



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la  
productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro  
en una empresa minera, Marcona 2021.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Industrial**

**AUTORES:**

Huerta Moreno, Cleto Marcelino ([orcid.org/0000-0002-2394-6670](https://orcid.org/0000-0002-2394-6670))

Peralta Sarmiento, Saul ([orcid.org/0000-0002-4328-8097](https://orcid.org/0000-0002-4328-8097))

**ASESOR:**

Dr. Dávila Laguna, Ronald Fernando ([orcid.org/0000-0001-9886-0452](https://orcid.org/0000-0001-9886-0452))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Gestión Empresarial y Productiva

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

LIMA – PERÚ

2022

### **Dedicatoria**

Este estudio de investigación dedicamos a nuestros familiares por su apoyo incondicional y a las personas que cooperaron en cumplir nuestros objetivos y metas trazadas en este proceso de formación académica.

Los Autores.

### **Agradecimiento**

Agradecemos al Divino creador por permitir esta existencia, a nuestros familiares, al asesor Dr. Ronald Dávila Laguna por sus consejos y orientaciones, y principalmente a nuestra Universidad César Vallejo por impartirnos una formación integral en la etapa académica.

Los autores.

## Índice de contenidos

- DEDICATORIA
- AGRADECIMIENTO
- RESUMEN
- ABSTRACT
- I. INTRODUCCIÓN
- II. MARCO TEÓRICO
- III. METODOLOGÍA
  - 3.1 Diseño y tipo de estudio
  - 3.2 Operacionalización de las variables
  - 3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis
  - 3.4 Técnicas empleadas y herramientas de recogida de datos
  - 3.5 Procedimientos
    - 3.5.1 Situación actual
    - 3.5.2 Descripción de la maquinaria y equipos
    - 3.5.3 Propuesta de mejora
    - 3.5.4 Desarrollo de la proposición de mejora
    - 3.5.5 Análisis resultados post test
  - 3.6 Método de análisis de datos
  - 3.7 Aspectos éticos
- IV. RESULTADOS
  - 4.1 Evaluación descriptiva
  - 4.2 Evaluación Inferencial
    - 4.2.1 Evaluación de la primera hipótesis secundaria
    - 4.2.2 Evaluación de la segunda hipótesis secundaria
    - 4.2.3 Evaluación de la hipótesis principal
- V. DISCUSIÓN
- VI. CONCLUSIONES
- VII. RECOMENDACIONES
- ANEXOS

## Índice de tablas

- Tabla 1.** Causas de baja productividad en el área de molienda.
- Tabla 2.** Clasificación de las causas de baja productividad con las 6M.
- Tabla 3.** Matriz de correlación.
- Tabla 4.** Elaboración de datos.
- Tabla 5.** Causas agrupadas en estratos.
- Tabla 6.** Alternativas de solución.
- Tabla 7.** Priorizando las causas a través de una Matriz.
- Tabla 8.** Validación de juicio de expertos.
- Tabla 9.** Características del molino de barras.
- Tabla 10.** Características del molino de bolas.
- Tabla 11.** Eficiencia de la línea de producción mes de octubre.
- Tabla 12.** Eficiencia de la línea de producción mes de noviembre.
- Tabla 13.** Eficacia de la línea de producción mes de octubre.
- Tabla 14.** Eficacia de la línea de producción mes de noviembre.
- Tabla 15.** Productividad de la línea de producción mes de octubre.
- Tabla 16.** Productividad de la línea de producción mes de noviembre.
- Tabla 17.** Evaluación de alternativas.
- Tabla 18.** Cronograma de Implementación de la propuesta.
- Tabla 19.** Resultado de evaluación teórico-práctico al personal.
- Tabla 20.** Estrategias a desarrollar.
- Tabla 21.** Fallas recurrentes en los molinos.
- Tabla 22.** Formato de Inspección y limpieza inicial.
- Tabla 23.** Medidas de limpieza.
- Tabla 24.** Formato de inspección de los molinos.
- Tabla 25.** Fallas Recurrentes.
- Tabla 26.** Revisiones del mantenimiento de molinos.
- Tabla 27.** Presupuesto para TPM.
- Tabla 28.** Ficha técnica de molinos de barras.
- Tabla 29.** Ficha técnica de molinos de bolas.
- Tabla 30.** Verificación de mantenimiento preventivo de molino de barras.
- Tabla 31.** Verificación de mantenimiento preventivo de molino de bolas.
- Tabla 32.** Eficiencia de línea post test del mes de abril.
- Tabla 33.** Eficiencia de línea post test del mes de mayo.
- Tabla 34.** Eficacia de línea post test del mes de abril.

- Tabla 35.** Eficacia de línea post test del mes de mayo.
- Tabla 36.** Productividad de línea post test del mes de abril.
- Tabla 37.** Productividad de línea post test del mes de mayo.
- Tabla 38.** Resumen de inversión del TPM.
- Tabla 39.** Costos de mantenimiento pre-test.
- Tabla 40.** Costos de mantenimiento post-test.
- Tabla 41.** Costos de mantenimiento pre-test y post-test
- Tabla 42.** Flujo de caja para la evaluación económica.
- Tabla 43.** Medidas de descriptivas de eficiencia antes y después.
- Tabla 44.** Medidas descriptivas de eficacia antes y después.
- Tabla 45.** Medidas descriptivas de productividad antes y después.
- Tabla 46.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.
- Tabla 47.** Comparación de medias de la eficiencia.
- Tabla 48.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la eficiencia.
- Tabla 49.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.
- Tabla 50.** Comparación de medias de la eficacia.
- Tabla 51.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la eficacia.
- Tabla 52.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.
- Tabla 53.** Comparación de medias de la productividad.
- Tabla 54.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la productividad.

## Índice de gráficos y figuras

- Figura 1.* Empresas premiadas por el uso del TPM Latinoamérica
- Figura 2.* Gráfico de Espina de Pescado
- Figura 3.* Diagrama Pareto.
- Figura 4.* Histograma de causas agrupadas en estratos.
- Figura 5.* Principales “ingredientes” que intervinieron en la creación del PM.
- Figura 6.* Estructura orgánica orientada al TPM.
- Figura 7.* Objetivos del TPM.
- Figura 8.* Factores de la productividad.
- Figura 9.* Ubicación geográfica Shougang Hierro Perú S.A.A.
- Figura 10.* Zona de explotación Shougang Hierro Perú S.A.A.
- Figura 11.* Organigrama general de la empresa.
- Figura 12.* Equipo de perforación.
- Figura 13.* Carguío de materia prima.
- Figura 14.* Acarreo de materia prima.
- Figura 15.* Descarga de materia prima en chancadora primaria.
- Figura 16.* Envío de crudos a través de faja transportadora.
- Figura 17.* Planta chancadora área San Nicolás.
- Figura 18.* Planta de concentración.
- Figura 19.* Planta de filtrado.
- Figura 20.* Área de embarque.
- Figura 21.* Proceso de producción de Hierro.
- Figura 22.* Principales productos de Shougang Hierro Perú S.A.A.
- Figura 23.* Desorden dentro del área de mecánica de molinos.
- Figura 24.* Falta de limpieza dentro del área de mecánica de molinos.
- Figura 25.* Inadecuada clasificación dentro del área de mecánica de molinos.
- Figura 26.* Anuncio de la jefatura sobre la implementación de TPM.
- Figura 27.* Publicación de ayuda visual en el periódico mural del área.
- Figura 28.* Organigrama de conformación de comité del TPM.
- Figura 29.* Reunión para la conformación del comité del TPM.
- Figura 30.* Lanzamiento oficial del TPM.

- Figura 31.* Cuestionario de evaluación diagnóstica del personal.
- Figura 32.* Gráfico evaluación del personal sobre TPM.
- Figura 33.* Proceso de Clasificación.
- Figura 34.* Aplicación de medidas correctivas.
- Figura 35.* Personal en jornada de entrenamiento.
- Figura 36.* Molino de barras.
- Figura 37.* Molino de bolas.
- Figura 38.* Equipo responsable del mantenimiento planificado.
- Figura 39.* Manual de operaciones y mantenimiento.
- Figura 40.* Evolución de la eficiencia pre y post test.
- Figura 41.* Promedio de Eficiencia antes y después.
- Figura 42.* Evolución de la eficacia pre y post test.
- Figura 43.* Promedio de Eficacia antes y después.
- Figura 44.* Evolución de la productividad pre y post test.
- Figura 45.* Promedio de productividad antes y después.

## **Resumen**

El estudio tuvo como objetivo mejorar la productividad como resultado de implantar el mantenimiento productivo total, en cuanto a los aspectos metodológicos se plantearon; diseño cuasi experimental, tipo aplicado, enfoque cuantitativo; la población estuvo conformada por la producción diaria de concentrado de mineral; la técnica utilizada fue la observación de campo y el análisis documental, en cuanto a los instrumentos se usó la ficha de recolección de datos; los resultados fueron que; hubo un incremento de la eficiencia de 9.53%, de la eficacia de 12% y de la productividad de 18.52%; finalmente la conclusión fue que se determinó que si se desarrolla la implantación del TPM de manera óptima mejora la eficiencia, eficacia y productividad en el área de molienda de la empresa en estudio.

Palabras clave: mantenimiento, productividad, eficiencia, eficacia

## **Abstract**

The study aimed to improve productivity as a result of implementing total productive maintenance, in terms of methodological aspects were raised; quasi-experimental design, applied type, quantitative approach; the population was made up of the daily production of ore concentrate; the technique used was field observation and documentary analysis, as for the instruments, the data collection form was used; the results were what; there was an increase in efficiency of 9.53%, effectiveness 12% and productivity 18.52%; Finally, the conclusion was that it was determined that if the implementation of the TPM is developed in an optimal way, it improves the efficiency, effectiveness and productivity in the milling area of the company under study.

Keywords: maintenance, productivity, efficiency, effectiveness

## I. INTRODUCCIÓN

En el contexto mundial, las industrias competitivas buscaron el posicionamiento de sus productos a un nivel de bajo costo, para lograr un mayor índice de disponibilidad de sus equipos, de esa manera garantizaron la manufactura optima de sus productos a través de una alta disponibilidad y eficacia en los equipos e instalaciones (Nallusamy *et. al.*, 2018), así mismo se establecieron como evidencia que a través de la implantación del TPM se consiguió maximizar la eficiencia general de las máquinas y equipos; en los países del continente asiático, utilizaron el mantenimiento productivo total, con esta herramienta lograron maximizar la eficiencia de su productividad, estableciendo un sistema que predice las pérdidas y averías de las operaciones en las industrias (Paredes, 2016, p.6).

En Latinoamérica, la carencia de implementación de la herramienta del mantenimiento productivo total impacta a la productividad en las industrias, por tanto, el mantenimiento es considerado como un pilar fundamental en una actividad manufacturera que obtuvo una eficiente productividad y rentabilidad (Asencios, 2018, p.7). Actualmente en algunas de las industrias latinoamericanas se viene implementando avances tecnológicos que contribuyen en la mejora continua en el desarrollo de su plan de mantenimiento, con la finalidad de mantener en condiciones óptimas de sus equipos. Lo manifestado se puede evidenciar en la figura adjunta.

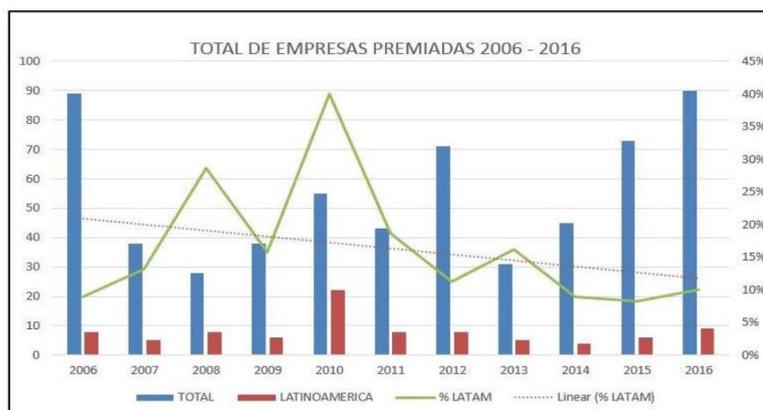


Figura 1. Empresas premiadas por el uso del TPM Latinoamérica

A nivel de la industria peruana, la situación operativa no es la óptima, esta se debe a escasas políticas empresariales y deficiente administración, lo cual nos conlleva a la implementación del mantenimiento productivo total (Asencios, 2018, p.15). El investigador afirma el escaso compromiso de la empresa en implementar esta herramienta indispensable como política.

En la actualidad las organizaciones están en la mejora de la eficiencia de sus trabajadores y equipos que involucra diversos procesos denota cooperación y participación con el objetivo de incrementar la productividad, el mantenimiento productivo total coadyuva a la eficacia que se tiene que desarrollar en las jornadas establecidas de trabajo, considerando desde las actividades básicas como limpieza, lubricación y monitoreo, de esa manera mitigar y obtener ninguna interrupción de los procesos productivos, asimismo contribuir en la continuidad y extendido de vida útil de un determinado equipo. (Salinas, 2017, p. 23).

Cabe mencionar que este estudio ha delimitado a la parte denominada Zona Antigua de la empresa, en vista que existe otra área de producción paralela, en específico nos centraremos en la línea de molienda de proceso de concentrado, de hierro, en esta intervienen los molinos de barras y de bolas, se ha identificado el problema de la ineficiencia que afecta la productividad, por lo que es necesario tomar medidas para proporcionar soluciones a esta realidad, se usaron herramientas de diagnóstico que nos permitieron identificar las causas del problema. En el siguiente diagrama de Ishikawa, se identificaron las causas más importantes que aparecen en el área, estos datos fueron obtenidos mediante una lluvia de ideas con todos los trabajadores del área sobre las causas más importantes. Ello se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Causas de baja productividad en el área de molienda.

N°	Código	Causa
01	C1	Carencia de indicadores de operatividad
02	C2	Tiempo de espera entre procesos
03	C3	Sistema de mantenimiento deficiente
04	C4	Estrés laboral
05	C5	Entorno disergonómico
06	C6	Inadecuada mano de obra
07	C7	Incumplimiento del plan de mantenimiento
08	C8	Carencia de técnicas de trabajo
09	C9	Paradas repentinas de equipos
10	C10	Retrabajos
11	C11	Orden y limpieza deficiente
12	C12	Generación de residuos sólidos
13	C13	Ausencia de formatos de supervisión de equipos
14	C14	Carencia de repuestos en stock
15	C15	Herramientas defectuosas

Fuente: elaboración propia.

Con la lluvia de ideas presentada a continuación se desarrolló la identificación de cada causa con las M mágicas de la ingeniería industrial, esto se presenta en la tabla siguiente.

**Tabla 2.** *Clasificación de las causas de baja productividad con las 6M.*

N°	Código	Causa	6M
01	C7	Incumplimiento del plan de mantenimiento	Método
02	C4	Estrés laboral	Mano de obra
03	C1	Carencia de indicadores de operatividad	Medición
04	C8	Carencia de técnicas de trabajo	Método
05	C6	Inadecuada mano de obra	Mano de obra
06	C5	Entorno disergonómico	Mano de obra
07	C13	Ausencia de formatos de supervisión de equipos	Medición
08	C15	Herramientas defectuosas	Materiales
09	C12	Generación de residuos sólidos	Medio Ambiente
10	C9	Paradas repentinas de equipos	Maquinaria
11	C14	Carencia de repuestos en stock	Materiales
12	C11	Orden y limpieza deficiente	Medio Ambiente
13	C2	Tiempo de espera entre procesos	Medición
14	C3	Sistema de mantenimiento deficiente	Medición
15	C10	Retrabajos	Maquinaria

Fuente: elaboración propia.

Una vez clasificadas las causas de acuerdo a las M mágicas, se decidió elaborar el grafico causa efecto conocido también como gráfico de Ishikawa, el resultado se muestra seguidamente:

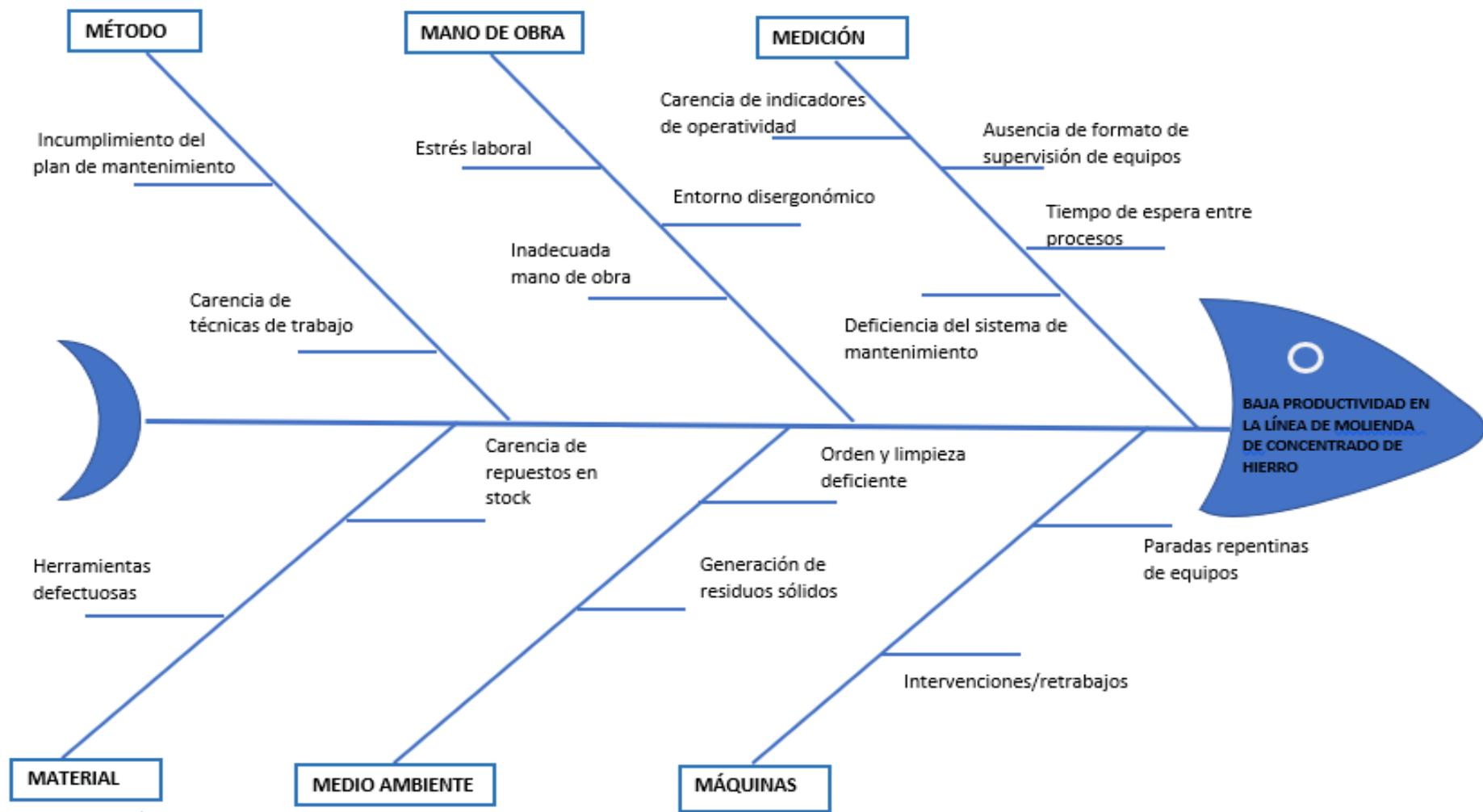


Figura 2. Gráfico de Espina de Pescado

En el diagrama mostrado se describieron las causas por las cuales los equipos de molienda, frecuentemente sufrieron interrupciones o paradas innecesarias, fallas mecánicas y eléctricas, lo cual conllevó al problema de la baja productividad en el área de concentrado de hierro, luego de identificadas las causas se procedió a realizar un análisis de cada una de ellas y a su respectiva ponderación, para ello se elaboró una matriz de correlación donde asignamos una puntuación a cada causa, para lo cual se utilizó la siguiente escala de puntuación: (0) nula influencia; (1) baja influencia; (2) media influencia y (3) alta influencia que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** *Matriz de correlación.*

ITEM	CAUSAS	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	PUNTAJE DE
C1	Carencia de indicadores de operatividad	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
C2	Tiempo de espera entre procesos	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
C3	Deficiencia del sistema de mantenimiento	3	3	2	1	3	3	3	3	2	2	1	3	3	3	3	35
C4	Estrés laboral	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
C5	Entorno disergonómico	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
C6	Inadecuada mano de obra	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
C7	Incumplimiento del plan de mantenimiento	1	2	2	1	1	3	3	2	1	1	1	2	3	1	1	24
C8	Carencia de técnicas de trabajo	1	1	0	0	0	1	3	2	1	1	0	2	0	0	0	12
C9	Paradas repentinas de quipos	3	2	3	2	1	3	3	2	2	1	3	3	3	1	1	32
C10	Intervenciones/retrabajos	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
C11	Orden y limpieza deficiente	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
C12	Generación de residuos sólidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	2
C13	Ausencia de formato de supervisión de equipos	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	3
C14	Carencia de repuestos en stock	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
C15	Herramientas defectuosas	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>PUNTAJES TOTALES</b>																	<b>127</b>

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada se observó las 15 causas que afectan a la productividad en la línea de molienda, a partir del cual elaboramos un cuadro de datos de acuerdo a su puntaje relativo e identificando las causas de mayor ocurrencia en la problemática.

**Tabla 4.** *Elaboración de datos.*

ITEM	CAUSAS	PUNTAJE RELATIVO	PUNTAJE ACUMULATIVO	% RELATIVO	% ABSOLUTO
C3	Deficiencia del sistema de mantenimiento	35	35	27.56%	27.56%
C9	Paradas repentinas de quipos	32	67	25.20%	52.76%
C7	Incumplimiento del plan de mantenimiento	24	91	18.90%	71.65%
C8	Carencia de técnicas de trabajo	12	103	9.45%	81.10%
C1	Carencia de indicadores de operatividad	4	107	3.15%	84.25%
C6	Inadecuada mano de obra	3	110	2.36%	86.61%
C13	Ausencia de formato de supervisión de equipos	3	113	2.36%	88.98%
C2	Tiempo de espera entre procesos	2	115	1.57%	90.55%
C4	Estrés laboral	2	117	1.57%	92.13%
C5	Entorno disergonómico	2	119	1.57%	93.70%
C10	Intervenciones/retrabajos	2	121	1.57%	95.28%
C11	Orden y limpieza deficiente	2	123	1.57%	96.85%
C12	Generación de residuos sólidos	2	125	1.57%	98.43%
C14	Carencia de repuestos en stock	1	126	0.79%	99.21%
C15	Herramientas defectuosas	1	127	0.79%	100.00%
		127		100.00%	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla de datos mostrado, se identificaron las causas de mayor a menor puntaje, las cuales generan un problema en la productividad en la línea de molienda, se determinó 3 causas que representan el 71.65 % del problema, con esta información obtenida, a continuación, se graficó un diagrama de Pareto, para la evidencia del cumplimiento de la Ley 80-20 %.

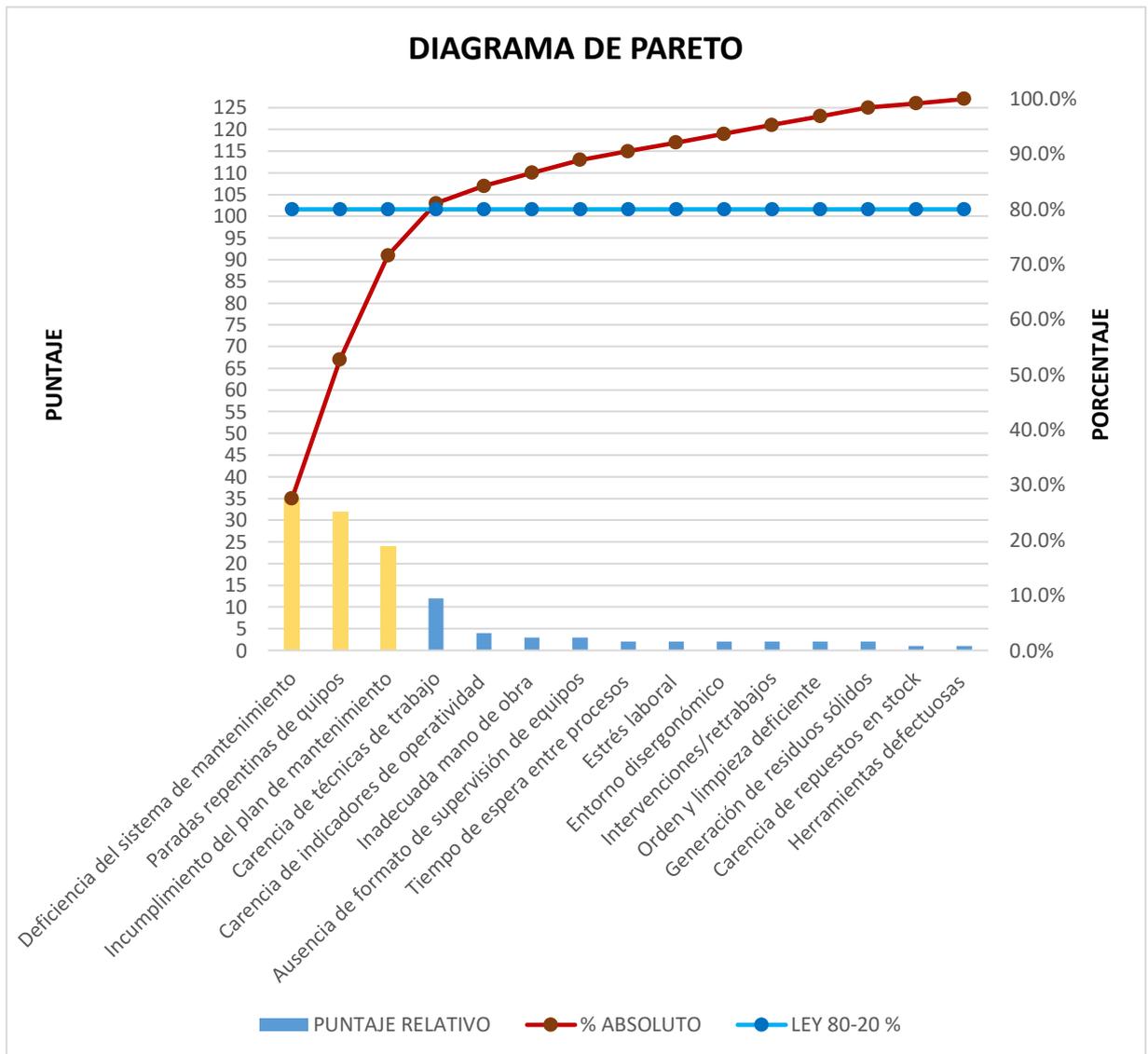


Figura 3. Diagrama Pareto.

En el diagrama mostrado, se observó las causas del problema de la baja productividad en la línea de molienda de la empresa de concentrado de hierro, estas son ocasionadas por deficiencia del sistema de mantenimiento (27.56%), paradas repentinas de equipo (25.20%) e incumplimiento del plan de mantenimiento (18.90%). En la siguiente tabla, estas causas se asociaron por áreas funcionales para identificar el área de la empresa donde se distribuían las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa, y esto se detalla en la tabla de estratificación.

**Tabla 5.** Causas agrupadas en estratos.

ITEM	CAUSAS	PUNTAJE	TOTAL	ESTRATIFICACIÓN
C3	Deficiencia del sistema de mantenimiento	35	110	<b>MANTENIMIENTO</b>
C9	Paradas repentinas de quipos	32		
C7	Incumplimiento del plan de mantenimiento	24		
C8	Carencia de técnicas de trabajo	12		
C2	Tiempo de espera entre procesos	2		
C6	Inadecuada mano de obra	3		
C10	Intervenciones/retrabajos	2		
C12	Generación de residuos sólidos	2	11	<b>GESTION</b>
C14	Carencia de repuestos en stock	1		
C15	Herramientas defectuosas	1		
C13	Ausencia de formato de supervisión de equipos	3		
C1	Carencia de indicadores de operatividad	4		
C11	Orden y limpieza deficiente	2	6	<b>PROCESOS</b>
C4	Estrés laboral	2		
C5	Entorno disergonómico	2		

Fuente: elaboración propia.



Figura 4. Histograma de causas agrupadas en estratos.

En ella se muestra los puntajes obtenidos, en el área de mantenimiento se concentra el mayor número de las causas asociadas con el problema (110 puntos). En seguida, se analizaron las alternativas adecuadas para solucionar el problema.

**Tabla 6.** *Alternativas de solución.*

ALTERNATIVAS	CRITERIOS				TOTAL
	SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA	COSTO DE LA APLICACIÓN	FACILIDAD DE LA APLICACIÓN	TIEMPO DE APLICACIÓN	
ESTUDIO DEL TRABAJO	1	1	1	1	4
GESTION DE LA CALIDAD	2	1	1	1	5
TPM	2	2	2	1	7
No bueno (0), Bueno (1), Muy bueno (2)					
Los criterios fueron establecidos con el jefe de planta					

Fuente: elaboración propia.

En ella se muestra los criterios que se consideraron para evaluar las tres alternativas propuestas. El TPM obtuvo 7 puntos, la empresa consideró la más adecuada, por lo que se ajusta para solucionar el problema y mejorar la productividad en la línea de molienda, asimismo posibilitará la confiabilidad de sus equipos en sus procesos, además mejorando en el aspecto de costos.

La Gestión de la Calidad obtuvo 5 puntos, la empresa optó no considerarla como prioridad, por lo que no es suficiente para la mejora de la productividad, respecto a las capacitaciones de los trabajadores se les puede instruir para realizar con mejores técnicas de producción, por lo que no es un criterio integral respecto a la productividad.

Finalmente, el Estudio del Trabajo obtuvo 4 puntos, no se consideró como alternativa resaltante, pues es redundante, lo que se busca es la solución directa a la productividad y su mejora.

**Tabla 7.** *Priorizando las causas a través de una Matriz.*

CONSOLIDACIÓN DE LAS ÁREAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	MÉTODO	MAQUINARIA	MEDICIÓN	MEDIO AMBIENTE	NIVEL DE CRITICIDAD	TOTAL DE CAUSAS	PORCENTAJE %	IMPACTO	CALIFICACIÓN	PRIORIDAD	MEDIDAS A TOMAR
MANTENIMIENTO	3	0	36	34	37	0	ALTO	110	87%	10	1100	1	TPM
GESTIÓN	0	2	0	0	7	2	MEDIO	11	9%	9	99	2	GESTIÓN DE CALIDAD
PROCESOS	4	0	0	0	0	2	BAJO	6	5%	5	30	3	ESTUDIO DEL TRABAJO
TOTAL CAUSAS	7	2	36	34	44	4		127	100%				

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada, indica el 87% de criticidad en el área de mantenimiento, en lo cual consideramos como prioridad la aplicación del mantenimiento productivo total.

Identificado las principales causas que originaron el problema y habiendo establecido la metodología a utilizar se planteó el problema de investigación, de esta forma. ¿De qué manera aplicando el mantenimiento productivo total, se incrementa la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021?; de la misma manera surgen los problemas específicos, siendo estos, ¿De qué manera aplicando el mantenimiento productivo total, se incrementa la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021? y ¿De qué manera aplicando el mantenimiento productivo total, se incrementa la eficacia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021?

La justificación es importante para todo estudio y nos muestra por qué se hace una investigación, por lo tanto la justificación práctica se refiere a una manifestación de interés del investigador para incrementar sus conocimientos, de esa manera proveer soluciones a los problemas (Valderrama, 2002, p. 141), este contexto va con la situación real de la organización empresarial en estudio, debido a la existencia de un mantenimiento deficiente, insuficiente conocimiento del personal técnico, carencia de indicadores de operatividad, entre otras causas. En cuanto a la justificación metodológica es la aplicación de instrumentos que serán útiles y soporte para la investigación que integra la solución, para el presente estudio se propone realizar métodos y planes para generar conocimientos y confiabilidad y entre otros procedimientos (Flores, 2017, p. 40), lo cual se ajusta al presente estudio que se basa en el establecimiento de metodologías para la ejecución de actividades propias del mantenimiento productivo total; respecto a la justificación económica, en una investigación de esta naturaleza se basa en hacer uso de sus propios recursos de una organización, maximizando la confiabilidad y a su vez mejorar el plan de mantenimiento, para lograr una óptima productividad y reducción de costos (López, 2018, p. 68), lo manifestado se aplica al presente estudio porque se obtendrá beneficios, producto de la eliminación de tareas innecesarias que repercuten en costos, lo cual contribuye a un incremento en la rentabilidad de la empresa.

Una vez establecido las justificaciones, se procedió a establecer el objetivo general, la cual es, evaluar de qué modo la implantación del TPM incrementa la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021, en cuanto a los propósitos secundarios se planteó de esta manera, evaluar de qué modo la implantación del TPM incrementa la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021 y evaluar de qué modo la implantación del TPM incrementa la eficacia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021.

Para continuar con el estudio, se vio por conveniente establecer la hipótesis general la cual quedó definida de la manera siguiente; la implantación del TPM incrementa la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021, en cuanto a las hipótesis secundarias se planteó de la forma siguiente; la implantación del TPM incrementa la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021 y la implantación del TPM incrementa la eficacia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021.

## II. MARCO TEÓRICO

El marco teórico constituye el soporte de toda investigación, en ese contexto a continuación presentamos los trabajos previos seleccionados para este estudio.

La investigación de Tortorella, *et. al.*, (2021), su objetivo fue, determinar que el TPM fue un estudio diseñado fundamentalmente para maximizar la vida operativa de los equipos para una mejor eficacia en el periodo de su productividad, así mismo implica al pleno de los colaboradores, del nivel más alto hasta el último integrante de la organización. El aporte de los autores es objetiva y determinante en cuanto a la herramienta, ya que enfoca una amplia aplicabilidad y principios en el sector industrial.

En el artículo de investigación de (Hardt, *et. al.*, 2021), su objetivo es analizar el mantenimiento y sostienen como resultado que el mantenimiento en plantas de producción es un tema actual, en vista que la optimización global en el mantenimiento de equipos da como resultado la minimización de sus costos operativos, específicamente en mantenimiento y producción, al mismo tiempo incrementa el potencial productivo y efectivo, por otro lado, minimiza las interrupciones inesperadas en la producción. En esta línea el mantenimiento efectivo consiste en minimizar las averías inesperadas.

En el artículo de investigación de Nallusamy, *et. al.* (2018), establecen que es una técnica resaltante que se desarrolla desde un enfoque del mantenimiento preventivo y gestión de plantas de manufactura, así llegar a la mejora de la eficacia en la producción es uno de los factores más importantes en un proceso industrial.

En su artículo (Meca y Camello, 2020), fijaron como objetivo optimizar el rendimiento de los equipos, estableciendo el mantenimiento productivo total para aumentar la disponibilidad, esta implementación es un factor de mejora de la eficacia global de los equipos, para su estudio utilizaron la recolección de datos en principales industrias brasileñas, realizaron encuestas del cual obtuvieron resultados en sectores metalúrgico, alimentos, textil, electrodomésticos, material

escolar, automotriz y productos químicos, la eficacia global de los equipos con un índice medio de 45.90 % en todo ellos, esto contribuyó en la minimización de averías teniendo un índice de 10.50%, en síntesis que la implementación de la herramienta aumenta la disponibilidad de los equipos.

Sutoni, *et. al.* (2019), en su artículo plantearon como finalidad conocer la importancia de la eficacia global de los equipos, determinando el análisis de las seis grandes pérdidas que implican en el proceso productivo, en el cual se observaron las averías de los equipos y un mantenimiento inadecuado reduce su eficiencia, de acuerdo a su estudio obtuvieron el resultado de 41.63% de eficacia global de los equipos, lo cual indica que su valor de efectividad es baja, frente a un valor de 85% concluye que el mantenimiento productivo total es indispensable en las industrias, así mismo Ali (2019), en su investigación se planteó como finalidad aplicar el mantenimiento productivo total en una organización, en el cual analizó los problemas que ocasionan el tiempo prolongado de espera, haciendo énfasis con los investigadores

Zhang y Chin (2020), quiénes también sostienen que las averías frecuentes de los equipos, entorno de trabajo inapropiado, entre otros factores, originan lo desfavorable en un proceso industrial, con estos se obtuvieron un resultado del valor de 35% en eficacia global de los equipos que es un menor estándar en comparación a la clase mundial del 85 %, se concluye que requiere una mejora en el mantenimiento habitual de los equipos.

Sakti, *et. al.*,(2019), en su estudio científico se plantearon como objetivo principal calcular la eficiencia de los equipos aplicando el mantenimiento productivo total, en ello utilizaron equipos que intervienen en un proceso, a esto se asoció las principales provisiones para reducir las paradas inesperadas, así mismo consideraron la participación del personal involucrado para el funcionamiento de los equipos, con ello se obtuvo un logro de reducción del total de fallas de 25 a 6, los investigadores concluyen afirmando que la eficiencia mejoró en 32% durante la evaluación realizada.

Wulandari y Rimawan, (2018), en su investigación fijaron como objetivo la implementación del mantenimiento productivo total y medir su eficacia y eficiencia para incrementar la efectividad en los equipos en una empresa, los autores realizaron un estudio en un horno de secado de fase de vapor, considerando criterios para un planteamiento de la estrategia para su medición de efectividad se identificaron las seis grandes pérdidas que repercuten en el proceso productivo, del cual se obtuvo resultados que el valor promedio del equipo fue 74.26%, concluyen que se deben realizar acciones correctivas, para una mejora efectiva de los equipos de la empresa.

Galesi, *et. al.*, (2020), en su estudio científico plantearon el objetivo de diseñar un prototipo de administración del mantenimiento, basado en el TPM proponiéndose la finalidad de reducir las averías de los equipos en las pequeñas empresas que procesa calamar gigante, para lo cual ha sido necesario analizar las averías más frecuentes en los equipos que intervienen en el proceso, , luego se obtuvo resultados que produjeron una disminución del 39% que generaban tiempos de inactividad en el proceso, estos también contribuyeron en la reducción de costos de mantenimiento en un 16%, aumentando disponibilidad e incrementando la producción de los equipos en 784 toneladas por año, concluyen que es factible la implementación de esta herramienta.

Gonzales, (2017), en su investigación desarrolló la implantación del TPM en una empresa del rubro pesquero, con la finalidad de prolongar la operatividad de las embarcaciones pesqueras de la misma, por consiguiente, reduciendo costos que incurrían en las paradas inesperadas, de estas se obtuvo resultados operativos con un porcentaje de utilización promedio del 85%, en las cuales se utilizó instrumentos de medición, entre ellos; el grafico de Ishikawa, grafico 80/20 y la constante mejora, concluyendo que es factible la implementación de esta gestión, para optimizar la disponibilidad de la flota de equipos, así mismo contribuyendo en la reducción de costos en la empresa, para este caso se logró una reducción en 15% respecto a los costos iniciales de 198456.78 soles.

Castro, (2020), el autor sostiene que actualmente el sector minero es una de las industrias más rentables en el Perú, esto ha direccionado a las organizaciones a implementar estrategias para mantenerse en el mercado, con una óptima productividad. En las industrias se viven cambios continuos, en esa dirección las empresas tienen la demanda de evaluar y analizar sus procesos operativos con estrategias eficientes, para denotar sus activos con eficacia y eficiencia, en el cual la implementación del mantenimiento productivo total contribuye con sus acciones sistematizadas generando un desarrollo en la competitividad.

Asencios Jara, (2021), en su estudio afirma que las causas principales de contratiempos y enfermedades en las jornadas de trabajo en el Perú, se deben al mantenimiento que se realizan a equipos del sector minero. En el cual el mantenimiento adecuado nos garantiza la operatividad de los equipos, a la vez asegurando la productividad eficiente. Las actividades que comprende el mantenimiento implican múltiples riesgos al personal involucrado, el autor enfatiza que esta estrategia ha venido avanzando en las industrias mineras del Perú, promoviendo la etapa predictivo, planificado y autónomo a los equipos optimizando la eficiencia de su productividad.

Inga y Montoya, (2020), afirman que la justificación y ahorro económico de una empresa fluirá correctamente si se utiliza el mantenimiento productivo total, esta estrategia permite disminuir costos para la realización del mantenimiento correctivo aplicando el mantenimiento preventivo, ya que esta etapa es lo ideal para prevenir fallas y esta debe ser programada cada cierto tiempo, así mismo conlleva a la disminución de costos de horas extras de los trabajadores de la empresa.

De la Cruz, (2017), en su estudio se planteó como objetivo general, administrar el mantenimiento en la zona de pozos mediante el TPM que permita aumentar la productividad de la maquinaria y equipos de bombeo de la empresa en estudio. se utilizó la metodología de observación directa con respecto a la extracción del jugo de caña durante su proceso, de esto se obtuvo un resultado con respecto al incremento de productividad con la contribución del mantenimiento autónomo se logró el 74% de eficiencia, logrando una disminución de tiempo en la operatividad

que fue el aspecto en estudio para mejorar, por consiguiente realizando el plan de mejora se logró 47.4 horas equivalente a 8213.7 toneladas de caña de azúcar que aproxima a 928.33 toneladas de azúcar. Concluye, que al adicionar las pérdidas de toneladas de azúcar en bagazo que aproxima a 553.83 toneladas, el cual alcanza un total de 1479.2 toneladas de pérdidas de azúcar.

El marco teórico constituye el soporte de la investigación científica, por ende se hace necesario presentar a Dounce (2017), quien realiza un análisis del origen del TPM y al respecto manifiesta que aproximadamente un siglo atrás ya se practicaba los conceptos de la división del trabajo, comenzaba a tomarse en cuenta a la maquina debido a que se realizaba actividades de mantenimiento correctivo, además se sumaron ideas de administración científica del trabajo, aplicación de la estadística a la industria y a la calidad; instituyéndose también el ciclo Shewart; en este contexto surgió un número considerable de investigadores, estudiosos y maestros, que se dedicaron a difundir y aplicar estos conocimientos en los diferentes niveles de la industria manufacturera norteamericana a lo largo de dos décadas. Todo ello nos permite afirmar con certeza que éstos fueron los insumos preponderantes que se “fundieron en un crisol” para dar inicio a la era del Mantenimiento Productivo (PM, por sus siglas en inglés), lo cual se grafica en la Figura 5.

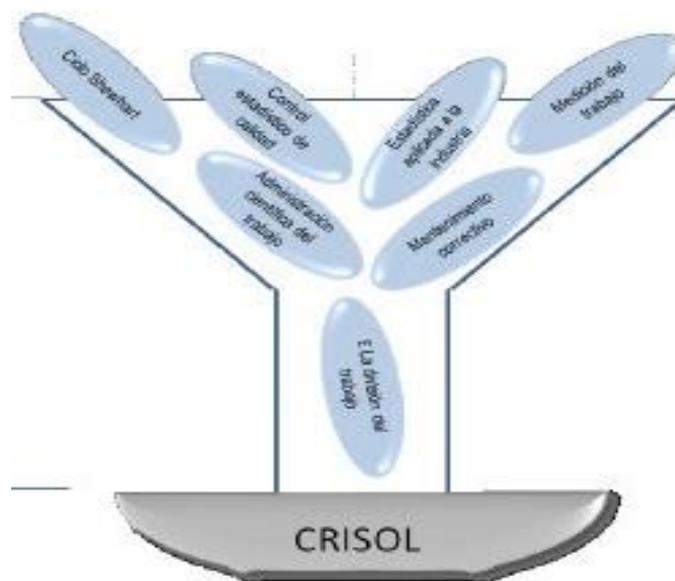


Figura 5. Principales “ingredientes” que intervinieron en la creación del PM.

Japón fue el país donde estos investigadores pusieron en práctica sus principios y planteamientos teóricos y se dieron a conocer en los sectores relacionados con la gran industria, y compartieron sus conocimientos en calidad, en estadística, en mantenimiento productivo, en logística, todo ello con buenos resultados que ya se percibían en el mundo industrial de la época.

El Mantenimiento Productivo tuvo sus inicios en el sector manufacturero, esto debido a que tenía relación directa con la producción del bien y en dicha área se tenía funcionando la maquinaria y equipos, los cuales requerían de labores de mantenimiento, esta actividad se vio facilitada porque ya se tenía conocimiento sólido acerca de la división del trabajo, los principios administrativos aplicados a la industria, el empleo de la estadística aplicada, la generación de calidad del producto y otros factores inherentes al proceso productivo. Sin embargo, lo manifestado no llegaba aún a las áreas relacionadas con la parte administrativa pues se consideraba que estas por no tener maquinaria asignada a su labor no necesitaban del PM, lo cual fue cambiando con el tiempo debido al enfoque global que debería tener el tema de mantenimiento.

Siguiendo con la evolución del PM se estableció que el accionar de toda industria es la de desarrollar su producción de manera integral como si fuera un solo equipo, como un sistema, en donde cada sector involucrado, pudiendo ser, gerencia, dirección, departamento, sección, área, proveedor o colaborador, debe desempeñarse de manera coordinada para generar beneficios, para ello debe utilizar con eficacia los recursos que conforman la organización empresarial. De lo manifestado se hacía evidente que hasta el área más pequeña debía mantener sus propios recursos físicos, su capital de trabajo, pudiendo ser estos, dispositivos tecnológicos, escritorios, instrumentos, estantes, y otros; pues todos estos coadyuvan en la generación del producto y en la satisfacción del cliente tanto interno como externo, que es lo que fundamenta el posicionamiento de la empresa. Por todo lo afirmado, la gestión del mantenimiento productivo debería establecerse para toda la organización empresarial, ya que en toda ella existen activos que mantener. La figura adjunta nos muestra el por qué se le denomina a esta metodología "Mantenimiento Productivo Total".



Figura 6. Estructura orgánica orientada al TPM.

En la década de los setenta del siglo pasado, el investigador del JIMP, Seiichi Nakajima puso en funcionamiento en Japón lo que denominó Mantenimiento Productivo Total (TPM) en esta metodología, todos los colaboradores de la empresa están comprometidos a desarrollar actividades relacionadas con el mantenimiento productivo, lo cual implica incluir en la organización tradicional, un Staff que tenga autoridad para gestionar el TPM. Sin embargo, es necesario clarificar que en las empresas más del 90% de los colaboradores que desarrollan estas funciones son los mismos que ya pertenecen a la empresa y el porcentaje restante lo desarrollará un nuevo personal especializado en la aplicación del TPM. De lo manifestado podemos establecer que el gran salto que propuso Nakajima a la industria global, fue realizar un nuevo proceso de gestión apoyándose en las ideas de la administración científica de Taylor y Fayol, combinando las dos clases de autoridad establecidos, el de línea y de apoyo o staff; considerando la combinación de ambos como un sistema. Lo cual quiere decir que la labor a desarrollar es holística por lo que sus características e implantación deben ser analizadas de manera integral.

Continuando con al aspecto teórico es necesario definir el término mantenimiento, sobre ello se ubicó a Oliveiro (2012), quien afirma que es una serie de tácticas orientadas a mantener las máquinas, equipos, herramientas e instalaciones desarrollando sus funciones asignadas el mayor tiempo posible, de otro lado Cárcel (2014) afirma que, cualquier organización empresarial necesita de un servicio orientado a un mantenimiento adecuado y su desarrollo es singular para cada organización, en la misma línea se tiene a Cuatrecasas (2012) quien dice, que a

través del mantenimiento se desea obtener el máximo rendimiento y la más alta disponibilidad y tiene repercusión en los gastos de operación, en la capacidad de gestionar la respuesta, la calidad y en la seguridad. Para un mejor estudio es necesario establecer su clasificación, al respecto Oliverio (2012) propone los siguientes tipos de mantenimiento:

Mantenimiento preventivo, este se da antes de que ocurra una avería en la maquinaria y equipos, incluye verificaciones preestablecidas, tareas preventivas y predictivas y tiene como finalidad evitar la generación de paradas y fallas en los activos, también se le conoce como proactivo.

Mantenimiento predictivo, es un conjunto de tareas que tiene su fundamento en la detección de averías antes de que estas ocurran, para ello se establecen análisis, mediciones, controles, muestreos y registros utilizando equipos con la tecnología adecuada.

Mantenimiento correctivo, es la actividad que desarrolla reparaciones cuando la maquinaria y equipos ya no son capaces de seguir funcionando y de esta manera se reducen las posibilidades de que la falla vuelva a ocurrir nuevamente; es decir es una reacción ante las fallas, este tipo de mantenimiento es el que más se utiliza en la gran mayoría de organizaciones empresariales.

Mantenimiento planificado, son operaciones planificadas con la finalidad de conllevar a la fábrica rumbo al objetivo que propone el TPM; estas tareas programadas se deben desarrollar por personal especializado en esta metodología y resulta de la integración del mantenimiento especializado y el autónomo, *a este se le conoce también* como mantenimiento progresivo. Para complementar lo dicho se identificó a Rey (2001) quien señala que el mantenimiento plantea como objetivo no solo reparar las máquinas y los equipos, sino además programar y aumentar el índice de productividad; lo cual enmarca al mantenimiento de prevención, con la participación complementaria del mantenimiento correctivo.

Asimismo, se han identificado otros tipos de mantenimiento, de acuerdo con Cárcel (2014), menciona a los siguientes:

Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), es una manera de analizar las fallas en las máquinas y equipos que involucran grandes magnitudes, sus consecuencias y la manera de evitarlos, teniendo como finalidad la reducción de costos, suprimiendo tareas que no son significativas y centrarse en las más preponderantes, así mismo Trashorras (2015) manifiesta que es un programa personalizado por cada máquina y equipo debido a que se basa en identificar las maneras de fallos en potencia y utilizar técnicas estadísticas y tecnológicas que lo prevengan.

Hablando del TPM, esta se fundamenta basa en la máxima utilización de las líneas de producción integradas conformado por la triada hombre-máquina-contexto, esta metodología permite conservar las máquinas y los equipos rindiendo en su máxima capacidad involucrando en ella al talento humano, es decir se fundamentan en el mantenimiento autónomo lo cual permite generar mejoras en la productividad y calidad. Complementando lo afirmado se tiene a Rey (2001) el cual sostiene que el TPM consiste en una serie de operaciones y actividades técnicas que garantizan que las máquinas, equipos, instrumentos, instalaciones incluida la organización puedan ejecutar las tareas establecidas conforme a un plan de producción previsto que este orientado a la mejora continua. Asimismo, afirma que el compromiso se orienta a la filosofía calidad total, es decir cero defectos, accidentes, caídas de equipos y máquinas, todo ello con la finalidad de mejorar la eficacia en el proceso productivo, lo cual permite una reducción de costos e inventarios; con lo cual se logra mejorar la productividad, lo manifestado se refleja en la figura adjunta.



Figura 7. Objetivos del TPM.

De igual manera acerca del TPM se manifiesta que es una filosofía cuya finalidad es sensibilizar a los colaboradores de una organización empresarial para que estos puedan desarrollar labores de mantenimiento como parte de su actividad laboral, para ello se desarrolla un esquema, en donde el mantenimiento es realizado de manera jerárquica, en función del nivel de conocimiento y criticidad del personal, dicho esquema presenta cinco niveles que involucra a las tareas más simples hasta los más complejas, para ello se necesita el soporte del proveedor, (Acuña 2003); el mismo también manifiesta que el mantenimiento productivo total mejora el desarrollo operativo, a través de la eliminación de tiempos improductivos, lo cual implica actividades de mantenimiento eficientes, empleando la planeación y programación de tareas y un manejo eficaz de los stocks, lo descrito se complementa con lo dicho por Rey (2001) que manifiesta que el TPM busca el uso de estándares y la mejora continua a través de una participación plena y sostenible de los colaboradores de la empresa.

En cuanto a los objetivos del TPM se ubicó a Bojorquez (2008) quien establece que estos son: reducción del tiempo de espera, disminución de averías, uso efectivo de los equipos, preservación de los recursos naturales, entrenamiento de los colaboradores, así mismo complementa afirmando que existen objetivos que permiten mejorar el rendimiento de los activos, a los cuales los denomina “tres ceros” y estos son: cero tiempos improductivos no planificados, cero defectos

originados por los activos y cero pérdidas de velocidad de las máquinas y equipos, los cuales al estar malogrados y con falta de mantenimiento inciden en la velocidad de funcionamiento, también adiciona otros objetivos como por ejemplo: mejora de la productividad, suprimiendo las pérdidas de los equipos; aumento de la efectividad de las máquinas y equipos; generación de la mejora continua e incremento de las competencias de los colaboradores en esta metodología.

Así mismo se han identificado las seis grandes pérdidas asociadas a este rubro, siendo estas las siguientes:

**Avería de los equipos causante de pérdidas**, los cuales provocan tiempos desperdiciados en el desarrollo de los procesos sumado a esto el tiempo invertido del técnico buscando solucionar el problema.

**Tiempos de ajuste y reparación de los activos**, que es la suma de los tiempos de paro en el proceso por ajustes e implementación de las máquinas y equipos para ponerlo en funcionamiento, estos se pueden disminuir si las tareas de preparación se realizan en el momento en que los activos se encuentran detenidas.

**Paradas cortas y tiempo en vacío**, este tipo de pérdidas no malogran el equipo y se ocasionan generalmente por obstrucciones o esperas, y son intervalos de tiempo en que los activos se encuentran en espera para continuar funcionando.

**Velocidad reducida en su funcionamiento**, generalmente causadas por la disminución de la velocidad, establecida para minimizar pérdidas por fallas o defectos en la calidad del bien.

**Reprocesos y defectos de calidad**, ocasionados por la producción de bienes que no cumplen con los estándares de calidad y deben ser reprocesados lo cual genera pérdidas a la empresa

**Arranque de operación**, los cuales se generan en el inicio del proceso de transformación, desde el arranque de operación de la máquina hasta el logro del equilibrio de la misma, incluyendo la etapa de prueba.

También se han identificado al soporte de esta metodología, a los cuales se les conoce como pilares del TPM y estos son pieza principal para su implantación, estos pilares establecidos por el (JIPM) el Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta son:

**Mejoras enfocadas o Kaizen**, su finalidad es optimizar la Eficiencia General de los activos, eliminando las grandes pérdidas, sus principios son: plan de mejora, trabajo en equipo, uso de herramientas pertinentes para determinar el origen de la falla.

**Mantenimiento Autónomo**, consiste en que cada colaborador diagnostique y prevenga las posibles averías de su equipo para alargar la vida efectiva del activo, estas acciones se realizan siguiendo especificaciones preestablecidos con apoyo del personal involucrado del área.

**Mantenimiento Planificado o Progresivo**, busca incrementar la eficacia del sistema eliminando las averías de los activos, utilizando acciones sistemáticas y ordenadas, reflejada en, acciones de mejora, prevención y predicción

**Capacitación**, su finalidad es aumentar las competencias de los colaboradores responsables del mantenimiento de los activos, a través de un adecuado procedimiento orientado a los procesos en los que se desempeñan, lo que se busca es que cada colaborador mantenga al día su propio equipo.

**Control de inicio**, orientado a la mejora de las actividades que se generan en la fase de diseño, ejecución y funcionamiento, lo que busca es reducir la frecuencia de deterioro y reducir los costos de mantenimiento, con el apoyo de formas de gestión de la data que incluye, información, mantenimiento e ingeniería de la calidad.

**Mejoramiento para la calidad**, en ella se ejercen actividades de prevención para conseguir productos de calidad, siguiendo la filosofía cero defectos, ello se consigue a través de la búsqueda de una mejora continua y optimización de los procesos.

**Mantenimiento en áreas administrativas**, se busca reducir pérdidas de información y mejorar la coordinación; utilizando técnicas de mejora, orientada a la estandarización de métodos, al mantenimiento autónomo, es decir se transporta los

planes de mejoramiento y administración al área de oficinas. Buscando de esta manera, fortificar las áreas logrando un equilibrio entre las actividades operativas y soporte.

**Seguridad, salud y medio ambiente**, la finalidad es establecer un sistema que administre de manera integral la seguridad, salud y ambiente laboral, evitando accidentes y contaminación.

Para la implantación del TPM se establece cuatro fases, las cuales se subdividen en doce etapas que incluyen el inicio y la consolidación del proceso según lo establece Cuatrecasas y Torrell (2010), estas son las siguientes:

### **Fase de preparación**

1° Etapa, enunciado por parte de la dirección de implementar el TPM, los directivos informan a los involucrados de la empresa a través de sus líderes internos o grupos de interés, la disposición de implementar el TPM, esto implica generar un ambiente motivador y de compromiso de los miembros de la alta dirección y el involucramiento del capital humano de la organización.

2° Etapa, consiste en desarrollar campañas de sensibilización a manera introductoria sobre el TPM, ello implica difundir en los diferentes niveles programas de instrucción, capacitaciones y difusión informativa con el objetivo de instruir al capital humano sobre sus beneficios y responsabilidades que genera la aplicación de esta metodología.

3° Etapa, estructura promocional del TPM, se basa en desarrollar acciones trabajando en equipo; para incentivar una comunicación asertiva se forma un equipo de coordinación de implementación, los cuales además designaran equipos de trabajo.

4° Etapa, establecimiento de metas y políticas para el mantenimiento productivo total, en esta parte se fijan los fines a conseguir, los cuales deben ser, precisos, transparentes y cuantitativos, como por ejemplo el porcentaje de disminución de averías, de disponibilidad y las directivas a cumplir.

5° Etapa, diseño de un programa maestro, el cual debe contemplar un plan diario de difusión que sensibilice acerca de la introducción de la implementación y el aumento de la efectividad, asegurar nuestra calidad, el mantenimiento autónomo, mantenimiento planificado y un programa de capacitación.

### **Fase de introducción**

6° Etapa, lanzamiento introductorio, viene a ser el primer paso para la cristalización del TPM, es en esta fase en que los colaboradores comienzan con la aplicación de la metodología.

### **Fase de implementación**

7° Etapa, mejorar la Eficiencia y eficacia del equipo, en esta parte el personal en pleno de la organización empresarial; gerentes, supervisores, ingenieros, supervisores de mantenimiento, técnicos y operadores integran equipos con el objetivo de inspeccionar los activos que generan retrasos como desperdicios de tiempo (cuellos de botella) y generando mejoras de manera constante conseguir la reducción de las pérdidas más importantes.

8° Etapa, desarrollar un mantenimiento autónomo planificado, esto constituye una tarea diaria de mantenimiento por parte de los responsables que operan la maquinaria y equipos, esto implica hacerles conocer que son ellos los encargados de responder por sus máquinas, en esta operación se identifican siete pasos y una supervisión permanente, los pasos son:

- a. Inspección permanente del aseo, viene a ser la reducción y eliminación del polvillo y suciedad del ambiente de trabajo, de la misma manera ubicar y corregir omisiones.
- b. Asumir medidas de diagnóstico y establecer cambios positivos en las áreas de complicado acceso.
- c. Formulación y monitoreo de especificaciones de pureza, engrase y ajuste.
- d. Monitoreo, seguimiento y control total, luego de la sensibilización y capacitación del personal involucrado.
- e. Evaluación interna y personal, con el objetivo de que los colaboradores detecten y corrijan las fallas de la máquina y del equipo.

- f. Establecer y cumplir las acciones de control.
- g. Vigilancia totalmente autónoma, para dar continuidad a las etapas anteriores.

9° Etapa, establecer un plan y cronograma de mantenimiento, esta se fundamenta en el cumplimiento de una serie de actividades periódicas de manera recurrente en el área de estudio y se deben de coordinar con las actividades relacionadas con el método autónomo.

10° Etapa, capacitación para incrementar competencias de mantenimiento y operación, el factor humano es fundamental para implementar esta metodología por esta razón que en las primeras etapas se capacita y se les forma al personal, asimismo, propone que empezado el TPM se hace indispensable evaluar permanentemente a los colaboradores y formarlos para la siguiente etapa.

11° Etapa, generación de un plan y cronograma de seguimiento inicial de máquinas y equipos, esto implica el diseño de un plan y cronograma de administración que preestablezca el modelo de mantenimiento, desde la instalación pasando por inspecciones, revisiones, reajustes, reparaciones, lubricación, entre otros.

### **Etapas de fortalecimiento**

12° Etapa, fortalecimiento del TPM y establecimiento de los objetivos, esta última etapa tiene por finalidad establecer y estandarizar las mejoras logradas en cada una de las etapas anteriores, también es necesario que el capital humano adquiera conocimientos de la evolución lograda y que se adopte la filosofía de mejora continua

El TPM para su adecuada evaluación y control se compone de dimensiones que son características muy importantes para su medición. Todo ello forma parte de la mejora del rendimiento de las máquinas y equipos, lo cual asegura la mejora de la calidad y productividad. Estas dimensiones relacionadas directamente con el TPM son:

### **Mantenimiento Autónomo**

De acuerdo con Hohmann, 2017, p. 1, esta dimensión establece como propósito seleccionar un capital humano involucrado y comprometido con el desarrollo de actividades de mantenimiento inicial y primario.

El indicador que nos permite medir esta dimensión es el grado de confiabilidad, el cual tiene la siguiente fórmula.

$$ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$$

ABM= Actividades básicas de mantenimiento

ABMP= Actividades básicas de mantenimiento programadas

ABMR= Actividades básicas de mantenimiento realizadas

### **Mantenimiento Planificado**

Tomando como referencia a Alavedra, 2016, p. 12, la presente dimensión consiste en el monitoreo previo de los equipos y maquinas con la finalidad de proceder a los reemplazos de los componentes identificados sin necesidad que estos colapsen; para conseguir esto se hace necesario especificar las características técnicas de las máquinas y equipos utilizando los manuales respectivos.

El indicador que nos permite medir esta dimensión es el cumplimiento de actividades del mantenimiento planificado, el cual tiene la siguiente fórmula.

$$CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$$

CAMP= Cumplimiento de actividades de mantenimiento planificado

PMP= Plan de mantenimiento programado

PMR= Plan de mantenimiento realizado

En cuanto a la variable dependiente Productividad se ubicó a Carro y González

(s.f., p. 1) quienes afirman, que es la relación del número de bienes y servicios elaborados y la cantidad de recursos empleados. La cual se transforma en la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

Lo expresado líneas arriba concuerda con lo manifestado por Domínguez y Huertas (2015) quienes afirman que es la relación entre las salidas conocidas como output, o sea volumen de producción, y los inputs, o sea factores productivos.

Sin embargo, Eroles *et al.* (2008) establece que la variable productividad se calcula multiplicando sus dos componentes que vendrían a ser sus dimensiones, eficiencia y eficacia:

$$Productividad = Eficiencia * Eficacia$$

Asimismo, se ubicó a Mauricci y Medina (2014) quienes al respecto afirman que es la intervención de la eficacia y la eficiencia; esto debido a que cuando se habla de eficacia, se involucra con el resultado reflejado en el desempeño y cuando se evalúa la eficiencia se establece como la utilización óptima de recursos. Lo afirmado se complementa con Acuña (2009) quien propugna que la variable productividad se incrementa cuando se eliminan la improductividad de los tiempos y las paradas de máquinas y equipos.

Para establecer la medición de la productividad es necesario dividir en sus componentes, las cuales para el presente estudio constituirán las dimensiones, al respecto se ubicó a Parrales y Tamayo (2012) quienes afirman que, con la finalidad de medir los resultados logrados en la empresa consideraremos a la productividad como la multiplicación de la eficiencia por la eficacia.

En cuanto a la eficiencia, se ubicó a Huertas y Domínguez, 2015, p. 61 quien establece que se optimiza esta cuando el resultado que se busca se obtiene con el uso óptimo de entradas (inputs), lo cual se relaciona directamente con la generación de outputs con el uso mínimo de inputs, lo cual se interpreta como el logro de los objetivos propuestos con el uso mínimo de los recursos disponibles (Benavides,

2012, p. 12), asimismo el mismo autor en cuanto a la eficacia, afirma que viene a ser la consecución de los objetivos preestablecidos, lo cual requiere enfocar los esfuerzos en las actividades que se hacen necesario y llevarlo a ejecución para conseguir las metas fijadas previamente.

Continuando con el análisis de la productividad, se encontró a Prokopenko (1989) quien señala que existen diversas determinantes que inciden en la variabilidad de la productividad de una organización empresarial, establece que se han identificado dos categorías de factores, siendo esta; los internos y los externos. Esta propuesta para una mejor ilustración se presenta en la figura adjunta.

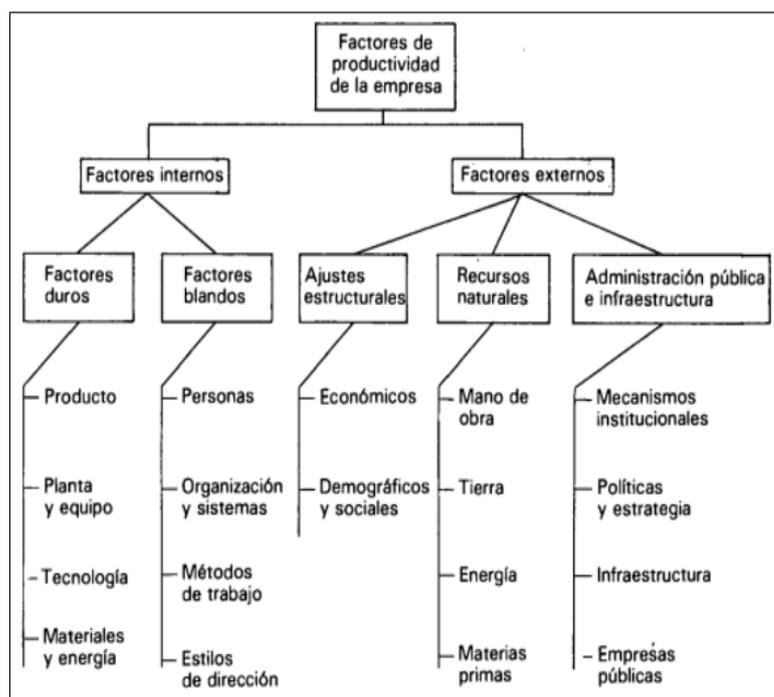


Figura 8. Factores de la productividad.

Respecto a la figura mostrada se establece para su análisis lo siguiente:

Factores internos son aquellos que se encuentran bajo el control de la organización empresarial y más específicamente existen algunos de estos que pueden sufrir una modificación más fácilmente que otros; por esta razón se sub dividen en dos, duros y blandos. Los factores duros, son aquellos que no son fácilmente modificables, por ejemplo, la tecnología, los materiales, el producto, la planta y los activos; y los

factores blandos, son aquellos que son normalmente adaptables es decir se pueden modificar, por ejemplo, la fuerza de trabajo, formas de operación y estilos de gestión.

Factores externos, son aquellos que se encuentran fuera del alcance de la empresa (Prokopenko, 1989).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño y tipo de estudio**

##### **Clase de estudio**

Esta investigación tomando en cuenta su enfoque fue cuantitativo, debido a que hará uso de la recogida, análisis e interpretación de datos con la finalidad de responder las interrogantes de investigación, además de validar las hipótesis planteadas, asimismo hará uso de la medición cuantitativa, el empleo de la matemática y estadística para conseguir establecer de manera exacta estándares en la población en estudio (Gómez, 2000).

El estudio atendiendo a su finalidad fue aplicada, ello porque a través de la implantación del TPM se solucionó el problema de la productividad en la línea de producción, generando beneficios para la organización empresarial. El objetivo del estudio es minimizar problemas de aplicación práctica, aplicando los conocimientos que establece el sustento teórico a utilizar, (Valderrama, 2014).

Asimismo, el estudio por su nivel será inicialmente descriptiva, debido a que se describirán las características elementales de las causas que originan el problema a solucionar, esto concuerda con lo manifestado por Bernal (2010), será descriptiva dado que emplea características esenciales, detalles y categorías del objeto de estudio, de la misma manera será explicativa debido cuando se realiza la investigación se establece el porqué de los elementos, cosas, situaciones, fenómenos, etc. (Bernal, 2009).

##### **Diseño de investigación**

Del mismo modo el estudio tendrá un diseño cuasi experimental, porque según Bernal (2009) en este diseño el que desarrolla la investigación tiene poca o ninguna influencia sobre las variables en estudio, y las personas u objetos que son parte de este, se asignan al azar a los grupos en estudio, asimismo es posible utilizar previamente un equipo o grupo de control. Para desarrollar el método se utilizó una confrontación de promedios con los resultados que se obtuvieron en el pre y post de la implantación, los grupos de análisis fueron equivalentes y se utilizan de manera periódica no secuenciales. En cuanto a su alcance temporal, será

longitudinal pues para Valderrama (2002) en este se analizarán las modificaciones a lo largo del tiempo o en puntos pre establecidos para poder evaluar los cambios ocurridos, así como las consecuencias.

### **3.2 Operacionalización de las variables**

Se conoce como variable a los atributos, propiedades o características que pueden ser variados, que se manifiestan a través de cantidades o cualidades de poblaciones que se evalúan con la finalidad de analizarlos y generar diversos valores. (Ríos, 2017). El presente estudio identificó por su función, las siguientes variables:

#### **Mantenimiento Productivo Total**

Es una serie de operaciones y actividades técnicas que garantizan que los equipos, máquinas, instrumentos e instalaciones incluida la gestión empresarial puedan ejecutar las tareas establecidas conforme a un plan de producción previsto que este orientado a la mejora continua (Rey, 2001).

#### **Productividad**

Es una visión sistemática del aprovechamiento de los insumos usados para maximizar la producción o su aumento de manera global, instituyendo dos factores como componentes o dimensiones, la eficiencia y la eficacia de acuerdo con (Baca, 2014).

**Concepto operacional**, suma de componentes que establecen las actividades comprendidas en su definición conceptual y que establece de qué manera se medirá o manipulará las variables en estudio. (Ríos, 2017)

**Dimensiones**, son los componentes específicos, llamados también subvariables que especifican el comportamiento o desempeño de las variables en estudio. (Ríos, 2017)).

## Mantenimiento Productivo Total

Establece como dimensiones al mantenimiento autónomo y al mantenimiento planificado los cuales a través de sus indicadores permiten medir su desempeño, siendo estas:

Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento Planificado
$ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$	$CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$
ABM= Actividades básicas de mantenimiento	CAMP= Cumplimiento de actividades de
ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas	mantenimiento planificado
ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas	PMP= plan de mantenimiento programado
	PMR= plan de mantenimiento realizado

## Productividad

La productividad es la suma de la eficiencia y eficacia los cuales se miden a través de sus índices que constituyen sus indicadores, los cuales con sus fórmulas tienen una escala de razón

Para la productividad, se definieron las dimensiones siguientes:

**Eficiencia**, evalúa un sistema en cuanto a su capacidad y su relación con el logro de sus objetivos de productividad establecidos, racionalizando el uso de los recursos. (Baca, 2014).

**Eficacia**, la capacidad de lograr el efecto de productividad a partir de la planificación que se desea o se espera. (Cruelles, 2014),

**Indicadores**, es la cuantificación numérica de las dimensiones para comprobar los efectos de la averiguación más allá de un estudio de las variables. (Baena, 2017).

Los indicadores de la productividad son:

<p>Eficiencia</p> $NEFM = \frac{TRM}{TTM} * 100$ <p>TRM=Tiempo real de mantenimiento TTM=Tiempo total de mantenimiento</p>	<p>Eficacia</p> $NEFCM = \frac{MR}{MP} * 100$ <p>MR=Mantenimientos realizados MP=Mantenimientos programados</p>
--	---

En cuanto a la operacionalización de las variables, estas se presentan en los anexos, también se muestra la matriz de consistencia.

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

De acuerdo con Ríos (2017), la población, considera al total de seres o de elementos o individuos, con caracteres similares los cuales están sometidos al análisis dentro de un contexto, lugar y periodo determinado.

Por lo tanto la población para el presente estudio estará representada por la producción diaria de concentrado de hierro. Para una medición más real y confiable de la productividad se estableció dos criterios.

El criterio de inclusión; al respecto se consideraron los datos registrados dentro de un turno normal de trabajo de veinticuatro horas diarias, de lunes a domingo.

Para el desarrollo de esta investigación no se ha considerado trabajar con una muestra, por la naturaleza de los datos a recopilar.

Unidad de análisis

Fue considerada la línea de molienda de concentrado de hierro.

### 3.4 Técnicas empleadas y herramientas de recogida de datos

#### Técnicas empleadas

Tomando como referencia a Ríos (2017), es la forma de representar el componente abstracto del estudio y es utilizada para la recogida de datos cuantificables, los cuales son sometidos al análisis e interpretación con ayuda de la estadística. Las técnicas utilizadas fueron:

**Observación**, es una forma de registro de la información primaria respecto a un acontecimiento o fenómeno real, sin que ello signifique realizar inferencias. (Ríos, 2017); para este caso se empleará la observación directa del proceso de molienda; lo cual se registra en los instrumentos de recolección de la eficiencia, eficacia y productividad.

**Análisis documental**, es aquella técnica que se utiliza para recolectar información que se encuentra en documentos o archivos, por ejemplo; registros, expedientes, bitácoras, informes, que sirve como fuente de información, para el caso del estudio; Se utilizará el análisis documental, con información de la empresa sobre datos cuantitativos de producción en la producción de concentrado de mineral.

Establecido la técnica a utilizar, es necesario elaborar los instrumentos a emplearse en este proceso de recolección de datos, para ello se define lo siguiente: Es una herramienta específica que usará el investigador para recoger y registrar información cuantitativa del objeto de estudio. (Ñaupas, 2015).

En este estudio se utilizaron las siguientes herramientas:

**Formatos de recolección de datos**, que sirven para registrar la información observada en los procesos con los que se trabajó durante la investigación

**Formato de observación**, sirvió para registrar el dato resultado de la observación de fenómenos y de actividades que se desarrollaron a lo largo del estudio.

Respecto a la validación de los instrumentos se referenció a Ñaupas (2015) el cual establece como nivel o grado de autenticidad, precisión, eficacia o autenticidad de

la herramienta utilizada para controlar las variables. Para el presente estudio se validó los instrumentos de recogida de información a través de juicio de expertos, que fueron tres docentes investigadores de la Universidad César Vallejo.

**Tabla 8.** Validación de juicio de expertos.

Experto		Factores						Oión	
		Pertinencia		Relevancia		Claridad		Aplicable	
		Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
01	Lino Rodriguez Alegre	X		X		X		X	
02	Leonidas Benites Rodriguez	X		X		X		X	
03	Jose Rivera Rodriguez	X		X		X		X	
<b>RESULTADO</b>		<b>Si</b>		<b>Si</b>		<b>Si</b>		<b>Si</b>	

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la confiabilidad de la información y de las herramientas utilizadas se sustentó en Hernández (2017), quien refiere como la consistencia de la información o datos recogidos y lo relaciona específicamente con la técnica utilizada y, sobre todo, con los instrumentos usados en el estudio el cual se aplica repetidamente a los mismos elementos arrojando resultados similares, lo cual significa que es confiable. (Hernández, 2017).

### 3.5 Procedimientos

En esta parte del estudio se tomó a Ríos (2017), quien afirma que este paso incluye el planeamiento de las actividades a desarrollar con el uso de las herramientas de recogida de información cuya finalidad es identificar, recolectar, procesar y analizar la información cuantitativa generada en la investigación.

Las etapas comprendidas en el procedimiento a desarrollar en esta investigación son los que se detallan a continuación:

#### **Etapas I: Identificando la problemática**

En esta etapa, se utilizaron diferentes herramientas de la ingeniería industrial para identificar el problema y definir las prioridades del proyecto. El objetivo del diagrama de Ishikawa es identificar las principales causas de la baja productividad en el

negocio, que luego se tabulan de mayor a menor frecuencia, trazadas en un diagrama de Pareto. Se ha elaborado una matriz de prioridades, identificando la mejor alternativa metodológica que permita reducir las causas, que permitió mejorar la producción efectiva en la empresa minera en estudio.

### **Etapa II: Recolección y procesamiento de datos**

Se trata de la recopilación de datos previos a la prueba, acerca del mantenimiento productivo total, de los trabajos realizados y datos recopilados posteriores a la prueba que demuestren una mejora significativa en la productividad. Con los datos obtenidos se realizó un análisis descriptivo e inferencial, con la ayuda del software SPSS V24, esto nos permitirá verificar la hipótesis planteada en los resultados de la escala o informe.

### **Etapa III: Discusión y conclusiones**

Se discuten los resultados, los cuales serán comparados con los resultados de trabajos previos o antecedentes, para finalmente formular las correspondientes conclusiones y recomendaciones del presente estudio investigativo.

## **3.5.1 Situación actual**

### **Información general de la organización empresarial**

Shougang Hierro Perú S.A.A. con RUC 20100142989, es una organización empresarial del sector minero que excava, manufactura y comercializa el material de hierro, desde sus canteras ubicadas en la región de la costa del país, al sur de Lima a aproximadamente 530 kilómetros de distancia, en el distrito de Marcona, provincia de Nazca, en la Región Ica, desde donde se generan concentrados de alta gama para la fabricación de sus productos. La corporación minero metalúrgico en estudio establece tres áreas, las cuales son:

### **Sector Mina**

Con cerca de 150 kilómetros cuadrados de expansión, es un lugar de exploración y explotación regular de minerales por sistema de tajo abierto; Perforación y perforación, para que posteriormente la roca mineral sea transportada por

excavadoras y volquetes con capacidad de hasta 150 toneladas hasta la trituradora, donde luego del proceso de trituración se apilan los minerales y luego se transportan a San Nicolás, a través de una faja de aproximadamente 15,3 toneladas. km de longitud, con una capacidad de 2000 toneladas / hora.

### **Sector San Nicolás**

Esta es la zona beneficiaria, donde los minerales pasan por una serie de etapas hasta convertirse en uno de los productos comercializados por la Compañía; Por este motivo, en esta zona se encuentran las siguientes instalaciones:

Planta de chancado secundario, donde los minerales se reducen aproximadamente en un 95%, por consiguiente se transfiere a la Planta magnética o concentración, aquí el mineral continúa su trituración y concentración a través de ciclones, separación magnética y flotación, separación aséptica del mineral (no utilizado en el proceso de producción) del mineral de hierro, que luego se divide en dos tipos de productos, uno llamado Concentrado de Hierro de Alta Calidad para sinterizar y el otro utilizado para alimentar plantas de granulación.

En esta área tiene un muelle con una extensión de aproximadamente 330 toneladas, capaz de recibir buques de gran tonelaje, debido a la profundidad del mar, además de ser un puerto con certificados internacionales de respaldo y seguridad para todos nuestros clientes.

### **San Juan**

Es aquí donde se ubica el campamento minero y las oficinas administrativas, encargadas de controlar y velar por el adecuado cumplimiento del cronograma de sus operaciones y relaciones con los trabajadores y socios estratégicos, así como con la comunidad en general y su ámbito de influencia, contar con la presencia de Shougang Hierro Perú S.A.A. en la región Ica, es cada vez más beneficioso para todos.

Por otro lado, la Compañía tiene su sede descentralizada en la ciudad de Lima,

donde se realizan los trámites administrativos con las respectivas agencias gubernamentales, además de contactar a clientes y proveedores.

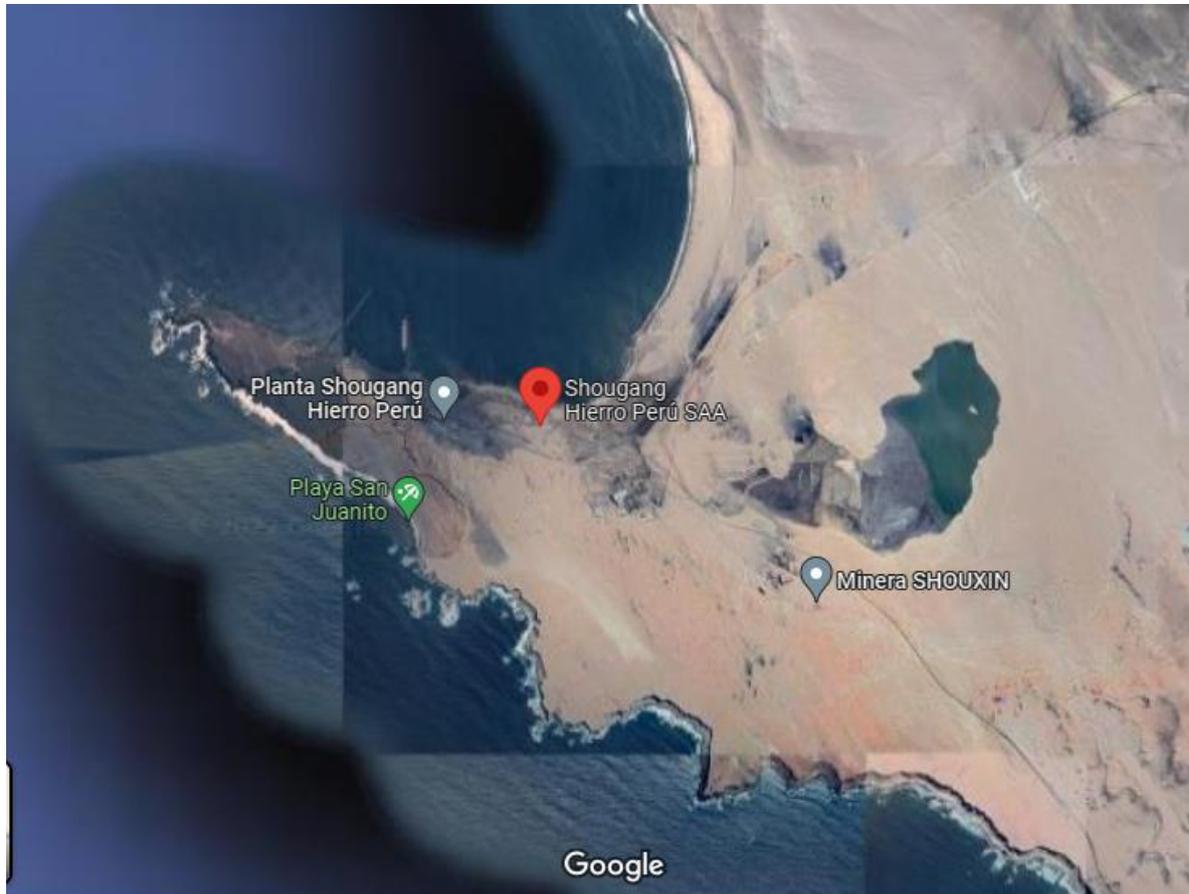


Figura 9. Ubicación geográfica Shougang Hierro Perú S.A.A.

#### Reseña histórica.

En el año de 1870 investigadores descubrieron un yacimiento de hierro en Marcona y se determinó que la mina tenía una mayor concentración de mineralización de hierro que otros componentes metálicos, luego de lo cual el gobierno realizó un estudio. Una investigación exhaustiva condujo a que el estado se reservaba el derecho de exploración y explotación de las zonas mineras, para ello creó una Comisión Minera y Siderúrgica Nacional, que por esa época se hizo cargo de la empresa minera.

De lo acontecido sirvió como un aviso, ya que la minera quedó paralizada hasta 1932, cuando a través de la Ley N ° 7656, se facultaba al ejecutivo a desarrollar las operaciones en dicha minera, unos años después se desarrollaron los iniciales estudios de factibilidad para el funcionamiento de una empresa siderúrgica que utilice el mineral de hierro de la mina en mención.

Para esto se fundó la Corporación Peruana de la Santa, teniendo como objetivo primordial la puesta en marcha de una empresa siderúrgica en Chimbote, todo ello a partir de la explotación de las minas de carbón de la Cuenca Santa y el mineral de hierro del yacimiento minero Marcona.

A partir de 1952 se tomó la decisión de iniciar la producción de acero en el Perú, para ello se buscó como socios a la Corporación Santa y la Constructora UTA., juntamente con las minas de Marcona; resultando de dicha fusión Marcona Mining Company.

Posteriormente bajo el gobierno militar de Velasco Alvarado, se nacionalizó la mina Hierro de Marcona, y se conforma la Empresa Minera estatal de Hierro Perú, la situación financiera de Hierro Perú fue nefasta, y por esta razón se declaró en estado de emergencia la operación minera nacional, a partir del cual se deben elaborar planes de reestructuración de sus operaciones con el fin de reducir su costos, finalmente a comienzos de 1992 el gobierno de turno, declaró a la empresa Hierro Perú en situación de emergencia con el objetivo de generar la racionalización de la empresa, reestablecer sus actividades y generar la futura exploración y explotación de los yacimientos de Marcona.

En ese mismo año y tomando como referencia la recomendación del asesor financiero (First Boston – Macroconsult) el comité de privatización emite la aceptación legal para aceptar a Shougang como empresa precalificada, posteriormente al concluir el proceso se declaró como ganador a Shougang por US \$ 311,8 millones que se dividió en, monto dinerario: US \$ 120 millones; monto de inversión: US \$ 150 millones en tres años y asunción de pasivos: US \$ 41,8 millones.



*Figura 10.* Zona de explotación Shougang Hierro Perú S.A.A.

#### Visión

Alcanzar estándares altos de calidad, seguridad y conservación del medio ambiente en todos sus sistemas, procesos y productos; con la finalidad de ser resaltada como unas organizaciones de clase mundial y de las más competitivas en el mercado mundial de este mineral; desarrollando de manera simultánea el factor humano.

#### Misión

Ser una empresa proveedora de hierro que practica la mejora continua mediante sus operaciones seguras, confiables y respetuosas del medio ambiente, que involucre a todos sus sistemas y procedimientos logrando un alto nivel de competitividad y contribuyendo con ello al desarrollo socioeconómico de la región y el país.

## Gobierno corporativo

En la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A., nos comprometemos con la generación de desarrollo y adopción de lineamientos, políticas y procedimientos que nos permitan generar máximo valor para nuestros inversionistas, clientes, proveedores, contratistas, las comunidades de nuestro entorno y los stakeholders.

Nos planteamos como nuestro principal objetivo generar la mejora continua en las prácticas de Buen Gobierno Corporativo, según lo establecido en el “Código de Buen Gobierno Corporativo para las Sociedades Peruanas”.

## Organigrama de la empresa

La estructura organizativa de la empresa se compone de niveles de acuerdo a su importancia en; Directorio; Subgerencia; Gerencia de Operaciones; Gerencia de Administración; Gerencia de Materiales; Gerencia de Costos y Presupuestos y Gerencia de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente, con ello se establece el Organigrama General.

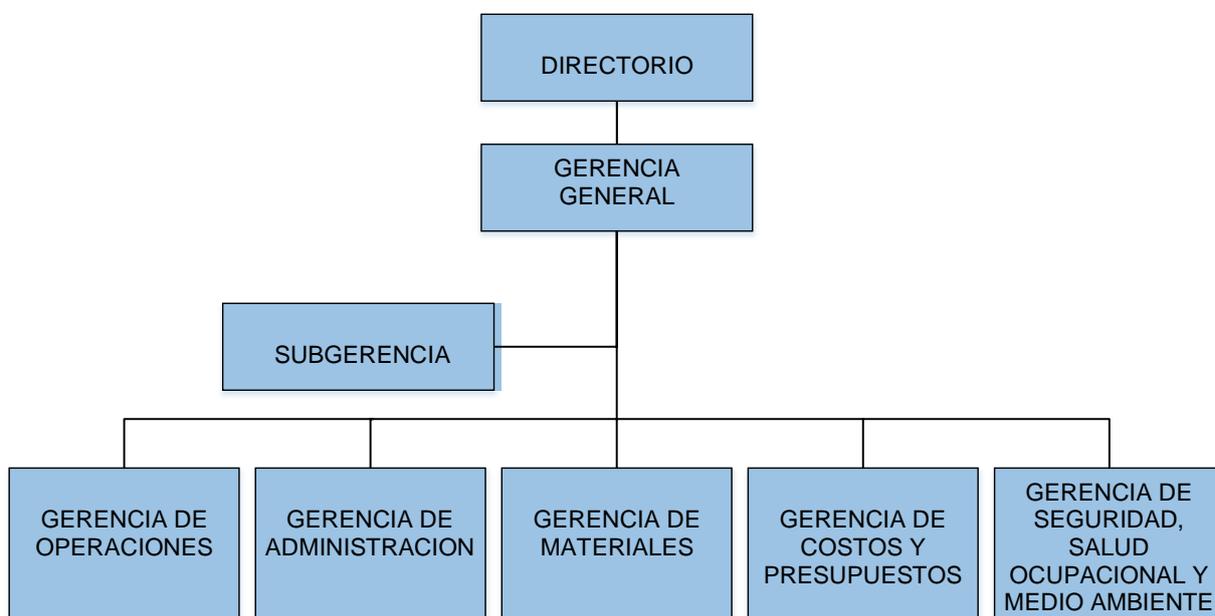


Figura 11. Organigrama general de la empresa.

## **Unidad de análisis**

La línea de molienda de concentrado de hierro se constituye como una de las partes más importantes del proceso en la empresa minera en estudio, debido a que es la encargada de proveer el insumo al área de filtrado sin la cual el proceso se detendría y además porque en esta línea se encuentran equipos que intervienen en el proceso de obtención de concentrado de hierro, por esta razón esta línea de producción no debe de tener paradas ni demoras si no se quiere afectar la continuidad de la producción en la empresa en estudio.

## **Detalle del proceso de producción**

### **1. Exploración**

Se fundamenta en la búsqueda y ubicación del terreno o yacimiento, con la finalidad de identificar las características cualitativas y cuantitativas del mineral del hierro.

### **2. Perforación**

Es la etapa en que se desarrolla la perforación del suelo (vetas de mineral) para conseguir los taladros, se generan dos tipos de perforación: Primaria y Secundaria.



*Figura 12.* Equipo de perforación.

### 3. Disparo

Este subproceso comprende la recarga de los taladros con la combinación explosiva consistente en nitrato, aluminio, petróleo y fulminantes. De la misma manera se extiende la malla de guías con pólvora y se insertan los retardadores, de acuerdo a un diseño previo.

### 4. Carguío

En esta etapa del proceso se realiza el carguío de los recursos materiales. Esta operación es realizada por las palas mecánicas y/o cargadores frontales, cuya capacidad de balde es de 30 toneladas. Las palas mecánicas se mueven por medio de orugas y deben su funcionamiento a la energía eléctrica. Asimismo, los cargadores frontales se mueven utilizando ruedas y su funcionamiento es con combustible. Estas maquinarias y equipos se encuentran congregados por flotas debido a sus características singulares.



*Figura 13.* Carguío de materia prima.

## 5. Acarreo

En esta operación se desarrolla el traslado de recursos materiales de minas o canchas con destino a las plantas o canchas de almacén. Esto se realiza con vehículos que tienen un gran volumen de carga; estos siguen rutas predeterminadas para arribar a su destino.



*Figura 14.* Acarreo de materia prima.

## 6. Chancado primario (mina)

En esta parte del proceso se desarrolla el triturado de minerales y baja ley. Para ello es necesario utilizar dos plantas chancadoras; Planta 1: Chancado de Mineral y Planta 2: Chancado de Mineral y baja Ley; el tamaño máximo del mineral chancado debe ser de 5”.



*Figura 15.* Descarga de materia prima en chancadora primaria.

## 7. Envío de crudos

En esta parte del proceso se desarrolla el traslado del recurso mineral de plantas de la mina rumbo al stock de crudos de Planta Beneficio. Para ello es necesario intervenir el Conveyor que está compuesto por segmentos de faja en una dimensión total de 18.5 Kilómetros; las fajas utilizan motores eléctricos para su funcionamiento.



*Figura 16.* Envío de crudos a través de faja transportadora.

## 8. Chancado (San Nicolás).

Esta parte del proceso es donde el recurso mineral se reduce de tamaño conforme a las especificaciones técnicas según la clase de mineral, para luego ser utilizado en el proceso de beneficio o concentración. Cabe mencionar, este proceso se compone de Proceso de Chancado Primario y Secundario del recurso, inicialmente se desarrolla en la Mina, en la cual se debe obtener un diámetro máximo de 4", el cual es trasladado a la Planta de San Nicolás por un sistema de fajas transportadoras o conocida como Conveyor. Cuando llega al área de San Nicolás es acumulado en las Canchas de Stock de Crudos, según el tipo de mineral.

De las explanadas se envía a la Planta Chancadora, en ella se generan dos líneas de producción: primaria y secundaria, en las cuales se desarrolla el proceso de

chancado. Posteriormente el mineral triturado continúa por un proceso de clasificación de zarandas; a partir del cual el material es depositado en nueve silos clasificados por el tipo de mezcla, de acuerdo a la producción planificada. La infraestructura de instalaciones de planta chancadora comprenden; Stock de crudos; Planta de chancado N° 1 trabaja en circuito abierto y/o cerrado y Planta de chancado N° 2 trabaja en circuito abierto.



*Figura 17.* Planta chancadora área San Nicolás.

## **9. Concentración**

El recurso mineral particulado, seleccionado y almacenado en silos provenientes del área de chancado, se introduce a la Planta Magnética para desarrollar los procesos de molienda gruesa y fina. Es necesario precisar que existen nueve líneas de molienda, asimismo el proceso de molienda inicial se desarrolla en molinos de barras.

Por otro lado, la separación magnética se desarrolla en Separadores Magnéticos Cobers, luego el concentrado rescatado continúa el circuito de molienda, el sobrante o colas es transportado hacia el Sistema de Relaves. A continuación, el proceso de selección de hidrociclones se desarrolla dependiendo de la producción planificada.

En cuanto al proceso de molienda secundaria se desarrolla en molinos de bolas; luego la separación magnética terminal se realiza en separadores magnéticos finisher, el concentrado rescatado es trasladado hacia el proceso de flotación, el residuo o colas es enviado al sistema de relaves. Luego es necesario separar el Azufre del Hierro, para ello el concentrado recorre por un proceso de flotación de celdas, en el cual se emplean reactivos químicos para tal fin.



*Figura 18.* Planta de concentración.

## **10. Filtrado**

El recurso mineral proveniente de molienda fina o concentración, es procesado en esta parte del proceso según la clase de producción: Producción Torta Stock.



*Figura 19.* Planta de filtrado.

## 12. Transferencia

El producto se almacena en las canchas de Stock de Planta, luego es trasladado a través de dispositivos llamados Chutes al Túnel de Transferencia; para ello se utiliza un sistema de fajas, el producto es trasladado al Stock de Puerto; en ella interviene el equipo Apilador Móvil denominado Stacker, colocando el producto según su clasificación.

## 13. Embarque

El producto almacenado en las canchas de Stock de Puerto, es trasladado utilizando dispositivos denominados Chutes al Túnel de Embarque. Esta operación se realiza a través de un sistema de fajas, el producto es transferido a la zona de embarque; posteriormente, pasa por una balanza, la cual pesa el tonelaje embarcado. A continuación, el producto final es trasladado por una faja al muelle, en el cual se encuentra otro equipo apilador móvil denominado Gantry, que deposita en las bodegas del barco.



*Figura 20.* Área de embarque.

## Control de calidad

Esta actividad es fundamental en este proceso, se toman muestras pre determinadas, las cuales son enviadas para su análisis al laboratorio, el cual según su estructura se divide en; Laboratorio Metalúrgico, donde se realizan pruebas físicas y en el Laboratorio Químico, donde se realizan pruebas químicas.

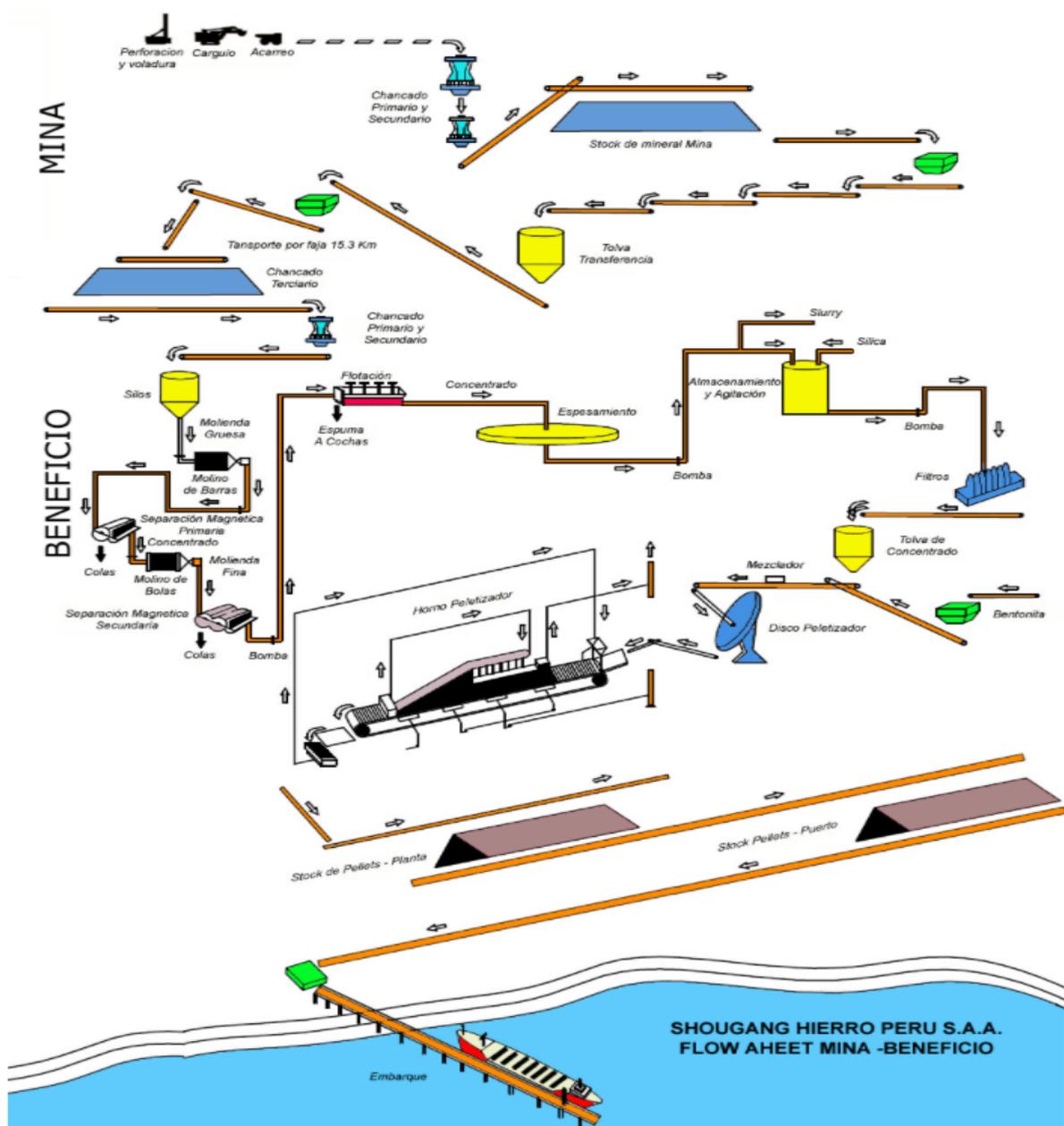


Figura 21. Proceso de producción de Hierro.  
Fuente: Shougang Hierro Perú S.A.A.

## Principales productos

Los productos que obtiene la empresa en estudio, son los que se muestran a continuación.

SPECIFICATIONS (IRON ORE FINES)		
A. CHEMICAL ANALYSIS (DRY BASIS)		
	BASE	GUARANTEED
Fe	60.00%	59.00% MIN.
SiO <sub>2</sub>		9.00% MAX.
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		2.0% MAX.
P		0.04% MAX.
S		3.50% MAX.
Cu		0.09% MAX.
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O		0.55% MAX.
CaO+ MgO		5.00% MAX.
FeO		23.00% MIN.
B. PHYSICAL ANALYSIS		
FREE MOISTURE LOSS AT 105 DEGREES CENTIGRADE		1.50% MAX.
SIZE	0-20mm	98% MIN.

Figura 22. Principales productos de Shougang Hierro Perú S.A.A.

### 3.5.2 Descripción de la maquinaria y equipos

La descripción y características de las máquinas y equipos que son parte de la línea de molienda de concentrado de hierro de la planta de producción se muestran en la tabla adjunta, es necesario resaltar que la tecnología de la maquinaria es de nivel medio, razón por la cual presentan constantes paradas y no reciben un mantenimiento adecuado a la labor que realizan, siendo este el motivo de la baja productividad como se identificó en la realidad problemática.

**Tabla 9.** Características del molino de barras.

<b>MOLINOS DE BARRAS DE 10 fts. X 16 fts.</b>	
Fabricante:	Citic Heavy Industries Co., Ltd.
Capacidad:	200 t/h.
Lubricación de aceite:	XP460 Mobil
1.	Posee bomba de lubricación de marca Farval, que se acciona manualmente la presión para el arranque, y su rango está entre 500 a 600 libras (alta)
2.	El motor es de potencia 700 HP, su amperaje 81 A., su tensión es de 4160 y 257 RPM
3.	El giro es a través de un contra eje o piñón entre la corona, lo cual trabaja lubricado con grasa tipo Chemtool CT Plex – OGL – O- 2500
4.	La bomba de lubricación baja, trabaja constantemente alimentando aceite al trunnion (muñón), trabaja con 60 libras de presión
5.	La temperatura máxima en la pista de trunnion es de 60°
6.	Los molinos de barras giran a 16 rpm
7.	Sus revestimientos interiores son de material manganeso, la molienda que se desarrolla interiormente es con barras de fierro de diámetro 3 ½" x 5'7" de largo ó 90mm. X 4710mm.
8.	Previo al montaje de los forros interiores se coloca de revestimiento jebe de ¼" pegado al Shell (cilindro) y tapas de alimentación y descarga, respectivamente. Llenar con epóxico líquido anti desgaste de la marca Nordbak, a las ranuras e intersecciones entre los forros y el cilindro, a los forros de las tapas se llenan con componente pastoso de la misma marca.
9.	El ajuste de los pernos entre los forros y el cilindro se realiza con llave neumática de impacto

**Tabla 10.** *Características del molino de bolas.*

<b>MOLINOS DE BOLAS DE 14 fts. x 41 fts.</b>	
Fabricante:	Citic Heavy Industries Co., Ltd.
Capacidad:	180 t/h.
Lubricación de aceite:	XP460 Mobil
1.	Posee una bomba de lubricación de alta presión, la cual suspende al molino, la lubricación del trunnion para el arranque es de 600 a 800 libras.
2.	La bomba de lubricación de baja presión la cual alimenta constantemente al trunnion trabaja a 60 libras de presión.
3.	El motor es de 4000 HP, 442 A., su tensión es de 4160 y 510 RPM.
4.	El giro es a través de un reductor (motor – reductor – molino).
5.	El sistema de enfriamiento del sistema de lubricación es a través de un enfriador o intercambiador que comprende de tubos y placas de titanio.
6.	Los molinos de bolas giran a 15 RPM y sus medidas son de 14 fts. x 41 fts.
7.	Sus forros interiores son de caucho y la molienda en su interior es con bolas de hierro de diámetro 3 ½” y con conos de diámetro de 2” x 3” de largo.
8.	Se colocan jebes de ¼” pegados al cilindro y tapas en ambos extremos, los forros en las tapas van sujetos con pernos de diámetro de ¾” x 6” de largo.
9.	El ajuste de los pernos de los forros se realiza con llave neumática de impacto, encastrando dado mecánico de acuerdo a las medidas de las tuercas a ajustar.

#### Deficiencia en la limpieza y el orden

Continuando con el análisis de la situación actual en el área de estudio se ha identificado que en ella existe una alta incidencia de desorden y amplios sectores demasiados sucios y sin la debida clasificación, esto se debe a que el personal de planta al momento de realizar sus actividades cotidianas no acomodan sus equipos y herramientas, asimismo no limpian su área de trabajo y no colocan sus instrumentos en su lugar, en conclusión no poseen la cultura de clasificar, ordenar y limpiar, a continuación se muestran algunas imágenes que corroboran lo dicho.



*Figura 23.* Desorden dentro del área de mecánica de molinos.



*Figura 24.* Falta de limpieza dentro del área de mecánica de molinos.



*Figura 25.* Inadecuada clasificación dentro del área de mecánica de molinos.

#### Medición en el pre-test

En esta parte del estudio, se estableció la medición de la variable dependiente incluido sus dimensiones, es decir cuál es el desempeño de la línea de molienda respecto a la productividad, eficiencia y eficacia, cuál es su situación previa a la implantación del TPM. Para la recolección y cálculo de estos parámetros se usaron formatos de registro diario por un periodo de dos meses, desde el 1 de octubre al 30 de noviembre del 2021 tomando en cuenta todos los días.

#### Medición de la eficiencia

A continuación, se presenta la medición de la primera dimensión eficiencia, la cual para su cálculo se tomó en cuenta el tiempo real y el tiempo total de producción. Esto se puede observar en la tabla 11 y 12.

**Tabla 11.** Eficiencia de la línea de producción mes de octubre.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$
	EFICIENCIA			
	EFICIENCIA EN LA LINEA DE PRODUCCION			OBSERVACIONES
FECHA	Tiempo Real de ProduccionTRP	Tiempo Total de Producción TTP	Nivel de Eficiencia de Linea NEFL (%)	
1/10/2021	23.0	24	95.83	
2/10/2021	23.0	24	95.83	
3/10/2021	23.0	24	95.83	
4/10/2021	22.5	24	93.75	
5/10/2021	23.0	24	95.83	
6/10/2021	24.0	24	100.00	
7/10/2021	22.5	24	93.75	
8/10/2021	21.0	24	87.50	
9/10/2021	21.0	24	87.50	
10/10/2021	20.0	24	83.33	
11/10/2021	4.0	24	16.67	
12/10/2021	20.0	24	83.33	
13/10/2021	19.5	24	81.25	
14/10/2021	20.0	24	83.33	
15/10/2021	20.2	24	84.17	
16/10/2021	12.0	24	50.00	
17/10/2021	11.0	24	45.83	
18/10/2021	14.0	24	58.33	
19/10/2021	16.0	24	66.67	
20/10/2021	16.5	24	68.75	
21/10/2021	16.5	24	68.75	
22/10/2021	12.0	24	50.00	
23/10/2021	20.0	24	83.33	
24/10/2021	19.5	24	81.25	
25/10/2021	20.0	24	83.33	
26/10/2021	21.0	24	87.50	
27/10/2021	21.0	24	87.50	
28/10/2021	20.5	24	85.42	
29/10/2021	22.0	24	91.67	
30/10/2021	22.4	24	93.33	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>79.32</b>	

**Tabla 12.** Eficiencia de la línea de producción mes de noviembre.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$
	EFICIENCIA			
	EFICIENCIA EN LA LINEA DE PRODUCCION			
FECHA	Tiempo Real de ProduccionTRP	Tiempo Total de Producción TTP	Nivel de Eficiencia de Linea NEFL (%)	OBSERVACIONES
1/11/2021	22.3	24	92.92	
2/11/2021	23.0	24	95.83	
3/11/2021	21.0	24	87.50	
4/11/2021	22.0	24	91.67	
5/11/2021	22.1	24	92.08	
6/11/2021	21.0	24	87.50	
7/11/2021	22.2	24	92.50	
8/11/2021	22.3	24	92.92	
9/11/2021	21.0	24	87.50	
10/11/2021	21.0	24	87.50	
11/11/2021	21.2	24	88.33	
12/11/2021	19.5	24	81.25	
13/11/2021	22.0	24	91.67	
14/11/2021	22.3	24	92.92	
15/11/2021	21.5	24	89.58	
16/11/2021	21.0	24	87.50	
17/11/2021	18.0	24	75.00	
18/11/2021	22.0	24	91.67	
19/11/2021	21.5	24	89.58	
20/11/2021	22.0	24	91.67	
21/11/2021	19.5	24	81.25	
22/11/2021	21.0	24	87.50	
23/11/2021	21.3	24	88.75	
24/11/2021	21.2	24	88.33	
25/11/2021	21.0	24	87.50	
26/11/2021	19.5	24	81.25	
27/11/2021	20.1	24	83.75	
28/11/2021	20.0	24	83.33	
29/11/2021	20.1	24	83.75	
30/11/2021	20.4	24	85.00	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>87.92</b>	

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la eficiencia está dado en porcentaje y para el mes de octubre es 79.32% y noviembre 87.92%.

#### Medición de la eficacia

A continuación, se presenta la medición de la segunda dimensión eficacia, la cual para su cálculo se tomó en cuenta la producción lograda versus la producción programada. Esto se puede observar en la tabla 13 y 14.

**Tabla 13.** Eficacia de la línea de producción mes de octubre.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$
	EFICACIA			
	EFICACIA EN LA LINEA DE PRODUCCION			
FECHA	Producción Lograda PL	Producción programada PP	Nivel de Eficacia de Línea NEFCL (%)	OBSERVACIONES
1/10/2021	25560	22500	113.60	
2/10/2021	25130	22500	111.69	
3/10/2021	25200	22500	112.00	
4/10/2021	24570	22500	109.20	
5/10/2021	25430	22500	113.02	
6/10/2021	25550	22500	113.56	
7/10/2021	24700	22500	109.78	
8/10/2021	23800	22500	105.78	
9/10/2021	24300	22500	108.00	
10/10/2021	20680	22500	91.91	
11/10/2021	2560	22500	11.38	
12/10/2021	20100	22500	89.33	
13/10/2021	19500	22500	86.67	
14/10/2021	22000	22500	97.78	
15/10/2021	21800	22500	96.89	
16/10/2021	10600	22500	47.11	
17/10/2021	9700	22500	43.11	
18/10/2021	14450	22500	64.22	
19/10/2021	15650	22500	69.56	
20/10/2021	18950	22500	84.22	
21/10/2021	21460	22500	95.38	
22/10/2021	22920	22500	101.87	
23/10/2021	22450	22500	99.78	
24/10/2021	20630	22500	91.69	
25/10/2021	23610	22500	104.93	
26/10/2021	23530	22500	104.58	
27/10/2021	23300	22500	103.56	
28/10/2021	22200	22500	98.67	
29/10/2021	23000	22500	102.22	
30/10/2021	21900	22500	97.33	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>92.63</b>	

**Tabla 14.** Eficacia de la línea de producción mes de noviembre.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$
	EFICACIA			
EFICACIA EN LA LINEA DE PRODUCCION				OBSERVACIONES
FECHA	Producción Lograda PL	Producción programada PP	Nivel de Eficacia de Línea NEFCL (%)	
1/11/2021	23010	22500	102.27	
2/11/2021	24460	22500	108.71	
3/11/2021	22200	22500	98.67	
4/11/2021	23990	22500	106.62	
5/11/2021	24180	22500	107.47	
6/11/2021	22600	22500	100.44	
7/11/2021	24340	22500	108.18	
8/11/2021	24250	22500	107.78	
9/11/2021	23100	22500	102.67	
10/11/2021	23400	22500	104.00	
11/11/2021	23530	22500	104.58	
12/11/2021	20240	22500	89.96	
13/11/2021	23530	22500	104.58	
14/11/2021	24110	22500	107.16	
15/11/2021	23050	22500	102.44	
16/11/2021	22250	22500	98.89	
17/11/2021	16010	22500	71.16	
18/11/2021	23290	22500	103.51	
19/11/2021	22840	22500	101.51	
20/11/2021	23700	22500	105.33	
21/11/2021	20650	22500	91.78	
22/11/2021	22250	22500	98.89	
23/11/2021	23150	22500	102.89	
24/11/2021	22650	22500	100.67	
25/11/2021	22800	22500	101.33	
26/11/2021	21350	22500	94.89	
27/11/2021	21050	22500	93.56	
28/11/2021	20260	22500	90.04	
29/11/2021	21010	22500	93.38	
30/11/2021	20800	22500	92.44	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>99.86</b>	

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la eficacia está dado en porcentaje y para el mes de octubre es 92.63% y noviembre 99.86%.

## Medición de la productividad

A continuación, se presenta la medición de la variable dependiente productividad, la cual para su cálculo se tomó en cuenta la eficiencia y la eficacia a través del producto de ambos. Esto se puede observar en la tabla 15 y 16.

**Tabla 15.** *Productividad de la línea de producción mes de octubre.*

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$PL = (NEFL * NEFCL) * 100$
	PRODUCTIVIDAD			
	PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE PRODUCCION			
FECHA	Eficiencia de Línea NEFL	Eficacia de línea NEFCL	Productividad de Línea PL (%)	OBSERVACIONES
1/10/2021	95.83	113.60	108.87	
2/10/2021	95.83	111.69	107.04	
3/10/2021	95.83	112.00	107.33	
4/10/2021	93.75	109.20	102.38	
5/10/2021	95.83	113.02	108.31	
6/10/2021	100.00	113.56	113.56	
7/10/2021	93.75	109.78	102.92	
8/10/2021	87.50	105.78	92.56	
9/10/2021	87.50	108.00	94.50	
10/10/2021	83.33	91.91	76.59	
11/10/2021	16.67	11.38	1.90	
12/10/2021	83.33	89.33	74.44	
13/10/2021	81.25	86.67	70.42	
14/10/2021	83.33	97.78	81.48	
15/10/2021	84.17	96.89	81.55	
16/10/2021	50.00	47.11	23.56	
17/10/2021	45.83	43.11	19.76	
18/10/2021	58.33	64.22	37.46	
19/10/2021	66.67	69.56	46.37	
20/10/2021	68.75	84.22	57.90	
21/10/2021	68.75	95.38	65.57	
22/10/2021	50.00	101.87	50.93	
23/10/2021	83.33	99.78	83.15	
24/10/2021	81.25	91.69	74.50	
25/10/2021	83.33	104.93	87.44	
26/10/2021	87.50	104.58	91.51	
27/10/2021	87.50	103.56	90.61	
28/10/2021	85.42	98.67	84.28	
29/10/2021	91.67	102.22	93.70	
30/10/2021	93.33	97.33	90.84	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>77.38</b>	

**Tabla 16.** Productividad de la línea de producción mes de noviembre.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	PL= (NEFL*NEFCL)*100
	PRODUCTIVIDAD			
	PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE PRODUCCION			OBSERVACIONES
FECHA	Eficiencia de Línea NEFL	Eficacia de línea NEFCL	Productividad de Línea PL (%)	
1/11/2021	92.92	102.27	95.02	
2/11/2021	95.83	108.71	104.18	
3/11/2021	87.50	98.67	86.33	
4/11/2021	91.67	106.62	97.74	
5/11/2021	92.08	107.47	98.96	
6/11/2021	87.50	100.44	87.89	
7/11/2021	92.50	108.18	100.06	
8/11/2021	92.92	107.78	100.14	
9/11/2021	87.50	102.67	89.83	
10/11/2021	87.50	104.00	91.00	
11/11/2021	88.33	104.58	92.38	
12/11/2021	81.25	89.96	73.09	
13/11/2021	91.67	104.58	95.86	
14/11/2021	92.92	107.16	99.57	
15/11/2021	89.58	102.44	91.77	
16/11/2021	87.50	98.89	86.53	
17/11/2021	75.00	71.16	53.37	
18/11/2021	91.67	103.51	94.89	
19/11/2021	89.58	101.51	90.94	
20/11/2021	91.67	105.33	96.56	
21/11/2021	81.25	91.78	74.57	
22/11/2021	87.50	98.89	86.53	
23/11/2021	88.75	102.89	91.31	
24/11/2021	88.33	100.67	88.92	
25/11/2021	87.50	101.33	88.67	
26/11/2021	81.25	94.89	77.10	
27/11/2021	83.75	93.56	78.35	
28/11/2021	83.33	90.04	75.04	
29/11/2021	83.75	93.38	78.20	
30/11/2021	85.00	92.44	78.58	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>88.11</b>	

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la productividad está dado en porcentaje y para el mes de octubre es 77.38% y noviembre 88.11%.

### 3.5.3 Propuesta de mejora

Esta segunda etapa contempla la elaboración de un programa que permita lograr los objetivos establecidos, que están relacionados con el incremento de la productividad, eficiencia, eficacia en toda la organización.

A través de una evaluación de las condiciones actuales de la empresa, se pudo establecer que las causas que originan el problema son los que frecuentemente se suscitan como, por ejemplo, tiempos largos de reparación causados por las averías de los equipos y máquinas que se producen por insuficientes programas de mantenimiento, además de manipulación inadecuada por parte del operador, lo cual contribuye a la baja productividad.

#### Evaluación de posibilidades de solución

En esta parte del estudio se presentan diversas alternativas de solución que emergen como respuesta al problema identificado en el área de trabajo.

**Tabla 17.** *Evaluación de alternativas.*

Metodología	Factores		
	Económico	Tiempo	Técnico
M. Preventivo	\$ 5 000.00	1-2 años	Basado en planes y programas de inspecciones
M. autónomo	\$ 3 000.00	6-12 meses	Basado en el colaborador responsable de los equipos a través de capacitaciones e inducción
TPM	\$ 10 000.00	3 años	Basado en la prevención integral de los equipos involucra al colaborador y los comprometidos con el sistema, se fundamenta en la mejora continua
Decisión	Se elige el TPM por ser más sostenible e integrador		

Fuente: Elaboración propia.

La tabla mostrada, comprende algunas metodologías como alternativas, todas ellas con sus factores a analizar para su selección. De acuerdo a lo manifestado a lo largo del estudio se establece que es necesario una herramienta multifuncional, la cual debe permitir un alto rendimiento integral de los equipos con el compromiso de todo el personal de la empresa; por

lo manifestado la metodología más conveniente es el mantenimiento productivo total, que además propugna la mejora continua e involucra al sistema hombre-equipo-entorno.

### **Plan de la propuesta**

Elaborar un programa de mejora es primordial para llevar a cabo la implantación del TPM pues permite saber, reconocer y gestionar las actividades que forman parte de ella. Por esta razón en primer lugar se expondrá las etapas que comprende dicho proceso a manera de propuesta para su implantación.

### **Decisión de implantación del TPM anunciado por la alta dirección**

La alta dirección anunciará a sus trabajadores la decisión de implantación del mantenimiento productivo total y les mostrará el programa a desarrollar. Este anuncio se concretará a través de reuniones que involucre a todo el personal, en donde se detallará todo lo relacionado al TPM, sus bondades, el por qué realizarlo y la necesidad del compromiso e involucramiento del personal.

### **Campaña introductoria del Mantenimiento Productivo Total**

Producido el anuncio por parte de la alta dirección, el siguiente paso consiste en iniciar la capacitación y promoción del programa a todo el personal de la empresa; esta actividad se desarrolla con la asesoría de una consultoría externa especialista en el tema; el contenido a desarrollar es; evolución histórica, objetivos y metas, conceptos importantes, beneficios de la implantación, las seis grandes pérdidas, mantenimiento autónomo y planificado; se motivará al personal para que la participación sea masiva y plena y el control se hará a través de un registro de asistencia, esta actividad estará bajo responsabilidad de la alta dirección. De manera complementaria se difundirá y sensibilizará la metodología a través de guías y manuales acerca del TPM a todo el personal en las instalaciones de la empresa.

## **Formación de comités de coordinación para la gestión del plan**

En este paso se elegirán los comités con sus líderes que serán los responsables de conducir equipos de trabajo que contribuyan a la implantación del TPM, esto permitirá establecer autonomía y jerarquía, este proceso se realizará con la participación del personal en pleno del área (Gerencia, administrativos, supervisores y operarios). Asimismo, se definirán las funciones y estructura de cada comité, la cual deberá plasmarse en un acta donde cada participante estampará su firma en señal de conformidad y servirá como evidencia.

## **Establecer objetivos y políticas del TPM**

Los responsables formularan las políticas y objetivos que deberán estar alineados con la misión y visión de la organización empresarial, las cuales serán claras y precisas; previamente se deberá realizar un diagnóstico que permita saber la situación actual de la empresa, todo lo realizado se deberá registrar en documentos y serán comunicadas a todo el personal.

## **Diseño de un Plan Maestro para el TPM**

Se elaborará un programa de implantación con su respectivo cronograma, en la cual se especificará las tareas a desarrollar, comenzando por la preparación y capacitación, culminando con la consolidación. Este plan piloto se fundamenta en el incremento del desempeño de los equipos, un programa de mantenimiento autónomo y mantenimiento preventivo, además de un programa de capacitación y entrenamiento.

## **Lanzamiento oficial del Mantenimiento Productivo Total**

En una reunión general con la participación del personal en pleno se procede al lanzamiento formal del TPM, además se debe participar a proveedores, clientes externos y personal involucrado en este proceso. En esta reunión la alta dirección consolidará su compromiso e involucramiento con la ejecución del TPM desde la fase inicial hasta su culminación.

## **Inicio de la implantación**

Este es el punto de partida en el que se reúne al personal en pleno del área de molienda de concentrado de hierro y se les hace conocer de manera específica la importancia del proceso y de su medición; poniendo énfasis en la medición del rendimiento de los equipos y máquinas, las paradas estas presentan y la óptima solución frente a las fallas; esta reunión se complementa con una evaluación para determinar la comprensión de los operarios acerca del TPM.

## **Instaurar el plan de mantenimiento autónomo**

Para comenzar este proceso se desarrollará una capacitación sensibilizando al personal del área en estudio con el fin de concientizar a los colaboradores acerca de la importancia del mantenimiento autónomo, esta actividad estará a cargo del supervisor y periodo de duración aproximado será de 45 minutos. De manera complementaria se implementará un taller especializado de una hora diaria durante dos semanas aproximadamente la cual se controlará a través del formato de registro de asistencia. Los talleres se desarrollarán al término de la jornada laboral, los temas a tratar estarán relacionados directamente con los equipos, máquinas y sus componentes.

En el desarrollo de los talleres se dará entrenamiento directo a los responsables, por parte del supervisor y se enseñará a los operarios el correcto funcionamiento de sus equipos y máquinas, esto comprende el establecimiento del orden y la secuencia de las tareas a desarrollar en la limpieza e inspección, ello implica también la generación de fichas o formatos que deberán ser completados por los trabajadores día a día con el control del supervisor, este proceso tendrá una duración de un mes .

Concluido este proceso se procederá a la evaluación de los colaboradores con la finalidad de evaluar el impacto que generó en su desempeño y si son competentes al realizar sus actividades de mantenimiento autónomo en su puesto de trabajo, asimismo al trabajador se le concederá autonomía para

identificar fallas y establecer alternativas de solución en la máquina a su cargo. De la misma manera el comité responsable deberá monitorear las mejoras realizadas y comunicar al personal en pleno del área involucrada en el proceso.

### **Instaurar el plan de mantenimiento planificado**

El desarrollo de este plan involucrará de manera integral al mantenimiento correctivo, de manera paralela al mantenimiento autónomo en la cual se desarrollará un programa de mantenimiento periódico en función al historial de las fallas de los equipos, en este punto se hace necesario enfocarse en las actividades que requieran atención técnica. Los datos registrados acerca del historial de los equipos tendrán como objetivo establecer las causas raíz y establecer acciones correctivas. Asimismo, para la aplicación del mantenimiento adecuado se utilizará las fichas de solicitud de mantenimiento, la cual debe detallar la clase de mantenimiento que se requiere, periodo de duración y el responsable de su ejecución. Esto significa que los equipos y maquinas del área de concentrado de mineral tiene que contar con un programa maestro de mantenimiento preventivo por año acompañado de su respectivo cronograma de actividades de prevención mes por mes en la que se debe considerar tareas de inspección, lubricación y limpieza; todo ello acompañado de un requerimiento de repuestos para el mantenimiento de un año.

### **Consolidación del mantenimiento productivo total**

En este paso final de la implantación se deben analizar los objetivos planteados en los pasos iniciales, se medirán el rendimiento y desempeño de los equipos y máquinas; de esta manera se establece su cumplimiento; todo lo realizado se acompaña con el manual del TPM y su difusión integral en las áreas involucradas.

El plan a desarrollar en la implantación de la metodología, se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18.** *Cronograma de Implementación de la propuesta.*

Detalle de la Actividad	Tiempo de ejecución (semanas)	Cronograma																
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17
<b>Implantación del TPM</b>	17																	
<b>1. Anuncio de implantar el TPM (Jefe)</b>	1																	
<b>2. Formación del comité responsable</b>	1																	
<b>3. Campaña de sensibilización</b>	2																	
<b>4. Establecimiento de Lineamientos y objetivos</b>	2																	
<b>5. Elaboración del plan maestro</b>	3																	
<b>6. Lanzamiento oficial del TPM</b>	1																	
<b>7. Comienzo de implantación</b>	2																	
<b>8. Aplicación 5s</b>	11																	
<b>9. Ejecución del PMA</b>	4																	
<b>10. Ejecución del PMP</b>	5																	
<b>11. Consolidación del TPM</b>	2																	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla mostrada se establece los once pasos para ejecutar la implantación del TPM la cual se desarrolló paso a paso en la etapa de desarrollo, el cual se muestra a continuación.

### 3.5.4 Desarrollo de la proposición de mejora

Con la propuesta planteada en el acápite anterior en la línea de molienda objeto de estudio, a continuación se procede a desarrollar las acciones que se han contemplado para la implantación del mantenimiento productivo total (TPM), tomando en cuenta los aspectos teóricos desarrollados en el capítulo II del presente estudio, para ello se tuvo a bien adecuar las fases respectivas que son cuatro, a las necesidades del problema identificado en la línea de molienda, estas se presentan a continuación:

#### 1° Fase

##### **Anuncio de la implantación del TPM por parte de la gerencia**

Como parte de la primera fase denominada de preparación en la que se realiza el lanzamiento del TPM, se gestionó una reunión liderada por la gerencia del área de mantenimiento de la línea de molienda, en la cual se procedió a informar de la voluntad de implantar esta metodología de mejora continua, en esta reunión informativa se explicó que es y en que consiste la implantación del TPM, por ejemplo se definió el concepto general, el establecimiento de metas, la obtención de resultados favorables para todo el personal involucrado y también se incidió en el compromiso e involucramiento de todos y cada uno de los conformantes del área. Este encuentro se desarrolló en los ambientes del área de mantenimiento de la línea de molienda, en ella participaron, personal técnico, operativo, administrativo y directivo.



*Figura 26.* Anuncio de la jefatura sobre la implementación de TPM.

En la figura adjunta se observa al responsable del área en estudio conduciendo la reunión en donde se procedió a comunicar a los colaboradores involucrados en el proceso, entre ellos el personal operativo, administrativo y técnico, la decisión de implantar el TPM por parte de la alta directiva. En esta reunión además se abordaron temas afines al mantenimiento productivo total como, por ejemplo, el concepto general, la mejora continua y los pilares de la metodología seleccionada, esto con el fin de que conozcan sobre el tema y puedan comprometerse e involucrarse en este nuevo proceso en la que está comprometida el área respectiva. Como evidencia del desarrollo de esta actividad se tomó la asistencia a través de un registro y se elaboró el acta correspondiente que refleja el compromiso de todo el personal de la línea de molienda, con ello se dio por concluida esta actividad.

### **Campaña de sensibilización y difusión acerca del TPM**

Para complementar la actividad anterior, se procedió a la difusión y sensibilización del inicio de la implantación, para ello se usaron herramientas como las redes sociales, periódicos murales, afiches, dípticos y audio visuales que permita la sensibilización del personal del área de estudio. El contenido de dicho material estuvo referido a bondades, características, principios, eliminación de las seis grandes pérdidas, pilares del TPM entre otros. Además, se tomó la decisión de capacitar al personal involucrado debido a que en este proceso se hace necesario un conocimiento sólido sobre esta metodología, para ello se utilizó las reuniones virtuales vía Zoom, con una temática adecuada para una buena comprensión del tema y la satisfacción de los colaboradores, con ello se concluyó esta primera actividad.



*Figura 27.* Publicación de ayuda visual en el periódico mural del área.

### **Conformación del comité responsable del TPM**

Una vez concluida la actividad de anuncio del lanzamiento del TPM, se procedió a formar el equipo responsable de llevar a cabo la implantación de la metodología, quienes asumen la ejecución, monitoreo y control del proceso, asimismo deben de formular estrategias que garanticen el cumplimiento de los objetivos. La conformación del equipo responsable se muestra a continuación.

La presidencia del comité recayó en el jefe del área de mantenimiento, la supervisión asumió el jefe d la línea de producción, el equipo técnico se conformó con el personal del área de mantenimiento, los ejecutores fueron las personas capacitadas en la metodología y el órgano de apoyo recayó en las personas de soporte técnico.

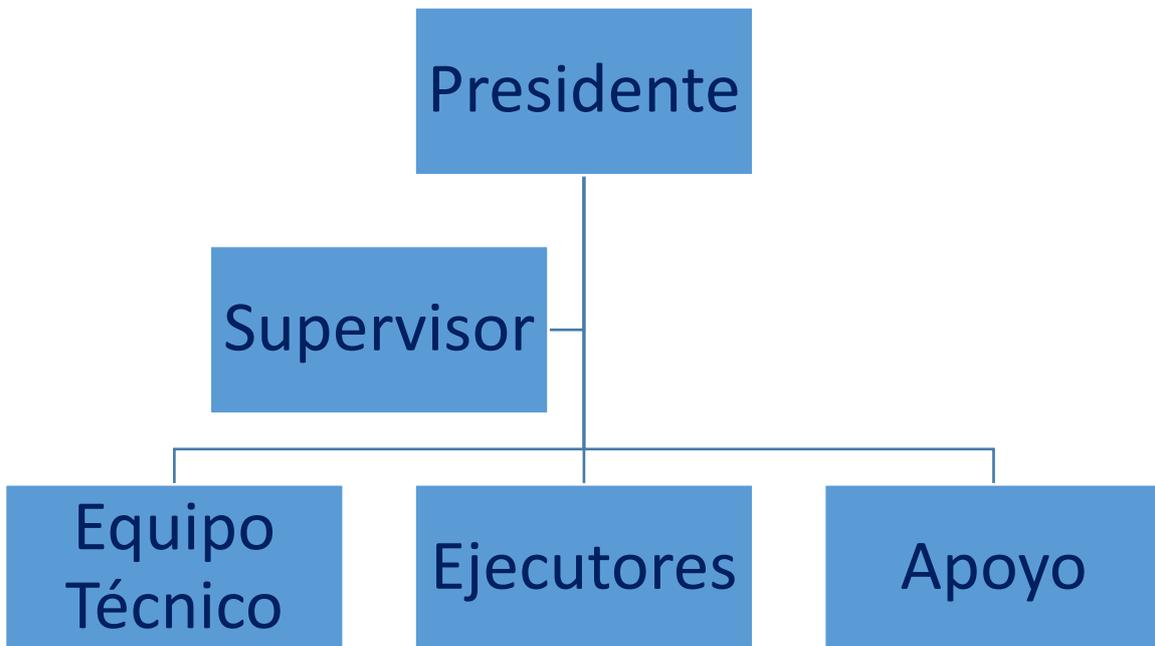


Figura 28. Organigrama de conformación de comité del TPM.

Este proceso de conformación del comité se realizó en una reunión especial que tuvo una duración aproximada de una hora, con la participación voluntaria del personal involucrado, supervisores y directivos del área.



Figura 29. Reunión para la conformación del comité del TPM.

Una vez elegidos los integrantes del comité con sus respectivos cargos, (presidente y supervisor), comités de coordinación (personal técnico y ejecutores), se procedió a firmar el acta de conformación del comité responsable del TPM, en el cual se detalló las funciones de cada uno de los integrantes del comité, así como la fecha de la reunión mensual.

Las funciones asignadas a cada miembro del comité son:

<b>Presidente</b>	
<b>N°</b>	<b>Función</b>
1	Determinar y gestionar los recursos que se utilizaran en el proceso.
2	Establecer y verificar los costos de implantación del TPM.
3	Programar las reuniones en el área involucrada.
4	Establecer los lineamientos generales, objetivos y metas a conseguir para el TPM.
5	Monitorear y controlar el desarrollo del proceso de implantación.
6	Establecer reconocimientos para el personal que alcance las metas trazadas.
7	Encargar el monitoreo de las capacitaciones y su documentación.
8	Promover y difundir las actividades a desarrollar en el proceso para su cumplimiento
9	Promover y monitorear el cumplimiento de las actividades del mantenimiento autónomo y preventivo.
10	Verificar el manejo correcto y atención básica de los molinos por parte de los colaboradores
11	Fomentar el compromiso y participación los trabajadores.

<b>Supervisor</b>	
<b>N°</b>	<b>Función</b>
1	Promover y motivar a los colaboradores para que participen en las reuniones.
2	Programar y motivar el cumplimiento de las fechas establecidas en el cronograma de implantación del TPM.
3	Fomentar el acatamiento de las reuniones establecidas.
4	Garantizar la provisión de los equipos, herramientas e instrumentos indispensables para cumplir el mantenimiento autónomo.
5	Apoyar en la organización y desarrollo de las sesiones de capacitación.
6	Incentivar la participación de los colaboradores.
7	Garantizar un ambiente laboral limpio, ordenado y seguro.

<b>Personal Técnico</b>	
<b>N°</b>	<b>Función</b>
1	Difundir las actividades de mantenimiento principales de los molinos.
2	Enseñar las actividades principales del mantenimiento autónomo.
3	Ejecutar las tareas establecidas para el mantenimiento preventivo.
4	Garantizar un ambiente laboral limpio, ordenado y seguro.

<b>Ejecutores del TPM</b>	
<b>N°</b>	<b>Función</b>
1	Ejecutar las tareas establecidas para el mantenimiento autónomo.
2	Asistir puntualmente a las actividades de capacitación y participar activamente en su desarrollo.
3	Estructurar y rellenar de manera correcta los formatos de registro de fallas.
4	Comunicar de manera oportuna los problemas de los molinos.
5	Participación activa en el desarrollo de actividades de mejoramiento de la eficiencia de los molinos.
6	Participación activa en las actividades de capacitación en mantenimiento preventivo.

### **Políticas y objetivos del TPM**

Con el establecimiento del diagnóstico del área donde se desarrolló el estudio, se procedió a establecer las políticas y objetivos del TPM, tomando en cuenta los componentes estratégicos ya establecidos en el plan, como por ejemplo visión, misión y objetivos estratégicos. Con estos componentes ya formulados se procedió a establecer la meta a obtener con la implantación de la mejora.

### **Meta**

Mejorar la productividad en la línea de molienda de la empresa en estudio generando un incremento de 20%, para ello se debe de optimizar el funcionamiento de los molinos de la línea de producción, evaluando factores como el desempeño y trabajo en equipo.

Asimismo, se procedió a establecer las políticas y objetivos, como aspectos complementarios a la formulación de la meta, para ello se generó una reunión del comité responsable de la implantación, estos parámetros estuvieron en concordancia con los lineamientos generales de la empresa en estudio, luego de una reunión de aproximadamente 3 horas se formuló los siguientes.

Políticas	Objetivos
Ofrecimiento de soporte eficiente a las unidades que reporten fallas.	Promocionar la implantación del TPM en máquinas, equipos y dispositivos
Cumplimiento con la programación del mantenimiento preventivo y autónomo.	Ofrecer capacitaciones continuas acerca del TPM.
Generación de equipos de trabajo creativo, innovador, proactivo, que tengan capacidad de análisis y resolución de problemas.	Fomentar en los colaboradores la capacidad de solucionar problemas relacionados con el área de molienda.
Establecimiento de una cultura de mejora continua, relacionada con TPM en todo el equipo.	Comprometer a los ejecutores a desarrollar las actividades de mantenimiento.
Incorporación de motivación en los colaboradores para el cumplimiento de las actividades de implantación.	Asegurar un funcionamiento efectivo de las máquinas, equipos y unidades respectivas.
Asignación de responsabilidades en la ejecución del mantenimiento básico de las unidades.	Mantener el ambiente de trabajo ordenado, limpio y seguro.
	Establecer comunicación asertiva entre las áreas para dar a conocer las dificultades y mejoras de la implantación del TPM.

### Formulación del Plan Maestro del TPM

Este documento técnico se elaboró con participación plena de todos los miembros del comité responsable, estos diseñaron las acciones a desarrollar en su ejecución, ello fue producto de una serie de sesiones de manera permanente a lo largo de una semana.

## 2° Fase

### Lanzamiento oficial del TPM

Cuando se terminó de elaborar el plan director del TPM y se tuvo el V°B° de la dirección, se acordó proceder al lanzamiento del proceso, para ello se le encargó al comité organizar un evento con todos los colaboradores involucrados del área de molienda para realizar el anuncio de implantación del TPM. Se estableció como temas de la reunión en primer lugar dar a conocer las actividades desarrolladas hasta el momento y en segundo lugar comunicar las actividades a ejecutar de esta reunión hacia adelante hasta la culminación del proceso según lo establecido en el plan director. Lo descrito se evidencia con las imágenes y documentos a continuación.



*Figura 30.* Lanzamiento oficial del TPM.

Es necesario precisar que en dicha reunión además del presidente del comité hicieron uso de la palabra el responsable del equipo técnico, el responsable del área de mantenimiento y un representante de los trabajadores.

### **3° Fase**

Esta fase se constituye en la columna vertebral del proceso de implantación debido a que en ella se desarrollan las actividades relacionadas directamente con los mantenimientos autónomo y planificado, además de complementar con una herramienta transversal como las 5S que contribuye de manera efectiva al logro de los objetivos.

#### **Diagnóstico inicial del personal**

En esta parte del proceso se convocó al personal del área involucrado para una evaluación teórico-práctico por un tiempo de duración de tres horas, actividad que estuvo a cargo del equipo técnico y la finalidad fue hacer un diagnóstico para saber las capacidades cognitivas y aplicativas de los responsables del manejo de los molinos, del personal de mantenimiento y del personal de supervisión acerca del manejo, desarrollo y control del mantenimiento productivo total. Asimismo, se aprovechó esta actividad para con la participación activa del personal involucrado identificar las diversas causas que originan la problemática detectada en el área de estudio y las propuestas de solución que se proponen desde la perspectiva de los involucrados en el proceso, haciéndoles saber la importancia de su participación y lo valioso de su colaboración y compromiso.

Este cuestionario está formulado a recopilar información necesaria mediante los colaboradores de la empresa "SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.", con el objetivo de conocer las falencias que percibe la organización para poder dar una propuesta de mejora aplicando el TPM en el área de producción en la línea de molienda del concentrado de hierro.

I: DATOS GENERALES:									
Cargo/Ocupación:				Estudios:	Sec:	Tec:	Univ.	Otros.	
Género:		M	F	Edad:		años	Fecha:		

II: INSTRUCCIONES: Lo invitamos a contestar las siguientes preguntas con sinceridad y claridad posible, ya que la información solo se utilizará para fines académicos. Marca con una "X" las interrogantes.

1. ¿Usted, anteriormente ha sido capacitado en la metodología del TPM?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
2. ¿Conoces los beneficios y bondades de la aplicación del TPM?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
3. ¿Conoces los componentes de la metodología del TPM?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
4. ¿Conoces o has sido capacitado en tipos de mantenimiento?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
5. ¿Existen fallas en los equipos de molienda en pleno funcionamiento de proceso de producción?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
6. ¿Ocurre frecuentemente el mantenimiento de los molinos?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
7. ¿La empresa le brinda los equipos, herramientas y otros dispositivos adecuados?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
8. ¿Consideras que tenga impacto positivo las 5S en la aplicación del TPM en el área?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
9. ¿La empresa cuenta con un plan de mantenimiento autónomo y planificado?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
10. ¿Conoce, algunas partes básicas de los molinos para poder identificar alguna falla y reportar?		SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

*Figura 31. Cuestionario de evaluación diagnóstica del personal.*

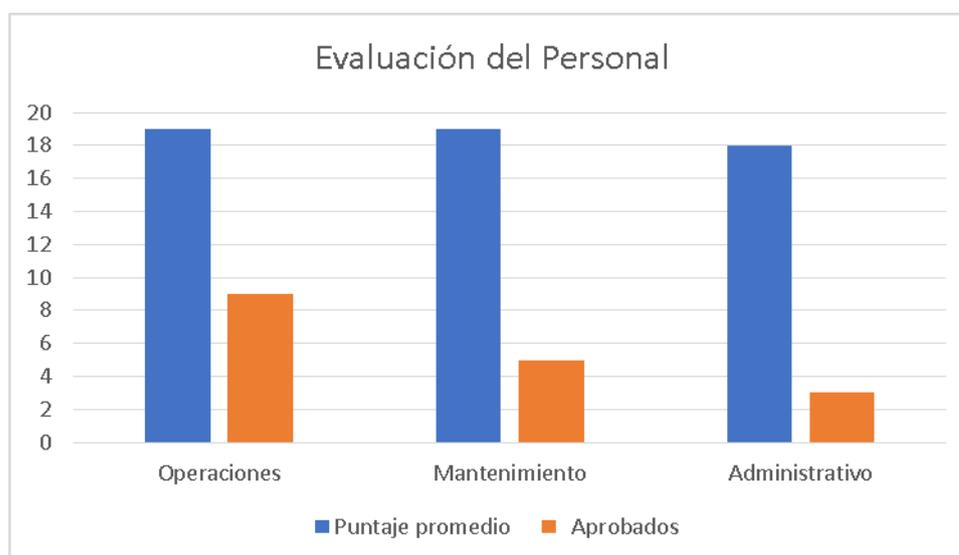
Luego de procesar la evaluación teórico-práctico del personal involucrado se obtuvo como resultado en una escala de calificación del uno al cien, lo siguiente.

**Tabla 19.** Resultado de evaluación teórico-práctico al personal.

Personal	Puntaje promedio	Aprobados	Desaprobados
Operaciones	19	9	0
Mantenimiento	19	5	0
Administrativo	18	3	0

Fuente: elaboración propia.

Conforme a la evaluación tomada a los participantes se obtuvieron resultados con una puntuación del 0 al 20 que sirvieron para medir el conocimiento del personal sobre TPM, el cual se grafica en la figura 31.



**Figura 32.** Gráfico evaluación del personal sobre TPM.

En la figura anterior se puede observar el resultado gráfico porcentual de la evaluación teórico práctico desarrollada al personal involucrado en el proceso, la cual fue rendida por 17 personas (9 operadores, 5 mantenimiento y 3 personales administrativos), de los cuales un 82 % obtuvo nota alta entre los 16 y 20 puntos y 18% tuvo nota media entre los 11 y 15 puntos, es importante mencionar que nadie obtuvo nota baja o muy baja es decir todos cuentan con conocimiento de TPM y lo relacionan con el entorno con el que laboran.

## Formulación de estrategias

Con los resultados obtenidos en la etapa anterior, se procedió a formular las estrategias a seguir para tener éxito en la implantación del TPM, estas están relacionadas con el establecimiento de conocimientos teóricos prácticos elementales de mantenimiento y su incidencia en la eficiencia, eficacia y productividad, para ello se planteó las siguientes estrategias:

**Tabla 20.** *Estrategias a desarrollar.*

<b>Matriz de Estrategias</b>		
Número	Estrategia	Responsable
1	Entregar manual de mantenimiento autónomo	E T
2	Entregar manual de mantenimiento preventivo	E T
3	Autoevaluación continua del proceso	Colaborador

Fuente: elaboración propia.

## Inicio de aplicación de las 5S

Asimismo debido a que en la etapa de diagnóstico se identificó deficiencias en el área de estudio, las cuales estuvieron relacionados con la clasificación, limpieza y el orden, se adoptó en coordinación con el comité el inicio de la aplicación de la metodología de las 5S, pues lo afirmado se corroboró con los resultados obtenidos en la evaluación al personal del área, lo cual incidía en la producción, sin embargo por razones de tiempo en la implantación se acordó priorizar las 3 primeras S de la metodología, Clasificar, Ordenar y Limpiar.

## Lanzamiento de las tres primeras S

### 1° S: seiri

La razón de ser de clasificar es eliminar del área de trabajo todos los componentes que son innecesarios para desarrollar las actividades en el área de molienda y de mantenimiento en forma diaria.

El lema asumido para esta primera ese es:

¡SEPARAR LO INNECESARIO DE LO QUE ES NECESARIO Y ELIMINAR LO QUE ES INSERVIBLE!

De qué manera.

1°	Elaborando un inventario de los componentes necesarios en el lugar de actividad laboral
2°	Identificar los instrumentos, herramientas y equipos que no son útiles en el lugar de la actividad laboral
3°	Eliminar los componentes inútiles

Esto nos permite obtener estos beneficios:

- Mayor espacio disponible.
- Control de stock más eficiente.
- Reducción de MUDAS (despilfarro)
- Reducción de accidentes.

Para desarrollar esta primera etapa de manera óptima se sigue la siguiente ruta.

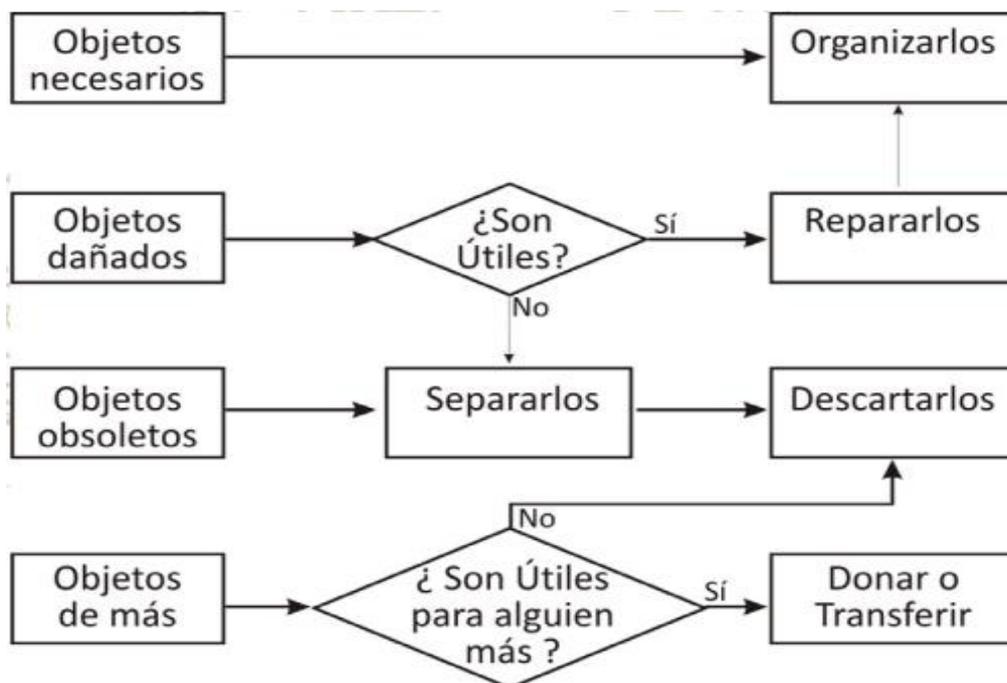


Figura 33. Proceso de Clasificación.

## 2° S: seiton

Esta etapa busca colocar los componentes necesarios en lugares donde se logren ubicar con facilidad para su posterior uso y retornarlos nuevamente a su sitio.

El desarrollo de esta S ubica los componentes, elementos, herramientas de forma rápida, mejora la imagen del lugar de trabajo ante el cliente interno y externo, genera una idea de que las cosas se hacen de manera correcta. Y los beneficios que se obtienen se complementan con lo formulado en la etapa anterior.

El lema asumido para esta segunda es:

**¡UN LUGAR PARA CADA COMPONENTE Y CADA COMPONENTE EN SU LUGAR!**

De qué manera.

1°	Ubicar los componentes útiles de manera ordenada según factores como: Calidad/Eficacia/Seguridad
Calidad	Que se mantengan sin óxidos, sin golpes, sin desperfectos, sin deterioros.
Eficiencia	Reducir el tiempo desperdiciado
Seguridad	Que no sufran caídas, que se mantengan estables, que no obstaculicen el paso.

Esto nos permite obtener estos beneficios:

- Ubicar con facilidad componentes de trabajo mejorando la eficiencia.
- Mayor facilidad para devolver los componentes a su ubicación.
- Facilidad de identificar componentes faltantes
- Mejora la apariencia del lugar.

## 3° S: seiso

En esta etapa se desarrolla la limpieza del lugar de trabajo complementado con los dos meses anteriores, para ello se debe de incidir muy fuertemente en un programa de sensibilización, entrenamiento y ejecución en actividades relacionado con tareas de limpieza.

El lema asumido para esta segunda es:

**¡LIMPIAR TU AMBIENTE DE TRABAJO TE AYUDA A LOGRAR CALIDAD!**

De qué manera.

1°	Recolectando y retirando componentes que estorban.
2°	Limpiando y barriendo con un trapo, brocha y escoba
3°	Desengrasando los componentes con productos homologados.
4°	Lijando y cepillando los componentes y lugares que sean preciso.
5°	Excluyendo los centros o ambientes de suciedad

Esto nos permite obtener estos beneficios:

- Incrementar el ciclo de vida útil del componente.
- Menos enfermedades y accidentes por mayor limpieza.
- Mejora el aspecto del lugar de trabajo
- Evita las incidencias negativas al medio ambiente.

Continuando con el proceso se presenta a continuación un resumen con las fallas más recurrentes en los molinos, esta tabla es el consolidado de los datos registrados en la línea de producción a lo largo de 12 meses periodo previo a la implantación del TPM.

**Tabla 21. Fallas recurrentes en los molinos.**

		RAZÓN SOCIAL	RUC	DIRECCIÓN
		SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MARCONA
FALLAS FRECUENTES				
N°	DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS	FRECUENCIA	%	CAUSAS
1	ROTURA DE MANGUERA DE AGUA	50	3%	DESGASTE/SOBREPRESIÓN
2	ROTURA DE MANGUERA DE ACEITE DE TRUNNION	100	7%	DESGASTE/SOBREPRESIÓN
3	FUGA DE CARGA O PULPA POR LOS AGUJEROS DEL CILINDRO	200	14%	AUTOAFLOJAMIENTO DE LOS PERNOS
4	DESGASTE DE LOS RODAMIENTOS	150	10%	FALTA DE LUBRICACIÓN
5	DESCARGA DE PULPA DE DISTINTAS MEDIDAS GRANULOMÉTRICAS	150	10%	DESGASTE DE PARRILLA DE DESCARGA
6	ALTA TEMPERATURAS EN COJINETES PRINCIPALES	100	7%	REFRIGERACIÓN INSUFICIENTE
7	BAJO FLUJO EN EL ACEITE DE LUBRICACIÓN	150	10%	BOMBEO DE ACEITE INEFECTIVO
8	CONTAMINACIÓN DE ACEITE CON RESIDUOS SÓLIDOS	50	3%	SATURACIÓN DEL FILTRO DE ACEITE
9	BAJA PRESIÓN DE ACEITE	100	7%	TUBERÍA BLOQUEADA EN EL SISTEMA LUBRICACIÓN
10	ALTAS TEMPERATURAS EN LOS ENGRANAJES	100	7%	LUBRICACIÓN INSUFICIENTE EN EL SISTEMA DE ENGRANAJE
11	ALTOS NIVELES DE RUIDO EN LA UNIDAD DE ACOPLAMIENTO	90	6%	DESALINEAMIENTO DEL ACOPLAMIENTO
12	FILTRACIÓN INADECUADA EN LA ENTRADA DE ALIMENTACIÓN	50	3%	INSTALACIÓN INADECUADA EN EL SELLO DE ENTRADA DE ALIMENTACIÓN
13	DERRAMES EN EL PUNTO DE DESCARGA	60	4%	DESGASTE DE REVESTIMIENTO EN EL PUNTO DE DESCARGA
14	ALTAS TEMPERATURAS EN EL PIÑÓN	70	5%	DESALINEAMIENTO DEL EJE DEL PIÑÓN
15	DERRAMES EN EL PUNTO DE ALIMENTACIÓN	50	3%	DESGASTE DE REVISTIMIENTO DE CANAL DE ALIMENTACIÓN
<b>TOTAL:</b>		<b>1470</b>	<b>100%</b>	

Fuente: elaboración propia

### 1° Inspección y limpieza inicial

Para desarrollar esta etapa en el área de molienda los investigadores elaboraron un formato de inspección y desarrollo de limpieza básica e inicial el cual se presenta a continuación.

**Tabla 22. Formato de Inspección y limpieza inicial.**

		<b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO DE MOLINO DE BARRAS / BOLAS</b>		
<b>FECHA:</b>		<b>NOMBRE Y/O FIRMA DEL OPERADOR:</b>		
<b>HORA:</b>				
<b>TURNO:</b>		<b>CÓDIGO DE EQUIPO:</b>		
<b>REVISIÓN GENERAL</b>			<b>OK</b>	<b>OBS.</b>
Revisión del estado de guarda motor				
Revisión del estado del cilindro				
Revisión del estado del moto reductor				
Revisión del fluido de agua de ingreso al molino				
Revisión de alimentación de mineral				
Revisión del orden y limpieza del área de trabajo				
<b>REVISIÓN ELÉCTRICA</b>			<b>OK</b>	<b>OBS.</b>
Revisión del mando de control				
Revisión del mando de potencia				
Revisión del arranque de motor				
Revisión del botón de parada de emergencia				
Revisión de la corriente de consumo (Amperaje)				
Revisión de la fuente de alimentación ( Voltaje de alimentación)				
<b>REVISIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN</b>			<b>OK</b>	<b>OBS.</b>
Revisión de la bomba de lubricación de presión alta				
Revisión de la bomba de lubricación de presión baja				
Revisión de sensor de temperatura				
Revisión de sensor de presión de aceite				
Revisión de la densidad del aceite				
Revisión de tuberías y conectores				
<b>REVISIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO</b>			<b>OK</b>	<b>OBS.</b>
Revisión de chumaceras				
Revisión de tapas o mallas de descarga				
Revisión de tapa de alimentación				
Revisión de tapa de descarga				
Revisión de trommel				
Revisión de pernos del cilindro				
Revisión de ruido de los ejes				
<b>OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES:</b>				
_____ <b>Nombre y/o Firma del Supervisor de Operaciones</b>			_____ <b>Nombre y/o Firma del Supervisor de Mantenimiento</b>	

Fuente: elaboración propia.

## 2° Aplicación de medidas correctivas

Una vez realizada la inspección inicial en donde se identificaron los componentes que necesitan regulación, calibración, corrección y limpieza se procedió a realizar dichas actividades en los molinos, esta tarea estuvo a cargo del personal operativo responsable del manejo de los molinos tal como se aprecia en la figura 34.



*Figura 34.* Aplicación de medidas correctivas.

## 3° Establecimiento de normas de Inspección, Limpieza y Lubricación

Continuando con el proceso se ha establecido las normas de inspección, limpieza y lubricación, para ello el comité responsable de la implantación del TPM juntamente con los investigadores elaboraron los siguientes parámetros relacionados con los aspectos a evaluar. Las normas establecidas se muestran en la figura 24.

**Tabla 23.** *Medidas de limpieza.*

<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES</b>
1. Utilizar el equipo de protección personal adecuado para esta actividad.
2. Seleccionar los materiales para realizar la limpieza de la máquina o equipo.
3. Retirar el polvo, grasa y residuos, disponer adecuadamente en cada contenedor correspondiente de residuos sólidos del área de concentrado.
4. Retirar el polvo u otras sustancias que dificultan la visibilidad de las guardas de protección.
5. Extraer la grasa solidificada de las piezas y limpiar el aceite de la superficie, para ello se debe utilizar solventes.
6. Retirar el óxido de las superficies, utilizar solventes que no afecten la lubricación.
7. Limpiar los circuitos del sistema eléctrico y el panel de control, se debe utilizar solventes anti eléctricos.
8. delimitar y señalizar con códigos y colores a cada equipo.
9. Verificar que el área esté despejada, caso haya algún objeto deberá ser retirado.
10. Finalizado la limpieza, informar al supervisor para la verificación y posterior confirmación.
<b>Elaborado por:</b> SAUL PERALTA SARMIENTO/MARCELINO HUERTA MORENO
<b>Observación:</b> Todos los operarios deberán realizar este procedimiento
<b>Aviso:</b> Este procedimiento se realizará diariamente y será supervisado.

Fuente: elaboración propia.

#### **4° Entrenamiento del personal**

El entrenamiento del personal en el desarrollo de tareas relacionadas con el mantenimiento autónomo se realizó de manera aplicativa a lo largo de dos semanas de forma inter diaria esta actividad se evidencia en las siguientes figuras.



*Figura 35. Personal en jornada de entrenamiento.*

### **5° Establecimiento de Inspecciones autónomas**

En esta etapa del proceso se elaboró una ficha de inspecciones que permita monitorear y evaluar de manera periódica las tareas básicas del mantenimiento autónomo, el cual estuvo a cargo del supervisor de operaciones y mantenimiento, esta ficha se muestra a continuación.

**Tabla 24.** Formato de inspección de los molinos.

		<b>INSPECCIÓN GENERAL DE MOLINO DE BARRAS / BOLAS</b>	
FECHA:		NOMBRE Y/O FIRMA DEL OPERADOR:	
HORA:			
TURNO:		CÓDIGO DE EQUIPO:	
 <b>La inspección se efectúa caminando alrededor, por encima y alrededor de las máquinas, para la inspección se requiere utilizar sus EEPs</b>			
<b>OK</b>	<b>REP</b>		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verificación de fugas de lubricación y engrase.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Confirmar que la grasa cubra toda las partes móviles mecánicas.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Confirmar que las mangueras de lubricación estén en buenas condiciones.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar el nivel de tanque de aceite.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Confirmar que la grasa se encuentre en buenas condiciones de lubricación.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar fugas de aceite.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar que no tenga fisuras en los conectores de las tuberías de lubricación.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar el ajuste de las tuercas del cilindro.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar los pernos del trommel y el estado de la malla de descarga.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar sellos de manguera de alimentación.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar que las guardas de protección estén en buenas condiciones.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar que el sistema eléctrico esté dentro de los parámetros indicados.	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Revisar que el área de trabajo esté ordenado y limpio.	
<b>OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES:</b>			
<hr/> <b>Nombre y/o Firma del Supervisor de Operaciones</b>		<hr/> <b>Nombre y/o Firma del Supervisor de Mantenimiento</b>	

Fuente: elaboración propia

## Plan de Mantenimiento Planificado

En primer lugar, se identificaron las fallas recurrentes que se presentan periódicamente en los molinos de bolas y barras, estos se muestran a continuación.

**Tabla 25. Fallas Recurrentes.**

			
RAZÓN SOCIAL		RUC	DIRECCIÓN
SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.		20100142989	MARCONA
FALLAS FRECUENTES			
Parte	Problema	Posible causa	Solución
Cojinete principal	Altas temperaturas	Cojinete no alineado	Revisar la base del cojinete y el reborde para su alineación
		Flujo pequeño de aceite	Corregir el nivel de flujo
		Daño en el eje hueco o revestimiento	Revisar daños en el eje hueco o la superficie del buje
		Refrigeración insuficiente	Corregir la lubricación y la refrigeración
Sistema de lubricación	Alta temperatura del aceite	Refrigeración insuficiente	Revisar la refrigeración incluyendo las válvulas
		Calentamiento inapropiado	Revisar el calentador y el dispositivo de control
	Bajo flujo de aceite	Bombeo de aceite inefectivo	Revisar la bomba
		Tubería de aceite con derrames o bloqueada	Revisar la tubería
		Filtro de aceite bloqueado	Revisar el filtro de aceite. Reemplazar el elemento del filtro si es necesario
		Válvula de seguridad en la bomba de aceite con problemas	Revisar el correcto funcionamiento de la válvula de seguridad.
	Medidor de flujo con problemas	Revisar la condición y escala de medición del medidor del flujo	
Baja presión de aceite (comparación con lecturas teóricamente correctas)	Tubería bloqueada	Revisar la tubería	
Unidad de engranaje	Altos niveles de temperatura en el engranaje/altos niveles de	Engranaje no alineado	Revisar la tubería
		Lubricación insuficiente	Revisar la alineación del engranaje. Corregirla si es necesario.
Ensamblaje del piñón	Altas temperaturas en el cojinete	Cojinete con problemas	Revisar el cojinete
		Engranaje no alineado	Revisar la alineación del engranaje. Corregir si es necesario
Unidad de acoplamiento	Sobrecalentamiento o altos niveles de ruido	Instalación no alineada	Revisar la alineación del engranaje. Corregir si es necesario.
Motor principal	Altas temperaturas en el motor	Cojinete con problemas	Revisar el cojinete
		Lubricación insuficiente	Revisar la correcta lubricación
Unidad de alimentación	Mala filtración en la entrada de alimentación	Instalación incorrecta de la unidad de alimentación en la entrada de alimentación	Revisar la instalación de la unidad de alimentación en el punto de entrada de alimentación
		Instalación incorrecta del sello en la entrada de alimentación	Revise la instalación del sello
		Revestimiento desgastado en la entrada de alimentación	Reemplazarlo antes de que el eje hueco sea expuesto. Revisar el revestimiento en intervalos de tiempo.
Unidad de descarga	Derrames en el punto de descarga	Revestimiento desgastado en el punto de descarga	Reemplazarlo antes de que el eje hueco sea expuesto. Revisar el revestimiento en intervalos de tiempo.
	Descarga de partículas grandes	Pantalla de caída dañada o insuficiente	Revisarlo, repararlo y/o reemplazarlo si es necesario.

Fuente: elaboración propia.

## 1° Establecimiento de metas de revisión

En esta etapa del proceso el comité responsable juntamente con el equipo técnico estableció las metas a lograr para las dos etapas del mantenimiento planificado, dichas etapas fueron:

- Revisiones de mantenimiento.
- Acciones del mantenimiento preventivo.

Dicho documento técnico se presenta a continuación:

**Tabla 26.** *Revisiones del mantenimiento de molinos.*

Etapas del programa de mantenimiento				
RAZÓN SOCIAL		RUC		DIRECCIÓN
SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.		20100142989		MARCONA
FALLAS FRECUENTES				
Revisiones de Mantenimiento del Molino				
Partes de mantenimiento	Contenido del mantenimiento	Intervalo de tiempo	Condición del molino	Meta
Cojinete principal	Sello	Una vez/semana	Operación o apagado	90%
	Sensor de temperatura	Una vez/mes	Operación	
	Desgaste en la superficie	Una vez/año	Apagado	
Sistema de lubricación	Nivel de aceite en el tanque	Una vez/semana	Operación	95%
	Instrumento y medidor	Una vez/semana	Operación	
Carcasa y engranaje	Engranaje principal y engranaje del eje	Una vez/semana	Operación	95%
	Placa de revestimiento	Una vez/mes	Operación o apagado	
Lubricación del eje del engranaje	Sello y lubricación	Una vez/mes	Operación o apagado	100%
Sistema de accionamiento	Condición del motor principal	Una vez/día	Operación	100%
	Condición del reductor principal	Una vez/día	operación	
Carcasa del engranaje y sistema en spray	Condición del spray	Una vez/mes	Apagado	95%
	Instrumento y tubería de spray	Una vez/semana	Operación	
	Derrame de grasa	Una vez/semana	Operación	
	Calibrar el medidor de presión	Una vez/semana	Operación	
	Cubeta de la grasa	Una vez/semana	Operación o apagado	
Tapa de alimentación	Revisar el sello de alimentación	Una vez/semana	Operación	90%
	Revisar el revestimiento interior de alimentación el eje hueco	Una vez/mes	Apagado	
Tapa de descarga	Revisar el revestimiento interior de descarga del eje hueco	Una vez/mes	Apagado	90%
	Revisar el desgaste del cañón	Una vez/mes	Apagado	

Fuente: elaboración propia.

## 2° Elaboración del presupuesto

El presupuesto establecido por el comité de implantación se detalla a continuación en la siguiente tabla:

**Tabla 27.** *Presupuesto para TPM.*

<b>RUBRO</b>	<b>MONTO (S/.)</b>
Reconocimiento personal operativo	2 500.00
Cursos taller y capacitaciones	2 000.00
Integración de personal	1 000.00
Mejoras	10 000.00
Aplicación 5S	2 000.00
Materiales	500.00
Otros	2 000.00
<b>TOTAL</b>	<b>20 000.00</b>

Fuente: comité de implementación.

En la tabla se observa que el monto total establecido para la implantación del TPM es equivalente a S/. 20 000.00.

## 3° Selección de molinos a incluir en el plan

Los molinos que son parte del proceso y que pertenecen a la línea de producción fueron:



*Figura 36.* Molino de barras.



*Figura 37.* Molino de bolas.

#### **4° Elaboración de fichas técnicas de los molinos**

Como parte de la contribución de los investigadores y ante la inexistencia de estas fichas, se elaboraron estas de manera individual, estas fichas se presentan a continuación.

##### **a. Molino de barras**

Se elaboró una ficha por cada molino el cual consta de su respectivo código.

**Tabla 28. Ficha técnica de molinos de barras.**

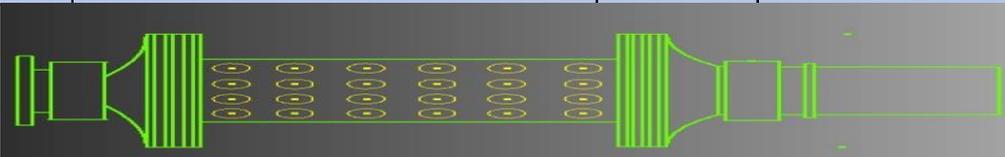
<b>CODIGO DE EQUIPO:</b>	032-081				
<b>NOMBRE DE EQUIPO:</b>	MOLINO DE BARRAS				
<b>FUNCION PRINCIPAL:</b>					
1.- DATOS GENERALES					
2.- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO					
3.- UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA					
4.- SISTEMA DE LUBRICACION					
5.- CONJUNTO MOVIL					
6.- SISTEMA ESTRUCTURAL					
<b>1.- DATOS GENERALES</b>					
<b>MARCA</b>	<b>DIMENSION DEL MOLINO</b>	<b>AÑO DE INSTALACION</b>	<b>CAPACIDAD ( TMH )</b>	<b>POTENCIA MOTOR</b>	<b>VELOCIDAD MOTOR</b>
NORDBERG	10'-8" X 16'	1962	160 / 180 TMH	700 HP / 522.2 KW	257 RPM
<b>VELOCIDAD MOLINO</b>	<b>% VELOCIDAD CRITICA</b>	<b>TIPO DE DESCARGA</b>	<b>INDICE DE TRABAJO</b>	<b>SENTIDO DE ROTACIÓN (ALIMENTO)</b>	<b>RECARGA DE BARRAS APROX.</b>
15.6 RPM	64.50%	POR REBOSE	7.0 / 8.5	HORARIO L - 1/4	5/DIA
<b>DIMENSION DE BARRAS</b>	<b>CARGA DE BARRAS ( % MOLINO )</b>	<b>PESO CARGA DE BARRAS ( T.M )</b>	<b>PESO DE UNA BARRA PROMEDIO</b>	<b>TIPO FORROS DEL MOLINO</b>	<b>MATERIAL DE FORROS</b>
3-1/2" X 15.5'	40%	100 TM	506.44 LBS	ONDA SIMPLE	MANGANESO
<b>2.- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO</b>					
2.1.- MOTOR ELECTRICO					
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>VELOCIDAD SALIDA</b>	<b>TIPO</b>
		700 HP		257 RPM	SINCRONICO
<b>RATIO</b>	<b>F.S</b>	<b>N° CHINO</b>	<b>GRADO PROTECCION</b>	<b>CLASE AISLAMIENTO</b>	
2.2.- REDUCTOR					
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>POTENCIA</b>	<b>VOLTAJE</b>	<b>VELOCIDAD SALIDA</b>	<b>TIPO</b>
		-	-	15.6 RPM	
<b>RATIO</b>	<b>F.S</b>	<b>N° CHINO</b>	<b>GRADO PROTECCION</b>	<b>CLASE AISLAMIENTO</b>	
2.3.- ACOMPLAMIENTOS					
<b>ACOPAMIENTO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>N° STOCK</b>		
ALTA VELOCIDAD					
BAJA VELOCIDAD					

Fuente: elaboración propia.

## b. Molino de bolas

Se elaboró una ficha por cada molino el cual consta de sus características técnicas.

**Tabla 29.** Ficha técnica de molinos de bolas.

N°	DESCRIPCION		UNIDAD	VALOR NUMERICO
				
1	DIAMETRO INTERIOR DEL SHELL		mm	Ø5030
2	LONGITUD DEL SHELL		mm	8460
3	VOLUMEN DEL MOLINO		m <sup>3</sup>	164
4	CARGA MAXIMA	BOLAS	tn	267
		MATERIAL	tn	37
	DIENTES DE LA CATALINA		EA	260
	DIENTES DEL EJE		EA	20
5	CAPACIDAD		T/H	
6	VELOCIDAD DEL MOLINO		r/min	14.44
7	MOTOR SINCRONO	MODELO		TDMK3600-36
		POTENCIA	kW	3600
		REVOLUCIONES	r/min	200
		VOLTAJE	V	4160
8	EMBRAGUE		D52VC1200	
9	UNIDAD AVANCE LENTO	MODELO		MMZ6
		POTENCIA	kW	37
		MOMENTO DE SALIDA	N.m	225000
		RATIO	i	1131
		VELOCIDAD SALIDA EJE	r/min	1.3
10	DIMENSION TOTAL (mm)		21740 x 10740 x 8955	

Fuente: elaboración propia.

## 5° Elección de responsables

Para el desarrollo del proceso de mantenimiento planificado se eligió al equipo responsable, el cual fue liderado por el supervisor de línea y que involucra a los jefes de mantenimiento y operaciones, en total son seis integrantes.

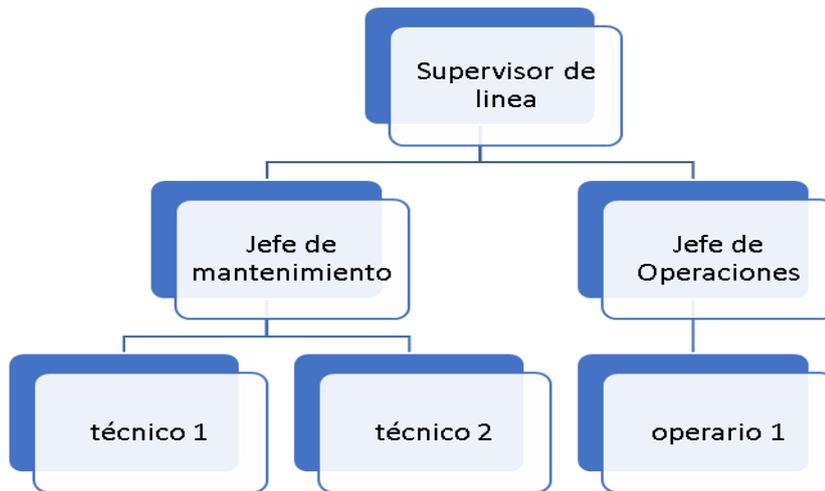


Figura 38. Equipo responsable del mantenimiento planificado.

### 6° Elaboración del manual de operaciones y mantenimiento

En esta etapa del proceso se elaboró el manual de operaciones y mantenimiento de la planta de concentrado de hierro en el cual se encuentra la línea de molienda, este documento técnico no se tenía confeccionado de manera formal, los encargados de confeccionar fueron los investigadores juntamente con el equipo técnico.

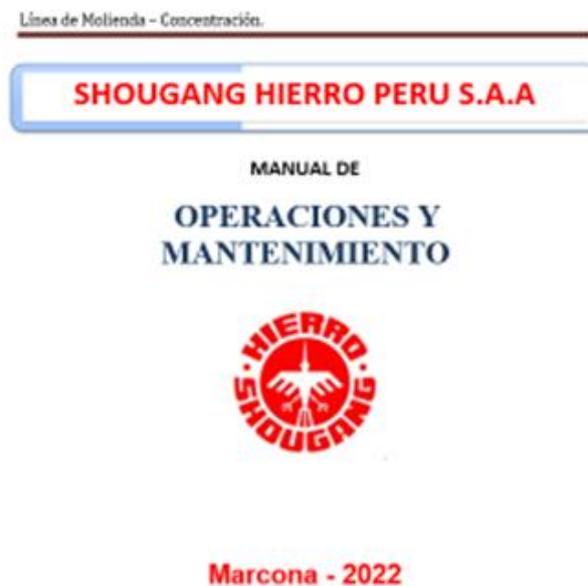


Figura 39. Manual de operaciones y mantenimiento.

**Tabla 30.** Verificación de mantenimiento preventivo de molino de barras.

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOLINO DE BARRAS (MENSUAL)															
SUBSISTEMA	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
SISTEMA DE MOLIENDA	SHELL	INSPECCIONAR FORROS DEL MOLINO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUTE DE ALIMENTACIÓN/DESCARGA	LIMPIAR CHUTE DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUTE DE ALIMENTACIÓN/DESCARGA	REVISAR CHUTE Y CANAL DE ALIMENTACIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TAPA DE ALIMENTACIÓN	REVISAR TRUNNION	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TAPA DE ALIMENTACIÓN	CAMBIAR RETÉN DE PULPA EN TAPA DE ALIMENTACIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TAPA DE ALIMENTACIÓN/DESCARGA	CALAFATEAR FORROS DE TAPAS DEL MOLINO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO	ACOPLAMIENTO	REVISAR/LUBRICAR ACOPLAMIENTO, DESCARTAR DAÑO EN GRILLA Y DIENTES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUMACERA LADO LIBRE	REVISAR TOLERANCIA/LUBRICAR RODAMIENTO LADO LIBRE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUMACERA LADO ACOUPLE	REVISAR TOLERANCIA/LUBRICAR RODAMIENTO LADO ACOUPLE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIEZA DEL MOTOR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR AISLAMIENTO DEL MOTOR y LINEAS DE FUERZA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR BOBINAS y PUENTES ELÉCTRICOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR RESISTENCIA DE CALEFACCIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR ANILLOS, CARBONES Y PORTACARBONES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	DOSIFICADOR DE ACEITE LADO ALIMENTACIÓN	REVISAR DOSIFICADOR DE ACEITE DE BAJA PRESIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	DOSIFICADOR DE ACEITE LADO DESCARGA	REVISAR DOSIFICADOR DE ACEITE DE BAJA PRESIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SUB-ESTACIÓN	BREAKER DE 4.16 KV	LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE BREAKER DE ALTA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	BREAKER DE 4.16 KV	LUBRICACION DE MECANISMO DE APERTURA Y CIERRE DE BREAKER	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	RELÉ MULTILIN	LIMPIEZA Y/O REPARAR RELÉ MULTILIN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
CONTROL ELÉCTRICO	CONTROL DE APLICACIÓN	REVISAR AJUSTES DE LINEAS DE CONTROL Y CAMPO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CONTROL DE APLICACIÓN	LIMPIEZA DE CONTACTOS FIJOS Y MOVILES (RELES)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	BOTONERA	REVISAR BOTONERAS DE CAMPO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CONTROL DE CALEFACCIÓN	REVISAR CONTROL DE CALEFACCIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Fuente: elaboración propia

**Tabla 31. Verificación de mantenimiento preventivo de molino de bolas.**

LISTA DE VERIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MOLINO DE BOLAS (MENSUAL)															
SUBSISTEMA	MANTENIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
SISTEMA DE MOLIENDA	SHELL	INSPECCIONAR FORROS DEL MOLINO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUTE DE ALIMENTACIÓN/DESCARGA	LIMPIEZA DEL CAJÓN DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUTE DE ALIMENTACIÓN	REVISAR CHUTE Y MANGUERA DE ALIMENTACIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TAPA DE ALIMENTACIÓN	CAMBIAR RETÉN DE PULPA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TAPA DE DESCARGA	REVISAR/REPARAR MALLA DE DESCARGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SISTEMA DE ACCIONAMIENTO	ACOPLAMIENTO	REVISAR/LUBRICAR ACOPLAMIENTO, DESCARTAR DAÑO EN GRILLA Y DIENTES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUMACERA LADO LIBRE	REVISAR TOLERANCIA/LUBRICAR RODAMIENTO LADO LIBRE	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CHUMACERA LADO ACOPLA	REVISAR TOLERANCIA/LUBRICAR RODAMIENTO LADO ACOPLA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIEZA DEL MOTOR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR AISLAMIENTO DEL MOTOR y LINEAS DE FUERZA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR BOBINAS y PUENTES ELÉCTRICOS	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR RESISTENCIA DE CALEFACCIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	REVISAR ANILLOS, CARBONES Y PORTACARBONES	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	MOTOR ELÉCTRICO	LIMPIEZA DE POZA DE CAPACITOR	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SUB-ESTACIÓN	BREAKER DE 4.16 KV	LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE BREAKER DE ALTA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	BREAKER DE 4.16 KV	LUBRICACIÓN DE MECANISMO DE APERTURA Y CIERRE DE BREAKER	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	RELE MULTILIN	LIMPIEZA Y/O REPARAR RELE MULTILIN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
CONTROL ELÉCTRICO	CONTROL DE APLICACIÓN	REVISAR AJUSTES DE LINEAS DE CONTROL Y CAMPO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CONTROL DE APLICACIÓN	LIMPIEZA DE CONTACTOS FIJOS Y MÓVILES (RELES)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	BOTONERA	REVISAR BOTONERAS DE CAMPO	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	CONTROL DE CALEFACCIÓN	REVISAR CONTROL DE CALEFACCIÓN	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
SISTEMA DE LUBRICACIÓN	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	REVISAR TRANSMISORES DE TEMPERATURA TRUNNION DE ALIMENTACION	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TRANSMISOR DE TEMPERATURA	REVISAR TRANSMISORES DE TEMPERATURA TRUNNION DE DESCARGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TRANSMISOR DE PRESIÓN	REVISAR TRANSMISORES DE PRESIÓN TRUNNION DE ALIMENTACION	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	TRANSMISOR DE PRESIÓN	REVISAR TRANSMISORES DE PRESIÓN TRUNNION DE DESCARGA	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Fuente: elaboración propia.

### **7° Revisión del manual de operaciones y mantenimiento**

La revisión del manual estuvo a cargo del supervisor de área y del presidente del comité, quienes revisaron el documento técnico, posteriormente dieron su V°B° y aprobaron para su difusión y ejecución.

### **4° Fase**

#### **Consolidación del TPM**

Es la última etapa del proceso de implantación del TPM, para cumplir con esta parte el comité y el equipo técnico acordaron elaborar el manual del TPM, para ello se encargó como responsable al equipo técnico, por lo tanto, esta etapa quedó en proceso de cumplimiento y actualmente se encuentran elaborando dicho manual.

### **3.5.5 Análisis resultados post test**

Los resultados en esta parte del estudio son acerca de la variable dependiente incluida sus dimensiones, es decir cuál es el desempeño de la línea de molienda respecto a la productividad, eficiencia y eficacia, después de la implantación del TPM. Para la recolección y cálculo de estos parámetros se usaron formatos de registro diario por un periodo de dos meses del 1 de abril al 30 de mayo del 2022 tomando en cuenta todos los días.

Medición de la eficiencia post test

A continuación, se presenta la medición de la primera dimensión eficiencia, la cual para su cálculo se tomó en cuenta el tiempo real y el tiempo total de producción. Esto se puede observar en las siguientes tablas:

**Tabla 32.** Eficiencia de línea post test del mes de abril.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$
	EFICIENCIA			
	EFICIENCIA EN LA LINEA DE PRODUCCION			OBSERVACIONES
FECHA	Tiempo Real de ProduccionTRP	Tiempo Total de Producción TTP	Nivel de Eficiencia de Linea NEFL (%)	
1/04/2022	24.0	24	100.00	
2/04/2022	23.4	24	97.50	
3/04/2022	23.5	24	97.92	
4/04/2022	23.0	24	95.83	
5/04/2022	23.0	24	95.83	
6/04/2022	22.0	24	91.67	
7/04/2022	22.0	24	91.67	
8/04/2022	21.5	24	89.58	
9/04/2022	21.0	24	87.50	
10/04/2022	23.5	24	97.92	
11/04/2022	21.0	24	87.50	
12/04/2022	22.0	24	91.67	
13/04/2022	22.1	24	92.08	
14/04/2022	22.2	24	92.50	
15/04/2022	23.0	24	95.83	
16/04/2022	22.4	24	93.33	
17/04/2022	23.2	24	96.67	
18/04/2022	24.0	24	100.00	
19/04/2022	23.0	24	95.83	
20/04/2022	22.0	24	91.67	
21/04/2022	22.4	24	93.33	
22/04/2022	24.0	24	100.00	
23/04/2022	22.3	24	92.92	
24/04/2022	21.5	24	89.58	
25/04/2022	21.5	24	89.58	
26/04/2022	21.4	24	89.17	
27/04/2022	24.0	24	100.00	
28/04/2022	18.0	24	75.00	
29/04/2022	19.5	24	81.25	
30/04/2022	19.5	24	81.25	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>92.49</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 33.** Eficiencia de línea post test del mes de mayo.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$
	EFICIENCIA			
EFICIENCIA EN LA LINEA DE PRODUCCION				OBSERVACIONES
FECHA	Tiempo Real de ProduccionTRP	Tiempo Total de Producción TTP	Nivel de Eficiencia de Linea NEFL (%)	
1/05/2022	22.0	24	91.67	
2/05/2022	22.3	24	92.92	
3/05/2022	24.0	24	100.00	
4/05/2022	24.0	24	100.00	
5/05/2022	23.0	24	95.83	
6/05/2022	22.0	24	91.67	
7/05/2022	24.0	24	100.00	
8/05/2022	22.0	24	91.67	
9/05/2022	22.0	24	91.67	
10/05/2022	19.0	24	79.17	
11/05/2022	21.0	24	87.50	
12/05/2022	23.0	24	95.83	
13/05/2022	24.0	24	100.00	
14/05/2022	24.0	24	100.00	
15/05/2022	24.0	24	100.00	
16/05/2022	23.0	24	95.83	
17/05/2022	22.0	24	91.67	
18/05/2022	22.0	24	91.67	
19/05/2022	23.0	24	95.83	
20/05/2022	23.0	24	95.83	
21/05/2022	23.0	24	95.83	
22/05/2022	23.0	24	95.83	
23/05/2022	23.0	24	95.83	
24/05/2022	22.0	24	91.67	
25/05/2022	22.0	24	91.67	
26/05/2022	22.0	24	91.67	
27/05/2022	21.0	24	87.50	
28/05/2022	22.0	24	91.67	
29/05/2022	22.0	24	91.67	
30/05/2022	22.2	24	92.50	
31/05/2022	23.0	24	95.83	
<b>PROMEDIO</b>			<b>93.88</b>	

Fuente: elaboración propia.

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la eficiencia está dado en porcentaje y para el mes de abril es 92.49% y noviembre 93.88%.

Medición de la eficacia post test

A continuación, se presenta la medición de la segunda dimensión eficacia, la cual para su cálculo se tomó en cuenta la producción lograda versus la

producción programada. Esto se puede observar en las siguientes tablas:

**Tabla 34.** Eficacia de línea post test del mes de abril.

	EMPRESA	RUC	ÁREA	FÓRMULA
	SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$
	EFICACIA			
	EFICACIA EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN			OBSERVACIONES
FECHA	Producción Lograda PL	Producción programada PP	Nivel de Eficacia de Línea NEFCL (%)	
1/04/2022	26395	22500	117.31	
2/04/2022	25095	22500	111.53	
3/04/2022	26192	22500	116.41	
4/04/2022	25160	22500	111.82	
5/04/2022	24130	22500	107.24	
6/04/2022	25169	22500	111.86	
7/04/2022	23847	22500	105.99	
8/04/2022	22455	22500	99.80	
9/04/2022	23530	22500	104.58	
10/04/2022	26354	22500	117.13	
11/04/2022	21830	22500	97.02	
12/04/2022	24573	22500	109.21	
13/04/2022	24413	22500	108.50	
14/04/2022	24691	22500	109.74	
15/04/2022	25410	22500	112.93	
16/04/2022	24220	22500	107.64	
17/04/2022	25752	22500	114.45	
18/04/2022	27344	22500	121.53	
19/04/2022	24700	22500	109.78	
20/04/2022	23557	22500	104.70	
21/04/2022	24606	22500	109.36	
22/04/2022	27002	22500	120.01	
23/04/2022	24669	22500	109.64	
24/04/2022	23410	22500	104.04	
25/04/2022	22420	22500	99.64	
26/04/2022	22892	22500	101.74	
27/04/2022	27323	22500	121.44	
28/04/2022	15500	22500	68.89	
29/04/2022	19000	22500	84.44	
30/04/2022	19200	22500	85.33	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>106.79</b>	

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 35. Eficacia de línea post test del mes de mayo.**

	EMPRESA	RUC	ÁREA	FÓRMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	$NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$
	EFICACIA			
	EFICACIA EN LA LINEA DE PRODUCCIÓN			OBSERVACIONES
FECHA	Producción Lograda PL	Producción programada PP	Nivel de Eficacia de Línea NEFCL (%)	
1/05/2022	23982	22500	106.59	
2/05/2022	24270	22500	107.87	
3/05/2022	26254	22500	116.68	
4/05/2022	26447	22500	117.54	
5/05/2022	23864	22500	106.06	
6/05/2022	22630	22500	100.58	
7/05/2022	26078	22500	115.90	
8/05/2022	23180	22500	103.02	
9/05/2022	23725	22500	105.44	
10/05/2022	21490	22500	95.51	
11/05/2022	23889	22500	106.17	
12/05/2022	25425	22500	113.00	
13/05/2022	26808	22500	119.15	
14/05/2022	26773	22500	118.99	
15/05/2022	26737	22500	118.83	
16/05/2022	25626	22500	113.89	
17/05/2022	24350	22500	108.22	
18/05/2022	24282	22500	107.92	
19/05/2022	24687	22500	109.72	
20/05/2022	25666	22500	114.07	
21/05/2022	25454	22500	113.13	
22/05/2022	25240	22500	112.18	
23/05/2022	25230	22500	112.13	
24/05/2022	24368	22500	108.30	
25/05/2022	24200	22500	107.56	
26/05/2022	23100	22500	102.67	
27/05/2022	22980	22500	102.13	
28/05/2022	24500	22500	108.89	
29/05/2022	24600	22500	109.33	
30/05/2022	24800	22500	110.22	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>109.72</b>	

Fuente: elaboración propia.

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la eficacia está dado en porcentaje y para el mes de abril es 106.79% y mayo 109.72%.

Medición de la productividad post test

A continuación, se presenta la medición de la variable dependiente

productividad, la cual para su cálculo se tomó en cuenta la eficiencia y la eficacia a través del producto de ambos. Esto se puede observar en la tabla 34 y 35.

**Tabla 36.** Productividad de línea post test del mes de abril.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	PL= (NEFL*NEFCL)*100
	PRODUCTIVIDAD			
	PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE PRODUCCION			OBSERVACIONES
FECHA	Eficiencia de Línea NEFL %	Eficacia de línea NEFCL %	Productividad de Línea PL (%)	
1/04/2022	100.00	117.31	117.31	
2/04/2022	97.50	111.53	108.75	
3/04/2022	97.92	116.41	113.98	
4/04/2022	95.83	111.82	107.16	
5/04/2022	95.83	107.24	102.78	
6/04/2022	91.67	111.86	102.54	
7/04/2022	91.67	105.99	97.15	
8/04/2022	89.58	99.80	89.40	
9/04/2022	87.50	104.58	91.51	
10/04/2022	97.92	117.13	114.69	
11/04/2022	87.50	97.02	84.89	
12/04/2022	91.67	109.21	100.11	
13/04/2022	92.08	108.50	99.91	
14/04/2022	92.50	109.74	101.51	
15/04/2022	95.83	112.93	108.23	
16/04/2022	93.33	107.64	100.47	
17/04/2022	96.67	114.45	110.64	
18/04/2022	100.00	121.53	121.53	
19/04/2022	95.83	109.78	105.20	
20/04/2022	91.67	104.70	95.97	
21/04/2022	93.33	109.36	102.07	
22/04/2022	100.00	120.01	120.01	
23/04/2022	92.92	109.64	101.87	
24/04/2022	89.58	104.04	93.21	
25/04/2022	89.58	99.64	89.26	
26/04/2022	89.17	101.74	90.72	
27/04/2022	100.00	121.44	121.44	
28/04/2022	75.00	68.89	51.67	
29/04/2022	81.25	84.44	68.61	
30/04/2022	81.25	85.33	69.33	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>99.40</b>	

Fuente: elaboracion propia.

**Tabla 37.** Productividad de línea post test del mes de mayo.

	EMPRESA	RUC	AREA	FORMULA
	SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.	20100142989	MOLIENDA	PL= (NEFL*NEFCL)*100
	PRODUCTIVIDAD			
PRODUCTIVIDAD EN LA LINEA DE PRODUCCION				OBSERVACIONES
FECHA	Eficiencia de Línea NEFL	Eficacia de línea NEFCL	Productividad de Línea PL (%)	
1/05/2022	91.67	106.59	97.70	
2/05/2022	92.92	107.87	100.23	
3/05/2022	100.00	116.68	116.68	
4/05/2022	100.00	117.54	117.54	
5/05/2022	95.83	106.06	101.64	
6/05/2022	91.67	100.58	92.20	
7/05/2022	100.00	115.90	115.90	
8/05/2022	91.67	103.02	94.44	
9/05/2022	91.67	105.44	96.66	
10/05/2022	79.17	95.51	75.61	
11/05/2022	87.50	106.17	92.90	
12/05/2022	95.83	113.00	108.29	
13/05/2022	100.00	119.15	119.15	
14/05/2022	100.00	118.99	118.99	
15/05/2022	100.00	118.83	118.83	
16/05/2022	95.83	113.89	109.15	
17/05/2022	91.67	108.22	99.20	
18/05/2022	91.67	107.92	98.93	
19/05/2022	95.83	109.72	105.15	
20/05/2022	95.83	114.07	109.32	
21/05/2022	95.83	113.13	108.42	
22/05/2022	95.83	112.18	107.50	
23/05/2022	95.83	112.13	107.46	
24/05/2022	91.67	108.30	99.28	
25/05/2022	91.67	107.56	98.59	
26/05/2022	91.67	102.67	94.11	
27/05/2022	87.50	102.13	89.37	
28/05/2022	91.67	108.89	99.81	
29/05/2022	91.67	109.33	100.22	
30/05/2022	92.50	110.22	101.96	
		<b>PROMEDIO</b>	<b>103.17</b>	

Fuente: elaboración propia.

En las tablas mostradas se observa que el promedio de la productividad está dado en porcentaje y para el mes de abril es 99.40% y mayo 103.17%.

### 3.5.6 Evaluación económica

Para desarrollar la evaluación económica del estudio se ha elaborado resúmenes del costo de implementación del TPM, además de los costos que implican los mantenimientos antes y después del proceso.

Esta información es fundamental para elaborar el flujo de caja que se presenta al final, a continuación, se presenta en la tabla 38 la inversión incurrida en la implantación del TPM.

**Tabla 38.** *Resumen de inversión del TPM.*

Rubro	Costo Unitario	Cantidad	Número de personas	Costo Total
<b>Horas - Hombre</b>				<b>S/.17,800.00</b>
Jefe de Mantenimiento	S/.200.00	10 horas	1	S/.2,000
Supervisor	S/.120.00	20 horas	1	S/.2,400.00
Asistente	S/.80.00	40 horas	1	S/.3,200.00
Operarios	S/.60.00	30 horas	4	S/.7,200.00
Investigador	S/.50.00	60 horas	1	S/.3,000.00
<b>Cursos</b>		2		<b>S/.5,100.00</b>
Curso TPM	S/.500.00	1		S/.1,000.00
Curso especializado	S/.450.00	1		S/.2,400.00
<b>Formatos</b> (impresiones, hojas, copias, otros)	<b>S/.20.00</b>	varios		<b>S/.200.00</b>
<b>Manual</b> (impresiones, hojas, copias, otros)	<b>S/.35.00</b>	1		<b>S/.300.00</b>
<b>TOTAL</b>				<b>S/.23,400.00</b>

Fuente: comité de implantación.

Asimismo, presentamos a continuación los costos incurridos en el mantenimiento de los 19 molinos antes y después, el cual evidencia la reducción significativa entre ambos periodos.

**Tabla 39.** *Costos de mantenimiento pre-test.*

Repuestos	Costo Unitario	Cantidad	Sub Total
Filtro de presión baja	S/ 400.00	19	S/ 7,600.00
Filtro de presión alta	S/ 450.00	19	S/ 8,550.00
Filtro de lubricación de engranaje pequeño	S/ 380.00	19	S/ 7,220.00
Manómetro de presión alta	S/ 800.00	19	S/ 15,200.00
Manómetro de presión baja	S/ 820.00	19	S/ 15,580.00
Indicador de temperatura	S/ 1,200.00	19	S/ 22,800.00
Filtro magnético de aceite de retorno	S/ 500.00	19	S/ 9,500.00
Sellos o retenes	S/ 300.00	19	S/ 5,700.00
Sensor de nivel líquido	S/ 1,180.00	19	S/ 22,420.00
Rodamientos	S/ 1,800.00	19	S/ 34,200.00
Mangueras de jebe de alta presión	S/ 370.00	19	S/ 7,030.00
Disyuntor	S/ 350.00	19	S/ 6,650.00
Bomba neumática	S/ 1,000.00	19	S/ 19,000.00
Láminas de latón	S/ 200.00	19	S/ 3,800.00
Termómetro	S/ 900.00	2	S/ 1,800.00
Anillos herméticos	S/ 300.00	19	S/ 5,700.00
		<b>TOTAL</b>	<b>S/ 182,750.00</b>

Fuente: comité de implantación.

**Tabla 40.** *Costos de mantenimiento post-test.*

Repuestos	Costo Unitario	Cantidad	Sub Total
Filtro de presión baja	S/ 400.00	19	S/ 7,600.00
Filtro de presión alta	S/ 450.00	19	S/ 8,550.00
Filtro de lubricación de engranaje pequeño	S/ 380.00	19	S/ 7,220.00
Manómetro de presión alta	S/ 800.00	19	S/ 15,200.00
Manómetro de presión baja	S/ 820.00	19	S/ 15,580.00
Indicador de temperatura	S/ 1,200.00	19	S/ 22,800.00
Filtro magnético de aceite de retorno	S/ 500.00	19	S/ 9,500.00
Sellos o retenes	S/ 300.00	19	S/ 5,700.00
Sensor de nivel líquido	S/ 1,180.00	19	S/ 22,420.00
Rodamientos	S/ 1,800.00	19	S/ 34,200.00
Mangueras de jebe de alta presión	S/ 370.00	19	S/ 7,030.00
		<b>Total</b>	<b>S/ 165,800.00</b>

Fuente: comité de implantación.

De las tablas 39 y 40 se establece la diferencia significativa entre los costos de ambos períodos el cual se presenta a continuación.

**Tabla 41.** *Costos de mantenimiento pre-test y post-test*

Rubro	Monto total en S/.
Costo mantenimiento pre-test	<b>182,750.00</b>
Costo mantenimiento post-test	<b>165,800.00</b>
<b>Diferencia total</b>	<b>16,950.00</b>

Asimismo, se ha establecido un costo de mantenimiento mensual del TPM que establece delegar dicha responsabilidad a un integrante del equipo técnico, al cual se le dará un reconocimiento mensual, además de los materiales necesarios para dicha labor, ello se observa en la tabla del flujo de caja.

**Tabla 42.** Flujo de caja para la evaluación económica.

Flujo de caja (S/.)							
Concepto	MES 0	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
Total Ingresos		16950	16950	16950	16950	16950	16950
Ahorro Mensual		16950	16950	16950	16950	16950	16950
Inversión	-23400						
Total Egresos		-1850	-1850	-1850	-1850	-1850	-1850
Costo Mantener TPM		-1850	-1850	-1850	-1850	-1850	-1850
Saldo Neto		15100	15100	15100	15100	15100	15100
Flujo Neto	-23400	15100	15100	15100	15100	15100	15100

Fuente: comité de implantación.

Con el flujo de caja se procedió a calcular los indicadores de evaluación económico financiero, como son el VAN y la TIR, cuyos resultados se presentan a continuación.

TIR	60.80%
VAN	S/.42,364.44

Por lo tanto, se puede afirmar que en ambos casos el resultado es positivo, lo cual quiere decir que sí se justifica económicamente la implantación del TPM en la empresa en estudio.

### 3.6 Método de análisis de datos

Es una herramienta que analizará, organizará y describirá los datos recolectados por herramientas de investigación, en base a dos procesos: estadística descriptiva y estadística inferencial. (Hernández, 2017, p. 57).

Se utilizará el software estadístico SPSS V24 como herramienta para cada variable y dimensión, para identificar medidas de tendencia central, medidas e histogramas con el fin de facilitar la toma de decisiones.

En primer lugar, se desarrollará el análisis descriptivo la cual describirá las principales tendencias en la información existente que conducen a nuevos datos,

resumidos y analizados tabular y gráficamente. (Martínez, 201, p. 78), este análisis de datos a realizar para el estudio consiste en una evaluación descriptiva (media, mediana, moda, desviación estándar y varianza de los datos de la población) con fines de comparación de resultados antes y después del muestreo: medidas de dispersión, varianza y sesgo; asimismo se realizará el análisis inferencial, la cual permite probar o medir hipótesis para determinar las relaciones de similitudes y diferencias de las muestras. (Hernández, 2017, p. 260), en el presente estudio se aplicarán pruebas inferenciales estadísticas a los datos antes y después, en términos de rendimiento, eficiencia y eficacia, para saber si son normales o no, con esto determinaremos el uso del estadístico adecuado, pudiendo ser T de Student para muestras cuyos datos son paramétricos o de lo contrario Wilcoxon para muestras cuyos datos son no paramétricos.

### **3.7 Aspectos éticos**

La presente investigación no es solo un estudio técnico, sino sobre todo un acto responsable que compromete al investigador a respetar la legitimidad de los resultados y la confidencialidad de los datos obtenidos. (Acevedo, 2012, p. 15) En esta investigación se utilizará los criterios establecidos para desarrollar un trabajo de investigación científica de alto nivel, solicitado por el área de investigación y su staff de profesores investigadores y la Universidad César Vallejo, a los estudiantes que desarrollan sus investigaciones. En este sentido, con pleno respeto a la empresa en estudio, a los datos facilitados y los trabajadores participantes en la recolección de información, estas serán confidenciales. Además, los estudios teóricos de los autores, utilizados como premisas, se han referenciado correctamente a la norma ISO 690.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Evaluación descriptiva

Luego de procesar los datos se presenta a continuación los principales resultados descriptivos de eficiencia, eficacia y productividad.

#### Eficiencia

A continuación, se muestra las principales medidas descriptivas de la eficiencia en el pre y post test.

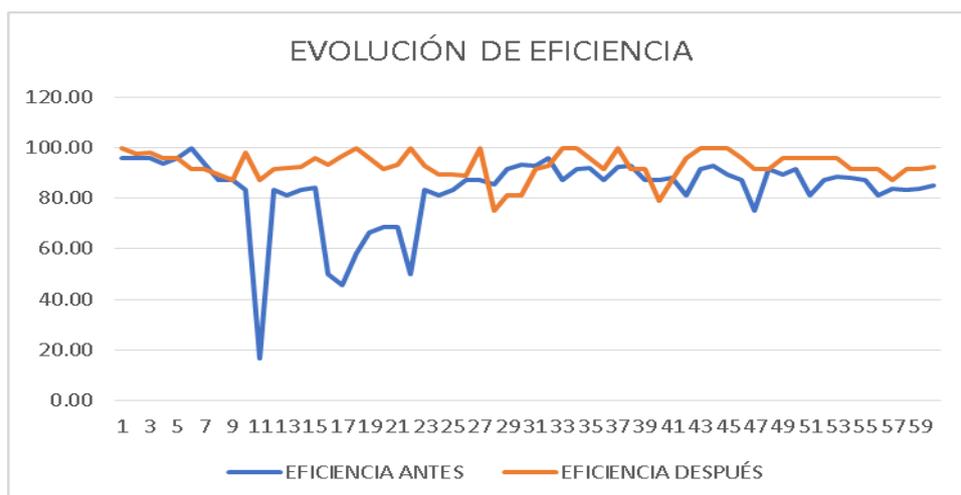
**Tabla 43.** *Medidas de descriptivas de eficiencia antes y después.*

Descriptivos		Estadístico	Error estándar
Eficiencia antes	Media	.8362	.01841
	Mediana	.8750	
	Desviación estándar	.14263	
Eficiencia después	Media	.9315	.00684
	Mediana	.9271	
	Desviación estándar	.05300	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que la eficiencia en el post test es mayor que en el pre test en 0.0953 puntos numéricos.

Asimismo, se presenta de manera gráfica el polígono de frecuencias que muestra la evolución de la eficiencia antes y después.



*Figura 40.* Evolución de la eficiencia pre y post test.

En la figura se observa que la eficiencia en el post test se ha mantenido prácticamente constante con ligeras variaciones.

Así mismo se construyó el diagrama de barras horizontales donde se muestra el comparativo de la eficiencia antes y después.

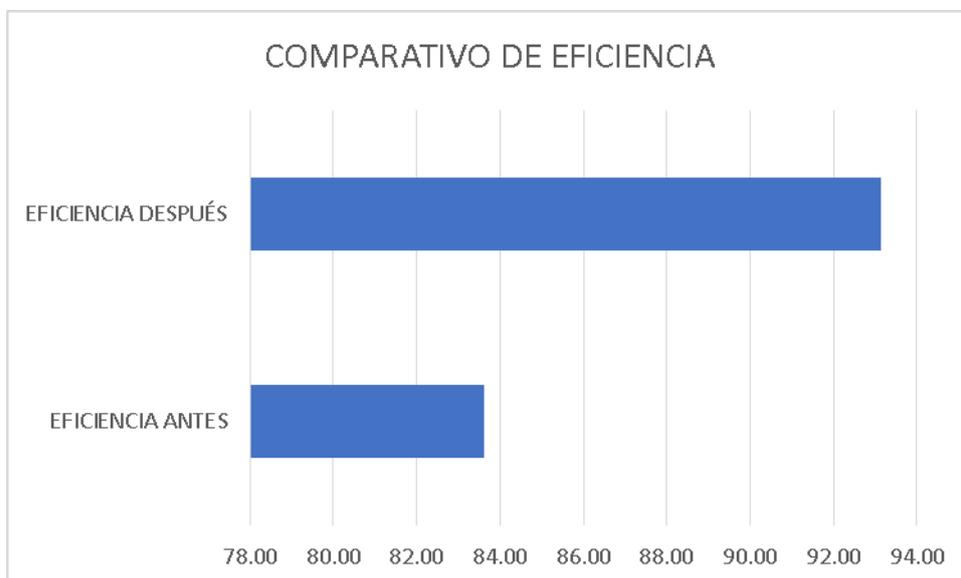


Figura 41. Promedio de Eficiencia antes y después.

En la figura se puede observar la diferencia significativa que existe entre la eficiencia antes y después esta diferencia representa 9.53 puntos porcentuales en promedio.

## Eficacia

A continuación, se muestra las principales medidas descriptivas de la eficacia en el pre y post test.

**Tabla 44.** Medidas descriptivas de eficacia antes y después.

Descriptivos		Estadístico	Error estándar
Eficacia antes	Media	.9630	.02320
	Mediana	1.0150	
	Desviación estándar	.17972	
Eficacia después	Media	1.0830	.01173
	Mediana	1.0900	
	Desviación estándar	.09088	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que la eficacia en el post test es mayor que en el pre test en 0.12 puntos numéricos.

Asimismo, se presenta de manera gráfica el polígono de frecuencias que muestra la evolución de la eficacia antes y después.

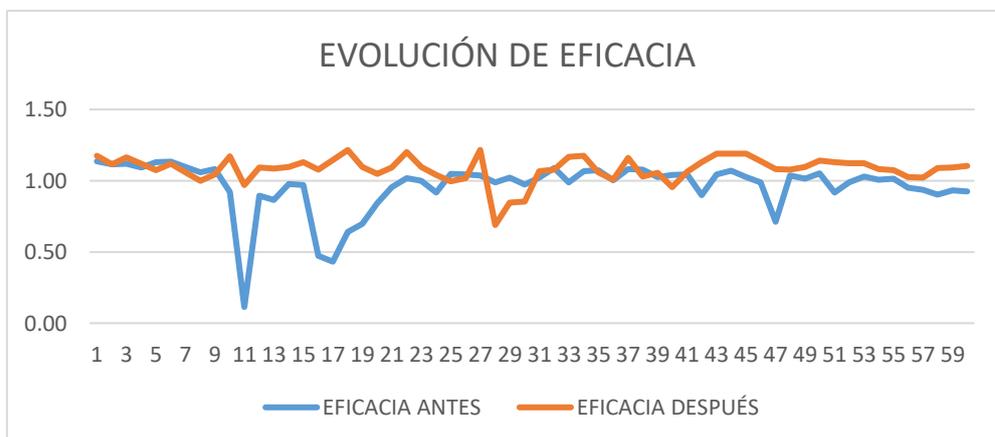


Figura 42. Evolución de la eficacia pre y post test.

En la figura se observa que la eficacia en el post test se ha mantenido prácticamente constante con ligeras variaciones.

Así mismo se construyó el diagrama de barras horizontales donde se muestra el comparativo de la eficacia antes y después.

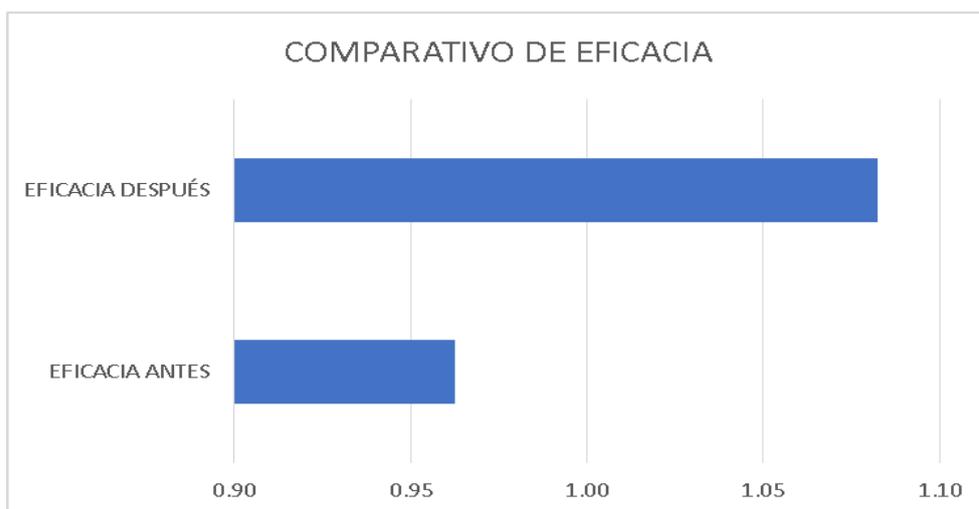


Figura 43. Promedio de Eficacia antes y después.

En la figura se puede observar la diferencia significativa que existe entre la eficacia antes y después esta diferencia representa 12 puntos porcentuales en promedio.

## Productividad

A continuación, se muestra las principales medidas descriptivas de la productividad en el pre y post test.

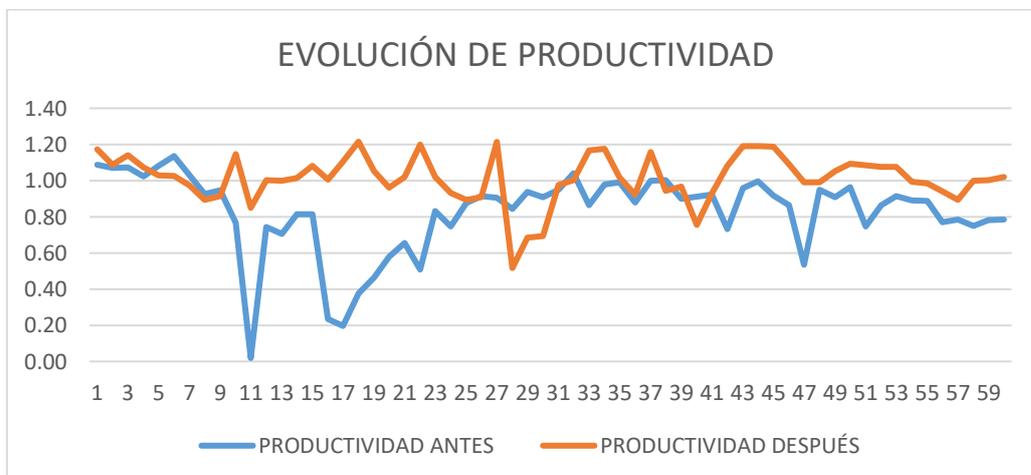
**Tabla 45.** *Medidas descriptivas de productividad antes y después.*

Descriptivos		Estadístico	Error estándar
Productividad antes	Media	.8278	.02851
	Mediana	.8900	
	Desviación estándar	.2208	
Productividad después	Media	1.0130	.01722
	Mediana	1.0200	
	Desviación estándar	.13342	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se puede observar que la productividad en el post test es mayor que en el pre test en 0.1852 puntos numéricos.

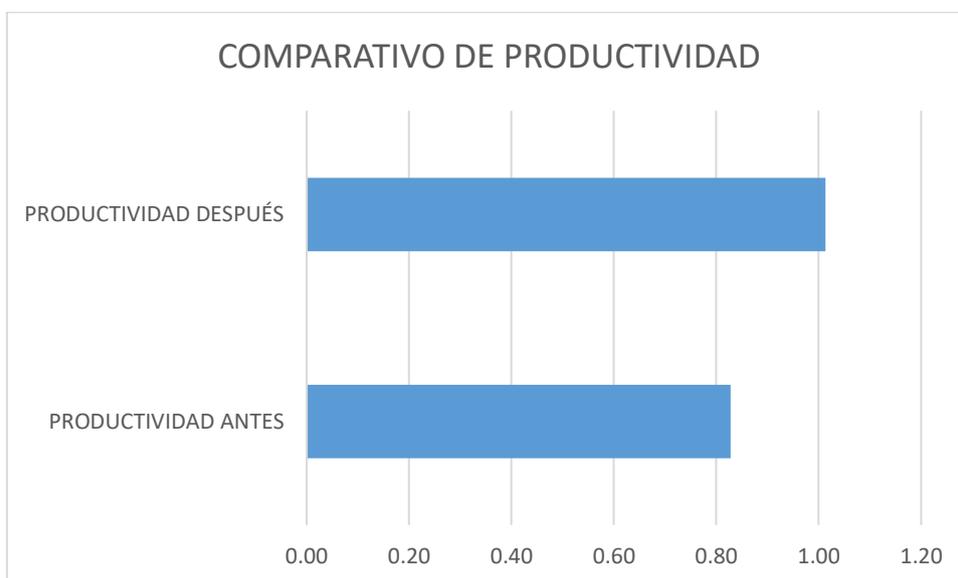
Asimismo, se presenta de manera gráfica el polígono de frecuencias que muestra la evolución de la productividad antes y después.



**Figura 44.** Evolución de la productividad pre y post test.

En la figura se observa que la productividad en el post test se ha mantenido prácticamente constante con ligeras variaciones.

Así mismo se construyó el diagrama de barras horizontales donde se muestra el comparativo de la eficacia antes y después.



*Figura 45.* Promedio de productividad antes y después.

En la figura se puede observar la diferencia significativa que existe entre la productividad antes y después esta diferencia representa 18.52 puntos porcentuales en promedio.

## 4.2 Evaluación Inferencial

### 4.2.1 Evaluación de la primera hipótesis secundaria

Ha: la implantación del TPM incrementó la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021.

El proceso de evaluación se inicia estableciendo la prueba de normalidad con la finalidad de conocer el comportamiento de los datos, es decir si son o no paramétricos, para ello se debe de escoger el estadígrafo de prueba, esto se encuentra en función del número de datos, para el estudio son 60 datos, por esta razón se utilizó el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

Regla de decisión:

- Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos presentan un comportamiento no paramétrico
- Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos presentan un comportamiento paramétrico

**Tabla 46.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficiencia Antes	.284	60	.001
Eficiencia Después	.190	60	.001

Fuente: elaboración propia.

Según lo mostrado en la tabla 29 se observa que el nivel de significancia antes es 0.001 y después 0.001, en ambos casos son menores a 0.05 por ello se concluye que los datos son no paramétricos; por lo tanto, se seleccionó la prueba Z de Wilcoxon como el estadígrafo para contrastar esta primera hipótesis secundaria.

Validación estadística de la hipótesis secundaria 1.

$H_0$ : la implantación del TPM no incrementó la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

$H_a$ : la implantación del TPM incrementó la eficiencia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

Regla de decisión:

Hipótesis	Regla de decisión
$H_{10}$	$\mu_a \geq \mu_d$
$H_{1a}$	$\mu_a < \mu_d$

Donde:

$\mu_a$ : Eficiencia antes de implementar la herramienta TPM

$\mu_d$ : Eficiencia después de implementar la herramienta TPM

**Tabla 47.** Comparación de medias de la eficiencia.

**Estadísticas de muestras emparejadas**

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar	
Eficiencia Antes	.8362	60	.14263	.01841	
Eficiencia Después	.9315	60	.05300	.00684	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el promedio de la eficiencia antes es 0.8362 y después es 0.9315; con este resultado se demuestra que  $\mu_a < \mu_d$  por tanto, se acepta la hipótesis alterna que menciona que existe una mejora significativa en la eficiencia luego de implementar el TPM en el área de molienda.

Asimismo, fue necesario realizar el análisis inferencial utilizando el estadígrafo seleccionado previamente, es decir la prueba Z de Wilcoxon

Regla de decisión:

- Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula.
- Si  $p_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula.

**Tabla 48.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la eficiencia.

**Prueba de muestras emparejadas no paramétrica**

Estadístico de prueba	Después-Antes
Z	-4.971
Sig. Asin. bilateral	0.001

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el nivel de significancia es 0.001 el cual es menor que 0.005, por ello de acuerdo a la norma de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con lo cual queda establecido que la aplicación del TPM mejora la eficiencia en el área de molienda de la empresa en estudio.

#### 4.2.2 Evaluación de la segunda hipótesis secundaria

Ha: la implantación del TPM incrementó la eficacia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021.

El proceso de evaluación se inicia estableciendo la prueba de normalidad con la finalidad de conocer el comportamiento de los datos, es decir si son o no paramétricos, para ello se debe de escoger el estadígrafo de prueba, esto se encuentra en función del número de datos, para el estudio son 60 datos, por esta razón se utilizó el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

Regla de decisión:

- Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , los datos presentan un comportamiento no paramétrico
- Si  $p\text{valor} > 0.05$ , los datos presentan un comportamiento paramétrico

**Tabla 49.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Antes	.222	60	.001
Eficacia Después	.142	60	.004

Fuente: elaboración propia.

Según lo mostrado en la tabla 44, se observa que el nivel de significancia antes es 0.001 y después 0.004, en ambos casos son menores a 0.05 por ello se concluye que los datos son no paramétricos; por lo tanto, se seleccionó la prueba Z de Wilcoxon como el estadígrafo para contrastar esta segunda hipótesis secundaria.

Validación estadística de la hipótesis secundaria 2.

Ho: la implantación del TPM no incrementó la eficacia en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

Ha: la implantación del TPM incrementó la eficacia en la línea de molienda del

concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

Regla de decisión:

Hipótesis	Regla de decisión
H1o	$\mu_a \geq \mu_d$
H1a	$\mu_a < \mu_d$

Donde:

$\mu_a$ : Eficacia antes de implementar la herramienta TPM

$\mu_d$ : Eficacia después de implementar la herramienta TPM

**Tabla 50.** Comparación de medias de la eficacia.

**Estadísticas de muestras emparejadas**

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Eficacia Antes	.9630	60	.17972	.02320
Eficacia Después	1.0830	60	.09088	.01173

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el promedio de la eficacia antes es 0.9630 y después es 1.0830; con este resultado se demuestra que  $\mu_a < \mu_d$  por tanto, se acepta la hipótesis alterna que menciona que existe una mejora significativa en la eficacia luego de implementar el TPM en el área de molienda.

Asimismo, fue necesario realizar el análisis inferencial utilizando el estadígrafo seleccionado previamente, es decir la prueba Z de Wilcoxon

Regla de decisión:

- Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula
- Si  $p_{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 51.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la eficacia.

Prueba de muestras emparejadas no paramétrica

Estadístico de prueba	Después-Antes
Z	-4.753
Sig. Asin. bilateral	0.001

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el nivel de significancia es 0.001 el cual es menor que 0.005, por ello de acuerdo a la norma de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con lo cual queda establecido que la aplicación del TPM mejora la eficacia en el área de molienda de la empresa en estudio.

#### 4.2.3 Evaluación de la hipótesis principal

Ha: la implantación del TPM incrementó la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2021.

El proceso de evaluación se inicia estableciendo la prueba de normalidad con la finalidad de conocer el comportamiento de los datos, es decir si son o no paramétricos, para ello se debe de escoger el estadígrafo de prueba, esto se encuentra en función del número de datos, para el estudio son 60 datos, por esta razón se utilizó el estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

Regla de decisión:

- Si  $p_{valor} \leq 0.05$ , los datos presentan un comportamiento no paramétrico
- Si  $p_{valor} > 0.05$ , los datos presentan un comportamiento paramétrico

**Tabla 52.** Prueba de Normalidad estadígrafo Kolmogorov-Smirnov.

	Kolmogorov-Smirnov		
	Estadístico	gl	Sig.
Eficacia Antes	.162	60	.001
Eficacia Después	.115	60	.047

Fuente: elaboración propia.

Según lo mostrado en la tabla 35, se observa que el nivel de significancia antes es 0.001 y después 0.047, en ambos casos son menores a 0.05 por ello se concluye que los datos son no paramétricos; por lo tanto, se seleccionó la prueba Z de Wilcoxon como el estadígrafo para contrastar la hipótesis principal.

Validación estadística de la hipótesis principal.

Ho: la implantación del TPM no incrementó la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

Ha: la implantación del TPM incrementó la productividad en la línea de molienda del concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona-2022.

Regla de decisión:

Hipótesis	Regla de decisión
H1o	$\mu_a \geq \mu_d$
H1a	$\mu_a < \mu_d$

Donde:

$\mu_a$ : Eficacia antes de implementar la herramienta TPM

$\mu_d$ : Eficacia después de implementar la herramienta TPM

**Tabla 53.** Comparación de medias de la productividad.

**Estadísticas de muestras emparejadas**

	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Productividad Antes	.8278	60	.22080	.02851
Productividad Después	1.0130	60	.13342	.01722

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se observa que el promedio de la productividad antes es 0.8278 y después es 1.0130; con este resultado se demuestra que  $\mu_a < \mu_d$  por tanto, se acepta la hipótesis alterna que menciona que existe una mejora significativa en la productividad luego de implementar el TPM en el área de molienda.

Asimismo, fue necesario realizar el análisis inferencial utilizando el estadígrafo seleccionado previamente, es decir la prueba Z de Wilcoxon

Regla de decisión:

- Si  $p\text{valor} \leq 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula
- Si  $p\text{valor} > 0.05$ , se acepta la hipótesis nula

**Tabla 54.** Prueba inferencial Z de Wilcoxon para la productividad.

<b>Prueba de muestras emparejadas no paramétrica</b>	
Estadístico de prueba	Después-Antes
Z	-4.977
Sig. Asin. bilateral	0.001

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior se observa que el nivel de significancia es 0.001 el cual es menor que 0.005, por ello de acuerdo a la norma de decisión se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna con lo cual queda establecido que la aplicación del TPM mejora la productividad en el área de molienda de la empresa en estudio.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente estudio se ha confirmado las hipótesis planteadas, esto quiere decir que se produjo mejoras en la eficiencia, eficacia y productividad, con dicho resultado se procede a la discusión.

En esta primera comparación queda evidenciado de acuerdo a la tabla 38 que la eficiencia en el área de molienda de la empresa en estudio mejoró en 9.53% esto como efecto de la implementación del TPM, este resultado coincide con el obtenido por Sakti, *et. al.*, (2019) quienes establecieron que aplicando el mantenimiento productivo total la eficiencia de sus equipos mejoró 32%, asimismo lo afirmado anteriormente tiene relación con lo obtenido por Cruz, (2017), quien manifiesta que la una administración correcta del TPM con incidencia en el mantenimiento autónomo le permitió incrementar la eficiencia de sus activos hasta 74% a través de la disminución de tiempos en su operatividad. Lo dicho líneas arriba tienen sustento teórico debido a que Cuatrecasas (2012) afirma que a través del mantenimiento productivo total se obtiene el máximo rendimiento y la más alta disponibilidad de los equipos y tiene repercusión en los gastos de operación, en la capacidad de gestionar la respuesta, la calidad y en la seguridad.

En una segunda comparación queda evidenciado de acuerdo a la tabla 39 que la eficacia en el área de molienda de la empresa en estudio mejoró en 12% esto como efecto de la implementación del TPM, este resultado se complementa con lo establecido por Gonzales (2017), quien concluye afirmando que mediante la aplicación del mantenimiento productivo total se genera una reducción de costos de 15% lo cual es producto de una mejor utilización de los recursos llegando a 85%, asimismo existe también una relación complementaria con Gallesi, *et. al.*, (2020), debido a sus resultados que establecen que la inactividad de sus equipos se redujo en 39% por una

buena implementación del TPM. Lo afirmado líneas arriba presenta sustento teórico debido a que Rey (2001) establece que a través del mantenimiento productivo total se orienta a la filosofía de la calidad total, es decir cero defectos, accidentes, caídas de equipos y máquinas, todo ello con la finalidad de mejorar la eficacia en el proceso productivo, lo cual permite una reducción de costos e inventarios.

Finalmente en una última comparación queda evidenciado de acuerdo a la tabla 40 que la productividad en el área de molienda de la empresa en estudio mejoró en 18.52% esto como efecto de la implementación del TPM, este resultado se complementa con lo establecido por Gonzales (2017), quien concluye afirmando que mediante la aplicación del mantenimiento productivo total se genera una reducción de costos de 15% lo cual es producto de una mejor utilización de los recursos llegando a 85%, asimismo existe también una relación complementaria con Gallesi, et. al., (2020), debido a sus resultados que establecen que la inactividad de sus equipos se redujo en 39% por una buena implementación del TPM. Lo afirmado líneas arriba presenta sustento teórico debido a que Rey (2001) establece que a través del mantenimiento productivo total se logra mejorar la productividad a través del uso de estándares y la mejora continua que implica una participación plena y sostenible de los colaboradores de la empresa.

## **VI. CONCLUSIONES**

### 1° Conclusión

En relación con el primer objetivo se evaluó la implantación del TPM y se llegó a la conclusión que esta incrementa la eficiencia en el área de molienda de 83.62% antes a 93.15% después lo cual significa un incremento de 9.53% con lo cual queda demostrado la validez de la hipótesis respectiva.

### 2° Conclusión

En relación con el segundo objetivo se evaluó la implantación del TPM y se llegó a la conclusión que esta incrementa la eficacia en el área de molienda de 96.30% antes a 108.30% después lo cual significa un incremento de 12 % con lo cual queda demostrado la validez de la hipótesis respectiva.

### 3° Conclusión

En relación con el tercer objetivo se evaluó la implantación del TPM y se llegó a la conclusión que esta incrementa la productividad en el área de molienda de 82.78 % antes a 101.30% después lo cual significa un incremento de 18.52 % con lo cual queda demostrado la validez de la hipótesis respectiva.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### 1° Recomendación

Seguir consolidando la implementación del mantenimiento autónomo fortaleciendo las capacitaciones al personal en dicho tema del área de molienda con un monitoreo constante del personal técnico del comité de implantación del TPM con la finalidad de seguir mejorando la eficiencia.

### 2° Recomendación

Seguir consolidando la implementación del mantenimiento preventivo fortaleciendo las capacitaciones al personal en dicho tema del área de mantenimiento con un monitoreo constante del personal técnico del comité de implantación del TPM con la finalidad de seguir mejorando la eficacia.

### 3° Recomendación

Seguir consolidando la implementación del mantenimiento productivo total fortaleciendo las actividades y capacitaciones al personal en dicho tema del área de molienda y mantenimiento con un monitoreo constante del personal técnico del comité de implantación del TPM con la finalidad de seguir mejorando la productividad.

## REFERENCIAS

ASENCIOS JARA, Rodrigo. Aplicación del Mantenimiento Productivo Total y su influencia en la productividad de una empresa de maquinaria pesada de la ciudad de Trujillo, año 2021. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28278>

BUSTAMANTE, Raúl. La industria textil y confecciones. Asociación Peruana de Técnicos Textiles. [En línea]. 22 de marzo de 2016. [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/nXgylr>

CARCEL, Javier. La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial. [En línea]. España: OmniaScience, 2014. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/dhLcvV>  
ISBN: 978-84-941872-7-8

CARRO, Roberto y GONZALEZ, Daniel. Productividad y Competitividad [En línea]. Argentina: Universidad Nacional de Mar del Plata, s.f. [Fecha de Consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/DM5ti0>

CASTRO PÉREZ, Ronal Orlando; ORTEGA SÁNCHEZ, Peter Michael. Aplicación del TPM para incrementar la disponibilidad de la máquina atomizador ATM-90 en una empresa cerámica, Lurín, 2020. 2020. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/61665>

CEGARRA, José. Metodología de la investigación científica y tecnológica [En línea]. Barcelona: Díaz de Santos, 2004. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/meL7VB>  
ISBN: 84-7978-624-8

CUATRECASAS, Lluís. Gestión del mantenimiento de los equipos productivos. [En línea]. España: Díaz de Santos, 2012. [Fecha de consulta: 24 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/BQecLo> ISBN: 978-84-9969-349-1

CUATRECASAS, Lluís y TORRELL, Francesca. TPM en un entorno Lean Management: Estrategia Competitiva [En línea]. Barcelona: Profit, 2010. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/HVYz1c> ISBN: 978-84-1533-017-2

CRUELLES, José. Métodos de trabajo, tiempo y su aplicación a la planificación y a la mejora continua. Barcelona : 1a . ed. Marcombo, 2013, pág. 830. ISBN: 9788426718785

CRUELLES, José. La teoría de la medición del despilfarro. Google Books. [En línea] 2010. [Revisado el: 15 de setiembre de 2021] Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=W5f4zsqoMkkC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false> ISBN:9788461357161.

DE LA CRUZ GONZALES, Jason Nicholas. Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en el área de pozos basado en el TPM para mejorar la productividad de los equipos de bombeo de la empresa Agroindustrias San Jacinto SAA. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN\\_f91872242264523bfc7d1c09d45e9603/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUPN_f91872242264523bfc7d1c09d45e9603/Details)

FERNÁNDEZ, Ricardo. La mejora de la productividad en la pequeña y mediana Empresa. S.L. : Club Universitario, 2010. pág. 277. ISBN: 9788484549789.

FUENTEELSAZ, Carmen, ICART, Teresa y PULPÓN, Ana. Elaboración y presentación de un proyecto de investigación y una tesina [En línea]. Barcelona: Salut Pública, 2006 [Fecha de consulta: 13 de abril de 2022]. Disponible en: <https://goo.gl/oHs8l8> ISBN: 84-8338-485-X

GARCÍA, Oliverio. Gestión Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogotá: Ediciones de la U., 2012. 168 pp.

ISBN: 9587620518.

GALLESI-TORRES, A., et al. Maintenance management model under the TPM approach to reduce machine breakdowns in Peruvian giant squid processing SMEs. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. p. 012006. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/796/1/012006/meta>

GONZALEZ, Cristina, DOMINGO, Rosario y SEBASTIAN, Miguel. Técnicas de mejora de la calidad. Madrid: UNED, 2013. 269 pp. ISBN: 978-84-362-6641-2

GONZALEZ, Francisco. Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado [En línea]. 2a. ed. Madrid: Fundación Confemetal, 2005 [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/l3d0OI> ISBN: 84-96169-49-9.

GONZALES PINEDO, Gerardo Genaro. Implementación de un plan de mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos de la empresa Cosmos Agencia Marítima SAC. 2017. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/12926>

HARDT, F.; KOTYRBA, M.; VOLNA, E.; JARUSEK, R. Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0. Appl. Sci. 2021, 11, 6953. <https://doi.org/10.3390/app11156953>

HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de investigación. 6a. ed. México, D.F.: McGraw – hill/Interamericana Editores, 2006. 600pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0

INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática [En línea]. [Fecha de consulta: 03 de febrero de 2017]. Disponible en: [www.inei.gob.pe](http://www.inei.gob.pe)

INGA GALLO, Eduardo Moisés; MONTOYA CHUQUIJAJAS, Katiusha. Implementación del TPM para la mejora de productividad en área de producción en la empresa SCRSAC en planta CML-Lince, 2020. 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59401>

KIRAN, D.R. Total Productive Maintenance. Total Quality Management [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 11 de Octubre de 2021]. Disponible en: <https://sci-128hub.tw/https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128110355000131>

MECA VITAL, J. y CAMELLO LIMA, C., 2020. Total Productive Maintenance and the Impact of Each Implemented Pillar in the Overall Equipment Effectiveness. International Journal of Engineering and Management Research [en línea], vol. 10, no. 2, pp. 142-150. ISSN 23946962. DOI 10.31033/ijemr.10.2.17. Disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3590948](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3590948).

MESA, Dairo, ORTIZ, Yesid y PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Scientia et Technica [En línea]. Mayo 2006, nº 30. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6513> ISSN: 0122-1701

MINISTERIO de la Producción. Anuario Estadístico Industrial, Mipyme y Comercio Interno. 01 de agosto de 2013. Disponible en: <https://goo.gl/Nj80dX>

MORA, Alberto. Mantenimiento, planeación, ejecución y control [en línea]. Madrid: Alfaomega, 2009. 528 pp. [Fecha de consulta: 20 de Septiembre de 2021]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=TYc3DQAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=MANTENIMIENTO&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjz7sDSqNHcAhWBGJAKHR2eBykQ6AEIKzAB#v=onepage&q=MANTENIMIENTO&f=false> ISBN: 9789586827690

MORALES, Gregorio. Gestión del montaje y mantenimiento de instalaciones [En

[En línea]. Madrid: Ediciones Paraninfo, 2013 [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/fRjpvW> ISBN: 978-84-9732-266-9

NAKAJIMA, Seiichi. Programa de desarrollo del TPM. Madrid: Edición en español Tecnología de gerencia y producción S.A. 1991. 32pp.

NALLUSAMY, S. Implementación del Mantenimiento Productivo Total para Mejorar la Efectividad General del Equipo en Industrias de Mediana Escala. [En línea]. India: Ediciones TJPRC Pvt. Ltd., 2018 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2021]. Disponible en: [https://scholar.google.co.in/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=en&user=WKFjDOEAAA&citation\\_for\\_view=WKFjDOEAAA:OU6lhb5iCvQC](https://scholar.google.co.in/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=WKFjDOEAAA&citation_for_view=WKFjDOEAAA:OU6lhb5iCvQC)

NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la investigación [En línea]. 2a. ed. México: Limusa Editores, 2005. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/UiZB5T> ISBN: 968-18-5517-8

PINTO, G., et al. TPM implementation and maintenance strategic plan—a case study. *Procedia Manufacturing*, 2020, vol. 51, p. 1423-1430. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920320606>

PLATA, Desiderio Javier Solíz. Cómo hacer un perfil proyecto de investigación científica. Palibrio, 2019.

PROKOPENKO, Joseph. Productivity management. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo. 1989. 333pp. ISBN: 92-2-105-901-4

QUESADA, María y VILLA, William. Estudio del trabajo [En línea]. Colombia: ITM, 2007 [Fecha de consulta: 4 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/lduuEQ> ISBN: 978-958-98275-9-8

REY, Francisco. Mantenimiento Total de la Producción (TPM): proceso de implantación y desarrollo [En línea]. Madrid: Fundación Confemetal, 2001. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/x4Ep3W>  
ISBN: 84-95428-49-0.

SAKTI, N.C., NURJANAH, S. y RIMAWAN, E., 2019. Calculation of Overall Equipment Effectiveness Total Productive Maintenance in Improving Productivity of Casting Machines. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, vol. 4, no. 7, pp. 442-446.

SILVESTRE MIRAYA, Irenzon; HUAMÁN NAHULA, Cecilia. Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria. 2019.

SUTONI, Akhmad et al 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1179 012089 [Consulta: 09 noviembre 2021]. ISSN 0925-5273. DOI 10.1016/j.ijpe.2021.108224. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1179/1/012089/pdf>

TORTORELLA, G., FOGLIATTO, F., CAUCHICK, P., KURNIA, S. y JURBURG, D., 2021. Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics* [en línea], vol. 240. [Consulta: 26 setiembre 2021]. ISSN 0925-5273. DOI 10.1016/j.ijpe.2021.108224. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925527321002000>.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica. 5ta ed. Lima: Editorial San Marcos, 2015. 469 pp. ISBN: 978-612-302-878-7

WULANDARI, A. TYAS, S. K. and RIMAWAN, E. "Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) With Measurement of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and Six Big Losses in Vapour Phase Drying Oven Machines in PT. XYZ," vol. 3, no. 6, pp. 172–176, 2018.

YUNI, José y ARIEL, Claudio. Técnicas para investigar 2 [En línea]. 2a. ed. Córdoba: Editorial Brujas. 2006. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://goo.gl/AGTKxv> ISBN: 987-591-020-1

ZHANG Tian Xiang ; CHIN, Jeng Feng Journal of industrial engineering and management : JIEM. - Terrassa : Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), ISSN 2013-0953, ZDB-ID 2495074-9. - Vol. 14.2021, 2, p. 152-175. Disponible en: <https://www.econbiz.de/Record/implementing-total-productive-maintenance-in-a-manufacturing-small-or-medium-sized-enterprise-zhang-tian-xiang/10012502498>.

ZHAO, Shanrong; YE, Zhan; STANTON, Robert. Misuse of RPKM or TPM normalization when comparing across samples and sequencing protocols. Rna, 2020, vol. 26, no 8, p. 903-909. Disponible en: <https://rnajournal.cshlp.org/content/26/8/903.short>

## ANEXOS

### Anexo 1. Autorización de uso de información de empresa.

#### AUTORIZACIÓN DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Marcona, 15 de abril del 2022

Yo Manuel Walter Cuzcano Cama, identificado con DNI 09106389 en mi calidad de supervisor general del área de molienda de la planta de concentración de la empresa Shougang Hierro Perú S.A.A., con RUC 20100142989, ubicada en la ciudad de Marcona.

#### OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor Saul Peralta Sarmiento con DNI 46341340, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad César Vallejo, a utilizar información pertinente y confidencial de la empresa, para el Desarrollo del Proyecto de Investigación, denominado "Aplicación del mantenimiento productivo total para mejorar la productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021"

Indicar si el Representante que autoriza la información de la empresa, solicita mantener el nombre o cualquier distintivo de la empresa en reserva, marcando con una "X" la opción seleccionada.

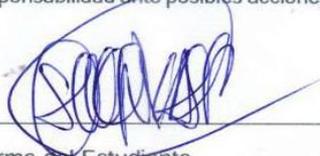
- Mantener en Reserva el nombre o cualquier distintivo de la empresa; o  
 Mencionar el nombre de la empresa.

  
-----  
**MANUEL CUZCANO CAMA**  
SUPERVISOR PLANTA CONCENTRACIÓN  
SHOUGANG HIERRO PERÚ S.A.A.

Firma y sello del Representante Legal

DNI: 09106389

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

  
-----  
Firma del Estudiante

DNI: 46341340

## Anexo 2. Matriz de consistencia.

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	FÓRMULA	ESCALA				
Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la Productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una Empresa Minera, Marcona - 2021.	GENERAL	GENERAL	GENERAL	Mantenimiento productivo total (TPM).	Es una serie de operaciones y actividades técnicas que garantizan que las máquinas, equipos, instrumentos, instalaciones incluida la organización puedan ejecutar las tareas establecidas conforme a un plan de producción previsto que este orientado a la mejora continua (Rey, 2001).	El TPM establece como dimensiones a los mantenimientos autónomo y planificado los cuales a través de sus indicadores permiten medir el grado de cumplimiento del TPM	Mantenimiento o autónomo	Actividades básicas de mantenimiento	$ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$	Razón				
	¿Cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021?	Determinar cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021.	La aplicación del mantenimiento productivo total mejora la productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021.						ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas. ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas.					
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS											
	¿Cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficiencia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021?	Determinar cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficiencia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021	La aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficiencia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021	Productividad	Es aquella característica que no se debe manipular, pero que si refleja el efecto o resultado del comportamiento generado por la variable independiente. (Muñoz, 2015).	Es una medida del desempeño del área de mantenimiento e involucra a la eficiencia y eficacia con sus respectivos niveles.	Eficiencia	Nivel de eficiencia de línea	$CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$	Razón				
	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS											
	¿Cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficacia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021?	Determinar cómo la aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficacia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021.	La aplicación del mantenimiento productivo total mejora la eficacia en la línea de molienda de concentrado de hierro en una empresa minera, Marcona 2021.											

### Anexo 3. Matriz de operacionalización.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION						
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula	Escala de medición
Mantenimiento productivo Total (TPM)	Es una serie de operaciones y actividades técnicas que garantizan que las máquinas, equipos, instrumentos, instalaciones incluida la organización puedan ejecutar las tareas establecidas conforme a un plan de producción previsto que este orientado a la mejora continua (Rey, 2001).	El TPM establece como dimensiones a los mantenimientos autónomo y planificado los cuales a través de sus indicadores permiten medir el grado de cumplimiento del TPM	Mantenimiento autónomo	Actividades básicas de mantenimiento	$ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$ ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas	Razón
			Mantenimiento planificado	Cumplimiento de actividades de mantenimiento planificado	$CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$ PMP= plan de mantenimiento programado PMR= plan de mantenimiento realizado	Razón
Productividad	Es aquella característica que no se debe manipular, pero que si refleja el efecto o resultado del comportamiento generado por la variable independiente. (Muñoz, 2015).	Es una medida del desempeño del área de mantenimiento e involucra a la eficiencia y eficacia con sus respectivos niveles	Eficiencia	Nivel de eficiencia de línea	$NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$ TRP=Tiempo real de producción TTP=Tiempo total de producción	Razón
			Eficacia	Nivel de eficacia de línea	$NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$ PL= Producción lograda PP= Producción programada	Razón

#### Anexo 4. Certificado de validación 1.

N°	DIMENSIONES / ítems	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total</b>							
1	Dimensión 1: Mantenimiento autónomo $ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$ ABM=actividades básicas de mantenimiento. ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Mantenimiento planificado $CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$ CAMP= cumplimiento de actividades de mantenimiento planificado PMP= plan de mantenimiento programado PMR= plan de mantenimiento realizado	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>							
1	Dimensión 1: Eficiencia $NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$ NEFL=Nivel de eficiencia de línea. TRP=Tiempo real de producción. TTP=Tiempo total de producción.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Eficacia $NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$ NEFCL=Nivel de eficacia de línea. PL= Producción lograda. PP= Producción programada.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiente

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [X]

Aplicable después de corregir [ ]

No aplicable [ ]

Apellidos y nombres del juez validador: Dr. José Pablo Rivera Rodríguez DNI: 25440246

Especialidad del validador: Ingeniero Industrial

Fecha: 18/05/2022

Firma del experto



## Anexo 5. Certificado de validación 2.

N°	DIMENSIONES / Items	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		SI	Ne	SI	Ne	SI	Ne	
	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total</b>							
1	Dimensión 1: Mantenimiento autónomo $AMM = \frac{AMB}{ABMR} * 100$ AMM=actividades básicas de mantenimiento. ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Mantenimiento planificado $CAMP = \frac{PMP}{PMR} * 100$ CAMP= cumplimiento de actividades de mantenimiento planificado PMP= plan de mantenimiento programado PMR= plan de mantenimiento realizado	X		X		X		
	<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>							
1	Dimensión 1: Eficiencia $NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$ NEFL=Nivel de eficiencia de línea. TRP=Tiempo real de producción. TTP=Tiempo total de producción.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Eficacia $NEPCL = \frac{PL}{PP} * 100$ NEPCL=Nivel de eficacia de línea. PL= Producción lograda. PP= Producción programada.	X		X		X		

Observaciones (precisar si hay suficiencia): Suficiente

Opción de aplicabilidad: Aplicable [X]

Aplicable después de corregir [  ]

No aplicable [  ]

Apellidos y nombres del juez validador: Mj. Benites Rodríguez, Leonilda Rímor DNI: 10614957

Especialidad del validador: Ingeniería Industrial

Fecha: 11/05/2022

Firma del experto



### Anexo 6. Certificado de validación 3.

N°	DIMENSIONES / ítems	Coherencia <sup>1</sup>		Relevancia <sup>2</sup>		Claridad <sup>3</sup>		Sugerencias
		Si	No	Si	No	Si	No	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE: Mantenimiento Productivo Total</b>								
1	Dimensión 1: Mantenimiento autónomo $ABM = \frac{ABMR}{ABMP} * 100$ ABM=actividades básicas de mantenimiento. ABMP=actividades básicas de mantenimiento programadas ABMR= actividades básicas de mantenimiento realizadas.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Mantenimiento planificado $CAMP = \frac{PMR}{PMP} * 100$ CAMP= cumplimiento de actividades de mantenimiento planificado PMP= plan de mantenimiento programado PMR= plan de mantenimiento realizado	X		X		X		
<b>VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD</b>								
1	Dimensión 1: Eficiencia $NEFL = \frac{TRP}{TTP} * 100$ NEFL=Nivel de eficiencia de línea. TRP=Tiempo real de producción. TTP=Tiempo total de producción.	X		X		X		
2	Dimensión 2: Eficacia $NEFCL = \frac{PL}{PP} * 100$ NEFCL=Nivel de eficacia de línea. PL= Producción lograda. PP= Producción programada.	X		X		X		

**Observaciones (precisar si hay suficiencia):** Si hay suficiencia  No aplicable [ ]  
**Opinión de aplicabilidad:** Aplicable [X] Aplicable después de corregir [ ] No aplicable [ ]  
**Apellidos y nombres del juez validador:** Mg. Rodríguez Alegre, Lino DNI: 06535058  
**Especialidad del validador:** Ingeniero Pesquero  
**Fecha:** 11/05/2022

Firma del experto



## Anexo 7. Resultado turnitin.



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la Productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una Empresa Minera, Marcona - 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO INDUSTRIAL

### AUTOR (ES):

Huerta Moreno, Cleto Marcelino (ORCID: 0000-0002-2394-6670)

Peralta Sarmiento, Saul (ORCID: 0000-0002-4328-8097)

### ASESOR:

Dr. Dávila Laguna, Ronald Fernando (ORCID: 0000-0001-9886-0452)



### Resumen de coincidencias

# 18 %

<			>
1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	8 %	>
2	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	4 %	>
3	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	1 %	>
4	www.tecnologiaminera... Fuente de Internet	1 %	>
5	vsip.info Fuente de Internet	1 %	>
6	repositorio.unsa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %	>
7	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %	>

**Anexo 8.** Línea de molienda de concentrado de hierro.



**Anexo 9.** Las 5S como soporte del TPM.

PALABRA EN JAPONÉS	TRADUCCIÓN	BENEFICIOS
Seiri	Organizar o clasificar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir la interrupción en el flujo de producción.</li> <li>• Tiempos de respuesta más rápidos.</li> <li>• Liberar espacio Físico.</li> <li>• Disminuir defectos.</li> <li>• Gestión con Stocks reducidos.</li> <li>• Crear áreas de trabajo seguras.</li> <li>• Disminuir los factores de riesgo.</li> <li>• Mejorar la responsabilidad y compromiso</li> </ul>
Seiton	Ordenar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar accidentes causados por elementos dejados en sitios en los cuales no deben estar.</li> <li>• Disminuir la probabilidad de incurrir en un error al tratar de ubicar un elemento.</li> <li>• Crear una Cultura o pensamiento visual que ayude a establecer y actuar con base a estándares y señales visibles utilizadas para la ubicación de elementos.</li> </ul>
Seiso	Limpiar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento de la vida útil del equipo e instalaciones.</li> <li>• Menos probabilidad de contraer enfermedades.</li> <li>• Menos accidentes.</li> <li>• Mejor aspecto.</li> <li>• Ayuda a evitar mayores daños a la ecología.</li> </ul>
Seiketsu	Estandarizar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se guarda el conocimiento producido durante años.</li> <li>• Se mejora el bienestar del personal al crear un hábito de conservar impecable el sitio de trabajo en forma permanente.</li> <li>• Los operarios aprenden a conocer con profundidad el equipo y elementos de trabajo.</li> <li>• Se evitan errores de limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.</li> </ul>
Shitsuke	Disciplina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se evitan reprimendas y sanciones.</li> <li>• Mejora la eficacia de los operarios.</li> <li>• El personal es más apreciado por los jefes y compañeros.</li> <li>• Mejora nuestra imagen.</li> </ul>

**Anexo 10.** Pilares del TPM.



Anexo 11. Datos de producción diaria de concentrado de hierro.



## SHOUGANG HIERRO PERU S.A.A.

### REPORTE DIARIO DE PRODUCCIÓN

#### ZONA ANTIGUA

08-Mayo-22

	Und.	Día			Mes			Año a la Fecha		
		Real	Programado	%	Real	Programado	%	Real	Programado	%
Torta	TMS	23180	22500	103.0	179390	180000	99.7	2530565	2640000	95.9
Sinter Calibrado -3/4"	TMS	0	0		17315	0		363303	0	
Sinter Intermedio	TMS	0	0		0	0		0	0	
Lumps	TMS	1598	0		21296	0		92092	0	
Total de Productos	TMS	24778	22500	110.1	218001	180000	121.1	2985960	2640000	113.1
Alimentación Mol. Barras	TMS	33614			260332			3692082		
<b>RATIO DE BENEFICIO</b>		<b>1.450</b>	1.450	100.0	<b>1.451</b>	1.450	99.9	<b>1.459</b>	1.450	99.4
<b>RECUPERACION EN PESO</b>		<b>67.26</b>	69.0	97.5	<b>68.62</b>	69.0	99.5	<b>68.53</b>	69.0	99.4
<b>RATIO DE CONCENTRACION</b>		<b>1.487</b>	1.450	97.5	<b>1.457</b>	1.450	99.5	<b>1.459</b>	1.450	99.4
<b>NIVEL DE AGITADORES</b>		<b>-576</b>								

Anexo 12. Molino de barras.



Anexo 13. Molino de bolas.



**Anexo 14.** Ejecución de mantenimiento de molino de barras.



**Anexo 15.** Área de mantenimiento antes de la implementación del TPM.



**Anexo 16.** Área de mantenimiento después de la implementación del TPM.





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, DAVILA LAGUNA RONALD FERNANDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Aplicación del Mantenimiento Productivo Total para mejorar la Productividad en la línea de molienda de concentrado de hierro en una Empresa Minera, Marcona - 2021.", cuyos autores son HUERTA MORENO CLETO MARCELINO, PERALTA SARMIENTO SAUL, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 08 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
DAVILA LAGUNA RONALD FERNANDO <b>DNI:</b> 22423025 <b>ORCID:</b> 0000-0001-9886-0452	Firmado electrónicamente por: RDAVILALA el 15-07- 2022 16:25:55

Código documento Trilce: TRI - 0328242