Tanque desmoldante en malas condiciones	Zona J
24	Mangueras de agua nuevas	Zona L
25	Escaleras de metal en mal estado	Zona F
26	Horno de separación malogrados	Zona J
27	Bidones de petróleo llenos	Zona L
28	Bidones de petróleo vacíos	Zona K
29	Calaminas nuevas	Zona K
30	Planchas de cerámico nuevas	Zona K

N°	Descripción de producto	Zona
31	Repuestos del horno de separación nuevos	Zona G
32	Repuestos del horno de afino nuevos	Zona G
33	Repuestos del convertidor nuevos	Zona L
34	Ollas de en buenas condiciones	Zona I
35	Ollas en malas condiciones	Zona F
36	Tanques de oxígeno vacíos	Zona L
37	Tanques de oxígeno llenos	Zona K

En la Tabla 11 se muestran las zonas asignadas a cada material, las actividades son realizadas por el personal de mantenimiento y responsables de cada área.

c) Rotulación y pintura

En las distintas áreas se tiene señalizadas algunas zonas, no estando en la totalidad, tampoco se tienen codificados todos los materiales y áreas, para lo cual se realiza un trabajo de rotulación como se muestra en la Figura 28.

Figura 28

Rotulación de producto terminado



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

En la Figura 28 se muestra la codificación de las escaleras y barandas y el pintado de las mismas para que se encuentren en buenas condiciones.

4.3.2.8. SEISO: Limpieza

Las actividades de limpieza se encuentran dentro de la tercera fase de la metodología de las 5S's y serán supervisadas y controladas por el personal responsable de cada área, la limpieza permite que la planta se encuentre de una mejor manera generando un mejor ambiente de trabajo que es más seguro.

a) Capacitación

Se realiza una capacitación al personal de las áreas de la planta de fundición para que conozcan los objetivos de esta fase y también para que sepan que actividades les toca realizar y que zonas deben atender en los distintos días que les toca de acuerdo al cronograma de limpieza establecido, la duración de la capacitación es de 30 minutos y está dada por el coordinador de mejora continua.

b) Cronograma de limpieza

Para realizar de manera ordenada y bajo una supervisión se realiza un cronograma de trabajo para la limpieza de las distintas zonas de la planta donde no hay un responsable específico o son demasiado grandes, en la Tabla 12 se muestra el cronograma de limpieza

Tabla 12

Cronograma de limpieza

Nombre	Planta de producción	Días					
		L	M	M	J	V	S
Operario de preparación	Zona A	x					
Operario de preparación	Zona B		x				
Operario de fusión	Zona C			x			
Operario de fusión	Zona D				x		
Operario de conversión	Zona E					x	
Operario de afino y moldeo	Zona F						x
Operario de preparación	Zona G	x					
Operario de preparación	Zona H		x				
Operario de fusión	Zona I			x			
Operario de fusión	Zona J				x		
Operario de conversión	Zona K					x	
Operario de afino y moldeo	Zona L						x

En la Tabla 12 se muestra la frecuencia de limpieza para zona y el responsable para las actividades.

4.3.2.9. SEIKETSU: Estandarización

La estandarización es la cuarta fase de la herramienta de las 5S's y es en este punto donde se realizan los procedimientos de trabajo para que la aplicación de las tres primeras etapas quede clara en cuando a los criterios de selección, a las zonas de almacenamiento o zonas donde se colocan los artículos y materiales de la planta de fundición y por ultimo las actividades de limpieza de acuerdo al cronograma establecido.

La estandarización está a cargo del coordinador de mejora continua encargado del seguimiento y control de la herramienta de las 5S's y como responsable se tiene al superintendente de operaciones.

En la Tabla 13 se muestra el procedimiento de limpieza.

Tabla 13

Procedimiento – Orden y limpieza

		PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	Código: EM-LP-01 Revisión: 01 Página: 01 de 02
		Procedimiento de limpieza	
#	Quien Realiza	Acción a realizar	
1. Objetivo: Garantizar el orden y limpieza de las áreas de la planta de fundición de la empresa minera que permita realizar un trabajo seguro y productivo promoviendo el cuidado del puesto de trabajo y el aseo personal. 2. Alcance: El procedimiento de limpieza se implementará en las áreas de preparación de minerales, fusión, conversión, afino y moldeo donde se da a conocer la forma de realizar las actividades de limpieza en cada zona de trabajo y almacenamiento. 3. Abreviaturas y definiciones: Orden: colocar de manera adecuada los artículos y materiales en una determinada zona. Limpieza: Disminuir o eliminar la suciedad en un ambiente o elemento. 4. Responsabilidades: Las responsabilidades que tiene cada colaborador es la siguiente: - Superintendente de operaciones: es la persona encargada de aprobar y proporcionar los recursos que se necesitan para las actividades de limpieza en la planta de fundición. - Responsable de área: son los colaboradores encargados de solicitar los recursos necesarios para cumplir con las obligaciones de limpieza, también son los encargados de supervisar el cumplimiento de las actividades programadas. - Operario: son aquellos que se encargaran de realizar las actividades de limpieza de acuerdo al cronograma establecido. 5. Anexos: Tabla 12: Cronograma de limpieza de la planta de fundición.			

		PROCEDIMIENTO DE TRABAJO	Código: EM-LP-01 Revisión: 01 Página: 01 de 02
		Procedimiento de limpieza	
#	Quien Realiza	Acción a realizar	
6. Descripción del procedimiento:			
Área	Responsable	Actividad	
Planta de fundición	Superintendente de operaciones	1. Aprueba el requerimiento de recursos por parte de los responsables de cada área de la planta de fundición. 2. Proporciona los recursos necesarios a los responsables de las distintas áreas para el inicio de las actividades de limpieza.	
	Responsable de área (Preparación de minerales, fusión, conversión, afino y moldeo)	3. Asigna las responsabilidades a los operarios de cada área. 4. Firma un check list con las actividades y proporciona el cronograma de limpieza a cada trabajador para su conocimiento. 5. Realiza un seguimiento y control de las actividades de limpieza que se deben realizar y se asegura que los trabajadores tengan todos los implementos.	
	Operario de planta	6. Realiza la limpieza programada de acuerdo al cronograma establecido y realiza las coordinaciones con sus compañeros para realizar un trabajo conjunto en el caso el área sea demasiado grande.	
	Responsable de área	7. Realiza la supervisión de trabajo realizado y da el visto bueno.	

El procesamiento de limpieza es incorporado al sistema organizacional de la empresa y publicado en cada área para conocimiento de cada operador.

4.3.2.10.SHITSUKE: Disciplina

Se realiza la disciplina o mantención de la herramienta de las 5S's en la quinta y última etapa de la metodología con las siguientes actividades:

- Capacitación periódica a todos los trabajadores de la planta de fundición por medio del coordinador de mejora continua, con la finalidad que la herramienta se mantenga en el tiempo, también se proporciona a los nuevos trabajadores que van a ser incorporados como parte de su inducción al puesto de trabajo.
- Auditorías realizadas por el personal responsable del funcionamiento de la herramienta como el superintendente de operaciones, el coordinador de mejora continua y los responsables de cada área de la planta.
- Implementación de formatos para las actividades de limpieza en la planta y para el seguimiento y control.
- Revisión de las responsabilidades del personal clave de la planta en relación a la herramienta de las 5S's.
- Revisión periódica de las tablas establecidas como los criterios de selección, las zonas destinadas a la organización de los materiales y el cronograma de limpieza de la planta.

4.3.3. Tarea de limpieza de ollas del proceso de conversión (Kaizen)

Una de las tareas que genera demoras en el proceso de conversión es la tarea de limpieza de ollas las que son utilizadas en todo el procesos de conversión para el traslado del material que sale de los hornos de limpieza así como de los convertidores, debido a que esta actividad es realizada solo por una de las tres grúas que operan en el área de conversión, las otras dos grúas que operan deben comunicar al líder de grúas, la supervisión y la grúa número tres cuando ya no tengan ollas en condiciones para el traslado de material, estas ollas deben tener una protección de escoria para evitar daños en el material de las mismas debido a las grandes temperaturas de la mata de cobre que esta transportado.

La falta de ollas limpias en condiciones para transporte de material ocasiona que los operadores de grúas re utilicen ollas de 22.5 toneladas hasta 5 veces, esta práctica genera que el espesor de la olla aumente generando una disminución del volumen de material transportado, esta práctica genera ineficiencia en la carga de los convertidores, puesto que el volumen se va reduciendo por el espesor de las ollas, esta mala práctica ocasiona que el convertidor no sea cargado con el volumen adecuado (4 ollas de 22.5 toneladas al 85%) y muchas veces ingrese mayor contenido de escoria que de mata de cobre por lo que las curvas del porcentaje de cobre en el horno de conversión bajen puesto que al estar las ollas con mayor capa de escoria mucha de esta ingresa al convertidor con la mata, cuando esto ocurre el balance de materia de la reacción química del convertidor se altera, este balance de materia para matas de 63% de cobre requiere una adición de 2.2 toneladas de sílica por olla.

Con motivo ajustar el balance de materia por el bajo contenido de cobre en el convertidor se debe ingresar mayor contenido de sílica gruesa (0.5 a 1 tonelada dependiendo del porcentaje de cobre) y material fundido, esto genera mayor consumo de recursos, así como posibles pérdidas en el proceso debido a que al alterarse la reacción el cobre puede rebalsar el convertidor lo que genera pérdidas por reproceso del material.

La propuesta de mejora de la tarea de limpieza de ollas del proceso de conversión se plantea la metodología Kaizen para la mejora de la tarea de limpieza de ollas para el proceso de conversión.

4.3.3.1. Objetivo

Los objetivos de la implementación de Kaizen en la tarea de limpieza de ollas del proceso de conversión son los siguientes:

- Mejorar el proceso de limpieza de ollas.
- Proponer prácticas que aseguren el cumplimiento de las tareas.
- Reducir el tiempo de traslado de material a los convertidores.

4.3.3.2. Alcance

Implementación de Kaizen en la tarea de limpieza de limpieza de ollas del proceso de conversión, esta tarea se da con el objetivo de tener ollas idóneas para el traslado de material fundido a los convertidores.

4.3.3.3. Método actual

El procedimiento actual del proceso de conversión se realiza en dos etapas soplado escoria y soplado a cobre, este proceso se detalla a continuación.

1. Recepción del material fundido por medio de una olla.
2. Trasladar la olla con material fundido de los hornos de separación por medio de una grúa puente hacia el horno de conversión (5 ollas de material fundido).
3. Cargar material fundido al horno de conversión.
4. Soplar a escoria, actividad realizada en el horno de conversión.
5. Retiro de escoria del convertidor en ollas.
6. Trasladar escoria al depósito.
7. Añadir cobre fundido producto de los hornos de limpieza (2 ollas de cobre fundido de los hornos de separación o hornos de limpieza).
8. Soplar a cobre el material fundido del convertidor.
9. Recepción del cobre fundido.
10. Traslado de material fundido a planta de ánodos.
11. Transferencia de cobre a planta de ánodos.

El método que actualmente se utiliza para la limpieza de ollas del proceso de conversión tiene un tiempo aproximado de 8 minutos por olla, a continuación, se detallan las actividades de la tarea mencionada.

1. La grúa puente N° 03 del lado norte de la zona de conversión (encargada de la limpieza de ollas) llega con la olla para la limpieza la cual ubica cerca al tractor picador.
2. Remover el material endurecido de la olla para poder facilitar su limpieza, esto por medio del picador.
3. La grúa puente engancha la olla y procede a golpearla contra la pera de cobre para que la cascara (material endurecido dentro de la olla) se desprenda, en caso no logre remover la cascara se usa nuevamente el picador, tal como se muestra en la Figura 29 la limpieza de ollas.

Figura 29

Limpieza de ollas



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

4. Regar la zona de la pera de cobre para evitar gases y polvo producto de la cascara desprendida.

5. Trasladar olla a la zona sur del área de conversión junto al horno de limpieza para esperar que pueda ser recubierta con escoria de los convertidores (en comunicación con la grúa norte y grúa líder).
6. Recubrir de escoria el interior de la olla (aproximadamente 1 ½ pulgada de espesor) el exceso es devuelto al horno de conversión.
7. Ubicar las ollas listas a lo largo de la zona de convertidores para su posterior uso para cargar material a los convertidores.

En la Figura 30 se muestra la distribución de las ollas que trasladan el material.

Figura 30

Distribución de ollas



Nota, de Planta de fundición de la Empresa Minera

Esta tarea de limpieza ocurre cada vez que los operadores de grúa necesitan ollas con protección, cada grúa debe avisar al líder de grúas o a la grúa 03 para su limpieza.

4.3.3.4. Balance de materia actual

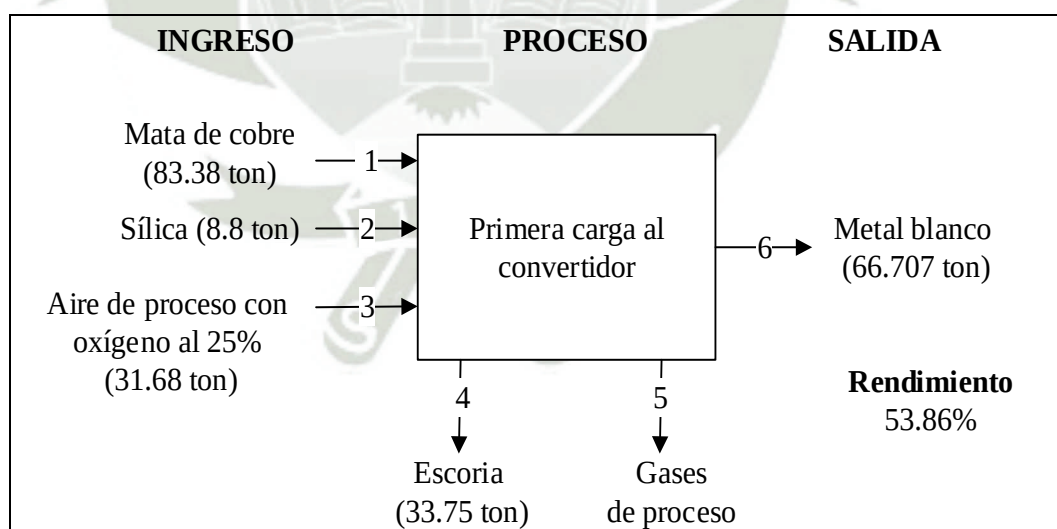
Los cálculos para el desarrollo del balance de materia de la etapa de soplado a escoria del proceso de conversión son obtenidos por medio de información historia brindada por la supervisión de la empresa minera.

El balance de materia de la etapa de soplado a escoria da inicio con el ingreso de mata de cobre (material fundido proveniente de los hornos de separación) a los hornos de conversión para el proceso de conversión con el objetivo de la eliminación del fierro como oxido ferroso.

A continuación se muestra el balance de materia de la etapa de soplado a escoria a condiciones a normales cuando se realiza utilizando ollas sin limpiar para el traslado de mata de cobre hacia el horno convertidor, esta mala práctica de usar la misma olla para el traslado del material más de 3 veces reduce la capacidad de traslado de material debido a que el material trasladado va generando capas de escoria cada vez más gruesas en la olla, por lo que el volumen se ve reducido de 22.5 toneladas (85% de la olla) con una olla limpia a un aproximado de 19.85 toneladas (75% de la olla) para la tercera vez de uso de la olla y un aproximado de 18.53 toneladas (70% de la olla) para el cuarto a quinto uso de la olla. El balance se muestra en la Figura 31.

Figura 31

Balance de materia general de la primera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual



En la Figura 31 mostrada a continuación se presenta el balance de materia para la etapa de escoria del proceso de conversión con el uso de ollas sucias.

La etapa de soplado a escoria inicia como primera etapa con la carga del convertidor, en esta primera carga ingresan 4 ollas de mata de cobre proveniente de los hornos de separación, este traslado de material se ingresa con la misma olla que inicialmente estaba limpia, las 2 primeras ollas son ingresadas al convertidor con la misma olla que cada una de estas ollas con una capacidad de 22.5 toneladas de mata de cobre (45 toneladas), la tercera olla de mata de cobre ingresa al convertidor un volumen de 19.85 toneladas y la cuarta con 18.53 toneladas, esto debido a la reducción de la capacidad de la olla.

Posteriormente ingresa la sílica gruesa al proceso de soplado a escoria como fundente en una proporción de 2.2 toneladas de cobre por olla de mata de cobre que ingresa, esto considerando que el contenido de mata de cobre está a un 63% ingresando en total 8.8 toneladas, al ingresar las 4 ollas de mata las gráficas de control del contenido de cobre y fierro no serán normales para la fórmula ya preestablecida por lo que el operador del convertidor debe adicionar más sílica para mantener el proceso en control y evitar salpicaduras y espumaciones del horno que generarían mayores costos por su reproceso, para esto se tiene un adicional de sílica; como tercer ingreso al proceso de soplado de escoria se inyecta aire al proceso por medio de toberas, este aire ingresa a 45,000 Nm³/h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% según la temperatura a la que se encuentre el proceso.

Posteriormente durante un tiempo de fusión de 34 ± 2.4 minutos en el horno de conversión se retira la escoria del convertidor siendo de 1.5 ollas (33.75 toneladas) esto se debe a que al ingresar el material con una olla sucia no solo ingresa la mata de cobre proveniente del horno de limpieza si no que ingresa a su vez escoria que se adhiere a la olla por su mayor uso, la posterior salida del proceso son los gases de proceso que son captados por las campanas de extracción y redirigidos hacia la planta de ácido, aproximadamente el 30% del total de entradas sale como gases de proceso hacia las plantas de ácido.

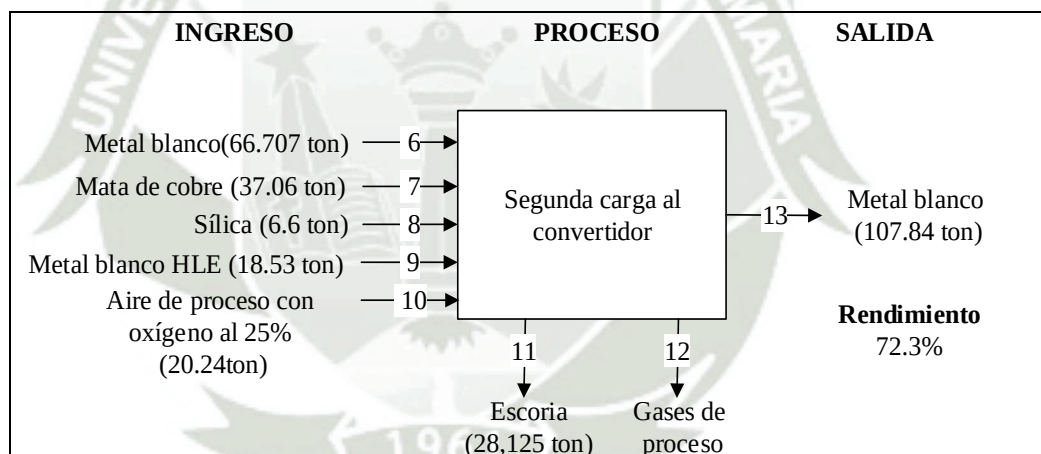
En esta primera carga del convertidor se genera 66.707 toneladas de metal blanco para que siga siendo procesado con la segunda carga en la etapa de soplado a escoria. En la segunda carga al convertidor ingresa 2 ollas de mata de cobre (37.06 toneladas) 18.53 toneladas por olla, este ingreso de una olla más al

proceso se debe a que el proceso debe tener un contenido de cobre que mantenga el control del proceso, adicionalmente ingresa 1 olla de metal blanco (18.53 toneladas), este es material que se recircula de los hornos de limpieza escoria y tiene un porcentaje de cobre de $70 \pm 2\%$, se ingresa a su vez sílica gruesa en la proporción de 2.2 toneladas por olla (6.6 toneladas), aire a 45,000 Nm³ /h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% de oxígeno.

Posteriormente después del segundo ingreso se funden en el mismo convertidor las entradas incorporadas por un tiempo aproximado de 23 a 23.5 minutos para después de esto retirar 1.25 ollas de escoria (28.125) que es enviada hacia los depósitos de escoria y gases de proceso, como se muestra en la Figura 32.

Figura 32

Balance de materia general de la segunda carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual



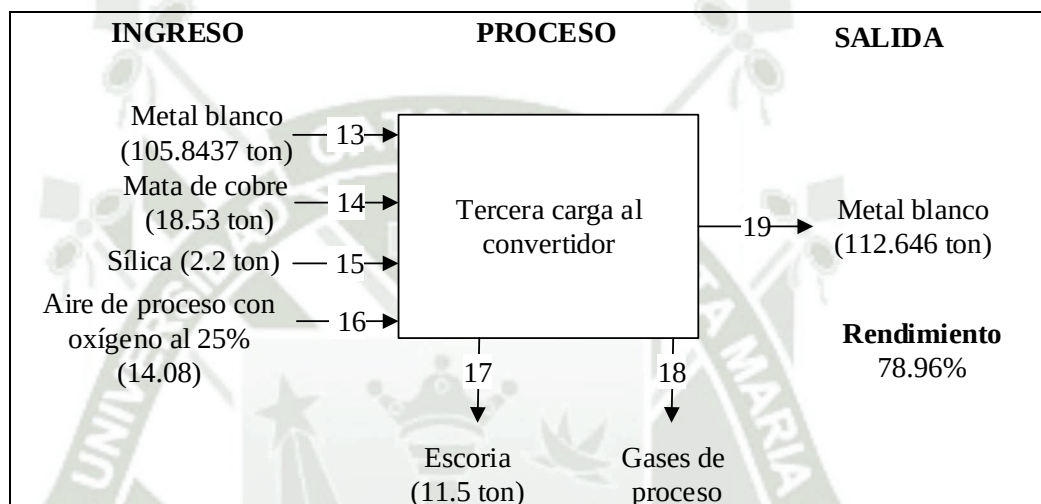
En la Figura 32 se muestra la segunda etapa del soplado a escoria donde se conserva en el convertidor para la siguiente carga 107.84 toneladas de metal blanco que seguirá en proceso de fusión en el soplado a escoria. En la tercera carga al convertidor ingresa 1 olla de mata de cobre (18.53 toneladas), sílica gruesa en la proporción de 2.2 toneladas, aire a 45,000 Nm³ /h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% de oxígeno.

Posteriormente el material se funde por un tiempo aproximado de 15 a 15.5 minutos para después de esto retirar 0.5 ollas de escoria (11.25 toneladas) que es enviada los depósitos de escoria y gases de proceso hacia la planta de ácido.

Posteriormente la salida final del soplado a escoria son 112,646 toneladas de metal blanco a un 79.7% de cobre, este representa un aproximado del 72% del ingreso de mata de cobre y metal blanco al proceso de soplado de escoria, tal como se muestra en la Figura 33.

Figura 33

Balance de materia general de la tercera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –actual



En la Figura 33 se muestra un rendimiento de 78.96% en la tercera etapa de soplado a escoria.

4.3.3.5. Método propuesto

Mediante el uso de herramientas de Lean Manufacturing como Kaizen se propone un procedimiento de trabajo en el que se especifican las tareas a realizar por cada una de las tres grúas puente, mediante la implementación de este procedimiento se podrá tener un mayor control y responsabilidad por parte de las grúas, así como un seguimiento de la supervisión por actividades ya establecidas para cada operador de grúa.

El procedimiento en mención se presenta a continuación en este se añade un campo específico acerca de la limpieza de ollas donde se especifica que hacer en caso de limpieza de ollas.



Limpieza de ollas

1. La grúa puente N° 03 del lado norte de la zona de conversión (encargada de la limpieza de ollas) llega con la olla para la limpieza la cual ubica cerca al tractor picador.
2. Remover el material endurecido de la olla para poder facilitar su limpieza, esto por medio del picador, la grúa puente número 3 engancha la olla y procede a golpearla contra la pera de cobre para que la cascara se desprenda, en caso no logre remover la cascara se usa nuevamente el picador.
3. Un operador de del área regara la zona de la pera de cobre para evitar gases y polvo producto de la cascara desprendida.
4. Trasladar olla a la zona sur del área de conversión junto al horno de limpieza para esperar que pueda ser recubierta con escoria de los convertidores (en comunicación con la grúa norte y grúa líder), el operador número 3 prepara ollas para mata, escoriar los convertidores y hacer camiseta a las ollas (no más de 1 ½ pulgada de espesor), el exceso es devuelto al horno de conversión, preparándolas para traslado de mata, cobre y limpieza final. una vez lista las ubica a lo largo de la nave.
 - No utilizar la misma olla para traslado, transferencia de material, para evitar pérdidas.
 - El líder de grúa o grúa número 2 apoya a la grúa número 3 en caso esta se encuentre ocupada o tengan muchas ollas acumuladas
5. Las 3 grúas deben tener mínimos 3 ollas limpias cada una para realizar sus labores, cuando se tenga menos de 3 comunicar a la grúa número 3 o líder de grúas para proceder a la limpieza.
 - No utilizar las ollas de transferencia de cobre para sacar mata de los hornos de limpieza, escoriar los convertidores, porque se incrementa el contenido de Cu_2S en el cobre blíster a que ira a los hornos de afino aumentando las posibilidades de pérdidas.

Para la realizar el movimiento de materia prima con las grúas considerando la limpieza de las ollas se presenta el procedimiento de trabajo a continuación.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Código:PR-GR-01
	Procedimiento Movimiento de materiales con la grúa	Revisión: 01 Página: 01 de 06

1. OBJETIVO

Regular el movimiento de materiales con la grúa puente para una correcta utilización de estos equipos en la evacuación, carguío y transporte mediante ollas, de los materiales fundidos y materiales fríos, entre el horno principal, hornos de conversión, hornos de limpieza de escoria, hornos de afino y horno de convertidores, asegurando de esta forma una buen uso de los recursos que permita realizar el trabajo en forma efectiva y eficiente, teniendo en cuenta la salud y seguridad del personal, equipos y medio ambientales durante el desarrollo de las actividades.

2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para las áreas de hornos de convertidores, horno principal, hornos de limpieza de escoria, hornos de afino, horno de convertidores y otros que requieran el apoyo de la grúa puente.

3. VOCABULARIO ESPECIAL

- **Líder de grúas:** Operador de la grúa que se encuentra en la posición central de la nave de convertidores o grúa 2.
- **Convertidor:** Equipo que realiza el proceso de conversión del material a cobre blíster.
- **Picador:** Retroexcavador con martillo hidráulico.
- **Tractor:** Cargador frontal a orugas.
- **Pera de cobre:** Bloque sólido de cobre que se usa para limpiar las ollas en la nave.
- **Escoria de cobre:** Escoria del horno de afino.
- **Material frío:** Material re circulante de la nave de convertidores.
- **Nave de Convertidores:** Pasadizo por donde transcurren los movimientos de materiales con las grúas puente de convertidores.

	SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Código:PR-GR-01
	Procedimiento Movimiento de materiales con la grúa	Revisión: 01 Página: 02 de 06

4. OBJETIVO

Regular el movimiento de materiales con la grúa puente para una correcta utilización de estos equipos en la evacuación, carguío y transporte mediante ollas, de los materiales fundidos y materiales fríos, entre el horno principal, hornos de conversión, hornos de limpieza de escoria, hornos de afino y horno de convertidores, asegurando de esta forma una buen uso de los recursos que permita realizar el trabajo en forma efectiva y eficiente, teniendo en cuenta la salud y seguridad del personal, equipos y medio ambientales durante el desarrollo de las actividades.

5. ALCANCE

Este procedimiento aplica para las áreas de hornos de convertidores, horno principal, hornos de limpieza de escoria, hornos de afino, horno de convertidores y otros que requieran el apoyo de la grúa puente.

6. RESPONSABLES

- Supervisor de convertidores
- Supervisor del horno principal
- Operador de grúa.
- Operador de convertidores.
- Supervisor de Planta de ánodos
- Operador Horno de Afino

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		
Procedimiento Movimiento de materiales con la grúa		Código:PR-GR-01 Revisión: 01 Página: 03 de 06
7. PROCEDIMIENTO		
#	Quien Realiza	Acción a realizar
1.	Supervisor de hornos de conversión	1. Coordina con el coordinador general el plan de trabajo a realizar.
2.	Supervisor de convertidores, Op. grúa, Coordinador general	2. El operador de la sala de control de convertidores, da información sobre el estado de los convertidores, los hornos de limpieza, los hornos de afino, hornos de separación y el horno principal, y un estimado del programa de los convertidores y los hornos de limpieza a desarrollarse durante el turno.
3.	Operador de grúa 1	Grúa ubicada en lado sur 3. Verificar el estado del equipo haciendo uso del formato FOSIG-GR-01 “Inspección de pre-uso de la Grúa”; reportar al supervisor de convertidores si se encuentra una observación. 4. Tiene listas por lo menos 3 ollas para transferencia de mata, caso contrario comunica a la grúa 3 (posición norte) 5. Recepción de escoria del horno de afino 6. Alimenta mata a los convertidores. 7. Adiciona escoria de afino a los convertidores.
4.	Líder de grúas o grúa 2	Grúa ubicada en lado centro 8. Verificar el estado del equipo haciendo uso del formato FOSIG-GR-01 “Inspección de pre-uso de la Grúa”; reportar al supervisor de convertidores si se encuentra una observación. 9. Coordina movimiento de grúas (por radio) a los operadores de las grúas posición sur y norte las instrucciones o directrices necesarias para hacer un trabajo coordinado de movimiento de grúas, siguiendo el principio de “las grúas se mueven en la misma dirección para ser más eficientes”. 10. Mantener siempre soplando dos convertidores. 11. Dirigir y ejecutar: la transferencia de cobre, una vez que se indique que ya esté listo y la transferencia de mata con las grúas 1 y 3.

SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		
Procedimiento Movimiento de materiales con la grúa		Código:PR-GR-01 Revisión: 01 Página: 04 de 06
#	Quien Realiza	Acción a realizar
4.	Líder de grúas o grúa 2	12. Apoyar en la limpieza de ollas y trasladar las preparadas al sur, para mata, cobre. 13. Brinda los permisos de entrada de tractor, picador u otros para el ingreso del callejón, lado sur, centro y norte en coordinación con las otras grúas 14. Se tiene en cuenta en orden de prioridades las siguientes acciones: - Convertidores en soplado a escoria: escoriar y carguío de mata. - Convertidores en soplado a escoria: limpieza final. - Convertidores en soplado a cobre: carguío de material frio o corroídos. - Hornos de afino en etapa de oxidación: colocar olla para recibir escoria de cobre. - Convertidores en soplado a cobre: carguío de escoria de cobre.
5.	Operador de grúa 3	Grúa ubicada en lado norte 15. Verificar el estado del equipo haciendo uso del formato FOSIG-GR-01 “Inspección de pre-uso de la Grúa”; reportar al supervisor de convertidores si se encuentra una observación. 16. Sigue las instrucciones o directrices del líder de grúas para hacer un trabajo coordinado de movimiento de grúas, siguiendo el principio de “las grúas se mueven en la misma dirección para ser más eficientes”. 17. Ordenar los botes y ollas de frío ubicándolo en los lugares estratégicos, para facilitar la operación. 18. Colocar la olla para metal, por lo menos una media hora antes del escoriado final, para que el operador de los hornos de limpieza no sea afectado por el calor radiante de la cascara de la olla. 19. Da los permisos de entrada de tractor, picador u otros para el ingreso del callejón, lado norte en coordinación con el líder de grúas.

		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Código:PR-GR-01 Revisión: 01 Página: 05 de 06
		Procedimiento Movimiento de materiales con la grúa	
#	Quien Realiza	Acción a realizar	
5.	Operadores de grúas 1,2 y 3	20. Levantar correctamente enganchada la olla de mata de los hornos de limpieza, escoria de convertidores, cobre de convertidores, metal blanco de convertidores, metal blanco de hornos de limpieza o escoria delos hornos de afino. 21. Asegura el buen enganche de la olla a utilizar para el trasladado de materiales. 22. Solicita el apoyo del operador de la grúa más cercana o al personal más cerca a la maniobra de enganche o acción de la grúa para confirmar que la olla o bote está correctamente enganchado. 23. Ubicar los ganchos auxiliares de la grúa a la altura del piso de la cabina de la grúa, para evitar durante el traslado de la olla de mata, escoria, cobre o metal blanco, inadvertido atrapamiento o enganche de barandas u otras estructuras de la nave de convertidores. 24. Adiciona lentamente la escoria de cobre de los ha o metal blanco avanzado al convertidores en posición de soplado, está atento a las indicaciones del operador de convertidores para detener la adición inmediatamente que el operador de convertidores lo solicite, y de esta manera evitar se produzca una reacción violenta que espume o proyecte la carga fuera del convertidores.	
6.	Operador de grúa 1,2 y 3 Operador horno de limpieza	25. Los operadores de los hornos de separación indicarán al operador de grúa la cantidad de ollas de mata y de que horno se sangrará la mata. 26. El operador de grúa coloca la olla suspendida frente a la piqueta de mata del horno de separación y coordina con el operador de hornos de separación para asegurar que el chorro de mata no impacte directamente en alguna de las paredes de la olla.	

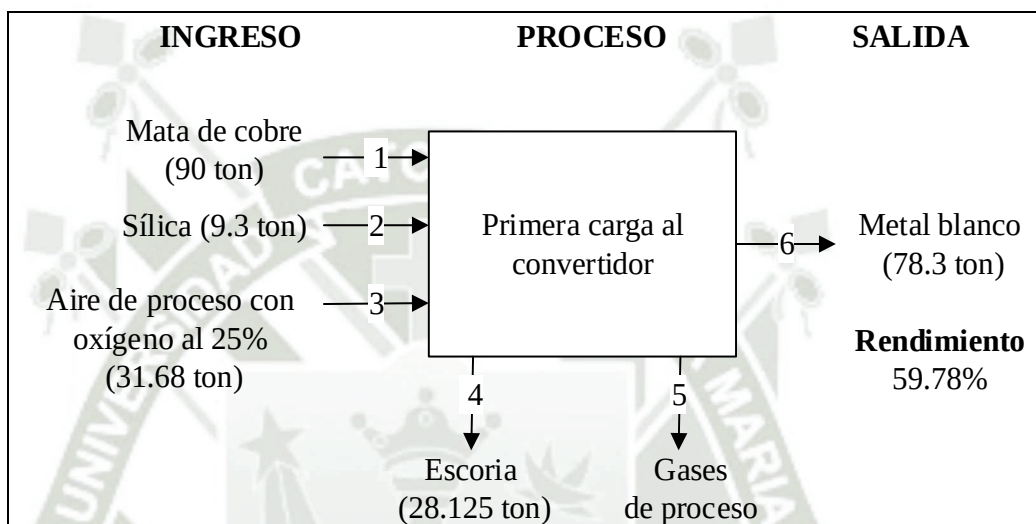
		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Código:PR-GR-01
		Procedimiento	Revisión: 01
		Movimiento de materiales con la grúa	Página: 06 de 06
	Quien Realiza	Acción a realizar	
7.	Operador de grúa 1,2 3 y picador	Limpieza de ollas	
		27. La grúa puente N°03 del lado norte de la zona de conversión (encargada de la limpieza de ollas) llega con la olla para la limpieza la cual ubica cerca al tractor picador	
		28. Remover el material endurecido de la olla para poder facilitar su limpieza, esto por medio del picador, la grúa puente número 3 engancha la olla y procede a golpearla contra la pera de cobre para que la cascara se desprenda, en caso no logre remover la cascara se usa nuevamente el picador	
		29. Un operador de del área regara la zona de la pera de cobre para evitar gases y polvo producto de la cascara desprendida.	
		30. Trasladar olla a la zona sur del área de conversión junto al horno de limpieza para esperar que pueda ser recubierta con escoria de los convertidores (en comunicación con la grúa norte y grúa líder), el operador número 3 prepara ollas para mata, escoriar los convertidores y hacer camiseta a las ollas (no más de 1 ½ pulgada de espesor), el exceso es devuelto al horno de conversión, preparándolas para traslado de mata, cobre y limpieza final. una vez lista las ubica a lo largo de la nave.	
		- No utilizar la misma olla para traslado, transferencia de material, para evitar pérdidas.	
		31. El líder de grúa o grúa número 2 apoya a la grúa número 3 en caso esta se encuentre ocupada o tengan muchas ollas acumuladas	
		- Las 3 grúas deben tener mínimos 3 ollas limpias cada una para realizar sus labores, cuando se tenga menos de 3 comunicar a la grúa número 3 o líder de grúas para proceder a la limpieza	
		- No utilizar las ollas de transferencia de cobre para sacar mata de los hornos de limpieza, escoriar los convertidores, porque se incrementa el contenido de Cu2S en el cobre blíster a que ira a los hornos de afino aumentando las posibilidades de pérdidas.	

4.3.3.6. Balance de materia propuesto usando ollas limpias

En la Figura 34 se presenta el balance de materia para la etapa de escoria del proceso de conversión.

Figura 34

Balance de materia general de la primera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –propuesto



En la Figura 34 se muestra un rendimiento de 59.78% en la primera etapa de soplado a escoria propuesto.

La etapa de soplado a escoria inicia como primera etapa con la carga del convertidor, en esta primera carga ingresan 4 ollas de mata de cobre proveniente de los hornos de separación, cada una de estas ollas contienen 22.5 toneladas de mata de cobre (90 toneladas) con un porcentaje de cobre entre $63.2\% \pm 1.5\%$.

La sílica gruesa ingresa al proceso de soplado a escoria como fundente en una proporción de 2.2 toneladas de cobre por olla de mata de cobre, esto considerando que el contenido de mata de cobre está a un 63% ingresando en total 9.3 toneladas, como tercer ingreso al proceso de soplado de escoria se inyecta aire al proceso por medio de toberas, este aire ingresa a 45,000 Nm³ /h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% según la temperatura a la que se encuentre el proceso. Posteriormente durante un tiempo de fusión de 34 ± 2.4 minutos en el horno de conversión se retira la escoria del convertidor siendo de 1.25 ollas (28.125 toneladas) solo en esta primera etapa, otra salida del proceso

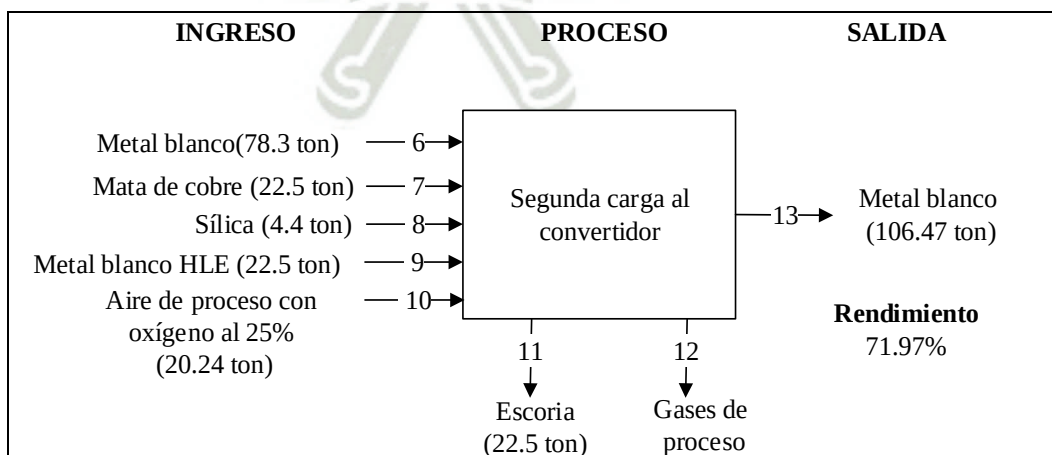
son los gases de proceso que son captados por las campanas de extracción y redirigidos hacia la planta de ácido, aproximadamente el 30% del total de entradas sale como gases de proceso hacia las plantas de ácido.

Posterior a las salidas de gases de proceso y escoria, se conserva en el convertidor para la siguiente etapa del soplado a escoria 78.3 toneladas de metal blanco. En la segunda carga al convertidor ingresa 1 olla de mata de cobre (22.5 toneladas), sílica gruesa en la proporción de 2.2 toneladas por olla (4.4 toneladas), aire a 45,000 Nm³ /h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% de oxígeno, adicionalmente ingresa 1 olla de metal blanco (22.5 toneladas), este es material que se recircula de los hornos de limpieza escoria y tiene un porcentaje de cobre de 70 ± 2 %.

Posteriormente después del segundo ingreso se funden en el mismo convertidor las entradas incorporadas por un tiempo aproximado de 23 a 23.5 minutos para después de esto retirar 1 olla de escoria que es enviada hacia los depósitos de escoria y gases de proceso. En esta segunda etapa del soplado a escoria se conserva en el convertidor para la siguiente etapa 106.47 toneladas de metal blanco, tal como se muestra en la Figura 35 segunda carga al convertidor usando ollas limpias.

Figura 35

Balance de materia general de la segunda carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria -propuesto



En la Figura 35 se muestra un rendimiento de 71.97% en la segunda carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria propuesto.

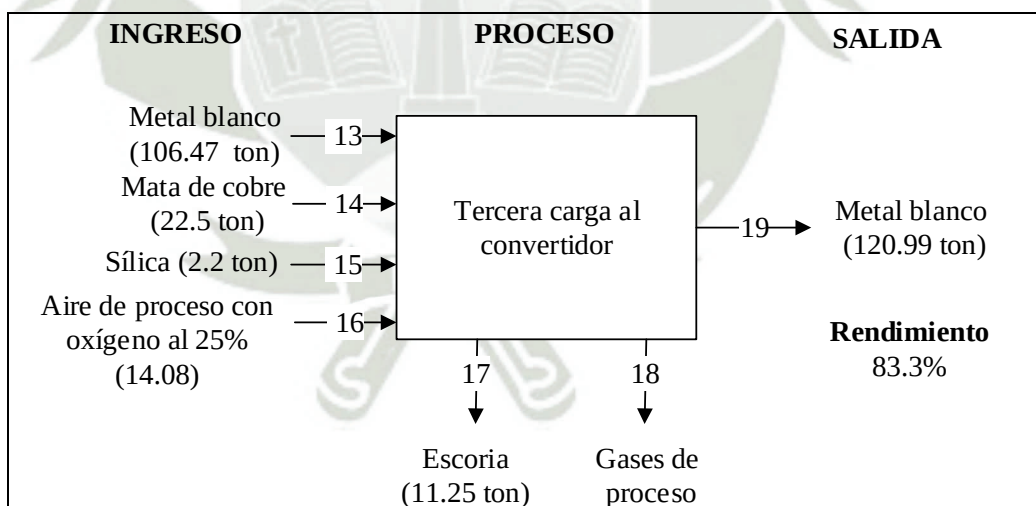
En la tercera carga al convertidor ingresa 1 olla de mata de cobre (22.5 toneladas), sílica gruesa en la proporción de 2.2 toneladas, aire a 45,000 Nm³/h. con un porcentaje de oxígeno entre 22% a 25% de oxígeno.

Posteriormente el material se funde por un tiempo aproximado de 15 a 15.5 minutos para después de esto retirar 0.5 ollas de escoria (11.25 toneladas) que es enviada los depósitos de escoria y gases de proceso hacia la planta de ácido.

Posteriormente la salida final del soplado a escoria son 120.99 toneladas de metal blanco a un 79.7% de cobre, este representa un 76.81% del ingreso de mata de cobre y metal blanco total ingresado en el soplado escoria, tal como se muestra en la Figura 36 tercera carga al convertidor.

Figura 36

Balance de materia general de la tercera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria –propuesto



En la Figura 36 se muestra un rendimiento de 83.3% en la tercera carga al convertidor en la etapa de soplado a escoria propuesto.

Se compara los resultados de los balances de materias (actual y propuesto) en la Tabla 14, Comparación de balances de materias actual y propuesto.

Tabla 14

Comparación balance de material actual y propuesto

	Actual (ollas sucias)	Propuesto (ollas limpias)
Entradas	241,10 toneladas	239,40 toneladas
Salidas (metal blanco)	112,65 toneladas	120,99 toneladas
Rendimiento	46,72%	50,54%

En la Tabla 14 se muestra la comparación del balance de materia actual y propuesto donde se muestra un aumento del 3.82%, este aumento es debido a un uso correcto de las ollas que trasladan material del horno de limpieza al horno convertidos, también se realizó la actualización del procedimiento PR-GR-01 movimiento de materiales con la grúa.

4.3.3.7. Datos comparativos de la tarea de limpieza de ollas, uso de ollas limpias

Realizada la mejora en el proceso de conversión en la limpieza de ollas se presenta la tabla comparativa de indicadores del método actual y propuesto.

Tabla 15

Comparación del uso de ollas limpias (Toneladas)

		Actual	Propuesto
Entradas	Metal blanco HLE	18,53	22,50
	Mata de cobre	138,97	135,00
	Sílica	17,6	15,9
	Aire de proceso con oxígeno al 25%	66	66
Salidas	Escoria	73,375	61,875
	Salida de mata de cobre	112,65	120,99

En la Tabla 15 se muestran los indicadores comparativos antes y después de la limpieza de ollas considerando las entradas y salidas de la materia prima e insumos.

4.3.4. Mejora en la comunicación de las grúas en el proceso de conversión (Poka Yoke)

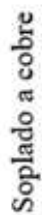
El proceso de conversión es uno de los principales subprocesos de la planta de fundición, en este subproceso se recibe la mata de cobre proveniente de los hornos principales de fusión y se convierte en cobre blíster el cual es entregado para ser procesado por la planta de ánodos, la planta de conversión cuenta con 4 hornos convertidores, dos de estos hornos se encuentran en operación, un tercer horno se encuentra en calentamiento y el cuarto horno en mantenimiento, esta distribución de los hornos garantiza una disponibilidad de estos equipos en el momento adecuado y siguiendo los cronogramas de mantenimiento para un buen funcionamiento.

En el proceso de conversión en la actualidad se identifican demoras y tiempos muertos durante la transferencia de material, ya sea mata de cobre o material blanco, estas demoras se identifican en cada ciclo de un convertidor, cada ciclo cuenta con dos etapas una etapa de soplado a escoria y una de soplado a cobre.

Los hornos de conversión operan de forma escalonada, cuando termina un ciclo en un horno de conversión debe empezar seguidamente otro ciclo en un nuevo horno de conversión que previamente ha estado en calentamiento.

En la Figura 37 se muestra la secuencia de la operación de los 4 hornos de conversión, mientras que el horno convertidor numero 2 se encuentra en mantenimiento, los hornos de conversión 1 y 3 se encuentran operando y el horno convertidor numero 4 se encuentra en calentamiento.

Secuencia de la operación de los 4 hornos de conversión



Soplado a escoria

113

La secuencia de funcionamiento mostrada en la Figura 37 muestra como el horno de conversión número 1 inicia su ciclo de soplado a escoria aproximadamente a las 9:00 a.m y culmina a las 13:30 horas con el soplado a escoria, en el transcurso de este ciclo se muestran roturas del ciclo o interciclos en los que ingresa o sale material ya sea mata o escoria, estos tiempos de interciclos son mas o menos prologandos según las demoras que se presenten.

Cuando el horno de conversión 1 termina su ciclo inicia el ciclo el convertidor número 3 y posteriormente el convertidor numero 4, para obtener el mayor tiempo operativo de los hornos de conversión siempre se encuentran operando 2 convertidores a la vez, ya sea los dos en etapas iguales o diferentes (etapa de soplado a escoria y soplado a cobre).

Las demoras y/o tiempos muertos que interrumpen los ciclos de cada convertidor ocurren principalmente en la etapa de soplado a escoria, esto por las transferencias de mata que se dan de los hornos de separación a los hornos de conversión, estas transferencias de mata se realizan por medio de tres grúas puente que transportan el material hacia los hornos de conversión para su procesamiento, las demoras y/o tiempos muertos son causadas principalmente por interferencia de grúas, choques entre grúas y largos tiempos de cambio de guardia en los cambios de tunos.

4.3.4.1. Objetivo

Los objetivos de la implementación de las herramientas de Poka Yoke en grúas puente permitirá lograr lo siguiente:

- Reducir los tiempos muertos por mala operación de las grúas (choques).
- Mejorar la productividad del flujo del proceso de conversión.
- Reducir tiempos muertos en el proceso de conversión.
- Obtener ciclos de operación más cortos.
- Disminuir accidentes por choques entre grúas.
- Reducir el tiempo de traslado de material a los convertidores.

4.3.4.2. Alcance

La aplicación del Poka Yoke se da en la actividad de traslado de materiales con las grúas puente del proceso de conversión, esta tarea se da con el objetivo de tener ollas idóneas para el traslado de material fundido a los convertidores.

4.3.4.3. Método actual para el procedimiento de grúas puente

Para la identificación de las principales causas de los tiempos muertos y demoras se realizó un diagrama de análisis del proceso de conversión, en este análisis se identificó que un 18.63% del total de tiempo que dura el proceso de conversión en un ciclo de un horno convertidor corresponde a demoras.

A continuación, se detallan las actividades representadas en el diagrama de proceso actual del proceso de conversión.

1. El proceso inicia con la preparación del horno de conversión 2 en este se realizan actividades de limpieza de la boca (parte del convertidor por donde se carga y descarga el material) del convertidor con el picador y se verifica o regulan las toberas (dispositivos por donde se inyecta aire de proceso al proceso).
2. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre).
3. La grúa puente N° 2 carga la mata de cobre que previamente ha sido vaciado a las ollas o depósitos para su traslado, estas ollas son enganchadas en el sistema de transporte de la grúa puente.
4. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
5. Demora de la grúa puente mientras traslada el material debido a choques, interferencias de otras grúas puente o picador que impiden el paso para que pueda trasladarse a su destino.
6. La grúa puente N° 2 carga el material al horno de conversión N° 2 para que inicie posteriormente el soplado a escoria.

7. La grúa N° 1 proveniente de otro horno de conversión N° 1 que terminó su proceso traslada material de la limpieza final del horno (material proveniente de la limpieza de ollas o reprocesos) al horno convertidor N° 2.
8. La grúa puente N° 1 carga el material al horno de conversión N° 2 para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
9. Convertidor N° 2 entra en la primera etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.
10. La grúa puente N° 2 se traslada hacia el horno convertidor.
11. En esta etapa se retira escoria del horno convertidor por primera vez, de tal manera que se ira teniendo una mezcla más pura con mayor contenido de cobre; El retiro de escoria del convertidor se realiza con la ayuda de la grúa puente.
12. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre).
13. Demora de la grúa puente N° 2 mientras traslada el material debido a interferencia de otras grúas puente o picador que impiden el paso para que pueda trasladarse a su destino.
14. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
15. La grúa puente carga el material al horno de conversión por segunda vez para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
16. Convertidor entra en la segunda etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.
17. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.

18. En esta etapa se retira escoria del horno convertidor por segunda vez, de esta manera cada vez se ira teniendo una mezcla más pura con mayor contenido de cobre.
19. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre).
20. La grúa puente N° 2 carga el material que previamente ha sido vaciado a las ollas o depósitos para su traslado, estas ollas son enganchadas en el sistema de transporte de la grúa puente.
21. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
22. La grúa puente N° 2 carga el material al horno de conversión por tercera vez para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
23. Convertidor entra en la tercera etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.
24. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de conversión N° 2 para la limpieza final del horno antes de iniciar la etapa de soplado a escoria
25. Se retira escoria final del proceso de soplado a cobre, esta escoria es retirada por medio de las ollas y llevadas a su destino final por medio de la grúa puente N° 2.
26. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para entrega de material retirado del convertidor N° 2.
27. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza (material blanco).
28. La grúa puente N° 2 traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).

29. La grúa puente N° 2 carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.
30. Convertidor entra en etapa de soplado a cobre por primera vez, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
31. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia los hornos de limpieza para decepcionar material proveniente de estos hornos.
32. La grúa puente N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza.
33. La grúa puente N° 2 traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre) al horno de conversión N° 2.
34. La grúa puente carga el horno convertidor con material con alto porcentaje de cobre.
35. Convertidor entra en la segunda etapa de soplado a cobre, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
36. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para recepcionar material proveniente de estos hornos.
37. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza.
38. La grúa puente traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).
39. La grúa puente carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.

40. Convertidor entra en la tercera etapa de soplado a cobre, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
41. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para recepcionar material proveniente de estos hornos.
42. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza.
43. La grúa N° 2 puente traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).
44. La grúa puente carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.
45. Convertidor entra en etapa de soplado a cobre por cuarta vez, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
46. Se realiza una inspección del material que ha sido procesado por el horno de conversión, se toma una pequeña muestra de material fundido, se espera a que enfrié y según los estándares visuales de calidad se da el pase para el siguiente proceso.
47. Con ayuda de la grúa puente se procede a la transferencia del material trabajado este material por su alto contenido de cobre toma el nombre de cobre blíster, este material será entregado posteriormente a los hornos de afino para su perfeccionamiento final.
48. El proceso finaliza con un repase de toberas del horno de conversión.

En la Figura 38 se desarrolla el diagrama de análisis de proceso actual (DAP) del proceso de conversión de acuerdo a lo antes ya mencionado.

Figura 38
Diagrama de análisis de proceso actual del proceso de conversión

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO	Operador de convertidores/ operador de grúa	ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.			
ÁREA	Conversión	TRANSPORTE		18	18	0			
HORA INICIO	6:59:00 a. m.	INSPECCIÓN		1	1	0			
HORA TERMINO	14:25:00 p. m.	DEMORA		2	2	0			
TIEMPO TOTAL (min)	483,00	ALMACENAMIENTO		0	0	0			
FECHA	5/07/2021	DISTANCIA	metros	779	779	0			
TURNO	Turno 1	TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00			
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)						OBS.
1	Preparación del horno convertidor N°2 (limpieza de boca de convertidor y repase de toberas)	0	30,00						Etapas de soplado a escoria
2	Traslado de grúa puente N°2 a horno de separación	18	1,00						Etapas de soplado a escoria
3	Carga de olla de material (mata de cobre, material blanco)	0	1,50						Etapas de soplado a escoria
4	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión	18	1,00						Etapas de soplado a escoria
5	Demora por interferencia de grúas, picador, etc	0	50,00						Etapas de soplado a escoria
6	Primera carga de convertidor N°2 (mata de cobre, material blanco)	0	4,00						Etapas de soplado a escoria
7	Traslado de grúa N°1 puente al horno de conversión N°2	35	3,00						Etapas de soplado a escoria
8	Carga de olla de material (escoria de limpieza de convertidor)	0	1,00						Etapas de soplado a escoria
9	Primer soplado de convertidor a escoria (oxidación de la mata/eliminación del hierro)	0	30,00						Etapas de soplado a escoria
10	Traslado de grúa puente 2 a horno de conversión	18	1,00						Etapas de soplado a escoria
11	Retiro de escoria de horno convertidor (primer retiro de escoria)	0	8,00						Etapas de soplado a escoria
12	Traslado de grúa puente 2 a horno de separación	18	1,00						Etapas de soplado a escoria
13	Demora por interferencia de grúas, picador, etc	0	40,00						Etapas de soplado a escoria
14	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión N° 2	18	1,00						Etapas de soplado a escoria
15	Segunda carga de convertidor (mata de cobre, material blanco)	0	2,00						Etapas de soplado a escoria
16	Segundo soplado de convertidor a escoria(oxidación de la mata/eliminación del hierro)	0	24,00						Etapas de soplado a escoria
17	Traslado de grúa N° 2 puente a horno de conversión	20	1,50						Etapas de soplado a escoria

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Operador de convertidores/ operador de grúa		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
				OPERACIÓN		27	27	0	
ÁREA		Conversión		TRANSPORTE		18	18	0	
HORA INICIO		6:59:00 a. m.		INSPECCIÓN		1	1	0	
HORA TERMINO		14:25:00 p. m.		DEMORA		2	2	0	
TIEMPO TOTAL (min)		483,00		ALMACENAMIENTO		0	0	0	
FECHA		5/07/2021		DISTANCIA	metros	779	779	0	
TURNO		Turno 1		TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00	
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)						OBS.
18	Retiro de escoria del horno convertidor (segundo retiro de escoria)	0	3,50						Etapa de soplado a escoria
19	Traslado de grúa N° 2 puente a horno de separación	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
20	Carga de olla de material (mata de cobre, material blanco)	0	1,50						Etapa de soplado a escoria
21	Traslado de grúa puente N° 2 a horno de conversión	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
22	Tercera carga de convertidor (mata de cobre, material blanco)	0	2,00						Etapa de soplado a escoria
23	Tercer soplado de convertidor a escoria(oxidación de la mata/ eliminación del hierro)	0	14,00						Etapa de soplado a escoria
24	Traslado de grúa puente N° 2 a horno de conversión N° 2	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
25	Retiro de escoria de limpieza final	0	3,00						Etapa de soplado a escoria
26	Traslado de grúa N° 2 puente a hornos de limpieza	130	5,50						Etapa de soplado a cobre
27	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapa de soplado a cobre
28	Traslado de grúa N°2 puente a horno de conversión	130	6,00						Etapa de soplado a cobre
29	Primera carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00						Etapa de soplado a cobre
30	Primer soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	48,00						Etapa de soplado a cobre
31	Traslado de grúa puente N°2 a hornos de limpieza	18	1,50						Etapa de soplado a cobre
32	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapa de soplado a cobre
33	Traslado de grúa puente a horno de conversión N°2	18	1,00						Etapa de soplado a cobre
34	Segunda carga de convertidor N° 2 (material frío alto % de cobre)	0	2,00						Etapa de soplado a cobre

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO ACTUAL (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO	Operador de convertidores/ operador de grúa			ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
				OPERACIÓN		27	27	0	
ÁREA	Conversión			TRANSPORTE		18	18	0	
HORA INICIO	6:59:00 a. m.			INSPECCIÓN		1	1	0	
HORA TERMINO	14:25:00 p. m.			DEMORA		2	2	0	
TIEMPO TOTAL (min)	483,00			ALMACENAMIENTO		0	0	0	
FECHA	5/07/2021			DISTANCIA	metros	779	779	0	
TURNO	Turno 1			TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00	
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)						OBS.
35	Segundo soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	52,00						Etapas de soplado a cobre
36	Traslado de grúa puente N° 2 a hornos de limpieza	6	1,50						Etapas de soplado a cobre
37	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapas de soplado a cobre
38	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión N°2	18	1,00						Etapas de soplado a cobre
39	Tercera carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00						Etapas de soplado a cobre
40	Tercer soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	38,00						Etapas de soplado a cobre
41	Traslado de grúa N° 2 puente a hornos de limpieza	130	5,50						Etapas de soplado a cobre
42	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapas de soplado a cobre
43	Traslado de grúa puente N°2a horno de conversión N°2	130	5,00						Etapas de soplado a cobre
44	Cuarta carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00						Etapas de soplado a cobre
45	Cuarto soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	36,00						Etapas de soplado a cobre
46	Inspección de material (metal blanco)	0	10,00						Etapas de soplado a cobre
47	Transferencia de cobre a hornos de afinamiento	0	20,00						Etapas de soplado a cobre
48	Repase de toberas	0	8,00						Etapas de soplado a cobre
TOTAL		779	483,00	27	18	1	2	0	

En la Figura 38 se muestra el proceso actual de conversión en las grúas puente donde se tiene un total de 48 actividades y un tiempo de 483 minutos con un recorrido de 779 metros.

4.3.4.4. Método propuesto para el procedimiento de grúas puente

Estas demoras son principalmente generadas en la transferencia de la mata de cobre, dicha transferencia es realizada por las grúas puente (tres grúas puente) las cuales están ubicadas a lo largo del área de conversión las se encargan de transferir y recibir el material que sale e ingresa de los hornos de conversión (4 hornos de conversión) estos pueden ser mata de cobre, material frio, material blanco, sílica, escoria, entre otros.

Con el objetivo de reducir las demoras en la transferencia de mata de cobre se propone la implementación de:

- Sensores de proximidad ultrasónicos en cada una de las 3 grúas puente, estos sensores con un rango de proximidad de hasta 5 metros nos permitirán monitorear a las grúas durante su operación, al ser sensores ultrasónicos cuentan con una protección anticollisiones, resistente a mal tiempo y polvo suciedad, esto permitirá tener mayor confiabilidad en la duración de los mismos.
- Pantallas de ubicación GPS, estas pantallas serán instaladas dentro de las cabinas de operación de las grúas, permitirá la ubicación y tarea (carga y descarga) que realizan las grúas puente en el área de conversión; La identificación de la actividad que realizan las grúas puente se dará por medio de semáforos que se mostraran en la pantalla para una identificación rápida, mostrara si las otras grúas se encuentran en movimiento, detenidas cargando o descargando material, de esta manera las grúas puente podrán calcular el tiempo que les tomara avanzar o retroceder según la actividad que realice la otra grúa para prevenir choques o entrapamientos que impiden que puedan llegar a su destino; Una pantalla adicional será proyectara en la sala de control de convertidores para que el operador pueda avisar o tomar decisiones en caso sea necesario.

A continuación, se detallan las actividades representadas en el diagrama de proceso propuesto del proceso de conversión haciendo uso de los controles de herramientas visuales propuestos anteriormente.

1. El proceso inicia con la preparación del horno de conversión² en este se realizan actividades de limpieza de la boca (parte del convertidor por donde se carga y descarga el material) del convertidor con el picador y se verifica o regulan las toberas (dispositivos por donde se inyecta aire de proceso al proceso).
2. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre)
3. La grúa puente N° 2 carga la mata de cobre que previamente ha sido vaciado a las ollas o depósitos para su traslado, estas ollas son enganchadas en el sistema de transporte de la grúa puente.
4. Traslado de la grúa N° 2 puente de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
5. La grúa puente N° 2 carga el material al horno de conversión N° 2 para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
6. La grúa N°1 proveniente de otro horno de conversión N°1 que terminó su proceso traslada material de la limpieza final del horno (material proveniente de la limpieza de ollas o reprocesos) al horno convertidor N° 2.
7. La grúa puente N° 1 carga el material al horno de conversión N° 2 para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
8. Convertidor N° 2 entra en la primera etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.
9. La grúa puente N° 2 se traslada hacia el horno convertidor.
10. En esta etapa se retira escoria del horno convertidor por primera vez, de tal manera que se ira teniendo una mezcla más pura con mayor contenido de cobre; El retiro de escoria del convertidor se realiza con la ayuda de la grúa puente.

11. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre).
12. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
13. La grúa puente carga el material al horno de conversión por segunda vez para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
14. Convertidor entra en la segunda etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.
15. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
16. En esta etapa se retira escoria del horno convertidor por segunda vez, de esta manera cada vez se ira teniendo una mezcla más pura con mayor contenido de cobre.
17. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de separación para recoger el material (mata de cobre).
18. La grúa puente N° 2 carga el material que previamente ha sido vaciado a las ollas o depósitos para su traslado, estas ollas son enganchadas en el sistema de transporte de la grúa puente.
19. Traslado de la grúa puente N° 2 de los hornos de separación hacia el horno de conversión N° 2.
20. La grúa puente N° 2 carga el material al horno de conversión por tercera vez para que inicie posteriormente el soplado a escoria.
21. Convertidor entra en la tercera etapa de soplado a escoria, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida la mata de cobre eliminando el fierro.

22. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia el horno de conversión N° 2 para la limpieza final del horno antes de iniciar la etapa de soplado a escoria.
23. Se retira escoria final del proceso de soplado a cobre, esta escoria es retirada por medio de las ollas y llevadas a su destino final por medio de la grúa puente N° 2.
24. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para entrega de material retirado del convertidor N° 2.
25. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza (material blanco).
26. La grúa puente N° 2 traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).
27. La grúa puente N° 2 carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.
28. Convertidor entra en etapa de soplado a cobre por primera vez, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
29. Traslado de la grúa puente N° 2 hacia los hornos de limpieza para decepcionar material proveniente de estos hornos.
30. La grúa puente N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza.
31. La grúa puente N° 2 traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre) al horno de conversión N° 2.
32. La grúa puente carga el horno convertidor con material con alto porcentaje de cobre.
33. Convertidor entra en la segunda etapa de soplado a cobre, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de

proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.

34. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para recepcionar material proveniente de estos hornos.
35. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza.
36. La grúa puente traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).
37. La grúa puente carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.
38. Convertidor entra en la tercera etapa de soplado a cobre, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.
39. Traslado de la grúa N° 2 hacia los hornos de limpieza para recepcionar material proveniente de estos hornos
40. La grúa N° 2 carga la olla con material con alto contenido de cobre proveniente de los hornos de limpieza
41. La grúa N° 2 puente traslada la olla con material blanco (material con alto porcentaje de cobre).
42. La grúa puente carga el horno convertidor N° 2 con material con alto porcentaje de cobre.
43. Convertidor entra en etapa de soplado a cobre por cuarta vez, etapa donde se fusionan los materiales como la mata de cobre y con ayuda del aire de proceso se oxida el material blanco para obtener una mezcla con un alto contenido de cobre.

44. Se realiza una inspección del material que ha sido procesado por el horno de conversión, se toma una pequeña muestra de material fundido, se espera a que enfrié y según los estándares visuales de calidad se da el pase para el siguiente proceso.
45. Con ayuda de la grúa puente se procede a la transferencia del material trabajado este material por su alto contenido de cobre toma el nombre de cobre blíster, este material será entregado posteriormente a los hornos de afino para su perfeccionamiento final.
46. El proceso finaliza con un repase de toberas del horno de conversión.

En la Figura 39 se desarrolla el Diagrama de análisis de proceso propuesto (DAP) del proceso de conversión de acuerdo al procedimiento antes ya mencionado.

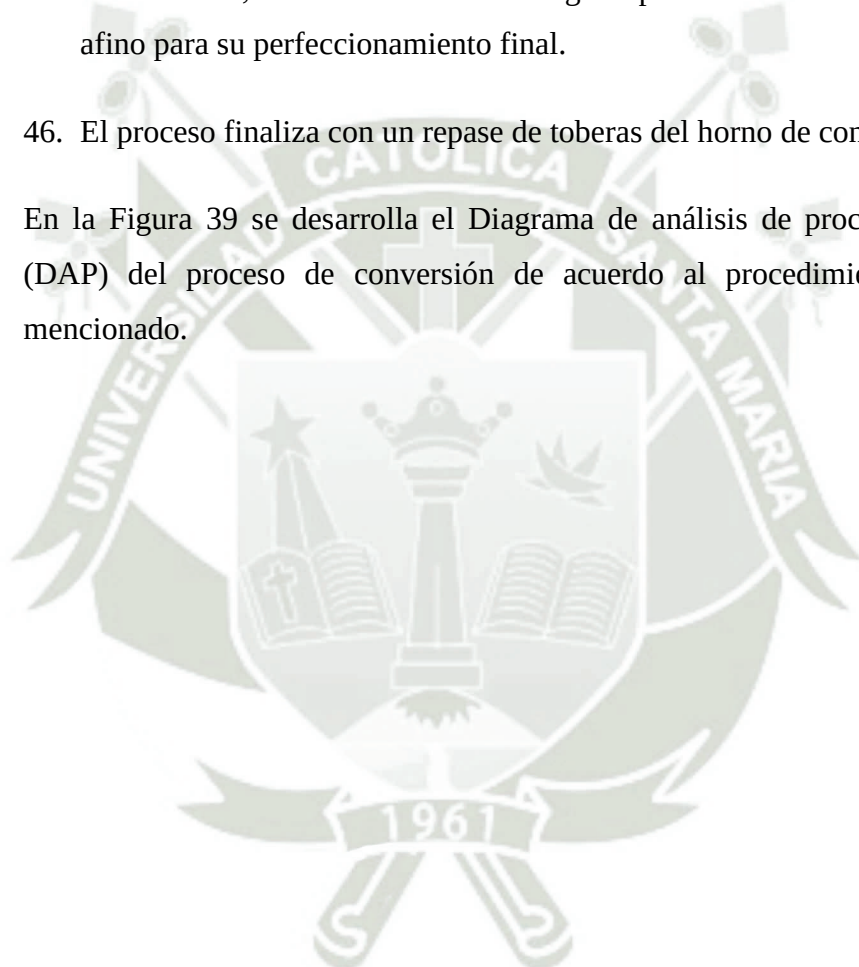


Figura 39

Diagrama de análisis de proceso propuesto del proceso de conversión

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Operador de convertidores/ operador de grúa		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
ÁREA		Conversión		OPERACIÓN		27	27	0	
HORA INICIO		6:59:00 a. m.		TRANSPORTE		18	18	0	
HORA TERMINO		14:25:00 p. m.		INSPECCIÓN		1	1	0	
TIEMPO TOTAL (min)		423,00		DEMORA		2	0	-2	
FECHA		5/07/2021		ALMACENAMIENTO		0	0	0	
TURNO		Turno 1		DISTANCIA	metros	779	779	0	
				TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00	
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)						OBS.
1	Preparación del horno convertidor N°2 (limpieza de boca de convertidor y repase de toberas)	0	30,00						Etapa de soplado a escoria
2	Traslado de grúa puente N°2 a horno de separación	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
3	Carga de olla de material (mata de cobre, material blanco)	0	1,50						Etapa de soplado a escoria
4	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
5	Primera carga de convertidor N°2 (mata de cobre, material blanco)	0	4,00						Etapa de soplado a escoria
6	Traslado de grúa N°1 puente al horno de conversión N°2	35	3,00						Etapa de soplado a escoria
7	Carga de olla de material (escoria de limpieza de convertidor)	0	1,00						Etapa de soplado a escoria
8	Primer soplado de convertidor a escoria (oxidación de la mata/eliminación del hierro)	0	30,00						Etapa de soplado a escoria
9	Traslado de grúa puente 2 a horno de conversión	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
10	Retiro de escoria de horno convertidor (primer retiro de escoria)	0	8,00						Etapa de soplado a escoria
11	Traslado de grúa puente 2 a horno de separación	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
12	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión N° 2	18	1,00						Etapa de soplado a escoria
13	Segunda carga de convertidor (mata de cobre, material blanco)	0	2,00						Etapa de soplado a escoria
14	Segundo soplado de convertidor a escoria(oxidación de la mata/eliminación del hierro)	0	24,00						Etapa de soplado a escoria
15	Traslado de grúa N° 2 puente a horno de conversión	20	1,50						Etapa de soplado a escoria
16	Retiro de escoria del horno convertidor (segundo retiro de escoria)	0	3,50						Etapa de soplado a escoria
17	Traslado de grúa N° 2 puente a horno de separación	18	1,00						Etapa de soplado a escoria

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Operador de convertidores/ operador de grúa		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
				OPERACIÓN	●	27	27	0	
ÁREA		Conversión		TRANSPORTE	➡	18	18	0	
HORA INICIO		6:59:00 a. m.		INSPECCIÓN	■	1	1	0	
HORA TERMINO		14:25:00 p. m.		DEMORA	■	2	0	-2	
TIEMPO TOTAL (min)		423,00		ALMACENAMIENTO	▼	0	0	0	
FECHA		5/07/2021		DISTANCIA	metros	779	779	0	
TURNO		Turno 1		TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00	
N°	ACTIVIDAD	Distan- cia	Tiempo (min)	●	➡	■	■	▼	OBS.
18	Carga de olla de material (mata de cobre, material blanco)	0	1,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
19	Traslado de grúa puente N° 2 a horno de conversión	18	1,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
20	Tercera carga de convertidor (mata de cobre, material blanco)	0	2,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
21	Tercer soplado de convertidor a escoria(oxidación de la mata/ eliminación del fierro)	0	14,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
22	Traslado de grúa puente N° 2 a horno de conversión N° 2	18	1,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
23	Retiro de escoria de limpieza final	0	3,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a escoria
24	Traslado de grúa N° 2 puente a hornos de limpieza	130	5,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
25	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
26	Traslado de grúa N°2 puente a horno de conversión	130	6,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
27	Primera carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
28	Primer soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	48,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
29	Traslado de grúa puente N°2 a hornos de limpieza	18	1,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
30	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
31	Traslado de grúa puente a horno de conversión N°2	18	1,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
32	Segunda carga de convertidor N° 2 (material frío alto % de cobre)	0	2,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
33	Segundo soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	52,00	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre
34	Traslado de grúa puente N° 2 a hornos de limpieza	6	1,50	●	➡	■	■	▼	Etapas de soplado a cobre

DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO PROPUESTO (DAP)									
PROCESO		Conversión		RESUMEN					
PUESTO DE TRABAJO		Operador de convertidores/ operador de grúa		ACTIVIDAD	SÍMBOLO	ACTUAL	PROPUESTO	VAR.	
				OPERACIÓN		27	27	0	
ÁREA		Conversión		TRANSPORTE		18	18	0	
HORA INICIO		6:59:00 a. m.		INSPECCIÓN		1	1	0	
HORA TERMINO		14:25:00 p. m.		DEMORA		2	0	-2	
TIEMPO TOTAL (min)		423,00		ALMACENAMIENTO		0	0	0	
FECHA		5/07/2021		DISTANCIA	metros	779	779	0	
TURNO		Turno 1		TIEMPO	min	483,00	423,00	60,00	
N°	ACTIVIDAD	Distancia	Tiempo (min)						OBS.
35	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapa de soplado a cobre
36	Traslado de grúa puente N°2 a horno de conversión N°2	18	1,00						Etapa de soplado a cobre
37	Tercera carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00						Etapa de soplado a cobre
38	Tercer soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	38,00						Etapa de soplado a cobre
39	Traslado de grúa N° 2 puente a hornos de limpieza	130	5,50						Etapa de soplado a cobre
40	Carga de olla de material (material frío alto % de cobre)	0	1,50						Etapa de soplado a cobre
41	Traslado de grúa puente N°2a horno de conversión N°2	130	5,00						Etapa de soplado a cobre
42	Cuarta carga de convertidor (material frío alto % de cobre)	0	3,00						Etapa de soplado a cobre
43	Cuarto soplado de convertidor a cobre (oxidación de metal blanco)	0	36,00						Etapa de soplado a cobre
44	Inspección de material (metal blanco)	0	10,00						Etapa de soplado a cobre
45	Transferencia de cobre a hornos de afinamiento	0	20,00						Etapa de soplado a cobre
46	Repase de toberas	0	8,00						Etapa de soplado a cobre
TOTAL		779	423,00	27	18	1	0	0	

En la Figura 39 se ha desarrollado el análisis de proceso propuesto para el proceso de conversión de la planta de fundición de la empresa minera donde se alcanza un tiempo de 423 minutos y una distancia recorrida de 779 metros con 46 actividades.

En la Tabla 16 se tiene el resumen del método actual del proceso de conversión.

Tabla 16

Resumen del método actual del proceso de conversión

Actividad	Símbolo	N° de pasos	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)
Operación		27	343	0
Transporte		18	40	779
Inspección		1	10	0
Demora		2	90	0
Almacenamiento		0	0	0
TOTAL		48	483	779

En la Tabla 16, se tiene un total de 27 operaciones que hacen un total de 343 minutos, 18 transportes con 40 minutos, 1 inspección que dura 10 minutos, 2 demoras con un total de 90 minutos y ningún almacenamiento transitorio en el proceso actual de conversión de la planta de fundición de la Empresa Minera.

La Tabla 17 presenta el resumen de actividades del proceso propuesto de conversión de la planta de fundición.

Tabla 17

Resumen del método propuesto del proceso de conversión

Actividad	Símbolo	N° de pasos	Tiempo (minutos)	Distancia (metros)
Operación		27	343	0
Transporte		18	70	779
Inspección		1	10	0
Demora		0	0	0
Almacenamiento		0	0	0
TOTAL		46	423	779

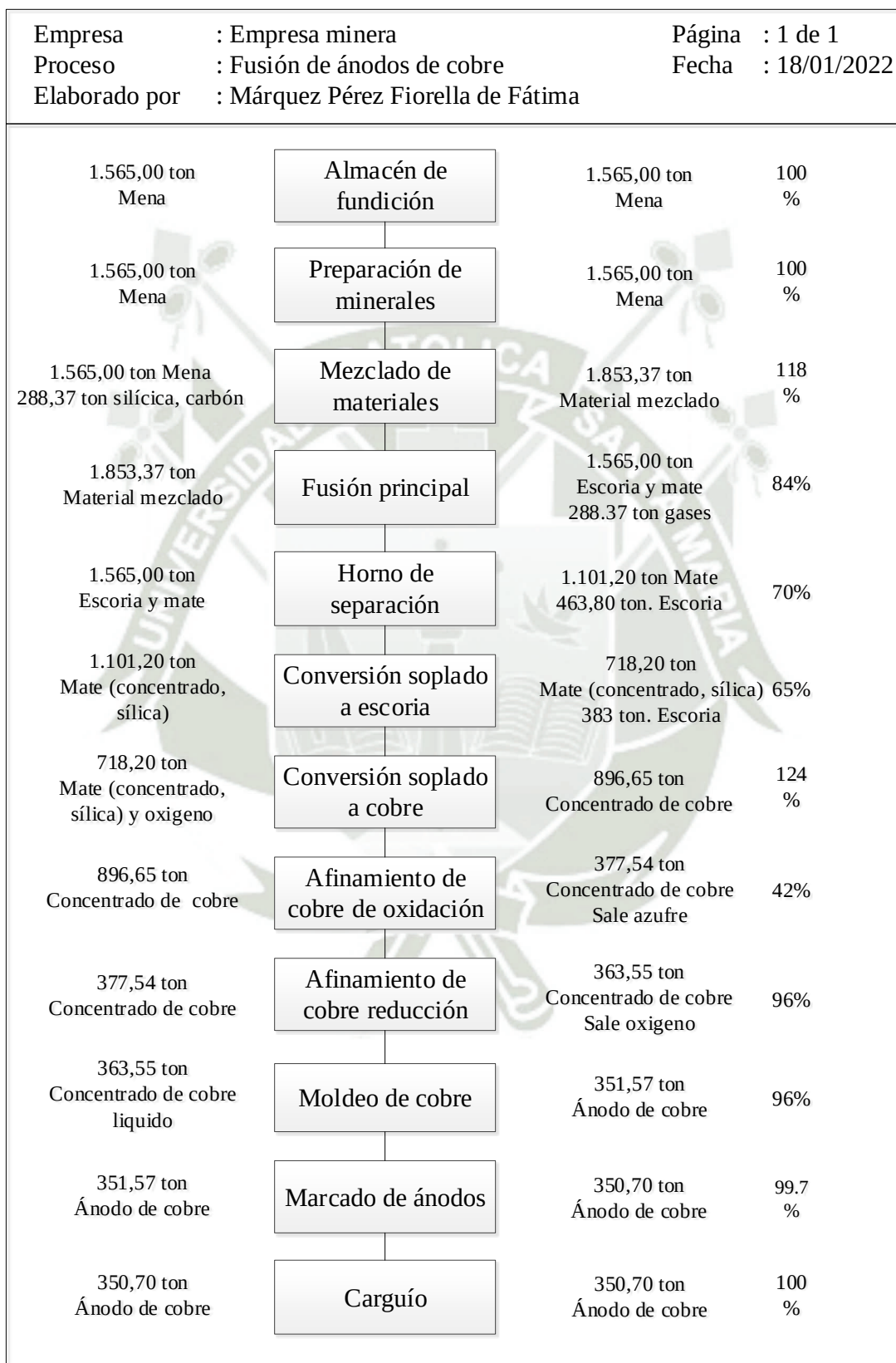
En la Tabla 17, se tiene un total de 27 operaciones que hacen un total de 343 minutos, 18 transportes con 40 minutos, 1 inspección que dura 10 minutos, 2 demoras con un total de 90 minutos y ningún almacenamiento transitorio en el proceso actual de conversión de la planta de fundición de la Empresa Minera

Considerando las tablas resumen del proceso actual y propuesto para el proceso de conversión de la planta de fundición se han reducido las actividades de 48 a 46 siendo las demoras las que se han eliminado, también se ha reducido el tiempo del proceso en 60 minutos pasando de 483 minutos a 423 minutos.

4.3.5. Proceso productivo para la fusión de ánodos de cobre

Posterior a las propuestas de mejora en proceso de fusión de ánodos de cobre se elabora los diagramas principales para una mejor identificación del proceso productivo, en la Figura 40 se muestra el diagrama de bloques del proceso con su rendimiento y entradas y salidas de materiales.

En la Figura 40 se puede identificar que al proceso se ingresa un total de 1565 toneladas de material de cobre, mezclándose con sílica y carbón para obtener 350,70 toneladas de ánodos de cobre como producto final.

Figura 40
Diagrama de bloques del proceso de fusión de ánodos con rendimientos


CAPÍTULO V:

5. EVALUACIÓN DEL ESTUDIO

Para poder evaluar las propuestas de mejora aplicada en el proceso de conversión de la planta de fundición de la empresa minera se realiza una evaluación técnica y económica.

5.1. EVALUACIÓN TÉCNICA

Para realizar la evaluación técnica de las mejoras aplicadas al proceso de conversión es importante realizar una nueva recolección de datos y proyectar otros datos, para ello es importante diseñar un VSM propuesto.

5.1.1. Determinación de datos

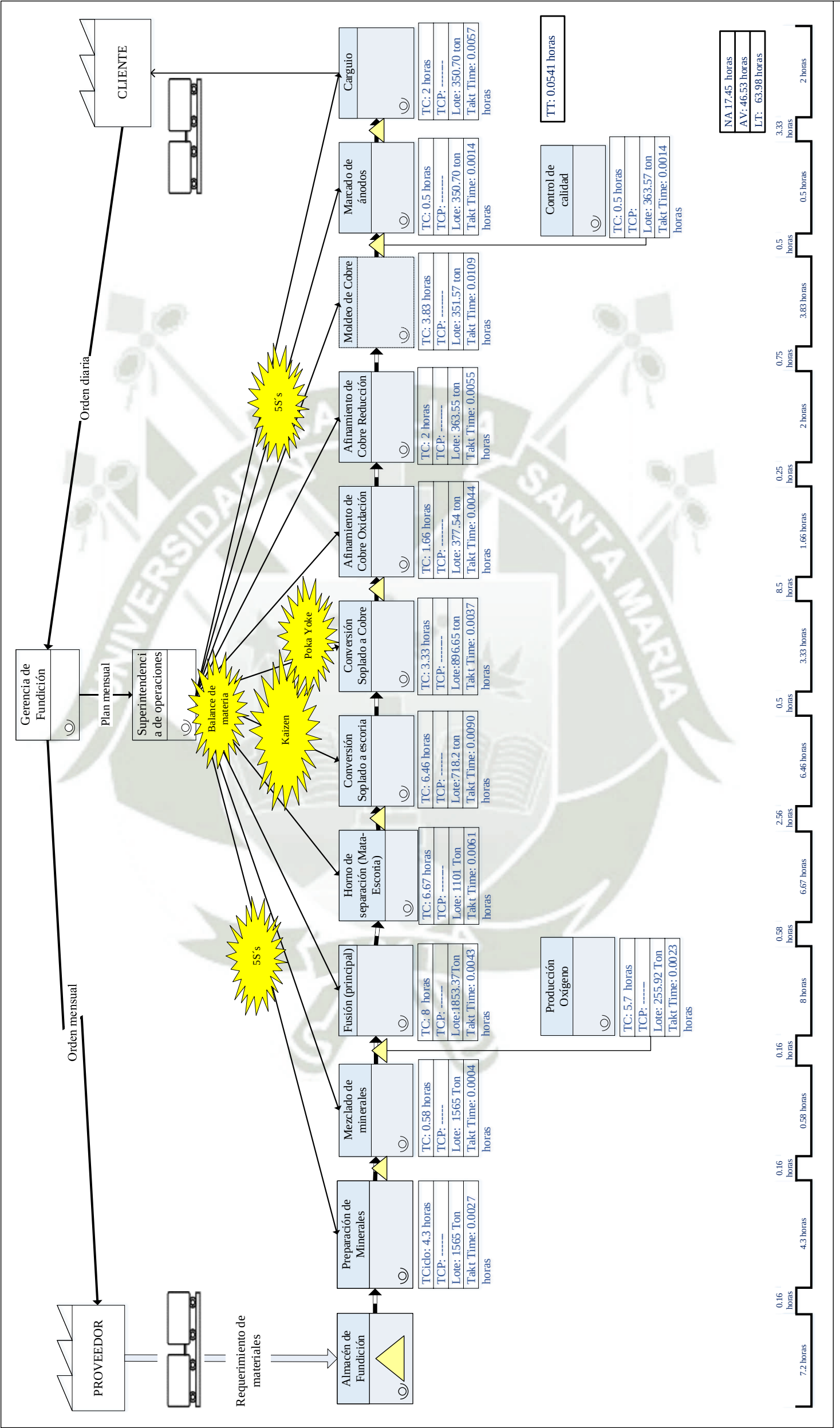
Para diseñar el VSM propuesto en el proceso de conversión de la planta de fundición se identifican las oportunidades de mejora considerando las siguientes herramientas propuestas:

- Aplicación del Kaizen en la limpieza de las ollas en el proceso de conversión mejorando el rendimiento de los materiales como materias primas e insumos y la producción del proceso.
- Aplicación del Poka Yoke en la comunicación en las grúas puente del proceso de conversión de la planta de fundición con la incorporación de sistema visual mediante sensores y un tablero de control.
- Mejora en el procedimiento de trabajo en la limpieza de ollas.

Con la aplicación de las herramientas antes mencionadas se mejora el rendimiento de las materias primas e insumos, también se incrementa la productividad del proceso de conversión de la planta de fundición, el VSM propuesto se muestra en la Figura 41.

Figura 41

VSM propuesto de la planta de fundición



En la Figura 41 se identifican las propuestas de mejora mediante las herramientas de Lean Manufacturing en el VSM propuesto para el proceso productivo de la planta de fundición de la empresa minera donde obtiene una reducción de tiempo de proceso y mejoras en el rendimiento de la materia prima e insumos.

En la Tabla 18 se realiza la comparación de los indicadores del VSM actual y el VSM propuesto.

Tabla 18

Tabla comparativa del VSM actual vs VSM propuesto

Indicador	VSM actual horas	VSM propuesto horas
Tiempo espera entre proceso (NA)	18,45	17,45
Tiempo proceso (AV)	46,53	46,53
Tiempo total de proceso (LT)	64,98	63,98
Tiempo promedio para la producción de 50 kg (Takt time)	0,0553	0,0541

En la Tabla 18 se ha reducido el tiempo de espera en el proceso de conversión pasando de un NA = 18,45 horas a un tiempo de espera NA = 17,45 horas, también se ha mejorado de manera importante el TT pasando de un tiempo de 0.0553 horas a 0,0541 horas esto debido también a la mejora del rendimiento de la materia prima e insumos con las mejoras de la limpieza de ollas, se ha mejorado un 2,21%

5.1.2. Cálculo de la producción proyectada

De acuerdo a la información proporcionada por la planta de fundición de la empresa minera se tiene la producción anual y el cálculo de la productividad que es de 0,3726 toneladas/h.h la cual se presentó en la Tabla 05.

La producción que se tiene como promedio en la planta de fundición es de 28.796,00 toneladas de ánodos de cobre por mes.

Para calcular la producción en la planta de fundición se utiliza el Lead Time de producción que se ha obtenido en el VSM actual y propuesto y se calcula el incremento de la producción y la productividad del proceso.

El VSM actual del proceso de fundición para un lote de 337,62 toneladas presenta un tiempo de LT: 64,98 horas. La planta de producción trabaja las 24 horas del día y los 365 días al año. (8.760,00 horas disponibles por año)

El VSM propuesto se ha proyectado con la aplicación de las herramientas de mejora en el proceso de conversión donde se ha mejorado el proceso de limpieza de ollas que ha generado poder aumentar el rendimiento de la materia prima e insumos y también se tiene la aplicación del Poka Yoke en la operación de las grúas puente, para un lote de 350,70 toneladas de presenta un tiempo de LT: 63,98 horas.

Para la toma de tiempo se considera que se pueden trabajar hasta 7,5 lotes de producción siendo los hornos de conversión el limitante.

- 64,98 horas se demora la producción de 337,62 Tn actual, se tiene disponible 8.760,00 horas al año y se pueden trabajar hasta 7,5 lotes de producción por lo que la producción actual es:
- Producción actual = $(337,62 \times 8.760,00) / 64,98 \times 7,5$
- Producción actual = 341.360,94 toneladas al año
- 63,98 horas se demora la producción de 350,70 Tn propuesta, se tiene disponible 8.760,00 horas al año y se pueden trabajar hasta 7,5 lotes de producción por lo que la producción actual es:
- Producción propuesta = $(350,70 \times 8.760,00) / 63,98 \times 7,5$
- Producción propuesta = 360.128,00 toneladas

Los datos obtenidos en el VSM actual y propuesto se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19

Comparativo de la producción actual vs la propuesta

Descripción	Actual LT 64.98 = hrs / 337.62 tn	Propuesta LT= 63.98 hrs / 350.70 tn	Variación
Disponibilidad de horas	8.760,00	8.760,00	0,00

Producción mensual	28.446,75	30.010,66	617,00
Producción anual	341.360,94	360.128,00	18.767,07

En la Tabla 19 se calcula la producción actual y propuesta con los datos adquiridos en el VSM se tiene un incremento de producción de 18.767,07 toneladas al año.

5.1.3. Cálculo de las horas hombre proyectado

No se considera un aumento o disminución de las horas de trabajo ya que el personal sigue presentando la misma cantidad por lo que se consideran 927.396,10 horas al año que se presentan en la Tabla 05.

5.1.4. Análisis de la productividad propuesta

Para realizar el análisis de la productividad actual y propuesta de la planta de fundición de la empresa minera se considera la producción calculada en la Tabla 19 y la cantidad de horas de mano de obra disponible presentada en la Tabla 05.

Tabla 20

Análisis de la productividad

Producción	Producción tn / anual	Mano obra (h-h)	Productividad tn / h-h	Tack Time (hr)	LT (horas)
Actual	341.360,94	927.396,10	0,368	0,0553	64,98
Proyección	360.128,00	927.396,10	0,388	0,0541	63.98
Diferencia	18.767,07	0	0,020	0,0012	1,00
% Mejora	5,49 %	0 %	5,43 %	2,17 %	1,53 %

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 20 se puede interpretar lo siguiente:

- La producción de ánodos de cobre de la planta de fundición de la empresa minera se ha incrementado en un 5,49% teniendo un incremento de 18.767,67 toneladas al año, esto calculado con los datos obtenidos en el VSM actual y propuesto.

- La mano de obra de la planta de fundición no ha tenido variación ya que se mantiene la misma cantidad de mano de obra.
- La productividad de la planta de fundición de la empresa minera se ha incrementado en un 5,43% teniendo un incremento de 0,020 toneladas/h.h., debido a la aplicación de las herramientas de mejora como el Kaizen, VSM, Balance de materia 5S's y Poka Yoke.

5.1.5. Evaluación del impacto de las mejoras en el proceso de conversión

Realizadas las mejoras en el proceso de conversión de la planta de fundición de la empresa minera se recopila los indicadores obtenidos sobre las mejoras aplicadas considerando el antes, el después y su variación que se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21

Evaluación del impacto de las mejoras en el proceso de conversión

Indicador	Actual	Propuesto	Diferencia	Variación
Tiempo espera entre proceso (NA) (horas)	18,45	17,45	1,00	5,42%
Tiempo proceso (AV) (horas)	46,53	46,53	0	0%
Tiempo total de proceso (LT) (Horas)	64,98	63,98	1,00	1,53 %
Tiempo promedio para la producción de 50 kg (Takt time) (horas)	0,0553	0,0541	0,0012	2,17 %
Disponibilidad de horas	8.760,00	8.760,00	0	0 %
Producción anual (Toneladas)	341.360,94	360.128,00	18.767,07	5,49 %
Productividad tn / h-h	0,368	0,388	0,020	5,43 %
Entrada de mata de cobre (Toneladas)	241,10	239,40	1,7	0.70%
Salidas de mata de cobre (Toneladas)	112,65	120,99	8.34	7,40%
Rendimiento (%)	46,72%	50,54%	3,82%	3,82%
Consumo de sílica	17.5	15.9	1.7	9.66%

En la Tabla 21 se analiza los indicadores principales, donde se tiene el incremento de la productividad en 5,43% la disminución en el uso de la principal materia prima que es la mata de cobre en 0.70% y la disminución del consumo de sílica en 9.66% debido principalmente por las aplicadas en el proceso conversión.



5.2. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica del estudio se analiza desde el punto de vista de los costos e ingresos, también se calcula inversión que se realiza en el estudio y luego se elabora los indicadores económicos, se proyecta la evaluación económica con un horizonte de tres años.

5.2.1. Costos y gastos del estudio

Los costos del estudio están estructurados por los costos directos, indirectos y administrativos.

5.2.1.1. Costo directo

Los costos directos que se incurren en la implementación de las mejoras en la planta de fundición son el costo de mano de obra directa, ya que no se consideran materiales directos.

a) Costo de mano de obra directa

El costo de mano obra directa se muestra en la Tabla 22 y está representado por el talento humano que se va a incrementar para la aplicación de las mejoras propuestas en la planta de fundición de la empresa minera, se va a incrementar a un coordinador de mejora continua para realizar el seguimiento y control de todas las mejoras.

Tabla 22

Mano de obra directa

Puesto	Cantidad	Rem. Mensual (dólares)	Rem. Anual (dólares)
Coordinador de mejora continua	1	1.250,00	15.000,00
Sub – Total	1		15.000,00
Beneficios sociales			5.000,00
		TOTAL	20.000,00

En la Tabla 22 se calcula en 20.000,00 dólares de costos de mano de obra directa para un periodo.

5.2.1.2. Costos indirectos

Los costos indirectos están representados por aquellos costos que afectan indirectamente a las mejoras propuestas en la planta de fundición de la empresa minera, no se incurre en mano de obra indirecta solo se tiene costo de materiales indirectos y gastos indirectos.

a) Materiales indirectos

Los materiales indirectos se muestran en la Tabla 23 y están representados principalmente por los materiales que se asignan al personal nuevo que se va a incorporar en el puesto de mejora continua, uniforme de trabajo, Epp's entre otros.

Tabla 23

Materiales indirectos

IT	Cantidad	Descripción	PU (dólares)	Total (dólares)
1	4	Pantalón de trabajo	25,00	100,00
2	4	Camisa de trabajo	20,00	80,00
3	4	Equipo de seguridad	10,00	40,00
4	2	Zapatos de seguridad	30,00	60,00
5	1	Casaca de trabajo	70,00	70,00
TOTAL				350,00

En la Tabla 23, el costo de materiales indirectos asciende a 350,00 dólares, siendo el uniforme de trabajo el principal costo.

b) Gastos indirectos

Los gastos indirectos en los que se incurren en el estudio se muestran en la Tabla 24 y están representados principalmente por la depreciación de los activos que se han adquirido en el presente estudio.

Tabla 24

Gastos indirectos

Rubros	Monto anual (dólares)
Servicios básicos	600,00
Depreciación de activos	2.830,00
TOTAL	3.430,00

En la Tabla 24 se muestran los gastos indirectos que ascienden a 3.430,00 dólares que se estructuraron con la de precisión de los activos y los servicios básicos.

c) Costos indirectos totales

La suma de los costos indirectos y los gastos indirectos componen los costos indirectos totales del estudio y se muestran en la Tabla 25.

Tabla 25

Gastos indirectos totales

Años	Materiales indirectos (dólares)	M.O.I (dólares)	Gastos Indirectos (dólares)	Gastos Indirectos totales (dólares)
1	350,00	0,00	3.430,00	3.780,00
2	350,00	0,00	3.430,00	3.780,00
3	350,00	0,00	3.430,00	3.780,00

En la tabla 25 se muestran los costos indirectos totales que ascienden a 3.780,00 dólares

5.2.1.3. Costos administrativos

Los costos administrativos en los que se incurren en el estudio están representados por la capacitación del talento humano de la planta de fundición de la empresa minera que se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26

Gastos administrativos

IT	Cantidad	Descripción	Horas	C/HH (dólares)	Total (dólares)
1	1	Capacitación de gerentes	4	48,08	192,31
2	3	Capacitación de jefaturas	4	19,23	230,77
3	12	Capacitación de supervisores	4	9,62	461,54
4	2	Capacitación de coordinadores	12	6,01	144,23
5	39	Capacitación de operarios	12	6,01	2.812,50
TOTAL					3.841,35

En la Tabla 26, los costos administrativos ascienden a 3.841,35 dólares, donde se ha capacitado con más horas al personal de planta y coordinadores.

5.2.1.4. Costos totales

En la Tabla 27 se presentan los costos totales del proyecto y está estructurado con los costos directos, indirectos y administrativos.

Tabla 27

Costos totales

IT	Costo directo (dólares)	Costo indirecto (dólares)	Costo administrativo (dólares)	Costo comercial (dólares)	Coto total (dólares)
1	20.000,00	3.780,00	3.841,35	0,00	27.621,35
2	20.000,00	3.780,00	3.841,35	0,00	27.621,35
3	20.000,00	3.780,00	3.841,35	0,00	27.621,35

En la Tabla 27, los costos totales para el estudio ascienden a 27.621,35 dólares.

5.2.2. Proyección de ingresos

Los ingresos generados en el estudio se presentan en la Tabla 28 y están en relación al incremento de la productividad en la reducción del Lead Time del proceso productivo y en el rendimiento de las materias primas e insumos del proceso de conversión, para el cálculo de los ingresos se utiliza el margen de contribución que es proporcionado por el área comercial de la Empresa Minera.

Tabla 28

Proyección de ingresos

Año	Proyección de ventas mensual (toneladas)	Incremento de ventas anual (toneladas)	Margen de contribución (dólares/tonelada)	Valor (dólares)
1	1.563,92	18.767,07	304,04	5.705.939,03
2	1.563,92	18.767,07	304,04	5.705.939,03
3	1.563,92	18.767,07	304,04	5.705.939,03

En la Tabla 28, los ingresos generados por las mejoras propuestas en el estudio ascienden a 5.705.939,03 dólares, considerando el margen de contribución.

5.2.3. Inversión

La inversión para el estudio es asumida en la totalidad por la empresa minera donde se consideran los activos tangibles, intangibles y capital de trabajo.

a) Activo tangible

El activo tangible es aquel que se va a incorporar en la aplicación de las herramientas de mejora en el proceso de conversión, principalmente se da por la maquinaria y equipos a incorporar y se muestra en la Tabla 29.

Tabla 29

Activo tangible

Rubros	Monto estimado (dólares)
Maquinaria y equipos	14.150,00
Imprevistos 5%	707,50
TOTAL	14.857,50

En la Tabla 29, el activo tangible que se requiere para la aplicación de las herramientas de mejora en la planta de fundición asciende a 14.857,50 dólares.

b) Activo intangible

El activo intangible que se ha adquirido para la aplicación de las herramientas, está dado principalmente por la elaboración del estudio y la puesta en marcha de los equipos y se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30

Activos intangibles

Rubros	Monto estimado (dólares)
Gastos para realizar el estudio	4.000,00
Montaje de maquinaria y equipos.	3.800,00
Gastos puesta en marcha 5%	390,00
TOTAL	8.190,00

En la Tabla 30, el activo intangible que se requiere asciende a 8.190,00 dólares donde el costo del estudio es el más representativo.

c) Capital de trabajo

El capital de trabajo necesario para el inicio del estudio buscando mejorar la productividad del proceso de la planta de fundición se muestra en la Tabla 31.

Tabla 31

Capital de trabajo

Rubros	Reserva	Totales (dólares)
Mano de obra directa	1 mes	1.666,67
Gastos indirectos	1 mes	315,00
Gastos de administración	1 mes	320,11
TOTAL		2.301,78

En la Tabla 31, el capital de trabajo que se requiere para la aplicación de las herramientas de mejora en la planta de fundición asciende a 2.301,78 dólares.

d) Inversión total de la propuesta

La inversión que se necesita para la aplicación de las herramientas de mejora es asumida en su totalidad por la empresa minera y se muestra en la Tabla 32.

Tabla 32

Inversión total de la propuesta

Rubros	Monto total (dólares)
Inversión Tangible	14.857,50
Inversión Intangible	8.190,00
Capital de Trabajo	2.301,78
TOTAL	25.349,28

En la Tabla 32, la inversión total requerida es de 25.349,28 dólares.

5.2.4. Indicadores económicos

Los indicadores económicos a utilizar para realizar la evaluación económica del estudio son los siguientes:

- Flujo de caja
- VAN
- B/C
- PRI

a) Flujo de Caja

Para la elaboración del flujo de caja se considera en el periodo actual la inversión requerida, se realiza una proyección para tres años y se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33

Flujo de caja

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos (Cobranzas)		5.705.939,03	5.705.939,03	5.705.939,03
Actividades de Operación				
(-) Costo de producción				
(-) Mano de obra		20.000,00	20.000,00	20.000,00
(-) Gastos indirectos		3.780,00	3.780,00	3.780,00
(-) Gastos de administración		3.841,35	3.841,35	3.841,35
(-) Gastos de ventas		0,00	0,00	0,00
(-) Balance de IGV		1.025.697,18	1.025.697,18	1.025.697,18
(-) Impuesto a la renta		1.675.103,72	1.675.103,72	1.675.103,72
(-) Participaciones		567.831,77	567.831,77	567.831,77
(aumento ó disminución de caja)		2.409.685,01	2.409.685,01	2.409.685,01
Menos:				
Actividades de Inversión				
(-) Adquisición de Activo Fijo	-25.349,28			
(aumento ó disminución de caja)				
Menos:				
Actividades de Financiamiento				
Ingreso de préstamo para adquis A.F		0,00		
Devolución de préstamo A.F.		0,00	0,00	0,00
Intereses del Financiamiento		0,00	0,00	0,00
(aumento ó disminución de caja)		0,00	0,00	0,00
Saldo inicial de caja		0,00	2.384.335,74	4.794.020,75
Variación de caja del período		2.384.335,74	2.409.685,01	2.409.685,01
Saldo final de caja		2.384.335,74	4.794.020,75	7.203.705,77

En la Tabla 33, se ha calculado un flujo acumulado al tercer periodo de 7.203.705,77 dólares.

b) Indicadores económicos

En la Tabla 34 se presentan los indicadores económicos que dan resultados positivos para la elaboración del estudio.

Tabla 34

Estructura financiera – Indicadores económicos

Años	Beneficio	Costo	Factor de actualización	Beneficio	Costo	Beneficio actual
0	-25.349,28	0,00	1,000000	-25.349,28	0,00	-25.349,28
1	5.705.939,03	3.296.254,01	0,800000	4.564.751,22	2.637.003,21	1.927.748,01
2	5.705.939,03	3.296.254,01	0,640000	3.651.800,98	2.109.602,57	1.542.198,41
3	5.705.939,03	3.296.254,01	0,512000	2.921.440,78	1.687.682,05	1.233.758,73
17.117.817,08 9.888.762,04				11.137.992,98	6.434.287,83	4.703.705,15
Indicadores económicos		Valor	Interpretación			
VANE =		4.678.355,87	Se tiene un valor actual neto de 4.678.355,87 dólares			
B/C =		1,73	El B/C es de 1,73 ganando 0.73 dólares por cada uno de inversión			
Kc =		25%	El Costo de oportunidad es de 25%.			
PRI =		1 Año	Se tiene la recuperación de la inversión en el primer periodo.			

CONCLUSIONES

- PRIMERA:** Propuestas las herramientas de Lean Manufacturing como VSM, Kaizen, 5S's, Poka Yoke entre otras, en la planta de fundición de la empresa minera al sur del Perú, se concluye que estas pueden incrementar los niveles de productividad en 5,43% pasando de 0,368 ton/h.h. a 0,388 ton/h.h. que representa 18.767,07 toneladas de ánodos de cobre al año y mejorar la rentabilidad de acuerdo a los indicadores económicos alcanzados, por lo cual el estudio es favorable para la empresa minera.
- SEGUNDA:** Se realizó el diagnóstico de la situación actual de la planta de fundición, mediante el análisis de la producción (341.360,94 toneladas/año), productividad (0.368 toneladas/h.h), 6M's e Ishikawa y Pareto, concluyendo que la empresa presenta como problemas principales la baja productividad en el proceso de conversión, debido a la falta de comunicación entre grúas puente, deficiente método de trabajo en la limpieza de ollas en los hornos de conversión y falencias en el rendimiento de la mata de cobre (46.72%) y los principales insumos como la sílica (17.5 toneladas en soplado a escoria) y falta de orden y limpieza en la planta.
- TERCERA:** Identificados los problemas de la planta de fundición, se concluye que es importante proponer herramientas de Lean Manufacturing como el Kaizen y un balance de material para el problema de deficiente método de trabajo en la limpieza de ollas (alcanzando un rendimiento de 50.54% en la mata de cobre y reduciendo el 9.66% de consumo de sílica) y Poka Yoke para la falta de comunicación entre grúas, así como también el VSM para diagramar el proceso de fundición e identificar los desperdicios de tiempo durante todo el proceso, mejorando el LT del proceso en 1.53%, la productividad en 5,43%, la producción de ánodos de cobre en 5,49% y el TT en 2,17%.

CUARTA: Se realizó la evaluación económica y técnica de las propuestas de Lean Manufacturing en el proceso de conversión de la planta de fundición y se concluye que con dichas propuestas se logra un $B/C = 1,73$ un VAN de 4.678.355,87 dólares con un periodo de recuperación de 1 año y una mejora en la evaluación técnica en la productividad del proceso de conversión de la planta de fundición de 5.49%.



RECOMENDACIONES

PRIMERA: Desarrollado el presente estudio proponiendo las herramientas de Lean Manufacturing para la planta de fundición, se recomienda su aplicación en planta por el alto beneficio que esto generaría para la empresa.

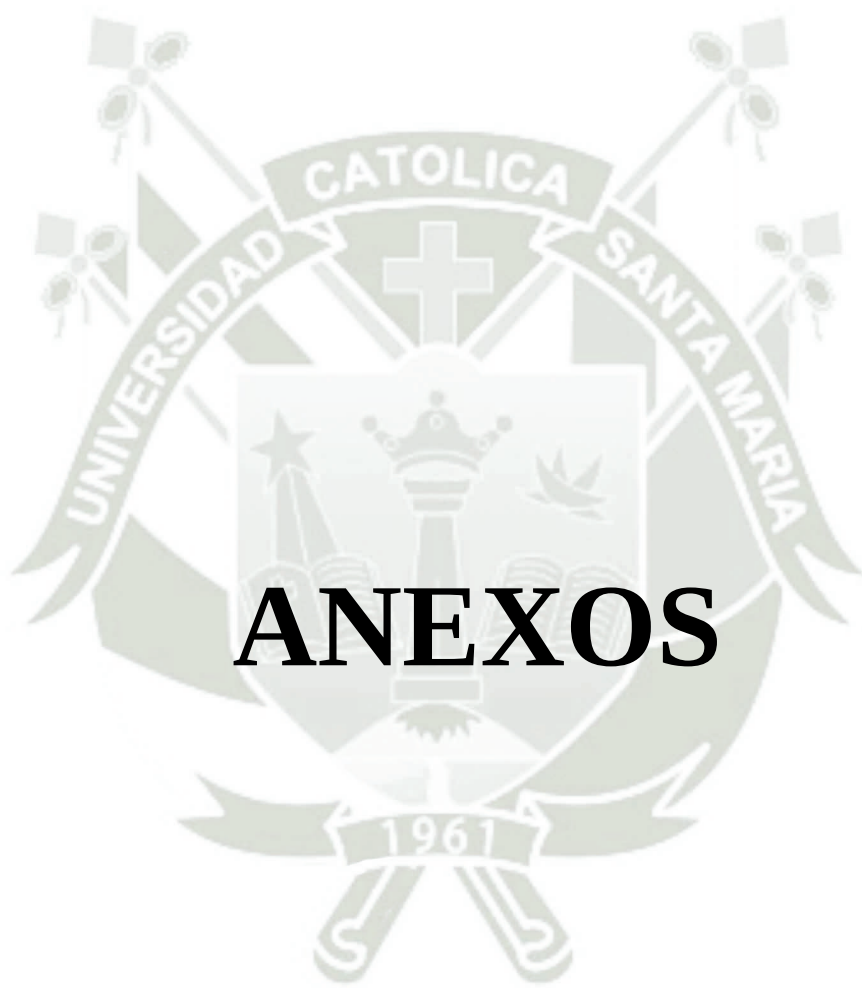
SEGUNDA: Se recomienda la capacitación a todo el personal de planta de fundición en las herramientas de Lean Manufacturing, así como la importancia de la calidad y los beneficios de la aplicación de estas herramientas en el trabajo, con el objetivo de generar conciencia y tener un sostenimiento de las herramientas a aplicar durante el tiempo.

TERCERA: Si bien las herramientas de Lean Manufacturing pueden ser de gran ayuda para el incremento de la productividad es necesario que se tenga un equipo comprometido y empoderado por el liderazgo de la organización, es por esto que se recomienda una capacitación exclusiva desde la gerencia, superintendencia, jefaturas y supervisión para que entiendan la importancia de las herramientas aplicadas.

CUARTA: Se recomienda atacar los puntos de mejora faltantes de la identificación de problemas de la planta de fusión con el uso de herramientas de Lean Manufacturing.

REFERENCIA

- Arenas, Emerson (2017); *“Análisis e implementación de lean Manufacturing para mejorar la productividad y control de planta en una empresa productora de alimentos balanceados para cerdos, aves y cuyes”*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María
- Arroyo, Nelson (2018); *“Implementación de lean Manufacturing para mejorar el sistema de producción en una empresa de metalmecánica”*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos
- Cabrera, Rafael (2011); *“Value Stream Mapping, análisis del mapeo de la cadena de valor”*
- Carpio, Christian (2016); *“Plan de mejora en el área de producción de la empresa Comolsa S.A.C. para incrementar la productividad, usando herramientas de lean Manufacturing”*. Pimentel: Universidad Señor de Sipan
- J. Hernán & A. Vizán (2013); *“Lean Manufacturing, conceptos, técnicas e implantación”*
- M. Rajadell & J. Sánchez (2010); *“Lean Manufacturing, La evidencia de una necesidad”*. Madrid: Díaz de Santos
- Palomino, Miguel (2012); *“Aplicación de herramientas de lean Manufacturing en las líneas de envasado de una planta envasadora de lubricantes”*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Prokopenko, Joseph (1987); *“Productivity management”*, Ginebra, 1987
- R. Chase, F. Jacobs & N. Alquilano. 2009. *“Administración de operaciones, producción y cadena de suministros. Duodécima edición”*. MÉXICO: MC GRAW, Ed: 2009.
- Rus, Enrique (2020); *“Diagrama de Pareto”*. Economipedia, España
- Serrano, Jesús (2020); *“¿Cuáles son las herramientas de Lean Manufacturing? Sixphere Labs.*



ANEXOS

Anexo 01: Materia prima e insumos

Concentrado de cobre



Sílica



Anexo 02: Conversión

Caída de material de olla	Descarga de convertidor
	
Área de Conversión	
	

Anexo 03: Formato de inspección de pre –uso de la grúa

	Sistema Integrado de Gestión	Código: FOSIG-GR-01
	INSPECCION DE PRE-USO DE LA GRUA	Revisión: 03 Página: 1 de 1

GRUA DE CONVERTIDORES NUMERO

FECHA:

 / /

ESTADO DE EQUIPO		TURNOS			ESTADO DE EQUIPO		TURNOS		
		A	B	C			A	B	C
ESCALERAS / BARANDAS	(ok/mal)				LIMITES DE LOS AUXILIARES ABAJO	(ok/mal)			
ALARMA AUDIO ESCALERA ACCESO	(ok/mal)				LIMITE DE LA PASTECA ARRIBA	(ok/mal)			
ALARMA VISUAL ESCALERA ACCESO	(ok/mal)				LIMITE DE LA PASTECA ABAJO	(ok/mal)			
PUERTA DE CABINA	(ok/mal)				FRENO DE PUENTE	(ok/mal)			
BOTON ARRANQUE DE CABINA	(ok/mal)				ASIENTO DEL OPERADOR	(ok/mal)			
SIRENA	(ok/mal)				VENTILADOR DE LA CABINA	(ok/mal)			
VIDRIOS (LUNAS)	(ok/mal)				LUZ DE CABINA	(ok/mal)			
CABLE DE IZAMIENTO/PASTECA	(ok/mal)				LUZ REFLECTORES	(ok/mal)			
CABLE AUXILIAR ESTE / GANCHO	(ok/mal)				LIMPIEZA DE LA CABINA	(ok/mal)			
CABLE AUXILIAR OESTE / GANCHO	(ok/mal)				EXTINTOR	(ok/mal)			
GANCHO DE LA PASTECA	(ok/mal)				PALANCAS /CONTROLES	(ok/mal)			
TROLLEY	(ok/mal)				NIVEL DE LINEAS DE MOVIENTO DE LA GRUA	(ok/mal)			
LIMITES DE LOS AUXILIARES ARRIBA	(ok/mal)				RADIO DE CABINA	(ok/mal)			
OBSERVACIONES DEL TURNO "A":									
OBSERVACIONES DEL TURNO "B":									
OBSERVACIONES DEL TURNO "C":									

Firma del Operador
Turno A

Firma del Operador
Turno B

Firma del Operador
Turno B

Firma del Supervisor
Turno A

Firma del Supervisor
Turno B

Firma del Suopervisor
Turno C

Anexo 04: Instrumento para la recolección de datos

FORMATO PARA EL LEVANTAMIENTO DE DATOS

PLANTA DE FUNDICIÓN:

ELABORADO POR:

FECHA:

Lectura	OPERACIONES												
	Recepción de mineral	Preparación de minerales	Mezclado de minerales	Fusión	Horno de separación	Conversión soplado a escoria	Conversión soplado a cobre	Afinamiento de cobre oxidación	Afinamiento de cobre reducción	Moldeo de cobre	Marcado de ánodos	Carguío	SUMATORIA TOTAL
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
Promedio													

Anexo 05: Instrumento para el análisis documental de la productividad

Indicador de productividad año 2020 -planta de fundición							
Fecha	Toneladas de ánodo de cobre	Nro. ánodos de cobre	Nro. operarios	Horas trabajadas	Lote	Días trabajados	Productividad tonelada./h-h
Ene-20							
Feb-20							
Mar-20							
Abr-20							
May-20							
Jun-20							
Jul-20							
Ago-20							
Set-20							
Oct-20							
Nov-20							
Dic-20							
Total							

Anexo 06: Riesgos ambientales

Nº	Aspecto	Impacto	Mecanismos de control
1.	Potencial generación de material Particulado	Modificación de la calidad del aire	- Control de variables del proceso. - Mantener los convertidores calientes cuando están en los interciclos de carga. Regulación del flujo de aire y adición oportuna de sílica.
2.	Potencial Emisión de gases fugitivos	Modificación de la calidad del aire	- Planificación de las operaciones de convertidores. - Programar los hornos de acuerdo con la producción oportuna de mata del horno principal. - Campanas extractoras para captación de gases.
3.	Potencial Derrame de material fundido (escoria, mata, metal blanco y cobre)	Modificación de la calidad del suelo	- Control de variables del proceso. - Control de derrames accidentales de materiales fundidos. - Implementación de sistema anticolidión en grúas para prevención de choques. - Importancia de los sistemas de seguridad y protección, pruebas semanales. Familiarizarse con las acciones a tomar en casos de emergencia (simulacros). - Pruebas semanales de los sistemas de protección. - Comprensión y ajustes de acuerdo con los manuales de operación y de los fabricantes de equipos. - Coordinar actividades. Planes de mantenimiento.
4.	Potencial Derrame de petróleo, aceites y lubricantes. Fuga de hidrolina, por fallas en los sellos, rotura de mangueras de los equipos móviles pesados.	Potencial modificación de la calidad del suelo	- Técnicas de operación de equipo pesado. - Mantenimiento preventivo equipos. - Adquisición de componentes a tiempo para mantener los equipos sin fugas de combustible o hidrocarburos. - Inspección de mangueras hidráulicas, conectores de los sistemas de combustión, cambio si presentan deterioro. - Coordinar actividades para el mantenimiento preventivo, en reuniones semanales con Planeamiento de equipo pesado.

PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA PLANTA DE FUNDICIÓN DE UNA EMPRESA MINERA EN EL SUR DEL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María	8%
	Trabajo del estudiante	
2	tesis.ucsm.edu.pe	1 %
	Fuente de Internet	
3	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
	Fuente de Internet	
4	repositorio.unsa.edu.pe	1 %
	Fuente de Internet	
5	repositorio.urp.edu.pe	1 %
	Fuente de Internet	
6	1library.co	1 %
	Fuente de Internet	
7	hdl.handle.net	1 %
	Fuente de Internet	
8	Submitted to Universidad Católica San Pablo	1 %
	Trabajo del estudiante	

9	Submitted to Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC	<1 %
	Trabajo del estudiante	
10	repositorio.upn.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
11	tesis.pucp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
12	core.ac.uk	<1 %
	Fuente de Internet	
13	Submitted to Universidad Andina del Cusco	<1 %
	Trabajo del estudiante	
14	www.repositorioacademico.usmp.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
15	Submitted to uarm	<1 %
	Trabajo del estudiante	
16	www.coursehero.com	<1 %
	Fuente de Internet	
17	repositorio.upt.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
18	Submitted to Universidad Cesar Vallejo	<1 %
	Trabajo del estudiante	
19	repositorio.uss.edu.pe	<1 %
	Fuente de Internet	
20	docslide.us	
	Fuente de Internet	

<1 %

21 repositorio.puce.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

22 moam.info
Fuente de Internet

<1 %

23 www.clubensayos.com
Fuente de Internet

<1 %

24 repositorio.usil.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

25 www.slideshare.net
Fuente de Internet

<1 %

26 www.gmexico.com.mx
Fuente de Internet

<1 %

27 repositorioacademico.upc.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

28 gmexico.com
Fuente de Internet

<1 %

29 repositorio.unjfsc.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

30 xdoc.mx
Fuente de Internet

<1 %

31 Submitted to Universidad Privada del Norte
Trabajo del estudiante

<1 %

32	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
33	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
34	www.unicaja.com Fuente de Internet	<1 %
35	jupiter.utm.mx Fuente de Internet	<1 %
36	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	<1 %
38	doczz.es Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to UTEC Universidad de Ingeniería & Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
41	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
42	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
43	doku.pub	

<1 %

44

repositorio.epneumann.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

45

repositorio.iberopuebla.mx

Fuente de Internet

<1 %

46

www.researchgate.net

Fuente de Internet

<1 %

47

baixardoc.com

Fuente de Internet

<1 %

48

edoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

49

repositorio.ute.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

50

Constantino Tapia Rodrigo. "Diseño de un sistema integral de gestión de la calidad, seguridad, salud ocupacional y protección del medio ambiente para el Instituto Mexicano del Petróleo", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

51

Submitted to Universidad Alas Peruanas

Trabajo del estudiante

<1 %

52

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1 %

renati.sunedu.gob.pe

53

Fuente de Internet

<1 %

54

repositorio.upla.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

55

Submitted to Instituto Superior de Artes,
Ciencias y Comunicación IACC

Trabajo del estudiante

<1 %

56

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

57

KNIGHT PIESOLD CONSULTORES S.A.. "EIA del
Proyecto Constancia-IGA0006961", R.D. N°
390-2010-MEM-AAM, 2020

Publicación

<1 %

58

creativecommons.org

Fuente de Internet

<1 %

59

industrial.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

repositoriodspace.unipamplona.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

61

Martinez Escudero Georgina.
"Implemantacion del elemento de análisis de
riesgos en una industria quimica de alto
riesgo", TESIUNAM, 2004

Publicación

<1 %

62	Valencia Gaspar Evaristo. "Proyecto para el incremento de capacidad de operación de la planta de beneficio, Compañía Minera La Negra, Maconí Querétaro", TESIUNAM, 2013 Publicación	<1 %
----	--	------

63	periodicoimpacto.com.ar Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

64	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

65	www.inia.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

66	www.laprevencion.com Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

67	Submitted to Universidad Inca Garcilaso de la Vega Trabajo del estudiante	<1 %
----	--	------

68	repository.eia.edu.co Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

69	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

70	www.ingesval.net Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

71	2pdf.com Fuente de Internet	<1 %
----	--	------

agroinformacion.com

72

Fuente de Internet

<1 %

73

archive.org

Fuente de Internet

<1 %

74

bibdigital.epn.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

75

dspace.ucuenca.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

76

dspace.udla.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

77

isioilchem.com

Fuente de Internet

<1 %

78

repositorio.utp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

79

www.aemac.org

Fuente de Internet

<1 %

80

www.camisea.com.pe

Fuente de Internet

<1 %

81

Béla Soltész. "Migration and diaspora policies for development in Latin America", Corvinus University of Budapest, 2016

Publicación

<1 %

82

b2b.partcommunity.com

Fuente de Internet

<1 %

83	dokumen.pub Fuente de Internet	<1 %
84	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
85	riaa.uaem.mx Fuente de Internet	<1 %
86	saber.ucv.ve Fuente de Internet	<1 %
87	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
88	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
89	www.canaldefarmacia.com Fuente de Internet	<1 %
90	www.cubanet.org Fuente de Internet	<1 %
91	www.eclipse.cl Fuente de Internet	<1 %
92	www.elheraldo.com.ec Fuente de Internet	<1 %
93	www.sepi.upiicsa.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
94	García Gomez Victor Jesus. "El sindicalismo mexicano y su participacion en la	<1 %

95 Guzmán Espino Leydi,Zaragoza López
Faustino,Flores Espíndola Jesús
Octavio,Valenzo Torres Braulio. "Anteproyecto
de una autopista de cuatro carriles",
TESIUNAM, 2009
Publicación

96 KLOHN CRIPPEN BERGER S.A.. "MEIA del
Proyecto Minero Antamina por Incremento de
Reservas y Optimización del Plan de Minado.-
IGA0013037", R.D. N° 054-2011-MEM-AAM ,
2021
Publicación

97 María Palacios Guillem. "Propuesta de un
nuevo procedimiento basado en la norma ISO
9001 para la gestión conjunta de la norma ISO
31000, la filosofía Kaizen y la herramienta
Lean Manufacturing en pymes industriales de
la Comunidad Valenciana.", Universitat
Politecnica de Valencia, 2021
Publicación

98 ciencia.lasalle.edu.co
Fuente de Internet

99 cybertesis.uach.cl
Fuente de Internet

100	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
101	expansion.mx Fuente de Internet	<1 %
102	forajidos.org Fuente de Internet	<1 %
103	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
104	red.uao.edu.co Fuente de Internet	<1 %
105	repositorio.ulima.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
106	repositorio.unan.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
107	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
108	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %
109	search.ndltd.org Fuente de Internet	<1 %
110	sixphere.com Fuente de Internet	<1 %
111	www.computrabajo.com.co Fuente de Internet	<1 %

112	www.euskalit.net Fuente de Internet	<1 %
113	www.gensuite.com Fuente de Internet	<1 %
114	www.glenmcbride.com Fuente de Internet	<1 %
115	www.mundocostos.com.ar Fuente de Internet	<1 %
116	www.oiltanking.com Fuente de Internet	<1 %
117	www.uca.es Fuente de Internet	<1 %
118	ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C. "MEIA para la Implementación del Proyecto Implementar Línea de Cal, Mejoras Ambientales e Integración de Instrumentos Ambientales en la Planta Condorcocha- IGA0006877", R.D. N° 081-2018- PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %
119	Sulbaran Arevalo Alba Virginia. "Estrategias para incrementar la productividad de las organizaciones de investigacion agropecuaria en el sector publico de America Latina", TESIUNAM, 1997 Publicación	<1 %

120	"Applied Technologies", Springer Science and Business Media LLC, 2021	<1 %
Publicación		

121	APS INGENIEROS S.A.C.. "DAP de la Planta Industrial - Ventanilla-IGA0007358", R.D. N° 397-2015-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020	<1 %
Publicación		

122	Alvarado Gamboa Hazel Naitze. "Desarrollo de un modelo financiero para la evaluacion financiera de proyectos de infraestructura", TESIUNAM, 2003	<1 %
Publicación		

123	patents.google.com	<1 %
Fuente de Internet		

124	www.cacic2016.unsl.edu.ar	<1 %
Fuente de Internet		

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado