



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL



**“IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU
EFECTO EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE LA PLANTA
PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE, 2022”**

Presentado por:

Renzo Giovanni Alegría Silva

<https://orcid.org/0009-0002-7107-9433>

Aldair Rudy Tapia Ccama

<https://orcid.org/0009-0009-3906-4830>

**Para Optar Título Profesional de
Ingeniero Industrial**

Asesor:

Dra. Ing. Shaili Julie Caveró Pacheco

<https://orcid.org/0000-0002-8534-3891>

CUSCO - PERU

2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	RENZO GIOVANNI ALEGRIA SILVA
Número de documento de identidad	70652391
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0002-7107-9433
Nombres y apellidos	ALDAIR RUDY TAPIA CCAMA
Número de documento de identidad	48491380
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0009-3906-4830
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Dra. Ing. SHAILI JULIE CAVERO PACHECO
Número de documento de identidad	23979449
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0002-8534-3891
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Mgt. Ing. JESUS RAUL BLANCO VELASCO.
Número de documento de identidad	23950405
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Ing. CARLOS ALBERTO BENAVIDES PALOMINO.
Número de documento de identidad	23994029
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Ing. JUAN CARLOS MANRIQUE PALOMINO.
Número de documento de identidad	23829525
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Ing. OSCAR ALOSILLA SALAZAR.
Número de documento de identidad	24485072
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	DISEÑO Y GESTIÓN DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN



Renzo Giovanni Alegría Silva
Aldair Rudy Tapia Ccama
por RENZO GIOVANNI ALEGRIA SILVA

Fecha de entrega: 28-nov-2023 12:39p.m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2241004036
Nombre del archivo: ALDAIR_RENZO-TESIS.pdf (2.61M)
Total de palabras: 21237
Total de caracteres: 116833

Dra. Shaili Julia Caveró Pacheco



²
UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**“IMPLEMENTACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU
EFECTO EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE LA PLANTA
PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE, 2022”**

Presentado por:

Renzo Giovanni Alegría Silva

Aklair Rudy Tapia Ceama

Para Optar Título Profesional de

Ingeniero Industrial

Asesor: Dra. Ing. Shaili Julie Cavero Pacheco

CUSCO - 2023



Dra. Shaili Julie Cavero Pacheco



Renzo Giovanni Alegría Silva Aldair Rudy Tapia Ccama

INFORME DE ORIGINALIDAD

4%	4%	1%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Dra. Shaili Julie Caverro Pacheco



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: RENZO GIOVANNI ALEGRIA SILVA
Título del ejercicio: Renzo Giovanni Alegría Silva Aldair Rudy Tapia Ccama
Título de la entrega: Renzo Giovanni Alegría Silva Aldair Rudy Tapia Ccama
Nombre del archivo: ALDAIR_RENZO-TESIS.pdf
Tamaño del archivo: 2.61M
Total páginas: 128
Total de palabras: 21,237
Total de caracteres: 116,833
Fecha de entrega: 28-nov.-2023 12:39p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega... 2241004036





Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a nuestro creador por permitirnos la oportunidad, a nuestra asesora de tesis, Dra. Ing. Shaili Julie Caverro Pacheco, por su orientación experta, paciencia y dedicación. Su conocimiento y experiencia fueron fundamentales para dar forma a este proyecto y llevarlo a buen término. Agradezco también a los miembros del dictamen Ing. Carlos Alberto Benavides Palomino y Mgt. Ing. Jesús Raul Blanco Velasco por sus valiosos aportes y sugerencias que enriquecieron este trabajo y ayudaron a mejorarlo.

Mi agradecimiento se extiende a mis Docentes, cuyas enseñanzas y mentoría han sido fuentes de inspiración a lo largo de mi carrera académica.

Agradecemos especialmente a nuestras familias, en especial a nuestros padres y hermanos, por su amor incondicional, comprensión y apoyo constante. Vuestra fe en nosotros fue fuente de fuerza y determinación a lo largo de esta travesía.

Este logro no habría sido posible sin la contribución de cada uno de ustedes, y estamos profundamente agradecidos por su generosidad y apoyo.

Loa autores



Dedicatoria

Dedicar este logro a nuestros queridos padres y hermanos es un acto de profundo agradecimiento por su inquebrantable apoyo a lo largo de nuestro viaje académico. Vuestra presencia constante y vuestro amor han sido la luz que nos ha guiado en este camino.

A nuestros padres, gracias por haber sido nuestros primeros maestros y por haber inculcado en nosotros la pasión por el aprendizaje. Vuestro esfuerzo y sacrificio han allanado el camino hacia este logro, y estamos eternamente agradecidos por vuestro amor incondicional.

A nuestros queridos hermanos, compartimos este logro con vosotros con profunda gratitud. Vuestra amistad y apoyo moral han sido fundamentales en cada paso del camino. Sabemos que siempre hemos tenido un equipo de apoyo en vosotros.

Esta tesis es el resultado de años de esfuerzo y dedicación, y refleja el amor y el apoyo que hemos recibido de nuestras familias. Gracias por ser la base sólida sobre la cual hemos construido nuestro éxito académico. Este logro es tan vuestro como nuestro. Con cariño y gratitud eterna

Loa autores



RESUMEN

En esta presente investigación se estableció como objetivo determinar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022. El diseño de investigación de este estudio es de nivel explicativo, con un diseño pre-experimental; con una muestra poblacional de tres máquinas, de la planta procesadora de café de Yanatile. Se realizó un diagnóstico situacional de la municipalidad, utilizando el diagrama del flujo de procesos, diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y se considerando identificar los factores de criticidad de la maquinaria de planta. Se concluye que, mediante la implementación del PMP, el tiempo promedio entre fallas se incrementó de 1,69 días a 31,43 días (aumentó de 29,74 días). Asimismo, el tiempo medio de reparación se modificó de 0,86 días a 9,08 días, (aumentó de 8,21 días). Además, la disponibilidad de las máquinas mejoró de 66,20% a 77,59% (aumentó de 11,39%). Estos resultados, con una significancia menor a 0,05, demuestran que la implementación del PMP tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas.

Palabras claves: Tiempo, Disponibilidad de Máquinas y Mantenimiento Preventivo.



ABSTRACT

In this present research, the objective was established to determine the effect of the implementation of the preventive maintenance plan on the availability of the machines at the Yanatile coffee processing plant, 2022. The research design of this study is of an explanatory level, with a pre-experimental design; with a population sample of three machines from the Yanatile coffee processing plant. A situational diagnosis of the municipality was carried out, using the process flow diagram, Ishikawa diagram, Pareto diagram and considering identifying the criticality factors of the plant machinery. It is concluded that, through the implementation of the PMP, the average time between failures increased from 1.69 days to 31.43 days (increased from 29.74 days). Likewise, the average repair time changed from 0.86 days to 9.08 days, (increased from 8.21 days). Additionally, machine availability improved from 66.20% to 77.59% (increased from 11.39%). These results, with a significance of less than 0.05, demonstrate that the implementation of the PMP has a significant effect on the availability of the machines.

Keywords: Time, Machine Availability and Preventive Maintenance.



ÍNDICE ACRONIMO

C: Consecuencias de los eventos de fallo

CM: Factor de costes de mantenimiento

CTR: Criticidad total del riesgo

FF: Frecuencia de fallos

FO: Factor de flexibilidad operacional

IO: Factor de impacto en la producción

MTBF: Tiempo promedio entre fallas

MTTR: Tiempo promedio para reparar

SHA: Factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente



ÍNDICE

DEDICATORIA	III
RESUMEN	IV
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1. Formulación del problema	4
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos de investigación.....	6
1.5. Delimitación del estudio	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	8
2.1. Antecedentes del Estudio.....	8
2.2. Bases Teóricas	11
2.3. Marco conceptual.....	28
2.4. Hipótesis	30
2.5. Variables e indicadores.....	31
CAPÍTULO III: MÉTODO.....	35
3.1. Tipo de investigación.....	35



3.2.	Método de investigación	35
3.3.	Enfoque de investigación	35
3.4.	Alcance del Estudio	35
3.5.	Diseño de investigación	36
3.6.	Población.....	36
3.7.	Muestra	37
3.8.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
3.6.	Plan de Análisis de datos	39
CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....		40
4.1.	Diagnóstico de la situación actual de la municipalidad	40
4.2.	Implementación del plan de mantenimiento preventivo	65
4.3.	Resultados respecto al objetivo general	73
DISCUSIÓN DE RESULTADOS		89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93
REFERENCIAS.....		97
ANEXOS		103
Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos		103
Anexo 2: Plan de mantenimiento preventivo		105
Anexo 3: Evidencia fotográfica en la planta de producción.....		113
Anexo 4: DAP propuesto		115



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos de criticidad.....	29
Tabla 2 Matriz de operacionalización.....	33
Tabla 3 Validez de instrumento	38
Tabla 4 Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile	47
Tabla 5 Enumeración de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile.....	50
Tabla 6 Análisis de Pareto de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile	51
Tabla 7 Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile	55
Tabla 8 Periodos de pre-test, implementación y post-test del estudio.	59
Tabla 9 Fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022	59
Tabla 10 Tiempo de fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022	60
Tabla 11 Resumen de fallas de máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022	60
Tabla 12 Indicadores pre-test de la máquina trilladora, periodo Julio a septiembre 2022	61
Tabla 13 Indicadores pre-test de la máquina seleccionadora, periodo Julio a Setiembre 2022... ..	61
Tabla 14 Indicadores pre-test de la máquina tostadora, periodo Julio a Setiembre 2022	61



Tabla 15 Indicadores del pre-test general, periodo Julio a Setiembre 2022	62
Tabla 16 Descripción de abreviaturas.....	62
Tabla 17 Puntuación final de criticidad	63
Tabla 18 Análisis de criticidad de máquinas de la planta	63
Tabla 19 Codificación de máquinas.....	65
Tabla 20 Ficha técnica de la piladora de café	66
Tabla 21 Ficha técnica de la seleccionadora de café	67
Tabla 22 Ficha técnica de la tostadora de café.....	68
Tabla 23 Plan de mantenimiento preventivo para la trilladora de granos de café	69
Tabla 24 Plan de mantenimiento preventivo para la seleccionadora de café.....	69
Tabla 25 Plan de mantenimiento preventivo para la tostadora de café.....	70
Tabla 26 Cronograma mensual de mantenimiento preventivo para la planta procesadora de café.	71
Tabla 27 Tiempo del plan de actividades mensual de mantenimiento preventivo.	72
Tabla 28 Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile – post test.....	74
Tabla 29 Indicadores del post-test general, periodo noviembre 2022 a enero 2023.....	75
Tabla 30 Indicadores post-test de la máquina trilladora, periodo noviembre 2022 a enero 2023	75
Tabla 31 Indicadores post-test de la máquina seleccionadora, periodo noviembre 2022 a enero 2023.....	76



Tabla 32	Indicadores post-test de la máquina tostadora, periodo noviembre 2022 a enero 2023	76
Tabla 33	Comparación de indicadores de pre-test y post-test	77
Tabla 34	Análisis descriptivo de la disponibilidad	78
Tabla 35	Análisis descriptivo del MTBF	79
Tabla 36	Análisis descriptivo del MTTR.....	80
Tabla 37.	Tipo de Comportamiento	81
Tabla 38.	Prueba de normalidad - Disponibilidad	81
Tabla 39.	Prueba de muestras emparejadas - Disponibilidad	82
Tabla 40.	Prueba de normalidad - MTBF	83
Tabla 41.	Prueba de muestras emparejadas - MTBF	83
Tabla 42.	Prueba de normalidad - MTTR.....	84
Tabla 43.	Prueba de muestras emparejadas - MTTR	85
Tabla 44	Mano de obra de implementación.....	85
Tabla 45	Herramientas o equipos para mantenimiento de máquinas.....	86
Tabla 46	Costos por insumos para mantenimiento	86
Tabla 47	Costos indirectos por mantenimiento.....	87
Tabla 48	Costos por implementación de mantenimiento.....	87
Tabla 49	Resumen por costos de implementación de mantenimiento	87



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del estadio municipal de Quebrada Honda –Yanatile.....	7
Figura 2 Diagrama de Pareto	15
Figura 3 Registro de fallas.....	17
Figura 4 Ponderación de probabilidad.....	19
Figura 5 Ponderación de gravedad.....	19
Figura 6 Ponderación de la capacidad de detención.....	20
Figura 7. Ubicación de la Quebrada Honda, Cusco.....	40
Figura 8 Ubicación del lugar de procesamiento de café.....	41
Figura 9. Organigrama de la Municipalidad.....	42
Figura 10. Diagrama de operación de procesado del café.....	46
Figura 11. Diagrama de Ishikawa.....	49
Figura 12 Diagrama de Pareto de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile..	52
Figura 13. Diagrama de proceso de mantenimiento actual.....	54
Figura 14. Trilladora o piladora de granos de café.....	56
Figura 15. Máquina seleccionadora de café por tamaño	56
Figura 16. Máquina tostadora para café.....	57
Figura 17 Máquina envasadora automática volumétrica	57



Figura 18 Árbol de fallas de las máquinas.....	64
Figura 19 Resumen de costos de implementación.....	88



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento Del Problema

El mantenimiento se define como todas las operaciones necesarias para conservar o restaurar la capacidad de un equipo para realizar su tarea Ferreira et al., (2019). Hoy en día, el mantenimiento es ampliamente reconocido como una función comercial esencial y un elemento crítico de la gestión de activos. Esto da como resultado más acciones de mantenimiento preventivo que también están mejor alineadas con otras funciones comerciales, tales como programación de producción y control de repuestos (de Jonge y Scarf, (2020).

Según Nuryanto et al. (2020) la disponibilidad es la probabilidad de que un equipo en un tiempo determinado o establecido cumpla la función para la que fue diseñado y/o fabricado. La disponibilidad es una de las características más importantes que tienen un impacto esencial en la sostenibilidad del sistema, puesto que, para realizar un plan de mantenimiento con éxito, se convierte en extremadamente crucial para analizar todo el sistema de la planta. En el mantenimiento, los datos o medidas importantes, como el tiempo entre fallas (TBF), el tiempo entre mantenimientos (TTR), la disponibilidad y la mantenibilidad ayudaron a crear planes de mantenimiento en un sistema.

Por otro lado, según la Organización Internacional del Café (2022) existe una alta demanda de café que no está siendo satisfecha demostrando que a nivel mundial la demanda de dicho producto está en aumento; por ejemplo, las exportaciones en febrero del 2022 crecieron 0,2 millones en comparación a febrero del 2021.



Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (2021) el Perú ha presentado una exportación media anual de 3,6 millones de sacos, convirtiéndose en el octavo exportador mundial del café, estimando que el consumo de café molido y en grano ha aumentado más de 30% en los últimos tres años. La Cámara Peruana del Café y Cacao (2022) presenta sus pronósticos de volumen de exportación de café 2022 que han sido hechos con información histórica, esta información es fiable. Se plantean escenarios pesimista, conservador y optimista, en este último escenario dice que el volumen de la exportación de café sería 3.8 millones de sacos de 60 kg, siendo 18% más que en el 2021.

En el contexto local, la planta procesadora de café de Yanatile, se encuentra en el estadio municipal de Quebrada Honda –Yanatile – Provincia de Calca–Departamento de Cusco, donde actualmente realizan sus operaciones usando como materia prima el café en grano seco en sus distintas calidades y variedades, esta planta forma parte de la gestión del área de Desarrollo Económico y por tanto no se constituye como una empresa ya que pertenece a dicha municipalidad, que pone a libre disposición a que cualquier agricultor Yanatileño (a) de la zona puede entregar su café seco a la planta y que el operario encargado lleve a cabo todo el proceso hasta obtener el café tostado y molido dependiendo de lo que se solicite. En febrero del 2021, los tesisistas obtuvieron la información de la municipalidad con la autorización del alcalde y del responsable del área de Desarrollo Económico, quienes les permitieron ingresar a la planta procesadora de café de Yanatile, donde realizaron sus prácticas preprofesionales. Durante ese periodo, recopilamos los datos necesarios para la investigación determinando la situación actual de la planta, los problemas que enfrenta y las posibles soluciones que se proponen. De acuerdo a lo mencionado por el personal que labora en la planta procesadora de café de Yanatile, en muchas ocasiones las



máquinas se encuentran no operativas o no funcionan correctamente, es decir, presentan una baja disponibilidad, esta problemática es originada por diversas causas dentro de las cuales se tiene: la mano de obra, puesto que existe una falta de conocimiento y capacitación del personal en la operación de las máquinas así como en su mantenimiento, que originan que la máquina no sea utilizada correctamente y por tanto se degrade más rápido; la medición, debido a que no existen formatos y registros con datos históricos, es decir, no existe una base de datos que permita conocer la situación actual y pasada de la maquinaria haciendo imposible un diagnóstico con el fin de prevenir futuras fallas; inventario, ya que existe una demora en la adquisición de materiales, herramientas y repuestos originando un stock insuficiente e inclusive que puedan ser de baja calidad ocasionando que la maquinaria se deteriore con mayor facilidad, además de repuestos y herramientas que no pueden ser ubicadas fácilmente; métodos de trabajo, puesto que no existen manuales de trabajo, métodos estandarizados o un protocolo de trabajo diario originando trabajos mal ejecutados que ponen en riesgo al personal y a la maquinaria, política de mantenimiento, ya que no existen inspecciones, ni una correcta planificación y programación de mantenimiento que permitan mejorar la vida útil de los equipos y detectar futuras fallas.

Una correcta planificación e implementación de mantenimiento es clave en la industria puesto que permite tener un conocimiento detallado y un control sobre el estado de las máquinas y del inventario, además, tener una mejor organización del mantenimiento que se realiza garantizando que las tareas sean ejecutadas en los plazos de tiempo programados, reducir tiempos de espera por reparaciones, mejorar la seguridad no solo de la maquinaria, sino también del personal haciendo que las máquinas encuentren operativas, funcionando correctamente y con un menor número de fallas incrementando así su disponibilidad.



El presente trabajo de investigación se centra en la implementación del mantenimiento preventivo como un correcto programa de mantenimiento que permita incrementar la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile.

1.1. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuál es el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022?
- b. ¿Cuál es el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022?

1.3. Justificación

1.3.1. Conveniencia

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) la conveniencia señala la utilidad de la investigación, es decir, ¿para qué sirve? El presente estudio es conveniente ya que abarcó un problema actual en el que se beneficia a la planta procesadora de café de Yanatile además de los agricultores de la zona.



1.3.2. Relevancia social

Ñaupas et al. (2018) indica que la relevancia social se da cuando la investigación afecta a un grupo social, por lo que, la presente investigación ayudó a mejorar el entorno de trabajo y sobre todo a garantizar una mayor seguridad, viéndose beneficiados mecánicos, operadores, jefes de área, proveedores y todas las personas que estén relacionadas.

1.3.3. Implicancias prácticas

Según Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) indica que la justificación práctica puede dar una o más soluciones a problemas que se presentan en la realidad, es por ello que mediante la implementación de un mantenimiento preventivo se busca mejorar la disponibilidad mecánica en la planta procesadora de café de Yanatile, utilizándose fichas técnicas elaboradas por los autores en base a las especificaciones brindadas por los colaboradores de la planta de Yanatile.

1.3.4. Valor teórico

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) indica que la justificación teórica se da cuando la investigación aporta conocimiento y permite desarrollar, apoyar o probar una teoría, por lo cual la presente investigación brindó conocimientos sobre el mantenimiento preventivo, su importancia, ventajas y cómo aplicarlo a una planta de café.

1.3.5. Utilidad metodológica

Hernández-Sampieri y Mendoza (2018) afirman que una investigación tiene utilidad metodológica si contribuye a la creación de nuevos métodos, técnicas o instrumentos para la



recolección de datos, además de contribuir con la definición de un concepto o variable, por lo que en el presente estudio se elaboró instrumentos como el check list y se definen las variables involucradas.

1.4. Objetivos de investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.
- b. Determinar el efecto de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

1.5. Delimitación del estudio

1.5.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en la planta procesadora de Café de Yanatile, que se encuentra ubicada en el estadio municipal de Quebrada Honda –Yanatile – Provincia de Calca – Departamento de Cusco.



Figura 1

Ubicación del estadio municipal de Quebrada Honda – Yanatile



Nota. Adaptado de [Distrito de Montero], de Google Maps, de (Google), s.f., <https://goo.gl/maps/Si1uAoGF3GJSCcLBA>

1.5.2. Delimitación temporal

El presente proyecto de investigación fue desarrollado entre abril y diciembre del año 2022.



CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Estudio

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Delgado (2019) en su tesis, el objetivo principal es proponer un plan de mantenimiento basado en la disponibilidad de los grupos de bombeo de la empresa INTER. La investigación es de tipo aplicada con un nivel descriptivo y de carácter no exploratorio obteniendo como resultados un aumento de 0,36% en la disponibilidad y 0,23% en la confiabilidad, una reducción en el tiempo de reparación de 2,22 Horas/Fallos; además de una Tasa de Recuperación Interna (TIR) de 23% y un Valor Neto Actual (VAN) de \$140,338 dólares siendo económicamente viable. Finalmente se concluye que con un plan de mantenimiento se logra incrementar tanto la productividad como su disponibilidad mejorando también la oferta de calidad de servicio. La investigación es útil porque además de calcular el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR), analiza y valora sucesivamente todas las causas y fallas y sus efectos.

Kolte y Dabade (2017) en su trabajo de investigación tuvieron como objetivo principal mejorar la disponibilidad operativa de las máquinas, mejorando el programa de mantenimiento que se tiene disponible para así poder disminuir el tiempo de inactividad de la maquinaria en la línea de producción. El tipo de investigación es aplicada, con un diseño cuasiexperimental, de nivel explicativo. Se obtuvo que en un plazo de quince días debido a un plan de mantenimiento preventivo adecuado existe un incremento del 5% en la disponibilidad de las máquinas, el tiempo medio entre fallas tuvo un aumento de 40,6 minutos, el tiempo medio de reparación se reduce en 3,5 min y hay una mejora en la productividad. Finalmente se concluye que una mejora en el plan



de mantenimiento preventivo mejora la disponibilidad de las máquinas. Esta investigación es útil por su metodología ya que brinda el análisis de averías de las máquinas y las estrategias efectivas de mantenimiento preventivo para reducir el tiempo de inactividad de las máquinas en la industria manufacturera.

Szkoda, Kaczor, Pilch, Smolnik y Konieczek (2021) en su trabajo de investigación tuvieron como principal objetivo evaluar el impacto del proceso de mantenimiento preventivo en la confiabilidad y la disponibilidad de una locomotora diésel usando los índices de disponibilidad y confiabilidad. El estudio es de tipo aplicada, diseño no experimental y nivel descriptivo. Determinaron la confiabilidad y disponibilidad en base a indicadores como tiempo medio hasta el fallo, tiempo medio de reparación y tiempo medio de retraso logístico y también mediante los índices de confiabilidad y disponibilidad, incluyeron el mantenimiento preventivo a la estrategia existente de mantenimiento correctivo, obteniendo un aumento de la disponibilidad media de un 4,55%, una disminución de tiempo de inactividad del 64,73%, restricción de fallos esperados de 106 horas y un aumento del tiempo medio entre fallos de 351 horas. Concluyeron que el mantenimiento que existe, es decir, el mantenimiento correctivo no es suficiente y es necesario la implementación del mantenimiento preventivo para mejorar la confiabilidad y la disponibilidad de la locomotora. Esta investigación es útil debido a que analiza las dimensiones de la disponibilidad, es decir el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para reparar (MTTR).

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Flores (2021) en su tesis titulada cuyo objetivo principal fue realizar el diseño del plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de las máquinas y equipos en la



empresa Choco Museo Cusco. La investigación es de tipo aplicada, con un diseño no experimental, enfoque cuantitativo y de nivel descriptivo – propositivo. Aplicó la matriz CTR para determinar cuáles son los equipos más críticos, además realizó el cálculo de indicadores de mantenimiento obteniendo una disponibilidad inicial del 66%. Como conclusión se obtuvo que mediante el diseño y futura implementación del plan de mantenimiento preventivo se espera que exista un incremento en su disponibilidad. La investigación es de utilidad debido a que elabora formatos de inspección y actividades de mantenimiento en el que se puede supervisar las condiciones de los equipos y máquinas usados habitualmente y poder determinar condiciones que puedan crear futuras fallas.

Callomamani (2021) en su trabajo de investigación cuyo objetivo principal fue determinar la eficacia del plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la planta pre - concentrado Ore Sorting de la Unidad Minera San Rafael – Minsur. El trabajo de investigación es de tipo aplicado, diseño preexperimental, teniendo como resultados un 50% de mejora en la reducción de horas de parada, un aumento de 21,2 horas hasta el fallo, y una mejora en la disponibilidad del 11,1%. Finalmente se concluye que el plan de mantenimiento preventivo reduce el tiempo de mantenimiento por averías y aumenta la disponibilidad de los equipos. La presente investigación es útil porque al igual que la presente investigación se utiliza el diagrama de Pareto para ponderar los problemas, así mismo calcula indicadores como el MTTR y MTBF.

Ramos (2018) en tesis titulada cuyo objetivo principal fue implementar el plan de mantenimiento preventivo, para aumentar la disponibilidad de las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C., la investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo, diseño experimental en el que obtuvieron un aumento de más del 10% de la disponibilidad de las máquinas críticas, además de un ahorro de 60812 soles en los costos por mantenimiento. Finalmente, como



conclusión tuvieron que la implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo mejora significativamente la disponibilidad de las maquinarias de la empresa Atlanta Metal Drill S.A.C. Como aporte esta investigación usa el diagrama de Pareto para localizar y establecer las causas posibles de la baja disponibilidad, además de realizar un pre test y post test.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Disponibilidad de máquinas

2.2.1.1. Definición

Según Kolte y Dabad (2017) la disponibilidad es el tiempo total de utilización de una máquina. Es decir, el porcentaje de tiempo en el que un equipo estuvo disponible y apto para operar.

Bárzaga-Quesada et al. (2017) señalan que la disponibilidad es la relación entre horas trabajadas y las horas utilizadas en la reparación. Teniendo un valor recomendable de 90%.

Por otro lado, según Nuryanto et al. (2020) la disponibilidad se puede interpretar como la probabilidad de que un equipo en particular esté realizando la función requerida en un momento determinado o durante el período establecido cuando se opera y mantiene en condiciones de trabajo específicas.

2.2.1.2. Procedimiento del cálculo de la disponibilidad de máquinas.

Según Bárzaga-Quesada et al. (2017) la disponibilidad se calcula en base a:

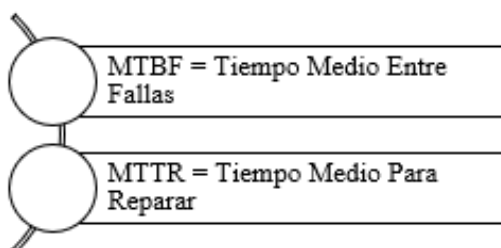


$$D = \frac{(\text{Días programados} - \text{días de paradas o fallas})}{\text{Días programados}}$$

Según Aggarwal et al. (2017) la disponibilidad puede ser calculada mediante el Mean Time To Repair o Tiempo Medio Para Reparar (MTTR) y el Mean Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

$$D = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

Dónde:



- **Mean Time Between Failures o Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF):** Tiempo medio en que una máquina trabaja sin alguna falla (Bárzaga-Quesada et al., (2017):

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N}^\circ \text{ de fallas}}$$

- **Mean Time To Repair o Tiempo Medio Para Reparar (MTTR):** Indica el tiempo medio que toman las intervenciones a la máquina o reparaciones por motivos mecánicos (Bárzaga-Quesada et al., (2017).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tiempo total de reparaciones}}{\text{Número de fallas}}$$



2.2.1.3. Técnicas de análisis de averías

Diagrama de Pareto.

Según Hossen et al. (2017) el diagrama de Pareto es útil para datos no numéricos, como 'causa', 'tipo' o 'clasificación' y es útil para priorizar dónde deben enfocarse los cambios de acción y proceso. Se usan comúnmente para identificar el tiempo de inactividad y otros desperdicios. Utiliza diagramas de barras para ordenar los problemas según la frecuencia, la gravedad, la naturaleza o la fuente y muestra el tamaño de los problemas que son vitales. Además, clasifica los datos desde la frecuencia más alta hasta la frecuencia más baja de ocurrencias. La aplicación del gráfico de Pareto y los diagramas de causa y efecto se encuentran en una variedad de industrias. Estas son herramientas simples pero interesantes y tienen aplicaciones en la vida real.

Según Medrano et al. (2017) El diagrama de Pareto es una herramienta que se utiliza para realizar una comparación ordenada y cuantitativa de elementos. Tiene las siguientes características: priorización; debido a que identifica, dentro de un grupo, los elementos más importantes, unifica criterios; focaliza el esfuerzo a un objetivo en común y es objetivo; puesto que permite tomar decisiones en base a datos y hechos objetivos. El diagrama de Pareto consiste en una gráfica en la que se organizan, en orden descendente, diferentes clasificaciones de datos por medio de barras sencillas, permitiendo que identificar las minorías vitales sea algo más fácil y rápido de hacer.

Para Gallará y Pontelli (2020) el diagrama de Pareto es una técnica que toma como base el principio de que pocos elementos de un conjunto tienen mayor importancia que los elementos



restantes. Permite determinar el grado de importancia de una serie de fenómenos en una situación determinada y sirve para clasificar los datos en base a diversas tipologías.

Elaboración del diagrama de Pareto

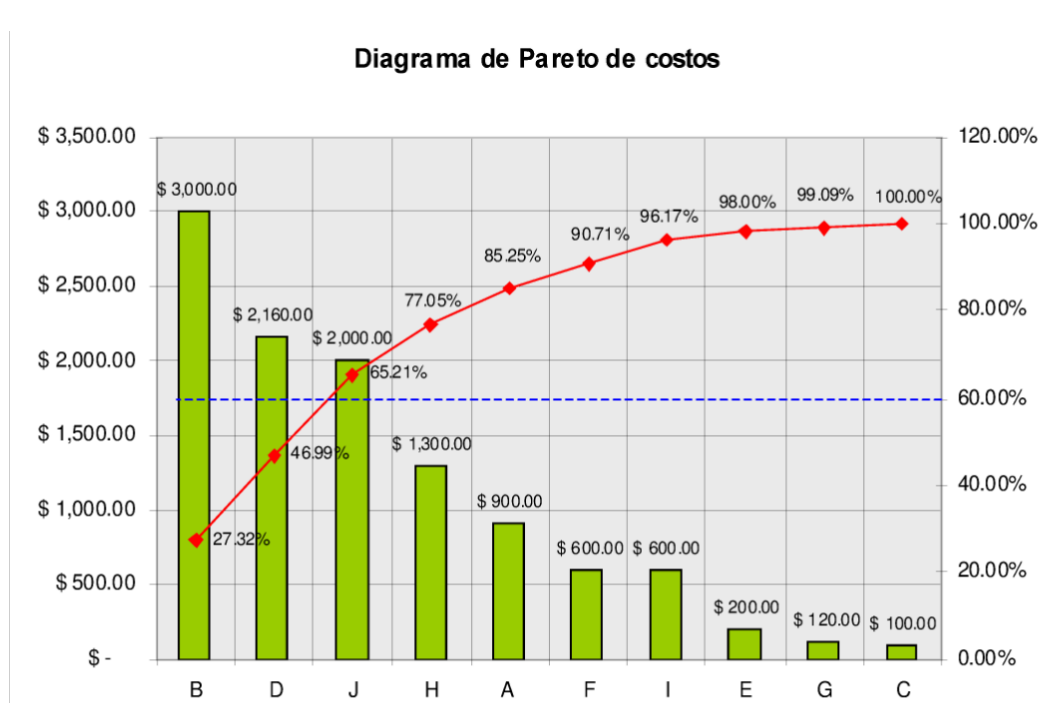
Según Gallará y Pontelli (2020) para la elaboración se debe seguir los siguientes pasos:

- Determinar el tiempo de observación y recopilar los datos en base a la tipología de la muestra
- Ordenar de manera decreciente el listado
- Calcular valores acumulados del ordenamiento previo, así como los porcentajes y los porcentajes acumulados
- Distribuir los ítems en las abscisas en orden decreciente ya sea en cantidad o porcentaje graficando en columnas
- Se trazan los valores acumulados de los porcentajes empezando desde el origen hasta el vértice opuesto de la primera columna, luego con el segundo elemento y así de forma sucesiva hasta llegar al 100% como se observa en la figura 2.



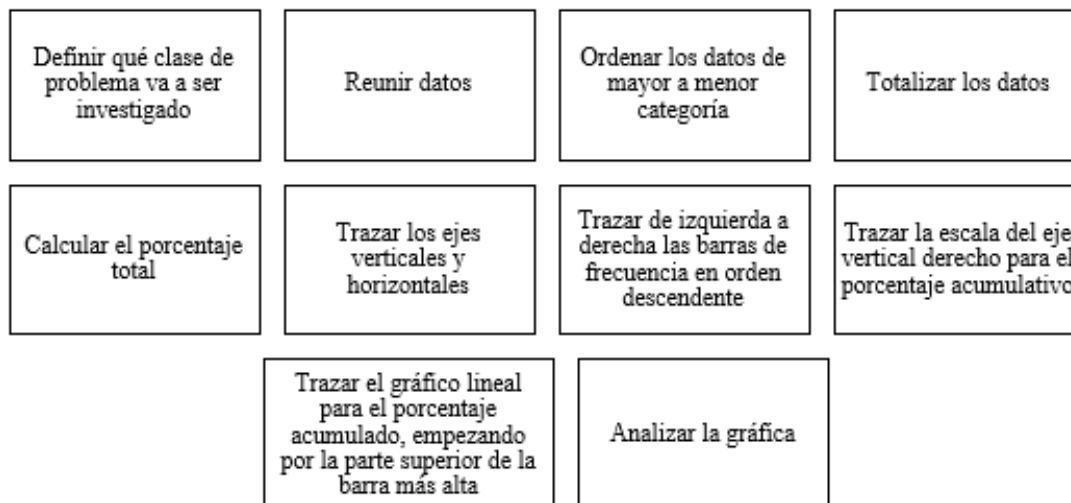
Figura 2

Diagrama de Pareto



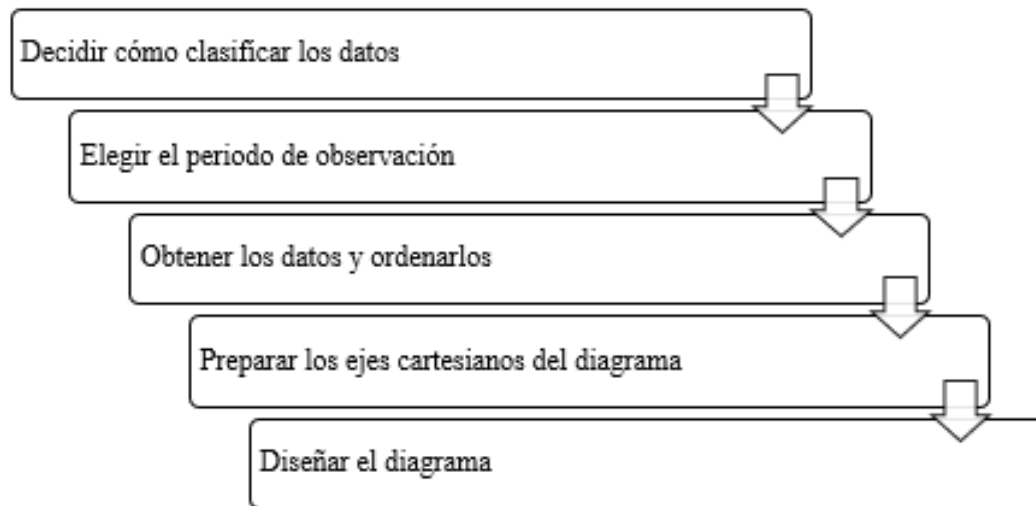
Nota. Adaptado de *Mantenimiento industrial* (p. 163), por Gallará y Pontelli, 2020, Científica Universitaria.

Según Medrano et al. (2017) los pasos para elaborar un diagrama de Pareto son:





Según Boero (2020) para elaborar el diagrama de Pareto se hace en base a 7 fases:



Análisis de los modos de fallas y sus efectos (AMFE o AMEF)

Según Boero (2020) es una herramienta que tiene un enfoque preventivo que permite identificar problemas, así como sus causas y efectos. En el mantenimiento es usado para analizar los elementos de las máquinas que están expuestas a fallas periódicas y mejorar las intervenciones de urgencia y las paradas de máquina.

Según Medrano et al. (2017) es un método que ayuda a cuantificar el impacto que causan las fallas de los componentes y la frecuencia con la que se presentan para poder establecer las tareas de mantenimiento en aquellas áreas con mayor repercusión.



Gallar y Pontelli (2020) afirma que es una técnica que es aplicada para determinar probables problemas de un sistema, además de sus causas y evaluar el impacto que ocasionarían si estos problemas llegaran a pasar.

Pasos para realizar un AMEF

Según Medrano et al. (2017) los pasos son los siguientes:

- **Enumerar todos los posibles modos de fallo.** Se enumeran las fallas que podrían tener los equipos o máquinas.
- **Establecer ndice de prioridad.** Luego del paso anterior se cuenta con una lista de posibles causas y deben ser incluidas en una tabla como la siguiente:

Figura 3

Registro de fallas

AMFE							
Elemento/ función	Modo de fallo	Efecto	* S	** O	*** D	NPR=S*O*D	Acciones propuestas
Describir elemento	Describir modo de fallo	Describir efecto	1 a 10	1 a 10	1 a 10	1 a 1000	Proponer acción de mejora si sale un NPR alto

*S: nivel de severidad (gravedad de falla que el usuario percibe)

**O: nivel de incidencia (probabilidad de que la falla ocurra)

***D: nivel de detección (probabilidad de que el error no se detecte antes de usar el equipo)

Nota. Medrano et al. (2017, p. 32)



A cada modo de fallo se le asigna un valor entre 1 y 10 para luego multiplicarse y obtener el NPR (número o índice de prioridad de la falla) que tiene un valor entre 1 y 1000. Por lo que:

$$\text{NPR} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

Índice de prioridad de la falla = Severidad x Probabilidad de incidencia x Probabilidad de no detección

Siendo este valor el que va a indicar la importancia del modo de fallo

- **Priorizar los modos de fallo y buscar soluciones.**

Según Medrano et al. (2017) después de calcular el NPR se clasifica de mayor a menor, siendo los modos de fallo con mayor NPR los que deben ser resueltos con prioridad.

El objetivo final que tiene el análisis AMFE es poder ayudar a controlar todas las posibles fallas luego de tomar acciones para disminuir el NPR.

Según Gallará y Pontelli (2020) el desarrollo del AMFE se realiza en base a la valoración del riesgo dado por el producto de tres factores: probabilidad de que la falla se manifieste, gravedad de las consecuencias que produce si aparecen y capacidad de ser detectada a tiempo. Este valor toma el nombre de Índice de Prioridad de Riesgo (IPR):

$$\text{IPR} = \text{P} \times \text{G} \times \text{D}$$

Las valoraciones se hacen de datos provenientes de tablas con valores para la probabilidad.



Figura 4

Ponderación de probabilidad

Probabilidad de ocurrencia	P	Frecuencia (reciproca de hs.)	Descripción
Muy alta	5	> 1/10	Frecuencia demasiado alta, una falla o mas por turno de 8 hs.
Alta	4	De 1/1000 a 1/10	1 falla entre un turno de 8 hs. y 40 días de 24 hs.
Moderada	3	De 1/4500 a 1/ 1000	Aprox. 1 falla entre 40 días y 6 meses
Baja	2	De 1/9000 a 1/4500	Aprox. 1 falla entre 6 meses y 1 año
Muy baja	1	< 1 / 9000	1 falla después de 1 año

Nota. Los valores son referenciales, ya que pueden ser elegidos de manera arbitraria pero su magnitud debe ser coherente con lo que se quiere significar. Tomado de Medrano et al. (2017, p. 159)

Figura 5

Ponderación de gravedad

Gravedad del efecto	G	Descripción
Muy Crítico	4	<u>La falla afecta a:</u> la producción bloqueando el flujo productivo y parando la planta, la calidad con defectos que atentan contra la seguridad del cliente, la seguridad laboral con riesgos de muerte o lesiones graves al operario o terceros, al ambiente con contaminación severa. Una vez producida la falla, sus efectos no tienen atenuantes ni alternativas de contención.
Crítico	3	<u>La falla afecta a:</u> la producción reduciendo el flujo productivo, a la calidad generando defectos que irritan al cliente, a la seguridad exponiendo al operario y a terceros a lesiones permanentes, al ambiente con contaminación seria. Una vez ocurrida su efecto puede ser controlado o hay alternativas para minimizar el impacto
Importante	2	<u>La falla afecta a:</u> la producción pero se mantiene el flujo productivo, a la calidad generando rechazos definitivos, a la seguridad exponiendo al operario o a terceros a lesiones temporales o al ambiente generando contaminación leve. Una vez ocurrida al falla tiene un impacto de menor significación.
Secundario	1	<u>La falla afecta a:</u> la producción ocasionando demoras en el flujo productivo, a la calidad generando recirculación, a la seguridad exponiendo al operario a molestias que dificultan su desempeño o al ambiente con contaminación de poca significación.

Nota. Los valores son referenciales, ya que pueden ser elegidos de manera arbitraria pero su magnitud debe ser coherente con lo que se quiere significar. Tomado de Medrano et al. (2017, p. 159)



Figura 6

Ponderación de la capacidad de detección

Detección	D	Descripción
Remota	5	Es casi imposible la detección de la falla con los métodos actuales.
Escasa	4	La falla se detecta mediante el desarme del equipo o puede ocurrir en lugares de difícil acceso o el método de control no es confiable.
Probable	3	El método de control requiere de permanente inspección y no es lo suficientemente confiable.
Moderada	2	El método de inspección puede detectar la falla cuando se produce y es confiable.
Segura	1	El método de control es muy confiable, detectará seguramente la falla con anticipación a su aparición.

Nota. Los valores son referenciales, ya que pueden ser elegidos de manera arbitraria pero su magnitud debe ser coherente con lo que se quiere significar. Tomado de Medrano et al. (2017, p. 159)

2.2.2. Implementación del Plan de Mantenimiento Preventivo

2.2.2.1. Definición

De acuerdo con la definición brindada por Medrano et al. (2017) el mantenimiento preventivo hace referencia a la supervisión planificada, regular, constante y proyectada, además de la distribución de labores calificadas como necesarios con el fin de garantizar un tiempo más prolongado las operaciones, de tal modo que este siga una secuencia continua y de esa forma lograr la reducción de casos de emergencias.

Boero (2020) señala que es un sistema en el que es necesario verificar el estado actual de cada equipo, de igual manera con sus componentes y en base a dicha información se programa las actividades adecuadas en el momento más oportuno.



Gallarà y Pontelli (2020) afirma que es una metodología de intervención que parte de los puntos críticos de los equipos con el objetivo de minimizar los tiempos de bajo rendimiento o de parada. Esta metodología se realiza en base a la planificación, elaboración de estándares y revisiones sistemáticas para poder detectar señales de mal funcionamiento.

2.2.2.2. Ventajas

Según Pérez (2021) el mantenimiento preventivo presenta las siguientes ventajas:

- Aminora la cantidad de fallas y los tiempos muertos.
- Mejora la disponibilidad de equipos, instalaciones y máquinas.
- Aumenta la vida útil de equipos, máquinas, instalaciones y componentes.
- Un mejor uso de los recursos.
- A mediano y largo plazo existe un ahorro económico.
- Permite elaborar planes de mantenimiento.
- Permite definir los presupuestos.
- Los procedimientos se documentan y por tanto se cuenta con información actualizada.
- Brinda una mayor seguridad al personal de trabajo.
- Disminuye la contaminación ambiental.
- Garantiza una entrega oportuna del producto.

Para Boero (2020) el mantenimiento tiene las siguientes ventajas:

- Reducir la frecuencia de fallas



- Disminuye los riesgos para los sistemas de seguridad
- Distribuye las tareas de mantenimiento, evitando bajas o excesos en el cumplimiento de estas
- Permite aprovechar la intervención programada para realizar varias reparaciones
- Disponer de repuestos necesarios
- Permite que las intervenciones se hagan en los momentos oportunos mantenimiento y producción
- Evita un aumento de averías

2.2.2.3. Desventajas

Según Pérez (2021) el mantenimiento preventivo presenta las siguientes desventajas:

- Para poder implementarlo se necesita un tiempo extra por parte del personal involucrado para poder realizar actividades como buscar y actualizar información basado en fichas técnicas, manuales, etc.
- Al iniciar conlleva a un incremento de costos.
- Las capacitaciones al personal implican una elevación de costos.

Para Medrano et al. (2017) el mantenimiento preventivo tiene las siguientes desventajas:

- La implementación resulta más costosa si no se obtienen resultados favorables
- Falta de personal calificado
- Cambio innecesario de piezas
- Intervenir equipos en forma deficiente puede ocasionar un mal funcionamiento



2.2.2.4. Diseño de un programa de mantenimiento preventivo

Según Guerrero (2018) los pasos necesarios para definir y posteriormente implementar un programa de mantenimiento preventivo son:

Determinar las metas y objetivos. Determinar de manera clara y precisa que es lo que se quiere lograr con la implementación del mantenimiento preventivo. Por eso es recomendable definir en un inicio, el o los objetivos que se aspiran conseguir (Guerrero, (2018).

Determinar los requisitos para el mantenimiento preventivo. Según Guerrero (2018) se establece qué es lo que se va a necesitar y en dónde va a actuar. Dentro de estos requisitos se tiene:

- Maquinaria y equipo para incluir. Se determinan los equipos más críticos de la instalación (Guerrero, (2018).
- Áreas de operación a incluir. Determinar la sección o secciones de la instalación en las que se va a ejecutar el mantenimiento (Guerrero, (2018).
- Decidir si se van a añadir disciplinas adicionales. Se evalúa y decide si se van a realizar calibraciones, ajustes, reemplazos, entre otros (Guerrero, (2018).
- Medición del mantenimiento. Elaborar una línea de tiempo en la que se va a implementar el mantenimiento y la frecuencia de las acciones (Guerrero, (2018).

Desarrollo del programa de mantenimiento preventivo. Según Guerrero (2018) se define el plan de mantenimiento para acoplarlo en la línea de tiempo establecida anteriormente. Es necesario incluir: Listado completo de equipos que se van a incluir en el mantenimiento, la



frecuencia de órdenes de trabajo, materiales y herramientas que fueron necesarios para ejecutar el mantenimiento

Por otro lado, según Gallará y Pontelli (2020) el mantenimiento debe ser planificado de manera que pueda trabajar de manera correcta sin interrumpir las actividades de producción además que debe darse mediante una serie de etapas de manera ordenada ya que no es posible realizar todas las tareas de mantenimiento a la vez. Las etapas o fases de una planificación de mantenimiento son:

Inventario de equipos. Según Gallará y Pontelli (2020) el primer paso es conocer todo el entorno donde se efectuó la planificación del mantenimiento, es decir, conocer los antecedentes, características y localizaciones de las máquinas, equipos y las instalaciones. Esta información se obtiene de las especificaciones dada por los fabricantes que contienen las cualidades y aspectos generales brindando la información necesaria para realizar un inventario de equipos, una información más detallada permitió la elaboración de un mejor inventario. Todos los datos deben ser registrados en una base de datos para su fácil acceso en casos de consulta y/o actualización, siendo una gran ayuda para que el personal de mantenimiento conozca el proceso productivo.

Los datos que se deben tener en cuenta son:

- **Número del inventario del equipo:** Número que registra el equipo en los libros contables.
- **Número de identificación:** Código con el que se opera en el taller. En algunas situaciones es el mismo que del inventario contable.
- **Designación:** Descripción de la máquina.



- **Tipo de activo:** Códigos alfanuméricos que hacen referencia al tipo de equipo.
- **Marca:** Nombre de la firma del constructor de la máquina.
- **Modelo:** Existen diferentes modelos por cada marca.
- **Número de serie:** Es el número que el fabricante asigna.
- **Número de proveedor:** Código del departamento de compras al proveedor.
- **Origen:** País de origen del equipo.
- **Año de construcción:** Año de fabricación.
- **Fecha de entrada en servicio:** Fecha en la que el medio comenzó a producir.
- **Fecha de alta:** Fecha en la que el equipo o medio fue ingresado como activo en la empresa.
- **Potencia instalada:** Potencia nominal.
- **Peso**
- **Dimensiones**
- **Accesorios**
- **Ubicación actual:** Sitio donde se encuentra el equipo o máquina dentro de la planta.
- **Estado:** Situación actual del equipo.
- **Observaciones:** Toda información adicional necesaria.

Clasificación de los equipos por prioridades de fallas.

Gallarà y Pontelli (2020) refieren que luego de una exploración inicial se debe conocer la importancia que tienen las máquinas en los diferentes procesos y en base a las diferentes partes que pertenecen a la organización y de acuerdo con ello definir prioridades. Es decir, en función de



la gravedad que pueda representar la falla de un equipo o máquina en cada departamento o ente que forma parte de la organización. En este paso se clasifica la importancia que tienen los equipos en los distintos sectores.

Metas en los niveles de fallas. Con la clasificación anterior se determinan las metas iniciales que se pretenden lograr en el mantenimiento. Cada empresa u organización establece sus propias metas (Gallará y Pontelli, (2020)).

Preparación del programa de mantenimiento. La programación de mantenimiento implica establecer una serie de actividades a lo largo del tiempo cuya primera tarea es fijar las prioridades en base a una clasificación previa, vista en las metas definidas anteriormente. Es muy importante que el área de mantenimiento conozca los procesos de transformación y los programas de producción con el fin de poder determinar los periodos en los que se tuvo disponibilidad de los equipos o determinar las exigencias en cuanto a la composición y volúmenes de productos a elaborar. Existen intervenciones de frecuencia diaria, semanal, mensual y anuales que en conjunto constituyen el programa de mantenimiento (Gallará y Pontelli, (2020)).

Actividades de mantenimiento. Como inicio se requiere realizar una descripción de todas las instalaciones que van a ser atendidas comenzando desde los sistemas más complejos hasta las partes más simples para luego establecer los bloques de tareas asignando responsabilidades, objetivos, recursos, tiempo, entre otros. Para la programación de las tareas de mantenimiento se necesitan datos de entrada como la definición de las tareas, la duración de las mismas, fechas de inicio y de fin, los recursos, las demoras admisibles y vinculación entre tareas. Se debe tener un seguimiento a las actividades de mantenimiento debido a que es posible que existan situaciones



imprevistas como retrasos en la entrega de repuestos, huelgas, entre otros (Gallar y Pontelli, (2020).

Mantenimiento con parada de planta. Comprende intervenciones de carácter anual las cuales se realizan en periodos de vacaciones, lo cual es muy complicado en industrias donde las actividades no paran y continúan todo el día. Las actividades que se realizan son de gran envergadura y muy costosas, es por eso que deben ser cumplidas de forma eficiente y en los tiempos establecidos (Gallar y Pontelli, (2020).

Asimismo, según Pérez (2021) para disenar un programa de mantenimiento preventivo se hace en base a cuatro fases: planificación, programación, ejecución y control.

Planificación. Se planifican y especifican las tareas que se van a desarrollar en base a los datos obtenidos de las técnicas de análisis de averías, así como el personal que estuvo encargado de realizar las actividades, las herramientas y equipos que fueron necesarios, el tiempo que conlleva cada tarea, entre otros (Pérez, 2021).

Programación. Se establece la hora, el día y la ubicación en la que se llevó a cabo las tareas de mantenimiento. Es decir, el programa de mantenimiento preventivo coordina las actividades y la frecuencia con las que estas se van a ejecutar. En esta fase se tiene que englobar todas las actividades que forman parte del mantenimiento (Pérez, 2021).

Ejecución. Comprende la realización de actividades que previamente han sido ya establecidas. En esta fase se debe tener en cuenta la manera en cómo se van a llevar a cabo dichas actividades (Pérez, 2021).



Control. Comprende la comprobación, supervisión y confirmación del cumplimiento de la totalidad de actividades, dicho control se debe llevar a cabo en base a los inventarios, cronograma del mantenimiento, en las máquinas, instalaciones, entre otros. Permitiendo así una retroalimentación y optimización del diseño del programa de mantenimiento preventivo (Pérez, 2021).

2.3. Marco conceptual

Diagnóstico. Proceso en el que se mire, analiza y conceptualiza el estado de los equipos, sistemas o componentes en comparación a un estándar establecido (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018).

Falla. Pérdida de la capacidad de un equipo para cumplir con la función para la que fue requerido o diseñado (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018).

Inspección. Reconocimiento crítico a un equipo, sistema o componente, en el que se verifica su estado real (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018).

Máquina. Conjunto o grupo de aparatos combinados para recoger cierta forma de energía y transformarla ya sea en un efecto determinado o en otra forma de energía más adecuada (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018).

Medición. Etapa que forma parte del diagnóstico en el que se halla la cantidad, dimensión o calidad de una variable (Asociación Colombiana de Ingenieros, 2018).



Nivel de criticidad: Es una medida que evalúa el impacto y la relevancia que tiene un equipo, sistema o proceso en los objetivos de una organización. Se determina mediante un análisis que evalúa el riesgo potencial de fallos y sus consecuencias en términos de seguridad, medio ambiente, producción y costos. Puede clasificarse en tres categorías: alta, media y baja (Parra & Crespo, 2019)

Así mismo, es importante definir los valores finales o los rangos de la criticidad, para ello el autor Zumaeta (2021) señala que:

Tabla 1

Rangos de criticidad

Prioridad	Análisis de criticidad	Rango
1	Alta criticidad	50 - 125
2	Media criticidad	30 - 49
3	Baja criticidad	5 - 29

Nota. Basado en Zumaeta (2021)

Un equipo, sistema o proceso se considera que tiene una alta **criticidad** cuando su fallo tiene un impacto negativo significativo en los objetivos de la organización, poniendo en peligro la vida de las personas, el medio ambiente, la calidad del producto o servicio, o la rentabilidad del negocio. Estos elementos requieren una atención prioritaria y un mantenimiento preventivo o predictivo frecuente para evitar o minimizar los fallos (Salinas & Sinchi, 2020).

Un equipo, sistema o proceso se considera de importancia **media criticidad** cuando su fallo tiene un impacto negativo moderado en los objetivos de la organización, afectando la eficiencia operativa, el cumplimiento de las normas o la satisfacción del cliente. Estos elementos



requieren una atención regular y un mantenimiento preventivo o predictivo periódico para reducir los fallos (Salinas & Sinchi, 2020).

Un equipo, sistema o proceso se considera de importancia **baja criticidad** cuando su fallo tiene un impacto mínimo o nulo en los objetivos de la organización, sin comprometer la seguridad, el medio ambiente, la calidad o la rentabilidad. Estos elementos requieren una atención ocasional y un mantenimiento correctivo cuando sea necesario (Salinas & Sinchi, 2020).

Dichos niveles permiten establecer prioridades para la asignación de recursos, la planificación y programación del mantenimiento, el análisis de modos y efectos de fallo (FMEA), el análisis de causa raíz (RCA) y la mejora continua de la confiabilidad operativa. Debe revisarse periódicamente para adaptarse a los cambios en las condiciones operativas y los objetivos organizacionales (Cervantes, et al. 2019).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.



2.4.2. Hipótesis Específicas

- a. La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.
- b. La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

2.5. Variables e indicadores

2.5.1. Identificación de variables

Variable independiente. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es aquel mantenimiento que garantiza un tiempo mayor de operación y reduce las fallas imprevistas, en base a un seguimiento y actividades planificadas. Para el presente trabajo el mantenimiento preventivo se realizó en base a 4 acciones o fases secuenciales, primero planificar en base a lo obtenido al aplicar las técnicas de análisis de averías, luego programar y ejecutar dicho plan, para finalmente controlar que se ejecute correctamente y en su totalidad.

Variable dependiente. Disponibilidad

La disponibilidad indica el tiempo en el que un equipo o máquina está disponible, es decir, el tiempo en que se encuentra en condiciones óptimas para funcionar correctamente y sin



problema. Para el presente trabajo de investigación la disponibilidad fue calculada en base a una relación entre el tiempo promedio entre fallas (MTBF) y la suma del tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para la falla (MTTR).



2.5.2. Operacionalización de variables

Tabla 2

Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable independiente: Mantenimiento preventivo	Según Medrano et al. (2017) el mantenimiento preventivo se define como la supervisión planificada, regular, constante y proyectada, además de la distribución de labores calificadas como ineludibles con el fin de garantizar un mayor tiempo de operación en forma continua y reducir los casos de emergencias.	El mantenimiento preventivo se realizó en base a 4 acciones o fases secuenciales, primero planificar en base a lo obtenido al aplicar las técnicas de análisis de averías, luego programar y ejecutar dicho plan, para finalmente controlar que se ejecute correctamente y en su totalidad	Planificar	- Cantidad de fallas - Número o índice de prioridad de la falla
			Programar	- Número de actividades programadas de mantenimiento preventivo
			Ejecutar	- Número de actividades ejecutadas de mantenimiento preventivo
			Controlar	- % nivel cumplimiento actividades de mantenimiento preventivo
Variable dependiente: Disponibilidad de máquinas	Según Kolte y Dabad (2017) la disponibilidad de máquinas es el tiempo total de utilización de una máquina. Es decir, el porcentaje de tiempo	La disponibilidad de máquinas se obtiene mediante el cociente del tiempo promedio entre fallas (MTBF) y la suma del	Tiempo disponible de la máquina	Tiempo promedio entre fallas (MTBF)



en el que un equipo estuvo disponible y apto para operar.

tiempo promedio entre fallas (MTBF) y el tiempo promedio para la falla (MTTR)

Tiempo de reparación

Tiempo promedio para reparar (MTTR)

Nota. Elaboración propia.



CAPÍTULO III: MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

El presente estudio fue de tipo aplicado, en donde se tuvo como finalidad mejorar la problemática de la municipalidad, respecto a la disponibilidad de las máquinas, esto es congruente con lo mencionado por el autor Hernández y Collado (2022) quienes señalan que este tipo de investigación busca aplicar los conocimientos teóricos en el contexto del objeto de estudio que se está analizando.

3.2. Método de investigación

Referente al método es deductivo, ya que, de premisas generales, se formulan conclusiones específicas. Esto es congruente con Arias y Covinos (2021) quienes señalan que este método permite llegar a conclusiones lógicas a partir de afirmaciones que aceptamos como verdaderas. Es decir, va de lo más general a lo más específico.

3.3. Enfoque de investigación

De enfoque cuantitativo, ya que se analizaron los datos numéricos referente a las máquinas, tales como por ejemplo el registro de fallas, su rendimiento, entre otros. De esta manera, en este tipo de enfoque, se busca analizar datos de carácter numérico, para formular resultados o conclusiones exactas (Alvarez, 2020).

3.4. Alcance del Estudio



El alcance del estudio fue explicativo, debido a que, como indica Ramos-Galarza (2020), es una investigación donde se intenta encontrar las causas del problema, explicando su razón. En esta investigación se explicó los efectos del mantenimiento preventivo en la disponibilidad de máquinas de la planta de Yanatile.

La presente investigación abarcó conceptos relacionados con el mantenimiento preventivo, así como su diseño e implementación apoyándose de herramientas de identificación y análisis de fallas como lo son el Diagrama de Pareto y el Análisis de Modo y Efectos de Falla (AMEF).

3.5. Diseño de investigación

Según Arias y Covinos (2021) la investigación preexperimental manipula o trabaja con un solo grupo de estudio llamado grupo experimental aplicando un pretest y un post test

El diseño de la presente investigación es preexperimental ya que se trabajó en las máquinas a las que se le aplicó un pretest y un post test (antes y después de la implementación del mantenimiento respectivamente) para observar el efecto que ejerce dicha implementación en la disponibilidad.

3.6. Población

Según Rodríguez (2020) la población está conformada por los elementos que se desean investigar como parte del criterio del investigador. Para el presente estudio se toma como población a las cuatro (4) máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile.



3.7. Muestra

Según Rodríguez (2020) la muestra es la parte más importante o representativa de la población, por lo que en el presente estudio se toma a los elementos de la población como muestra, exceptuando la máquina de envasado que no se encuentra en funcionamiento, debido a que su memoria presenta fallas que son muy costosas de reparar. Por lo tanto, se considera una muestra de tres (3) máquinas, que corresponde a una muestra no probabilística por conveniencia, ya que se seleccionan las máquinas disponibles y accesibles para el estudio.

3.8. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Según Ñaupas et al. (2018) las técnicas de investigación son métodos particulares o especiales que se van aplicando en cada etapa de la investigación científica, cualitativa o cuantitativa.

- **Observación directa:** Es aquella donde el investigador recopila información recurriendo a su sentido de observación, sin terceros involucrados (Baena, 2017). Esta técnica fue utilizada para obtener y tomar datos que fueron registrados para su posterior análisis.
- **Análisis documental:** Es un proceso de revisión en el que se obtienen datos del contenido de documentos, los cuales deben ser fuentes principales y primarias que permitan obtener datos al investigador para la posterior presentación de resultados (Arias y Covinos, (2021). Esta técnica fue utilizada para revisar, analizar y



posteriormente registrar información de las máquinas de la planta procesadora proveniente de fuentes fiables.

Instrumentos

Según Ñaupas et al. (2018) los instrumentos son las herramientas materiales o conceptuales que sirven a las técnicas de investigación.

- **Check list:** Permite observar e identificar las características del objeto en estudio, además de sus aspectos, comportamiento, funcionamiento, entre otros (Arias, (2020). En este informe de investigación, el instrumento fue un check list que sirvió para poder registrar datos del estado del equipo y su comportamiento, el cual se muestra en “Anexo 1 – a”.

Cabe recalcar que, referente a la validez, este instrumento fue validado por expertos, en donde buscó a expertos en el tema, los cuales tienen conocimientos teóricos y la experiencia necesaria para determinar si el instrumento responde a las dimensiones y variables de investigación. A continuación, se presenta el resumen de la validez por expertos:

Tabla 3

Validez de instrumento

Experto	Variable	Instrumento	Conclusión
Experto 1	Mantenimiento preventivo		Aplicable
Experto 1		Check list	Aplicable
Experto 1			Aplicable



Nota. Elaboración propia.

- **Guía de revisión documental:** Permite la recolección de información y datos de las fuentes consultadas Arias y Covinos, (2021). En este informe de investigación, el instrumento que sirvió para recopilar información de las máquinas de la planta procesadora para su posterior análisis que fueron mediante los formatos de registro, el cual se muestra en “Anexo 1 – b”.

Cabe recalcar que, referente a la validez, este instrumento fue validado en la investigación del autor Flores (2021), quien validó dicho instrumento por expertos, demostrando que recopila la información de manera coherente y concisa, referente al objeto de estudio.

3.6. Plan de Análisis de datos

Para el análisis de datos del presente trabajo de investigación las técnicas de análisis de datos son:

- **Tablas de frecuencias:** Herramienta que permite ordenar los datos de manera numéricamente en un conjunto de muestra o datos (Arce, 2020).
- **Gráfico de barras:** Se representan datos en barras rectangulares donde la longitud de cada barra es proporcional al valor que esta representa (Ñaupas et al., (2018)

En el análisis de los datos se utilizó SPSS y Microsoft Excel aplicando el análisis estadístico descriptivo e inferencial con la finalidad de comprobar la hipótesis de investigación.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diagnóstico de la situación actual de la municipalidad

4.1.1. Descripción de la municipalidad

A. Datos generales

La Municipalidad Distrital de Yanatile está ubicada en la Quebrada Honda, en el distrito de Yanatile, provincia de Calca, departamento de Cusco, perteneciente al sector público. Dentro de las actividades que realizan destaca que se dedican y realizan actividades para el beneficio común del pueblo y anatileño mediante la ejecución de obras en sus distintas localidades para un desarrollo económico, social y una mejor calidad de vida de los habitantes.

Figura 7.

Ubicación de la Quebrada Honda, Cusco



Nota. Obtenido de Google Maps



Figura 8

Ubicación del lugar de procesamiento de café.



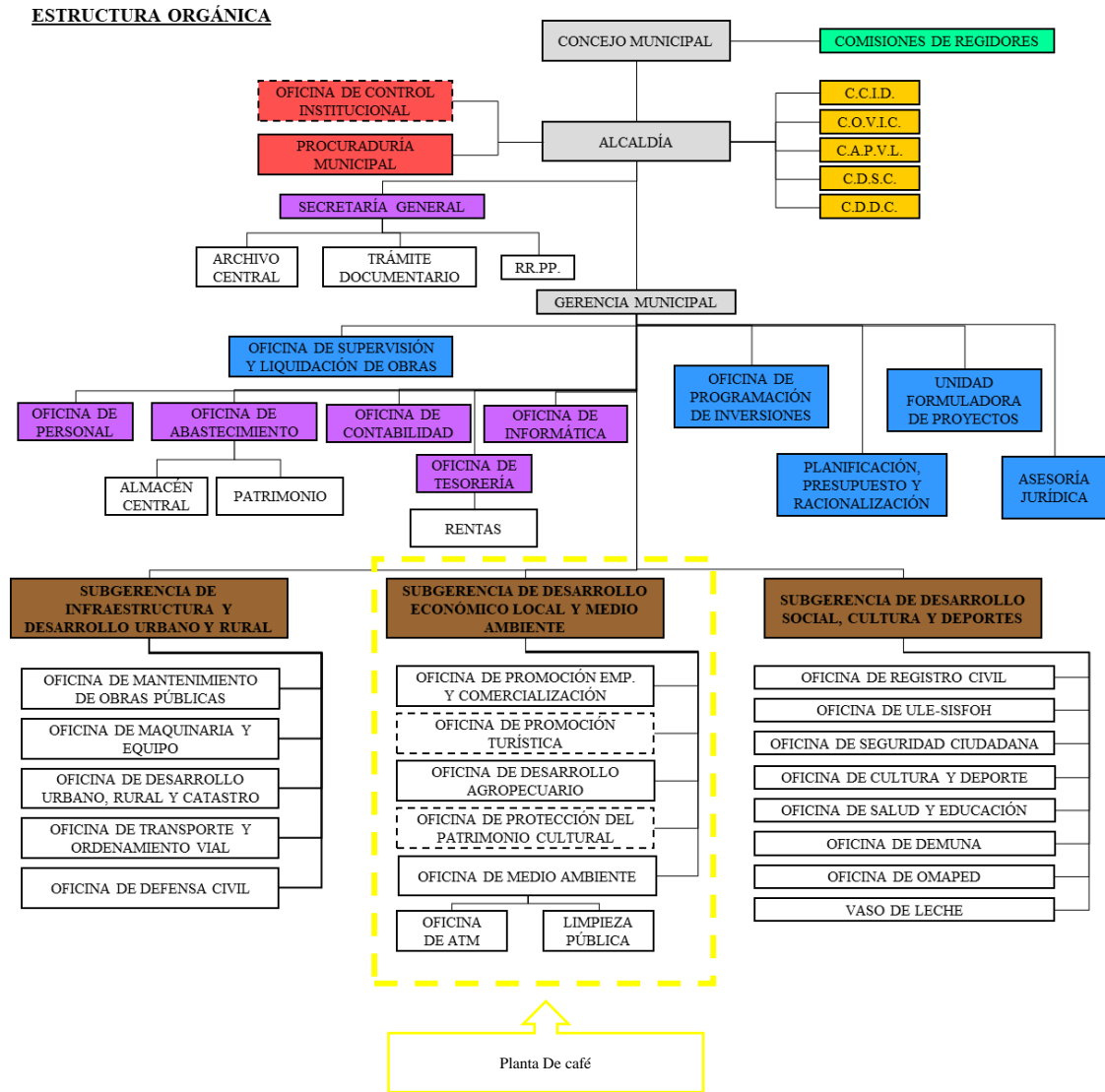
Nota. Obtenido de Google Maps



B. Organigrama

Figura 9.

Organigrama de la Municipalidad



Nota. Obtenido de Municipalidad Distrital de Yanatile (2019)

En el organigrama presentado se tiene la estructura orgánica de la Municipalidad Distrital de Yanatile, que cuenta con subgerencias de Infraestructura y desarrollo urbano y rural, Desarrollo económico local y medio ambiente, y Desarrollo social, cultura y deportes.



C. Misión y visión

- Misión

Somos una institución de servicio, cuyo fin es mejorar la calidad de vida de la población del distrito de Yanatile, centros poblados y comunidades, prestando servicios de calidad, promoviendo la igualdad de oportunidades para el desarrollo económico, social y ambiental, administrando responsable y transparentemente los recursos municipales. Respetuosa de su identidad y defensora de su jurisdicción e integridad territorial.

- Visión

La Municipalidad Distrital de Yanatile al 2019, es una institución moderna, democrática, representativa, concertadora y eficiente, con servicios de calidad y su identidad local fortalecida, promotora del desarrollo económico y social de la capital del distrito, centros poblados y comunidades, en armonía con el medio ambiente.

D. Valores

- Respeto: Los empleados de la ciudad garantizan una comunicación y relaciones respetuosas y honestas con todos los ciudadanos interesados, independientemente de su estatus social, creencias religiosas o políticas, afiliación étnica y cultural.
- Bien Común: La prioridad de alcaldes, concejales, servidores públicos y trabajadores es el desempeño eficaz del trabajo para el desarrollo y bienestar de la población.



- **Transparencia:** Todas nuestras actividades son públicas y se realizan de forma legal y legal. Creamos un entorno de confianza y seguridad entre los ciudadanos y nuestras instituciones.
- **Democracia Participativa:** alcaldes, concejales, funcionarios y empleados municipales practican una gestión democrática y participativa en todos los niveles de la organización, involucrando cada vez más a los miembros de la comunidad en la gobernanza de la ciudad.
- **Honestidad:** El alcalde, los concejales, los funcionarios y los empleados actúan de buena fe y unidos en pensamientos, palabras y hechos y crean legitimidad y confianza de los ciudadanos.
- **Responsabilidad:** El alcalde, concejales, funcionarios y empleados de la junta municipal tienen las facultades necesarias para trabajar y actuar en el interés público de conformidad con los valores del bien común y la gobernanza democrática y participativa, en el sentido de que todos deben ser responsables de sus propias acciones y asumir las responsabilidades adecuadas según sus funciones en la organización municipal.
- **Concertación:** Capacidad institucional para concertar con todas las participantes políticas, planes y programas de los procesos de desarrollo local.
- **Solidaridad:** alcaldes, concejales, funcionarios y empleados del gobierno municipal viven de este importante valor para fortalecer la unidad y el amor al prójimo ante cualquier adversidad.
- **Reconocimiento:** Es una evaluación de las actitudes del proceso de desarrollo local para incluir en su acervo institucional diversas iniciativas, experiencias y propuestas desarrolladas por diversos actores e instituciones públicas, privadas y sociales en diferentes ámbitos según objetivos y valores.

4.1.2. Descripción del sistema de la planta procesadora de café

A. Descripción del producto

El café, una de las bebidas más consumidas en todo el mundo, contiene una amplia variedad de compuestos, incluidos la cafeína, los di terpenos y el ácido clorogénico, que se desarrollan por completo después del proceso de



tostado del grano y se informa que tienen una variedad de beneficios para la salud.¹ Consumo habitual de café se asocia con la prevención de enfermedades crónicas y degenerativas, incluida la diabetes tipo 2, las enfermedades cardiovasculares y las enfermedades hepáticas (Tommerdahl et al., 2022).

Las bebidas de café son uno de los productos más populares consumidos en los últimos años. Los granos de café se componen principalmente de carbohidratos, proteínas, lípidos, aminoácidos, péptidos, ácidos orgánicos, alcaloides y compuestos fenólicos, pero al tostarlos se liberan más de 900 compuestos volátiles (p. ej., alcoholes, ácidos, ésteres, aldehídos, cetonas y furanos) que contribuyen a la el sabor y el aroma del café (Várady et al. 2022).

B. Descripción del proceso productivo

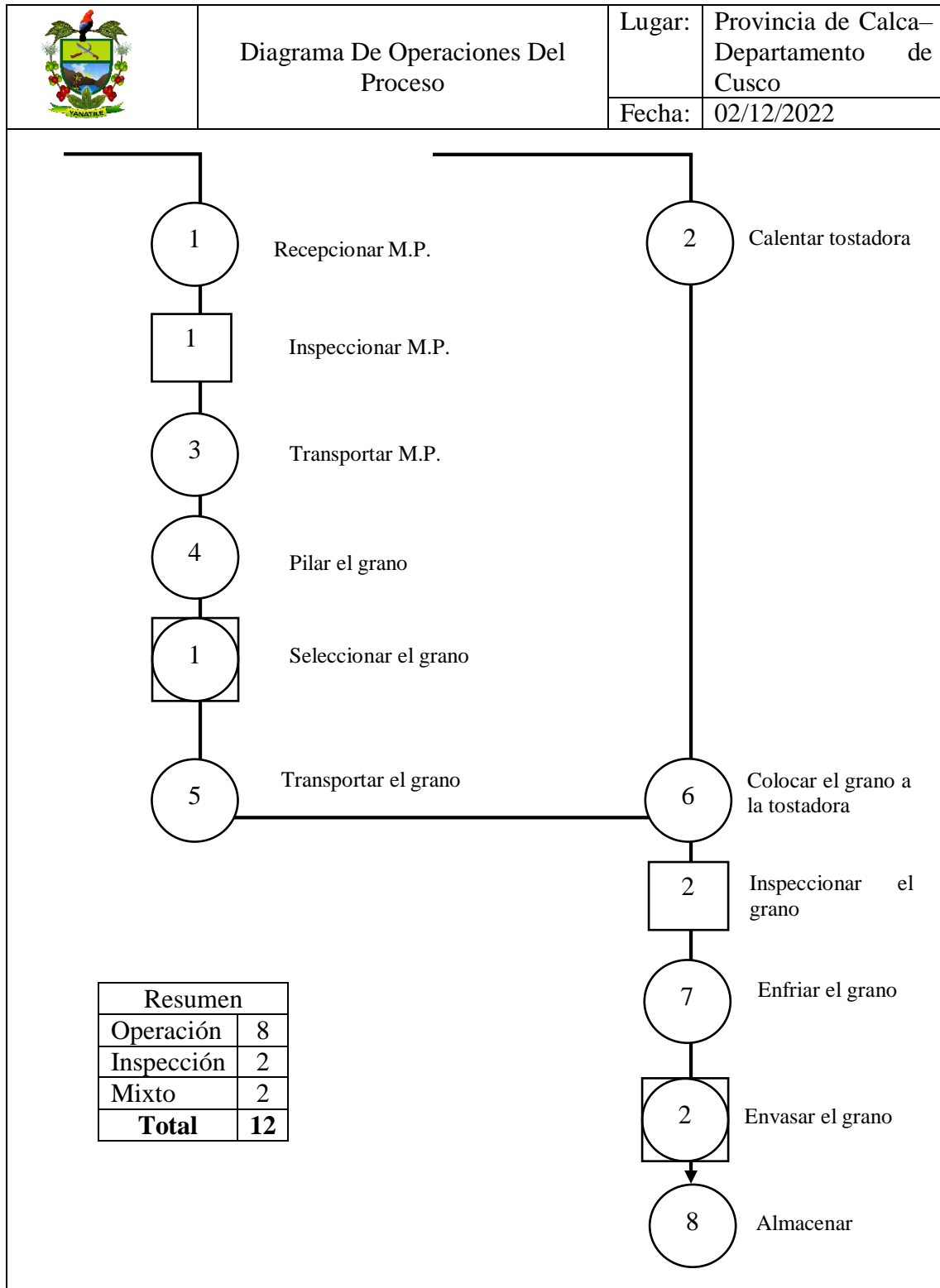
- **Recepción de materia prima:** Se recepciona el grano de café en sacos, siendo apilados en el almacén de materia prima, esperando a ser procesados.
- **Pilado:** Se realiza el pilado del café, donde se quitan las cascarillas y las piedras que vienen con la materia prima.
- **Selección de grano:** En la máquina seleccionadora, se realiza la selección de grano, donde es seleccionado en base a su calidad.
- **Tostado de grano de café:** En la máquina tostadora entra el grano de café verde y es tostado.
- **Enfriado:** Se deja enfriar el grano que sale caliente de la tostadora
- **Envasado:** Se envasa el café procesado en sacos para su venta y distribución.



C. Diagrama de procesamiento del café

Figura 10.

Diagrama de operación de procesado del café



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile



4.1.3. Resultados de la aplicación de instrumentos

Luego de la observación detallada a la planta procesadora de café y su proceso, tanto de producción como logístico y de mantenimiento, se realizó un registro en el Checklist, dando los siguientes resultados.

Tabla 4

Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile

Municipalidad De Quebrada Honda		N°	1 / 1
CHECK LIST			
ÍTEM	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La maquinaria cuenta con un plan de mantenimiento?		X	Los mantenimientos realizados a la maquinaria son netamente correctivos, no teniéndose en cuenta plan alguno para la adquisición de repuestos.
¿La maquinaria cuenta con ficha técnica?		X	Carece de fichas técnicas, lo que se pudo obtener de la Oficina de Patrimonio es que fueron donadas las máquinas nuevas por la región.
¿La maquinaria cuenta con código interno de identificación?		X	La maquinaria no tiene codificación para ser identificada.
¿La maquinaria cuenta con formato de registro de fallas?		X	Las fallas son registradas en un cuaderno, sin un formato específico, solo teniendo en cuenta la descripción de la falla, la máquina y el mes.
¿Tienen formatos de órdenes de trabajo?		X	
¿Cuentan con una rutina de mantenimiento planificada?		X	
¿Las fallas o averías son reportadas con un formato específico?		X	
¿Tienen un cronograma para el mantenimiento?		X	No se cuenta con una planificación respecto al mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

La tabla muestra el resultado del check list aplicado a la maquinaria de la planta procesadora de café de Yanatile, con el fin de evaluar el estado y el manejo de los equipos. Se observa que la municipalidad, responsable de la gestión de la planta, tuvo un cumplimiento del 0%, respecto a los ítems evaluados, lo que indica una deficiente administración y control de la maquinaria. Ninguna de las máquinas cuenta



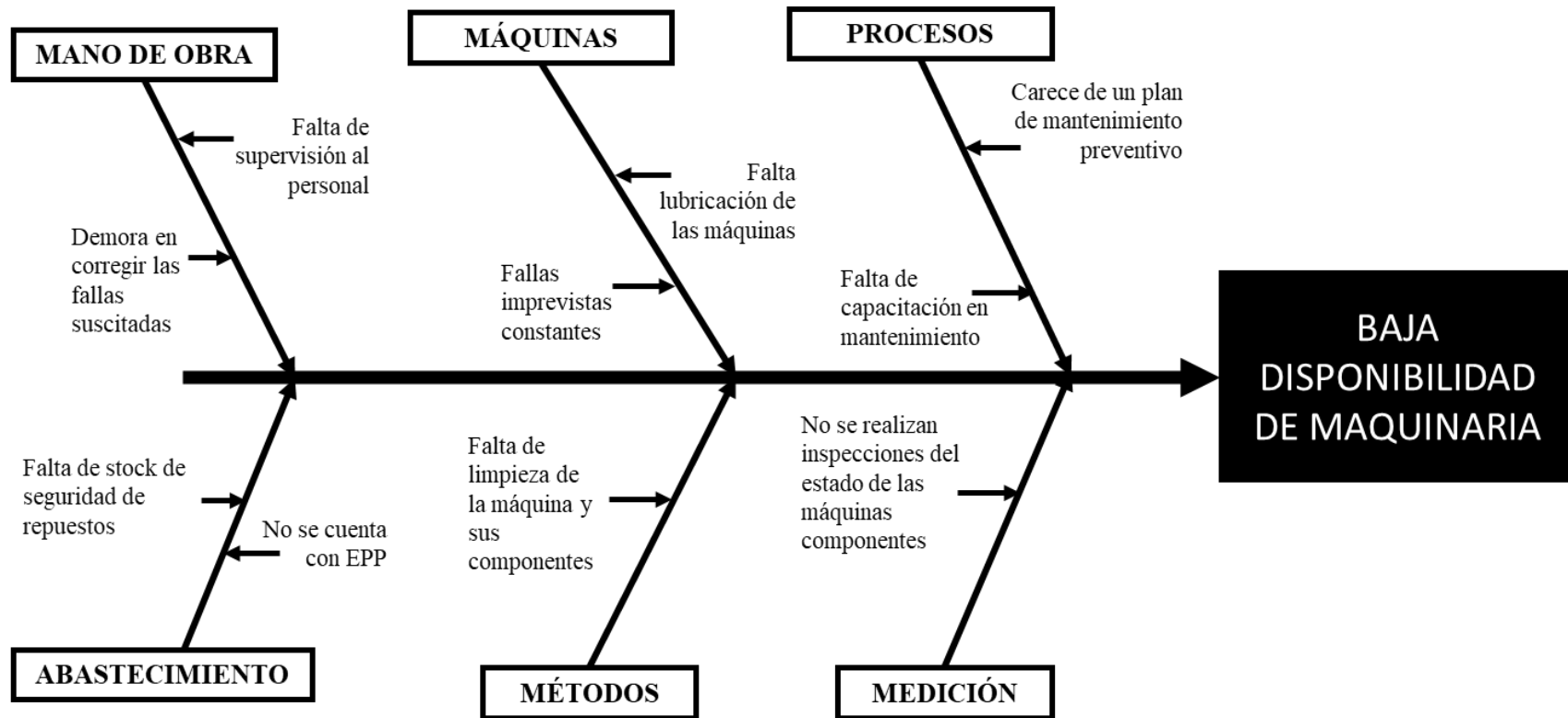
con un plan de mantenimiento, una ficha técnica, un código interno de identificación, un formato de registro de fallas, una rutina de mantenimiento planificada, un formato específico para reportar averías o un cronograma para el mantenimiento. Las observaciones señalan que los mantenimientos son solo correctivos, que las máquinas fueron donadas por la región y que las fallas se registran en un cuaderno sin un formato estandarizado.



4.1.4. Diagrama de Ishikawa

Figura 11.

Diagrama de Ishikawa



Nota. Elaboración propia.



El análisis del diagrama de Ishikawa indica que, a nivel de mano de obra, se tiene falta de supervisión por parte del personal, además de demoras en corregir fallas, por otra parte, en las máquinas se presenta fallas imprevistas y falta de lubricación, por otro lado, en los procesos, se tiene que no hay un plan de mantenimiento preventivo y existe una falta de capacitación sobre mantenimiento. En el abastecimiento, existe una falta de stock de seguridad de repuestos y no se tiene EPP's. En los métodos se tiene que hay una falta de limpieza de las máquinas y sus componentes, además que en la medición no se realizan inspecciones del estado de las máquinas.

4.1.5. Diagrama de Pareto

Para poder determinar y ordenar las posibles causas raíz que influyen en la disponibilidad se realiza el diagrama de Pareto, el cual se basa en un conjunto de ideas de los problemas originados por mantenimiento.

Tabla 5

Enumeración de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile

N°	Causa	Frecuencia	Frec. Acum.
C1	No se cuenta con EPP	2	2
C2	Falta de limpieza de la máquina y sus componentes	3	5
C3	No se realizan inspecciones del estado de las máquinas componentes	6	11
C4	Falta de stock de seguridad de repuestos	4	15
C5	Carece de un plan de mantenimiento preventivo	8	23
C6	Falta de supervisión al personal	4	27
C7	Demora en corregir las fallas suscitadas	7	34
C8	Falta de capacitación en mantenimiento	5	39
C9	Falta lubricación de las máquinas	4	43
C10	Fallas imprevistas constantes	9	52
Total		52	

Nota. Elaboración propia.



Para realizar el análisis de Pareto se ordenan los problemas de mayor a menor según el valor de la frecuencia presentada por cada una, como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6

Análisis de Pareto de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile

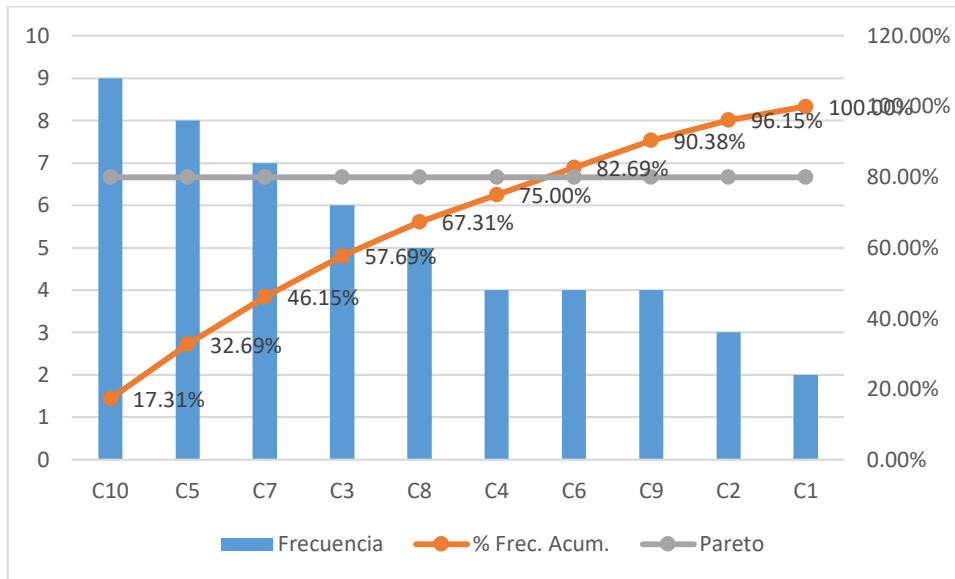
N°	Causa	Frecuencia	Frec. Acum.	% Frecuencias	% Frec. Acum.
C10	Fallas imprevistas constantes	9	9	17.31%	17.31%
C5	Carece de un plan de mantenimiento preventivo	8	17	15.38%	32.69%
C7	Demora en corregir las fallas suscitadas	7	24	13.46%	46.15%
C3	No se realizan inspecciones del estado de las máquinas componentes	6	30	11.54%	57.69%
C8	Falta de capacitación en mantenimiento	5	35	9.62%	67.31%
C4	Falta de stock de seguridad de repuestos	4	39	7.69%	75.00%
C6	Falta de supervisión al personal	4	43	7.69%	82.69%
C9	Falta lubricación de las máquinas	4	47	7.69%	90.38%
C2	Falta de limpieza de la máquina y sus componentes	3	50	5.77%	96.15%
C1	No se cuenta con EPP	2	52	3.85%	100.00%
Total		52		100.00%	

Nota. Elaboración propia.



Figura 12

Diagrama de Pareto de los problemas de la planta procesadora de café de Yanatile



Nota. Elaboración propia.

Según la

N°	Causa	Frecuencia	Frec. Acum.	% Frecuencias	% Frec. Acum.
C10	Fallas imprevistas constantes	9	9	17.31%	17.31%
C5	Carece de un plan de mantenimiento preventivo	8	17	15.38%	32.69%
C7	Demora en corregir las fallas suscitadas	7	24	13.46%	46.15%
C3	No se realizan inspecciones del estado de las máquinas componentes	6	30	11.54%	57.69%
C8	Falta de capacitación en mantenimiento	5	35	9.62%	67.31%
C4	Falta de stock de seguridad de repuestos	4	39	7.69%	75.00%
C6	Falta de supervisión al personal	4	43	7.69%	82.69%
C9	Falta lubricación de las máquinas	4	47	7.69%	90.38%
C2	Falta de limpieza de la máquina y sus componentes	3	50	5.77%	96.15%
C1	No se cuenta con EPP	2	52	3.85%	100.00%
Total		52		100.00%	

Nota. Elaboración propia.



Figura 12, se señala que los problemas con mayor importancia, aquellas que generan el 80% de la baja disponibilidad en las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, son:

- Fallas imprevistas constantes
- Carece de un plan de mantenimiento preventivo
- Demora en corregir las fallas suscitadas
- No se realizan inspecciones del estado de las máquinas componentes
- Falta de capacitación en mantenimiento
- Falta de stock de seguridad de repuestos

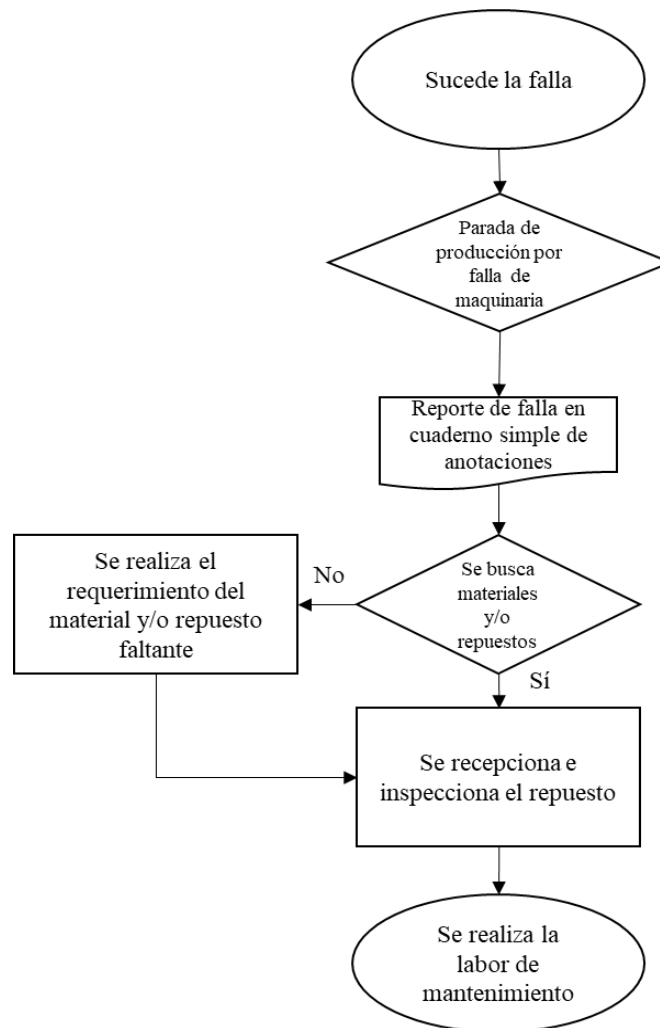


4.1.6. Diagrama del proceso de mantenimiento actual

El proceso de mantenimiento actual es totalmente correctivo, teniéndose como punto inicial siempre que sucede una falla, ante lo cual se da una parada de producción, seguido de un reporte hablado y escrito en un cuaderno de notas, donde se indica la falla, para lo cual se busca si hay materiales, realizándose un requerimiento en caso no se cuente con el repuesto o material requerido. Ya luego de ello se realiza el mantenimiento correctivo.

Figura 13.

Diagrama de proceso de mantenimiento actual



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile



4.1.7. Maquinaria de la municipalidad

Están representadas por todas las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile las cuales se muestran en la Tabla 77.

Tabla 7

Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile

Equipo o máquina	Cantidad
Trilladora o Piladora de granos de café	1
Seleccionadora de café por tamaño	1
Tostadora para café	1
Envasadora automática volumétrica	1
TOTAL	4

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Así mismo las características de cada equipo se muestran a continuación:

- **Trilladora o Piladora de granos de café:** Es una máquina agrícola utilizada para trillar granos como: cereales (café, trigo, cebada, etc.), legumbres (frijol, soja) y otras semillas, lo que suele ir asociado a la limpieza del producto eliminando otros residuos e impurezas vegetales. Las trilladoras estacionarias procesan el grano pre cosechado y seco, mientras que las cosechadoras lo hacen en una sola pasada.

Figura 14.

Trilladora o piladora de granos de café



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile.

- **Seleccionadora de café por tamaño:** Tiene la función de separar en 5 secciones los granos pilados básicamente la sección 1 y 2 es material no deseado y 3, 4 y 5 son las secciones de calidad en sus niveles de primera (5) segunda (4) y tercera (3) de esa manera se lleva trabajando en la planta procesadora de café.

Figura 15.

Máquina seleccionadora de café por tamaño



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile.



- **Tostadora para café:** Esta es una máquina donde se colocan los granos de café verdes y luego se tuestan para producir granos de café para moler y preparar.

Figura 16.

Máquina tostadora para café



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile.

- **Envasadora automática volumétrica:** Es usada para presentar un producto terminado hacia el consumidor local y nacional.

Figura 17

Máquina envasadora automática volumétrica



Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile.

Además, se tiene como antecedente que: Las máquinas que se utilizan para el procesamiento del café en la municipalidad fueron instaladas en el año **2018**, como parte de un proyecto de modernización y ampliación de la capacidad productiva. El proyecto fue financiado por la municipalidad, en donde, mediante la asignación presupuestal, fue aprobada la compra de las máquinas Trilladora o Piladora de granos de café, Seleccionadora de café por tamaño, Tostadora para café y Envasadora automática volumétrica contemplando un costo de 35000.00 soles, 45000.00 soles, 31000 soles y 120000 soles respectivamente. La municipalidad fue la encargada de la instalación y puesta en marcha de las máquinas. El costo total de la instalación fue de \$231,000 soles por concepto de compra de las máquinas y 1200.00 soles por costo de transporte u otros servicios. El proyecto se ejecutó en un plazo de 8 meses.

4.1.8. Indicadores actuales de mantenimiento



Para la obtención de los indicadores actuales de mantenimiento, se plantearon 3 períodos: el pre-test, el tiempo de implementación y el post-test.

Tabla 8

Periodos de pre-test, implementación y post-test del estudio.

Pre-test	Implementación	Post-test
Jul-22		Nov-22
Ago-22	Oct-22	Dic-22
Set-22		Ene-23

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Con base en estos tiempos, se tiene que, para el periodo de pre-test, se tuvo en consideración los tiempos desde Julio de 2022 a Setiembre del 2022, la implementación se realizó durante el mes de octubre 2022, y el post-test y evaluación de los resultados fue entre noviembre 2022 a enero 2023. Con base en ello, se consultó a la Municipalidad de Yanatile sobre las fallas de las tres máquinas, teniendo la siguiente data recopilada en los meses mostrados.

Tabla 9

Fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022

Equipo-máquina	Oct- 21	Nov- 21	Dic- 21	Ene- 22	Feb- 22	Mar- 22	Abr- 22	May- 22	Jun- 22	Jul- 22	Ago- 22	Set- 22	Total
Trilladora o Piladora de granos de café	2	3	2	3	3	4	2	5	5	3	3	2	37
Seleccionadora de café por tamaño	3	2	1	1	3	3	1	3	5	2	5	2	31
Tostadora para café	5	6	5	3	5	6	2	4	5	4	5	5	55
Total	10	11	8	7	11	13	5	12	15	9	13	9	123

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile



Tabla 10

Tiempo de fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022

Equipo-máquina	Oct-21	Nov-21	Dic-21	Ene-22	Feb-22	Mar-22	Abr-22	May-22	Jun-22	Jul-22	Ago-22	Set-22	Total
Trilladora o Piladora de granos de café	1,4	1,8	1,4	1,8	2,4	2,8	1,4	3,8	3,8	1,8	1,8	1,4	25,6
Seleccionadora de café por tamaño	1,8	1,4	1,3	1,9	1,5	1,5	1	2,1	3,2	1,7	3,2	2,3	22,9
Tostadora para café	5,6	4,7	19,5	0,4	5,5	4,7	14,1	0,5	5,6	4,4	5,5	4,6	75,1
Total	8,8	7,9	22,2	4,1	9,4	9	16,5	6,4	12,6	7,9	10,5	8,3	123,6

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Tabla 11

Resumen de fallas de máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile del periodo octubre 2021 a septiembre 2022

Equipo	Falla	Frecuencia	Tiempo de falla (días)
Trilladora o Piladora de granos de café	Desgaste de rodajes	19	7,6
	Cambio de partes	18	18
Seleccionadora de café por tamaño	Desgaste de rodajes	31	12,4
	Atascamiento	35	10,5
	Cambio de válvulas	4	16
	Desgaste de botones de mando	17	3,4
Tostadora para café	Cambio de manómetro	2	28
	Desprendimiento de los tubos de salida	27	2,7
	Cambio de turbina	5	25
Total		158	123,6

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile



Como se puede observar en la **Tabla 111**, se tiene un total de 158 fallas en el periodo evaluado de octubre 2021 a septiembre 2022, siendo un total de 123,6 días perdidos en reparaciones correctivas a la maquinaria de la procesadora de café.

Tabla 12

Indicadores pre-test de la máquina trilladora, periodo Julio a septiembre 2022

Mes	Días programados	Días de parada	Nº Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Jul-22	27	1,8	3	93,33%	8,40	0,60	1,93
Ago-22	27	1,8	3	93,33%	8,40	0,60	1,93
Set-22	25	1,4	2	94,40%	11,80	0,70	1,48
Total	79	5	8	93,69%	9,53	0,63	5,25

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Tabla 13

Indicadores pre-test de la máquina seleccionadora, periodo Julio a Setiembre 2022

Mes	Días programados	Días de parada	Nº Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Jul-22	27	1,7	2	93,70%	12,65	0,85	1,81
Ago-22	27	3,2	5	88,15%	4,76	0,64	3,63
Set-22	25	2,3	2	90,80%	11,35	1,15	2,53
Total	79	7,2	9	90,88%	9,59	0,88	7,25

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Tabla 14

Indicadores pre-test de la máquina tostadora, periodo julio a septiembre 2022

Mes	Días programados	Días de parada	Nº Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Jul-22	27	4,4	4	83,70%	5,65	1,10	5,26
Ago-22	27	5,5	5	79,63%	4,30	1,10	6,91
Set-22	25	4,6	5	81,60%	4,08	0,92	5,64
Total	79	75,1	50	76,71%	4,86	1,65	26,76

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile.



Tabla 15

Indicadores del pre-test general, periodo julio a septiembre 2022

Mes	Días programados	Días de parada	N° Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Jul-22	27	7,9	9	70,74%	2,12	0,88	11,17
Ago-22	27	10,5	13	61,11%	1,27	0,81	17,18
Set-22	25	8,3	9	66,80%	1,86	0,92	12,43
Total	79	26,7	31	66,20%	1,69	0,86	40,33

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

De forma general, en las máquinas que constituyen el procesamiento de café, se tiene que, en el periodo de julio a septiembre 2022, de 79 días programados, 26,7 días fueron de paradas, siendo un total de 31 averías en el mes, con una disponibilidad de 66,20, un tiempo entre fallas de 1,69 días y un tiempo de reparación promedio de 0,86 días, siendo un tiempo total de reparación mensual de 40,33 días.

4.1.9. Análisis de criticidad de equipos

Para el análisis de criticidad de equipos, se realizó una valoración, contemplando los siguientes elementos:

Tabla 16

Descripción de abreviaturas.

Descripción	Detalle
FF	Frecuencia de fallos
IO	factor de impacto en la producción
FO	factor de flexibilidad operacional
CM	factor de costes de mantenimiento
SHA	factor de impacto en seguridad, higiene y ambiente
C	consecuencias de los eventos de fallo
CTR	criticidad total del riesgo



Nota. Elaboración propia.

Así mismo, se ha tenido en cuenta los siguientes rangos de criticidad

Tabla 17

Puntuación final de criticidad

Prioridad	Análisis de criticidad	Rango
1	Alta criticidad	50 - 125
2	Media criticidad	30 - 49
3	Baja criticidad	5 - 29

Nota. Basado en Zumaeta (2021)

Tabla 18

Análisis de criticidad de máquinas de la planta

Máquina y/o equipo	Trilladora o Piladora de granos de café	Seleccionadora de café por tamaño	Tostadora para café
FF	4	4	4
IO	3	1	5
FO	4	2	4
CM	1	1	1
SHA	3	3	3
C =			
(IOxFO)+CM+SH	16	6	24
A			
FF*C	64	24	96
Criticidad	Alta criticidad	baja criticidad	Alta criticidad

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

El cuadro muestra el análisis de criticidad de las máquinas de la planta de café, que consiste en evaluar el riesgo que representa el fallo de cada máquina para la producción, el mantenimiento, la seguridad, la higiene y el ambiente. Las máquinas que tienen una alta criticidad son la trilladora o piladora de granos de café y la tostadora para café, con un índice de 64 y 96 cada una. Estas máquinas son críticas porque tienen una alta frecuencia de fallos (4), un alto impacto en la producción (3 y 5 respectivamente),

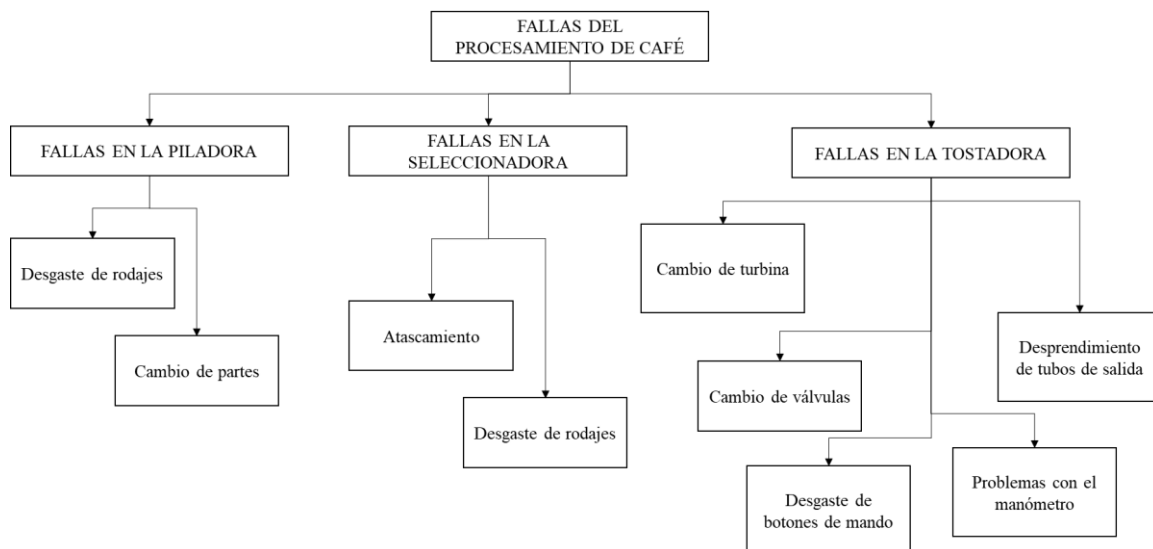


una baja flexibilidad operacional (4). Estos factores indican que estas máquinas son esenciales para el proceso productivo, que su fallo afecta significativamente la cantidad y la calidad del producto final. Por otro lado, la máquina que tiene una baja criticidad es la seleccionadora de café por tamaño, con un índice de 24. Esta máquina tiene una media criticidad porque tiene una alta frecuencia de fallos (4), pero un bajo impacto en la producción (1), una media flexibilidad operacional (2) y un bajo costo de mantenimiento (1). Estos factores indican que esta máquina no es tan relevante para el proceso productivo, que su fallo no afecta mucho la cantidad y la calidad del producto final.

4.1.10. Árbol de fallas de los equipos críticos

Figura 18

Árbol de fallas de las máquinas



Nota. Elaboración propia.

En la figura anterior, se observa el árbol de fallas, donde se presentan las fallas en la piladora (desgaste de rodajes, cambio de partes), fallas en la seleccionadora (atascamiento, desgaste de rodajes), y fallas en la tostadora (cambio de turbina, cambio



de válvulas, desgaste de botones de mando, problemas con el manómetro, desprendimiento de tubos de salida).

4.2. Implementación del plan de mantenimiento preventivo

Se realizó el plan de mantenimiento preventivo, en donde se contempla para cada máquina analizada aspectos relevantes tales como: Objetivo, alcance, frecuencia de mantenimiento, formato de mantenimiento, entre otros. (ver anexo 2). Este documento es de suma importancia, puesto que permite prevenir las fallas y averías, garantizar la seguridad de los trabajadores mediante las indicaciones precisas y mejorar la disponibilidad de máquinas.

4.2.1. Codificación de máquinas

Tabla 19

Codificación de máquinas.

Máquina y/o equipo	Código	Cantidad
Trilladora o Piladora de granos de café	PIL01	1
Seleccionadora de café por tamaño	SEL01	1
Tostadora para café	TOS01	1

Nota. Elaboración propia.

Para la codificación de máquinas, necesaria para la identificación de estas en las fichas técnicas, se puso a la piladora o trilladora el código “PIL01”, para la seleccionadora el código “SEL01”, y para la tostadora el código “TOS01”.

4.2.2. Elaboración de fichas técnicas de máquinas

Para la elaboración de las fichas técnicas, se tuvo en consideración la información brindada por la Municipalidad de Yanatile, considerando las 3 máquinas en sus

especificaciones, tales como: fabricante, modelo, marca, fecha de último mantenimiento, características generales, propiedades técnicas, y función.

Tabla 20



Ficha técnica de la piladora de café

 Municipalidad Distrital de Yanatile		N°	1 / 1
Ficha Técnica De Maquinaria		Piladora	
Año De Adquisición De La Máquina – Equipo:		2013	
ELABORADO POR	Bach. Aldair R. Tapia C. Bachi. Renzo Alegría S.	FECHA	09/12/2022
MÁQUINA-EQUIPO	Trilladora / Piladora de granos de café	UBICACIÓN	Yanatile-Quebrada Honda- Estadio Municipal
FABRICANTE	Zhengzhou Longer Machinery	FECHA DEL ÚLTIMO MANTENIMIENTO	15/12/2022
MODELO	LG-5		
MARCA	INSA		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
PESO	90 kg	ALTURA	150 cm
LARGO	100 cm	ANCHO	100 cm
PROPIEDADES TÉCNICAS			
Voltaje: 220 V, 50 Hz, 2.2kw Capacidad: 300-400 kg/h HP: 5.5			
FUNCIÓN			
<ul style="list-style-type: none"> • Recoger succionando los granos • Pilar los granos de café 			

Nota. Obtenido de la Municipalidad Distrital de Yanatile

Tabla 21

Ficha técnica de la seleccionadora de café

 Municipalidad Distrital de Yanatile		N°	1 / 1
Ficha Técnica De Maquinaria		Seleccionadora	
Año De Adquisición De La Máquina – Equipo: 2013			
ELABORADO POR	Bach. Aldair R. Tapia C. Bachi. Renzo Alegría S.	FECHA	09/12/2022
MÁQUINA-EQUIPO	Seleccionadora	UBICACIÓN	Yanatile-Quebrada Honda-Estadio Municipal
FABRICANTE	Henan Qinbiao Industrial Development	FECHA DEL ÚLTIMO MANTENIMIENTO	15/12/2022
MODELO	HR1500		
MARCA	INSA		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
PESO	110 kg	ALTURA	130 cm
LARGO	178 cm	ANCHO	125 cm
PROPIEDADES TÉCNICAS			
Voltaje: 220 V, 50 Hz, 3.1kw Capacidad: 450-500 kg HP: 0.75			
FUNCIÓN			
Seleccionar los granos de café por tamaño			

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22

Ficha técnica de la tostadora de café

		Municipalidad Distrital de Yanatile		Nº	1 / 1
Ficha Técnica De Maquinaria				Tostadora	
Año De Adquisición De La Máquina – Equipo: 2013					
ELABORADO POR	Bach. Aldair R. Tapia C. Bachi. Renzo Alegría S.	FECHA		09/12/2022	
MÁQUINA-EQUIPO	Tostadora	UBICACIÓN		Yanatile-Quebrada Honda- Estadio Municipal	
FABRICANTE	Luohe Orange Mechanical Equipment	FECHA DEL ÚLTIMO MANTENIMIENTO		15/12/2022	
MODELO	OR30				
MARCA	MEKSA				
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
PESO	90 kg	ALTURA		95 cm	
LARGO	110 cm	ANCHO		70 cm	
PROPIEDADES TÉCNICAS					
Voltaje: 220 V, 50 Hz, 1,5kw Capacidad: 350-450 kg HP: 5					
FUNCIÓN					
Tostar los granos de café en distintos niveles de calor.					

Nota. Elaboración propia.



4.2.3. Plan de mantenimiento preventivo

En el plan de mantenimiento preventivo, se consideró las tareas de mantenimiento, los materiales necesarios, el personal encargado de este mantenimiento, además de la frecuencia en que se va a realizar (diario o semanal), y el tiempo aproximado en minutos respecto a cada tarea de mantenimiento.

Tabla 23

Plan de mantenimiento preventivo para la trilladora de granos de café

Máquina		Trilladora o Piladora de granos de café		
Tareas de mantenimiento	Material	Personal encargado	Frecuencia	Tiempo aproximado (min)
Limpieza y retiro de residuos	Aire comprimido y trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10
Cambio y reparación de partes desgastadas	Partes nuevas, soldadura	Técnico mecánico eléctrico	Semanal	12
Inspección y ajuste del equipo	Trapo industrial, llave para ajuste de tuercas	Técnico mecánico eléctrico	Diario	5

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24

Plan de mantenimiento preventivo para la seleccionadora de café

Máquina		Seleccionadora de café por tamaño		
Tareas de mantenimiento	Material	Personal encargado	Frecuencia	Tiempo aproximado (min)
Limpieza y retiro de residuos	Aire comprimido y trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	15
Supervisión e inspección	Trapo industrial, llave para ajuste de tuercas	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10

Nota. Elaboración propia.



Tabla 25

Plan de mantenimiento preventivo para la tostadora de café

Máquina		Tostadora para café		
Tareas de mantenimiento	Material	Personal encargado	Frecuencia	Tiempo aproximado (min)
Verificación del sistema eléctrico	Multitester, pelacables, alicate	Técnico mecánico eléctrico	Semanal	20
Revisión y mantenimiento de botones de mando	Trapo industrial, llave universal	Técnico mecánico eléctrico	Semanal	20
Revisión y mantenimiento del manómetro	Líquido de manómetro (glicerina y agua y aceites de silicona), trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Semanal	50
Limpieza y retiro de residuos	Aire comprimido y trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10
Supervisión y ajuste de válvulas del gas	Llave universal, trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10
Inspección de turbina	Trapo industrial, aire comprimido, llave universal, cepillo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10
Verificación y ajuste de válvulas de salida	Llave universal, trapo industrial	Técnico mecánico eléctrico	Diario	10

Nota. Elaboración propia.



4.2.4. Cronograma de mantenimiento preventivo

Tabla 26

Cronograma mensual de mantenimiento preventivo para la planta procesadora de café.

Máquina		CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA PROCESADORA DE CAFÉ																										
		MENSUAL																										
		SEMANA 01							SEMANA 02							SEMANA 03							SEMANA 04					
Tarea de mantenimiento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Trilladora o Piladora de granos de café	Limpieza y retiro de residuos	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Cambio y reparación de partes desgastadas	S							S							S							S					
	Inspección y ajuste del equipo	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Seleccionadora de café por tamaño	Limpieza y retiro de residuos	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Supervisión e inspección	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Verificación del sistema eléctrico	S							S							S							S					
Tostadora para café	Revisión y mantenimiento de botones de mando	S							S						S							S						
	Revisión y mantenimiento del manómetro	S							S						S							S						
	Limpieza y retiro de residuos	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Supervisión y ajuste de válvulas del gas	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
	Inspección de turbina	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Verificación y ajuste de válvulas de salida	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	

Nota. Elaboración propia.



En la *Tabla 266* se observa el cronograma de mantenimiento preventivo mensual, siendo el mismo en todos los meses de implementación, desde noviembre 2022 a enero de 2023, con las máquinas de la planta procesadora de café, teniendo en cuenta los mantenimientos semanales y diarios, en la piladora, la seleccionadora y la tostadora.

4.2.5. Planificación de actividades a implementar

Se cuantificó la planificación de las actividades de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta la máquina correspondiente, la tarea de mantenimiento, el número de mantenimientos al mes, el tiempo en minutos, siendo convertido a días, y el tiempo total mensual en días, para el cálculo de los indicadores.

Tabla 27

Tiempo del plan de actividades mensual de mantenimiento preventivo.

Máquina	Tarea de mantenimiento	n°/ año	n°/ mes	Tiempo unit (min)	Tiempo total (min) mensual	Tiempo total (días) mensual
Trilladora o Piladora de granos de café	Limpieza y retiro de residuos	324	27	10	270	0.19
	Cambio y reparación de partes desgastadas	48	4	12	48	0.03
	Inspección y ajuste del equipo	324	27	5	135	0.09
Seleccionadora de café por tamaño	Limpieza y retiro de residuos	324	27	15	405	0.28
	Supervisión e inspección	324	27	10	270	0.19
	Verificación del sistema eléctrico	48	4	20	80	0.06
Tostadora para café	Revisión y mantenimiento de botones de mando	48	4	20	80	0.06
	Revisión y mantenimiento del manómetro	48	4	50	200	0.14
	Limpieza y retiro de residuos	324	27	10	270	0.19
	Supervisión y ajuste de válvulas del gas	324	27	10	270	0.19



Inspección de turbina	324	27	10	270	0.19
Verificación y ajuste de válvulas de salida	324	27	10	270	0.19
TOTAL					1.78

Nota. Elaboración propia.

4.2.6. Implementación del plan de mantenimiento preventivo

En la implementación se tuvo en cuenta el plan de mantenimiento preventivo propuesto en la *Tabla 2323, Tabla 2424 y Tabla 2525*, el cual se ejecutó en el mes de octubre del año 2022, para posteriormente, evaluar los resultados en los meses de noviembre y diciembre de 2022 hasta enero de 2023. En estos meses se vigiló que el plan de mantenimiento sea ejecutado de forma cabal. Durante el tiempo de implementación igual se consideró la anotación de fallas, que sucedieron a pesar del plan de mantenimiento, aunque fueron mucho menores en comparación a lo observado en el pre-test y se describió más adelante.

4.3. Resultados respecto al objetivo general

4.3.1. Indicadores luego de la implementación

Luego de la implementación, se procedió a aplicar el instrumento de investigación, con la finalidad de determinar el nuevo % de cumplimiento que tienen la municipalidad, obteniendo:



Tabla 28

Máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile – post test.

Municipalidad De Quebrada Honda		Nº	1 / 1
CHECK LIST			
ÍTEM	S I	N O	OBSERVACIONES
¿La maquinaria cuenta con un plan de mantenimiento?	X		Se elaboró un plan de mantenimiento.
¿La maquinaria cuenta con ficha técnica?	X		Se elaboró de forma específica una ficha técnica para cada máquina.
¿La maquinaria cuenta con código interno de identificación?	X		Se cuenta con códigos de identificación
¿La maquinaria cuenta con formato de registro de fallas?	X		Se crearon formatos
¿Tienen formatos de órdenes de trabajo?	X		Se crearon formatos
¿Cuentan con una rutina de mantenimiento planificada?	X		Se elaboró una rutina de mantenimiento que responde a las necesidades de la organización
¿Las fallas o averías son reportadas con un formato específico?	X		Se reportan de forma oportuna las fallas.
¿Tienen un cronograma para el mantenimiento?	X		Se elaboró e implementó el cronograma de mantenimiento.

Nota. Elaboración propia.

La tabla muestra el resultado de un check list aplicado a la maquinaria de la planta procesadora de café de Yanatile, después de haber implementado una propuesta de mejora. Se observa que la municipalidad, responsable de la gestión de la planta, tuvo un cumplimiento del 100%, respecto a los ítems evaluados, lo que indica una notable mejora en la administración y el control de la maquinaria. Todas las máquinas cuentan con un plan de mantenimiento, una ficha técnica, un código interno de identificación, un formato de registro de fallas, una rutina de mantenimiento planificada, un formato específico para reportar averías y un cronograma para el mantenimiento. Las observaciones señalan que se elaboraron e implementaron estos documentos y formatos para cada máquina. Este valor evidencia la



mayor organización y sistematización de la información relacionada con la maquinaria, lo que puede favorecer su rendimiento y su vida útil.

En base al plan de mantenimiento preventivo, se colocó en los días programados, con los días de parada en base a las averías suscitadas y al tiempo de mantenimiento preventivo planificado, con lo cual se calculó la disponibilidad, el MTBF, el MTTR y el tiempo total de reparación, de forma general (tabla 29), y por cada máquina en la Tabla 300, Tabla 3131 y Tabla 3232.

Tabla 29

Indicadores del post-test general, periodo noviembre 2022 a enero 2023

Mes	Días programados	Días de parada	N° Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Nov-22	27	6,35	1	76,48%	20,65	6,35	8,30
Dic-22	27	6,45	1	76,11%	20,55	6,45	8,47
Ene-23	27	5,35	0	80,19%	-	-	-
Total	81	18,15	2	77,59%	31,43	9,08	23,39

Nota. Elaboración propia.

Tabla 30

Indicadores post-test de la máquina trilladora, periodo noviembre 2022 a enero 2023

Mes	Días programados	Días de parada	N° Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Nov-22	27	0,94	0	96,50%	-	-	-
Dic-22	27	0,94	0	96,50%	-	-	-
Ene-23	27	0,94	0	96,50%	-	-	-
Total	81	2,83	0	96,50%	-	-	-

Nota. Elaboración propia.



Tabla 31

Indicadores post-test de la máquina seleccionadora, periodo noviembre 2022 a enero 2023

Mes	Días programados	Días de parada	N° Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Nov-22	27	1,59	1	94,13%	25,41	1,59	1,69
Dic-22	27	1,55	1	94,27%	25,45	1,55	1,64
Ene-23	27	1,54	1	94,31%	25,46	1,54	1,63
Total	81	4,67	3	94,24%	25,44	1,56	4,95

Nota. Elaboración propia.

Tabla 32

Indicadores post-test de la máquina tostadora, periodo noviembre 2022 a enero 2023

Mes	Días programados	Días de parada	N° Averías	Disponibilidad	MTBF	MTTR	Tiempo Total de Reparación
Nov-22	27	3,56	1	86,81%	23,44	3,56	4,10
Dic-22	27	3,47	1	87,15%	23,53	3,47	3,98
Ene-23	27	4,95	1	81,67%	22,05	4,95	6,06
Total	81	11,98	3	85,21%	23,01	3,99	14,06

Nota. Elaboración propia.

4.3.2. Cuadro comparativo de indicadores

En base a los indicadores obtenidos en el pre-test y post-test, se tuvieron mejoras en los indicadores calculados, teniendo un aumento en la disponibilidad de 11,39%, un aumento de 29,74 días del tiempo entre fallas, el tiempo de reparación varió en 9,08 días y el tiempo mensual de reparación disminuyó 16,94 días.



Tabla 33

Comparación de indicadores de pre-test y post-test

INDICADOR	ANTES DE LA MEJORA			DESPUÉS DE LA MEJORA			
	VALOR	UND	OBJETIVO	VALOR	UND	VARIACIÓN	LOGRO
DISPONIBILIDAD	66,20%	%	Aumentar la disponibilidad de las máquinas	77,59%	%	11,39%	La disponibilidad de las máquinas aumentó en un 11,39%.
MTBF	1,69	días	Maximizar el tiempo promedio entre las fallas de máquinas	31,43	días	29,74	El tiempo promedio entre fallas aumentó a 29,74 días entre cada falla.
MTTR	0,86	días	Variar el tiempo promedio de reparación	9,08	días	8,21	El tiempo de reparación varió en 9,08 días.
TIEMPO TOTAL DE REPARACIÓN	40,33	días	Reducir el tiempo total de reparación	23,39	días	-16,94	El tiempo total de reparación disminuyó 16,94 días.

Nota. Elaboración propia.

4.3.3. Análisis descriptivo

Se llevó a cabo un análisis descriptivo de cada uno de los indicadores, centrándonos especialmente en la disponibilidad, MTBF y MTTR, detallando los resultados obtenidos en las siguientes tablas:



Tabla 34

Análisis descriptivo de la disponibilidad

	DISPONIBILIDAD INICIAL	DISPONIBILIDAD FINAL
Media	66,2167	85,2100
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior 54,1899	77,5826
	Límite superior 78,2434	92,8374
Media recortada al 5%	.	.
Mediana	66,8000	86,8100
Varianza	23,439	9,428
Desviación estándar	4,84143	3,07044
Mínimo	61,11	81,67
Máximo	70,74	87,15
Rango	9,63	5,48
Rango intercuartil	.	.
Asimetría	-,534	-1,708
Curtosis	.	.

Nota. Obtenido de SPSS.

En la disponibilidad inicial se tuvo una media de 66,21 días, una mediana de 66,8, una varianza de 23,43 y una desviación estándar de 4,84. En la disponibilidad final hubo un aumento, teniendo una media de 85,21 días, una mediana de 86,81, una varianza de 9,428 y una desviación estándar de 3,07.



Tabla 35

Análisis descriptivo del MTBF

	MTBF INICIAL	MTBF FINAL
Media	1,7500	23,0067
95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	20,9455
	Límite superior	25,0678
Media recortada al 5%	.	.
Mediana	1,8600	23,4400
Varianza	,190	,688
Desviación estándar	,43555	,82972
Mínimo	1,27	22,05
Máximo	2,12	23,53
Rango	,85	1,48
Rango intercuartil	.	.
Asimetría	.	.
Curtosis	-1,064	-1,709
	.	.

Nota. Obtenido de SPSS.

En el tiempo entre fallas (MTBF), se tiene en el análisis inicial una media de 1,75, una mediana de 1,86, una varianza de 0,19 y una desviación estándar de 0,43; mientras que en el análisis final se tiene una media de 23, una mediana de 23,44, una varianza de 0,68 y una desviación estándar de 0,82.



Tabla 36

Análisis descriptivo del MTTR

		MTTR INICIAL	MTTR FINAL
Media		,8700	3,9933
95% de intervalo de confianza para la media	,7317 1,0083	1,9322 6,0545	77,5826 92,8374
Media recortada al 5%		.	.
Mediana		,8800	3,5600
Varianza		,003	,688
Desviación estándar		,05568	,82972
Mínimo		,81	3,47
Máximo		,92	4,95
Rango		,11	1,48
Rango intercuartil		.	.
Asimetría		.	.
Curtosis		-,782	1,709
		.	.

Nota. Obtenido de SPSS.

En el tiempo medio de reparación (MTTR), se tuvo en el análisis inicial una media de 0,87, una mediana de 0,88, una varianza de 0,003 y una desviación estándar de 0,055; mientras que, en el análisis final, se tuvo que hubo una media de 3,99, una mediana de 3,56, una varianza de 0,688 y una desviación estándar de 0,82.

4.3.4. Análisis inferencial

A continuación, se describió el análisis estadístico inferencial para la comparación de las hipótesis, teniendo en cuenta la siguiente regla de decisión:

Si $\rho_v \leq 0.05$, la muestra no contiene una distribución normal, tienen un comportamiento no paramétrico.



Si $\rho_v > 0.05$, la muestra contiene una distribución normal, tienen un comportamiento paramétrico.

Tabla 37.

Tipo de Comportamiento

Antes	Después	Estadígrafo
Paramétrico	Paramétrico	T Student
Paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon
No paramétrico	No paramétrico	Wilcoxon

Nota. Tomado de “Acciones metodológicas para la toma de decisiones con el uso de SPSS en la estadística inferencial” por Abreu et al, *Revista Conrado*, 17(1).

- Hipótesis General

Ho: La implementación del plan de mantenimiento preventivo no tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Ha: La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Tabla 38.

Prueba de normalidad - Disponibilidad

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Disp_inicial	,989	3	,800
Disp_final	,796	3	,106



Como se muestra en la **tabla 38**, la significancia de la disponibilidad en el pre y post test es mayor que 0,05, y en base a la regla de decisión presenta un comportamiento paramétrico, por lo que corresponde utilizar la T-student, considerando una confiabilidad de 0,95 y un $\alpha=0,05$.

Tabla 39.

Prueba de muestras emparejadas - Disponibilidad

		Prueba de muestras emparejadas								
		Diferencias emparejadas						t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
					Inferior	Superior				
Par 1	Disp_inicial - Disp_final	-18,99333	6,1320 2	3,54032	- 34,2261 1	- 3,76 056	-5,365	2	,033	

En la **tabla 39**, debido a que la significancia es 0,033, menor a 0,05, se tiene que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

- Hipótesis Específica 1

Ho1: La implementación del plan de mantenimiento preventivo no tiene un efecto significativo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.



Ha1: La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Tabla 40.

Prueba de normalidad - MTBF

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTBF_inicial	,952	3	,579
MTBF_final	,795	3	,104

Como se muestra en la **tabla 40**, la significancia del MTBF en el pre y post test es mayor que 0,05, y en base a la regla de decisión presenta un comportamiento paramétrico, por lo que corresponde utilizar la T-student, considerando una confiabilidad de 0,95 y un $\alpha=0,05$.

Tabla 41.

Prueba de muestras emparejadas - MTBF

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par	MTBF_INICIAL -	-	1,03645	,59840	-23,83136	-18,68198	-	2	,001
1	MTBF_FINAL	21,25667					35,523		

En la **tabla 41**, debido a que la significancia es 0,001, menor a 0,05, se tiene que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, por lo que la implementación del plan de



mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio entre fallas de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

- Hipótesis Específica 2

Ho2: La implementación del plan de mantenimiento preventivo no tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Ha2: La implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Tabla 42.

Prueba de normalidad - MTTR

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
MTTR_inicial	,976	3	,702
MTTR_final	,795	3	,104

Como se muestra en la tabla anterior, la significancia del MTTR en el pre y post test es mayor que 0,05, y en base a la regla de decisión presenta un comportamiento paramétrico, por lo que corresponde utilizar la T-student, considerando una confiabilidad de 0,95 y un $\alpha=0,05$.



Tabla 43.

Prueba de muestras emparejadas - MTTR

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
95% de intervalo de									
Desv. confianza de la									
Desv. Error diferencia									
Sig.									
Media	Desviación	promedio	Inferior	Superior	t	gl	(bilateral)		
Par	MTTR_INICIAL	-	,78526	,45337	-5,07403	-1,17264	-6,889	2	,020
1	MTTR_FINAL	3,12333							

Nota. Elaboración propia.

En la **tabla 43**, debido a que la significancia es 0,020, menor a 0,05, se tiene que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

Así mismo, se contempla el siguiente análisis económico, realizado para determinar el total de costos de implementación:

Tabla 44

Mano de obra de implementación

Mano de obra	
Descripción	Valor
Jefe de mantenimiento	S/2,000.00
Operarios	S/1,500.00
Total	S/3,500.00

Nota. El jefe de mantenimiento y operarios al pertenecer a otra área, su sueldo ya está cubierto por la municipalidad.

Elaboración propia.



Tabla 45

Herramientas o equipos para mantenimiento de máquinas

Herramientas o equipos de mantenimiento	
Descripción	Valor
Alicates	S/ 50.00
Aspiradora industrial	S/ 200.00
Compresor de aire	S/ 500.00
Destornillador	S/ 80.00
Llave ajustable	S/ 60.00
Llave inglesa	S/ 60.00
Martillo	S/ 30.00
Multímetro	S/ 60.00
Osciloscopio	S/ 40.00
Total	S/1,080.00

Nota. Elaboración propia.

Tabla 46

Costos por insumos para mantenimiento

Insumos de mantenimiento	
Descripción	Valor
Lubricantes	S/ 80.00
Filtro	S/ 50.00
Correa	S/ 150.00
Rodamiento	S/ 200.00
Total	S/ 480.00

Nota. Elaboración propia.



Tabla 47

Costos indirectos por mantenimiento.

Costos indirectos de mantenimiento	
Descripción	Valor
Energía eléctrica	S/ 300.00
Agua	S/ 200.00
Transporte	S/ 200.00
Total	S/ 700.00

Nota. Elaboración propia.

Tabla 48

Costos por implementación de mantenimiento

Costos de implementación	
Descripción	Valor
Consultoría	S/ 300.00
Transporte	S/ 200.00
Internet	S/ 80.00
Material de escritorio	S/ 150.00
Otros	S/ 80.00
Total	S/ 810.00

Nota. Elaboración propia.

Tabla 49

Resumen por costos de implementación de mantenimiento

RESUMEN	
Descripción	Valor
Mano de obra	Se cuenta con dicho recurso
Herramientas o equipos de mantenimiento	S/ 1,080.00
Insumos de mantenimiento	S/ 480.00
Costos indirectos de mantenimiento	S/ 700.00
Costos de implementación	S/ 810.00
Total	S/ 3,070.00

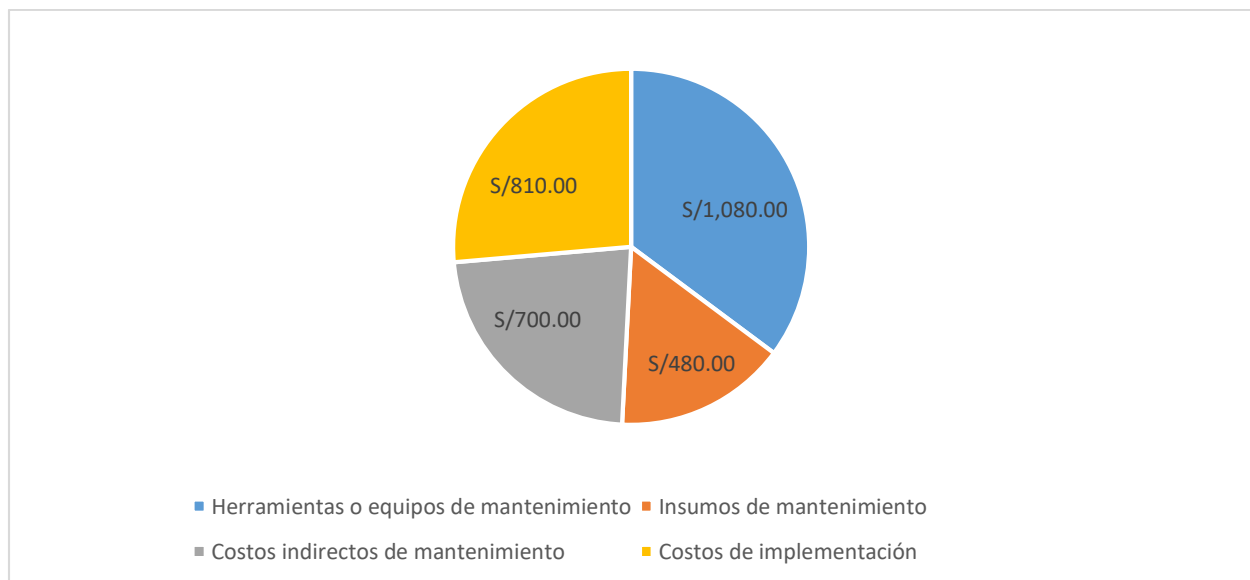
Nota. Elaboración propia.



Interpretación: Se determina que el costo total que se incurrió para la implementación de mantenimiento a las 3 máquinas procesadoras de café en la municipalidad de estudio ascendió a S/3,070.00 soles. Dichos costos contemplan la adquisición de: Mano de obra, herramientas o equipos de mantenimiento, insumos de mantenimiento, costos indirectos de mantenimiento y costos de implementación. Estos resultados pueden visualizarse en el siguiente gráfico:

Figura 19

Resumen de costos de implementación



Nota. Elaboración propia.



DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

5.1.1. Referido al primer objetivo específico: MTBF o tiempo promedio entre fallas

Para el desarrollo del primer objetivo específico, se determinó que, de forma inicial, el tiempo entre fallas de la máquina trilladora fue de 9,53 días, el de la máquina seleccionadora fue de 9,59 días, el de la máquina tostadora fue de 4,86 días y de forma general en todo el proceso se tuvo que las fallas suceden cada 1,69 días en promedio. Luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se tuvo que el tiempo de fallas aumentó, siendo en la máquina trilladora donde no se presentó fallas, en la máquina seleccionadora tuvo un tiempo entre fallas de 25,44 días y en la máquina tostadora 23,01 días, siendo de forma general en el proceso un tiempo entre fallas de 31,43 días.

De acuerdo con el análisis inferencial, se tiene que la significancia fue menor a 0,05, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

5.1.2. Referido al segundo objetivo específico: MTTR o tiempo promedio de reparación

Para el desarrollo del segundo objetivo específico, se determinó que, en el pre-test, el tiempo medio de reparación en la trilladora fue de 0,63, en la máquina seleccionadora fue de 0,88, en la máquina tostadora fue de 1,65, y de forma general en todo el proceso fue de 0,86 días. Luego de la implementación del mantenimiento preventivo, se tuvo que el tiempo de reparación en la máquina trilladora no hubo un tiempo de reparación a calcular debido a que no se presentaron



fallas, en la máquina seleccionadora fue de 1,56 días, en la máquina tostadora fue de 3,99 días y de forma general en todo el proceso fue de 9,08 días. Además, el tiempo total de reparación mejoró de 40,33 a 23,39 en promedio.

De acuerdo con el análisis inferencial, se tiene que la significancia fue menor a 0,05, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

5.1.2. Referido al objetivo general: Disponibilidad

Para el desarrollo del objetivo general, se determinó que en el pre-test la disponibilidad de la trilladora fue de 93,69%, de la seleccionadora fue de 90,88%, de la tostadora fue de 76,71%, de forma general en el proceso fue de 66,20%. Luego de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, en el post-test la disponibilidad de la trilladora fue de 96,50%, de la seleccionadora fue de 94,24%, de la tostadora fue de 85,21%, y de forma general en el proceso fue de 77,59%.

De acuerdo con el análisis inferencial, se tiene que la significancia fue menor a 0,05, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.

5.2. Limitaciones del estudio

En las limitaciones encontradas, fue la recopilación de la información para el análisis por parte de la Municipalidad Distrital de Yanatile, teniendo demoras en poder tener permiso para la implementación, además de para la obtención de los datos.



5.3. Comparación crítica con la literatura existente

5.3.1. Comparación de disponibilidad

- Kolte y Dabade (2017) en su estudio, tuvo un aumento de disponibilidad de 5%, siendo menor al obtenido en el presente estudio.
- Szkoda, Kaczor, Pilch, Smolnik y Konieczek (2021) en su trabajo de investigación, tuvo un aumento de disponibilidad de 4,55%, siendo menor al 11,39% logrado en esta investigación.
- Flores (2021) en su tesis tuvo una disponibilidad inicial de 66%, siendo muy similar a la disponibilidad hallada de forma inicial en esta investigación de 66,20%.
- Callomamani (2021) en su trabajo de investigación, tuvo una disponibilidad similar a la hallada en este estudio, siendo de 11,1%.

5.3.2. Comparación de MTBF

- Szkoda, Kaczor, Pilch, Smolnik y Konieczek (2021) en su trabajo de investigación, tuvieron un aumento del tiempo medio entre fallos de 351 horas.
- Callomamani (2021) en su trabajo de investigación, tuvo un aumento del tiempo medio entre fallos de 21,2 horas.

5.3.3. Comparación de MTTR

- Delgado (2019) en su tesis, tuvo un tiempo medio de reparación con la mejora realizada de 1,5 horas, siendo diferente al de la actual investigación de 9,08 días luego de la mejora.
- Kolte y Dabade (2017) en su trabajo de investigación, tuvo un MTTR de 3,5 minutos, siendo menor al investigado en el estudio.



5.4. Implicancias del estudio

Con el estudio se pretendió tener una mejora mediante la implementación del plan de mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta que su implementación ayudó a la mejora de los indicadores de disponibilidad, tiempo entre fallas (MTBF) y tiempo promedio de reparación (MTTR).



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- 1) Como resultado de la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se consiguió mejorar el MTBF de las máquinas. La máquina trilladora pasó de tener un MTBF de 9.53 a 0; la máquina seleccionadora pasó de tener un MTBF de 9.53 a 25.44 y la máquina tostadora pasó de tener un MTBF de 9.53 a 25.44 días (8 horas c/d). Además, se tuvo que la significancia fue menor a 0,05, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el MTBF de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.
- 2) Gracias al plan de mantenimiento preventivo, se consiguió mejorar el MTTR de las máquinas. La máquina trilladora pasó de tener un MTTR de 0.63 a 0; la máquina seleccionadora pasó de tener un MTTR de 0.88 a 1.56 y la máquina tostadora pasó de tener un MTTR de 1.65 a 3.99 días (8 horas c/d). Además, se tuvo que la significancia fue menor a 0,05, por lo que la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en el tiempo promedio para reparar las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.
- 3) En base a la implementación del plan de mantenimiento preventivo, se mejoró la disponibilidad de las máquinas. La máquina trilladora pasó de tener una disponibilidad de 93.69% a 96.5%; la máquina seleccionadora pasó de tener una disponibilidad de 90.88% a



94.24%; y la máquina tostadora pasó de tener una disponibilidad de 76.71% a 85.21%. Además, se tuvo que la significancia fue menor a 0,05, por lo que, la implementación del plan de mantenimiento preventivo tiene un efecto significativo en la disponibilidad de las máquinas de la planta procesadora de café de Yanatile, 2022.



Recomendaciones

En base a la investigación realizada y el plan de mantenimiento preventivo implementado en la planta procesadora de café de la Municipalidad Distrital de Yanatile, se recomienda lo siguiente:

- 1) El seguimiento al cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo consiste en verificar que se realicen las actividades programadas en el cronograma mensual, y que se respeten los tiempos diarios y semanales establecidos para cada tarea. Así mismo que, se controlen e identifiquen de forma oportuna los nuevos fallos que puedan presentarse implica identificar, registrar y solucionar las averías o anomalías que se detecten en el proceso productivo, así como analizar sus causas y consecuencias. Además, se debe observar la prevención de nuevos fallos que puedan darse en el proceso, aplicando las medidas correctivas y preventivas necesarias para evitar su ocurrencia o minimizar su impacto.
- 2) Es necesario que se brinde capacitaciones al personal sobre la importancia del cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo, ya que este contribuye a mejorar la calidad, seguridad y rentabilidad del proceso productivo. Además, se debe mostrar estadísticas de la mejora significativa que se logra al aplicarse el plan de mantenimiento preventivo, tales como la reducción de los costos de reparación, el aumento de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, y la disminución de los riesgos de accidentes o paradas no programadas.
- 3) Se sugiere ubicar el servicio de procesamiento de café que brinda la municipalidad de Yanatile en un lugar estratégico, que tenga fácil acceso, buena iluminación, ventilación adecuada y protección contra la humedad y el polvo. Un posible lugar sería en las instalaciones de la municipalidad, ya que cuenta con infraestructura y servicios básicos.



Así mismo, se recomienda establecer un costo mínimo de servicio que cubra los gastos de operación, mantenimiento y depreciación de las máquinas, así como que genere un margen de utilidad para la municipalidad. Un posible costo sería de S/. 0.80 por kilogramo de café procesado.



REFERENCIAS

- Aggarwal, A. K., Kumar, S., & Singh, V. (2017). Performance modeling of the serial processes in refining system of a sugar plant using RAMD analysis. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8, 1910-1922.
doi:<https://doi.org/10.1007/s13198-016-0496-1>
- Arce, P. (2020). *Cómo ejecutar tablas de frecuencia*. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Obtenido de <http://biblioteca.udgvirtual.udg.mx/jspui/handle/123456789/3856>
- Arias, J. (2020). Proyecto de Tesis guía para la elaboración. Obtenido de <https://bit.ly/3MsGQ21>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). *Diseño y Metodología de la Investigación* (1ra ed.). Arequipa, Perú: Enfoques Consulting EIRL. Obtenido de <https://bit.ly/3sCuQ5V>
- Asociación Colombiana de Ingenieros. (2018). *GLOSARIO - Términos de Mantenimiento*. Obtenido de https://educacion.aciem.org/CIMGA/2018/Especial/Escrito/Glosario_Terminos_Mtto_2018.pdf
- Asociación Española de Normalización. (2018). *Mantenimiento - Terminología del mantenimiento*. *Página oficial de la UNE*. Obtenido de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0060338>
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación. Serie integral por competencias*. Grupo Editorial Patria.



- Bárzaga-Quesada, J., Morales-Leslie, J., Beltrán-Reyna, R., & Mena, E. (2017). Evaluación del comportamiento de los motores pertenecientes a una planta eléctrica mediante los indicadores de mantenimiento. *UTCiencia: Ciencia y Tecnología al servicio del pueblo*, 3(3), 197-209. Obtenido de <https://bit.ly/3QZqkbE>
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. (J. Sarmiento, Ed.) Córdoba: Universitas.
- Callomamani Yunca, E. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de equipos de la planta pre concentrado Ore Sorting de la Unidad minera San Rafael - MINSUR, 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano]. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16869>
- Cámara Peruana del Café y Cacao. (2022). *Pronósticos de café peruano 2022: Retos y oportunidades*. Obtenido de <https://camcafeperu.com.pe/ES/articulo.php?id=160>
- Daquinta-Gradaille, A., Pérez-Olmo, C., Águila-Gómez, J., Pérez-Reyes, R., & García-Aragón, E. (2018). Metodología de Análisis de criticidad integral de las cosechadoras de caña de azúcar CASE IH. *Revista Ingeniería Agrícola*, 8(2), 55-61. Obtenido de <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/download/938/1315>
- de Jonge, B., & Scarf, P. A. (2020). A review on maintenance optimization. *European Journal of Operational Research*, 285(3), 805-824. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.09.047>
- Delgado, D. (2019). *Propuesta de un plan de mantenimiento en función a la disponibilidad de los grupos de bombeo de la empresa INTERAGUA C.LTDA*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. Obtenido de <https://bit.ly/39M0M14>



Ferreira, S., Silva, F. J., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 38, 1427-1435. doi:<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>

Flores Velasco, F. (2021). *Plan de mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de los equipos en la Empresa Choco Museo-Cusco 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4209>

Gallar, I., & Pontelli, D. (2020). *Mantenimiento industrial*. Científica Universitaria.

Google. (s.f.). *Estadio Municipal de Quebrada Honda*. Recuperado el 18 de Agosto de 2022, de <https://goo.gl/maps/Si1uAoGF3GJSCcLBA>

Guerrero Pérez, R. (2018). *Mantenimiento preventivo de sistemas domóticos e inmticos*. IC Editorial. Obtenido de <https://bit.ly/3Oq8BIM>

Hernández, R., & Collado, L. (2022). *Definición del tipo de investigación a realizar: básicamente exploratoria, descriptiva,*. Obtenido de https://investigacion-educativa9.webnode.es/_files/200000023-dd1fbdf148/SIGNIFICADO%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DESCRIPTIVA.pdf

Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGraw Hill México.

Hossen, J., Ahmad, N., & Ali, S. M. (2017). An application of Pareto analysis and cause-and-effect diagram (CED) to examine stoppage losses: a textile case from Bangladesh. *The Journal*



of The Textile Institute, 108(11), 2013-2020.
doi:<https://doi.org/10.1080/00405000.2017.1308786>

Kolte, T., & Dabade, U. (2017). Machine Operational Availability Improvement by Implementing Effective Preventive Maintenance Strategies-A Review and Case Study. *International Journal of Engineering Research and Technology, 10(1), 700-708*. Obtenido de http://www.ripublication.com/irph/ijert_spl17/ijertv10n1spl_131.pdf

López Fernández, R., Avello Martínez, R., Palmero Urquiza, D. E., Sánchez Gálvez, S., & Quintana Álvarez, M. (2019). Validación de instrumentos como garantía de la credibilidad en las investigaciones científicas. *Revista Cubana de Medicina Militar, 48*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572019000500011&script=sci_arttext&tlng=pt

Mayorga, A., & Quishpe, J. (2019). Deontología aplicada al mantenimiento de maquinaria industrial por ingenieros mecánicos. *Caribeña de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2019/05/deontologia-maquinaria-industrial.html>

Medrano Márquez, J. Á., González Ajuech, V. L., & Díaz de León Santiago, V. M. (2017). *Mantenimiento: Técnicas y aplicaciones industriales*. Grupol Editorial Patria.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2021). *MIDAGRI: Perú se consolida como octavo exportador mundial de café*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/523046-midagri-peru-se-consolida-como-octavo-exportador-mundial-de-cafe>



Nuryanto, R., Nurcahyo, R., & Farizal. (2020). Using failure and repair data for performance evaluation of NPK fertilizer production line. *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 404-408. doi:10.1109/ICIEA49774.2020.9101984

Ñaupas, H., Palacios, J., Valdivia, M., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Ediciones de la U.

Organización Internacional del Café. (2022). *Los precios del café se reajustan mientras crecen las existencias certificadas*. Obtenido de <https://www.ico.org/>

Pérez, F. (2021). *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. USTA.

Ramos Sparrow, J. O. (2018). *Aumento de la Disponibilidad Mediante la Implementación de un Plan de Mantenimiento Preventivo a las Maquinarias de la Empresa Atlanta Metal drill S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10142>

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 1-5. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7746475>

Rodríguez Sánchez, Y. (2020). *Metodología de la investigación*. Klik Soluciones. Obtenido de <https://bit.ly/3AwgCrM>

Ruschel, E., Portela, E., & Eduardo, R. (2017). Industrial maintenance decision-making: A systematic literature review. *Journal of Manufacturing Systems*, 16(45), 180-194. doi:doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.09.003



Szkoda, M., Kaczor, G., Pilch, R., Smolnik, M., & Konieczek, Z. (2021). Assessment of the influence of preventive maintenance on the reliability and availability indexes of diesel locomotives. *Transport Problems*, 16(1). doi:10.21307/tp-2021-001



ANEXOS

Anexo 1: Instrumentos de recolección de datos

a. Instrumentos de medición - Check list

Municipalidad De Quebrada Honda	N°		1 / 1
CHECK LIST			
ÍTEM	SI	NO	OBSERVACIONES
¿La maquinaria cuenta con un plan de mantenimiento?			
¿La maquinaria cuenta con hoja de vida?			
¿La maquinaria cuenta con código interno de identificación?			
¿La maquinaria cuenta con instructivo de operaciones de lubricación?			
¿La maquinaria cuenta con instructivo de operaciones eléctricas?			
¿La maquinaria cuenta con instructivo de operaciones mecánicas?			
¿La maquinaria cuenta con instructivo de operaciones de instrumentación?			
¿La maquinaria cuenta con instructivo de seguridad?			
¿La maquinaria cuenta con tableros de control?			



b. Guía de revisión documental - Ficha técnica

		Municipalidad Distrital de Yanatile		N°	1 / 1
FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA					
AÑO DE ADQUISICIÓN DE LA MÁQUINA – EQUIPO:					
ELABORADO POR		FECHA			
MÁQUINA-EQUIPO		UBICACIÓN			
FABRICANTE		FECHA DEL ÚLTIMO, MANTENIMIENTO			
MODELO					
MARCA					
CARACTERÍSTICAS GENERALES					
PESO		ALTURA			
LARGO		ANCHO			
PROPIEDADES TÉCNICAS			FOTO DE LA MÁQUINA - EQUIPO		

Nota. Flores (2021)



Anexo 2: Plan de mantenimiento preventivo

PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE	PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO
---	---

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Elaborado por: Renzo Giovanni Alegría Silva Aldair Rudy Tapia Ccama	Revisado por: _____ Supervisor de mantenimiento
--	--



**PLANTA PROCESADORA DE
CAFÉ DE YANATILE**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. EQUIPO

Trilladora de granos de café

2. OBJETIVO:

Asegurar que la trilladora de granos de café se encuentre en un óptimo estado para su funcionamiento continuo.

3. ALCANCE

El presente plan tiene como alcance a la planta procesadora de café de Yanatile, 2022. En donde se aplica mantenimiento a la máquina trilladora de granos de café.

4. PRODUCTO

Café procesado en las presentaciones: ¼, medio kilo y 1 kilo.

5. RESPONSABLES

El presente plan es liderado por el jefe de área de la planta procesadora de café, quien se encarga de supervisar el logro de las metas. Así mismo, al gerente general y/o alcalde quien se encarga de aprobar las acciones, plazos y presupuesto para el presente plan.

6. PERSONAL ENCARGADO

Técnico mecánico eléctrico

7. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Periodo Diario

Limpieza y retiro de residuos, en un tiempo de 10 minutos, con la utilización de aire comprimido y trapo industrial.



Inspección y ajuste de equipo, en un tiempo de 5 minutos, con el trapo industrial y la llave para ajuste de tuercas.

Periodo Semanal

Cambio y reparación de partes desgastadas, en un tiempo de 12 minutos, con partes nuevas y soldadura.

8. FORMATO

A continuación, se ha elaborado el siguiente formato, el cual permite controlar las tareas de mantenimiento

PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE					
Responsable:					
Área:			Fecha:		
Tipo de máquina:					
Detalle					
Maquinaria – Código.	Tarea de mantenimiento	Periodo	Cantidad para desarrollar	Fecha	Firma del técnico
Observaciones					
Firmas					

Nota. En el apartado cantidad a desarrollar, se debe llenar con, por ejemplo: # de veces que se realizó la limpieza, inspección, ajuste, cambio de partes, etc.



**PLANTA PROCESADORA DE
CAFÉ DE YANATILE**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. EQUIPO

Seleccionadora de café

2. OBJETIVO:

Realizar mantenimiento preventivo en la seleccionadora de café, para garantizar un correcto funcionamiento de esta.

3. ALCANCE

El presente plan tiene como alcance a la planta procesadora de café de Yanatile, 2022. En donde se aplica mantenimiento a la máquina seleccionadora de granos de café.

4. PRODUCTO

Café procesado en las presentaciones: ¼, medio kilo y 1 kilo.

5. RESPONSABLES

El presente plan es liderado por el jefe de área de la planta procesadora de café, quien se encarga de supervisar el logro de las metas. Así mismo, al gerente general y/o alcalde quien se encarga de aprobar las acciones, plazos y presupuesto para el presente plan.

6. PERSONAL ENCARGADO

Técnico mecánico eléctrico

7. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Periodo Diario

Limpieza y retiro de residuos, en un tiempo de 15 minutos, con la utilización de aire comprimido y trapo industrial.

Supervisión e inspección, en un tiempo de 10 minutos, con el trapo industrial y la llave para ajuste de tuercas.



8. FORMATO

A continuación, se ha elaborado el siguiente formato, el cual permite controlar las tareas de mantenimiento

PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE					
Responsable:					
Área:			Fecha:		
Tipo de máquina:					
Detalle					
Maquinaria – Código.	Tarea de mantenimiento	Periodo	Cantidad para desarrollar	Fecha	Firma del técnico
Observaciones					
Firmas					

Nota. En el apartado cantidad a desarrollar, se debe llenar con, por ejemplo: # de veces que se realizó la limpieza, inspección, ajuste, cambio de partes, etc.



**PLANTA PROCESADORA DE
CAFÉ DE YANATILE**

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1. EQUIPO

Tostadora para café

2. OBJETIVO:

Asegurar que la tostadora de granos de café se encuentre en un óptimo estado para su funcionamiento continuo.

3. ALCANCE

El presente plan tiene como alcance a la planta procesadora de café de Yanatile, 2022. En donde se aplica mantenimiento a la máquina tostadora de granos de café.

4. PRODUCTO

Café procesado en las presentaciones: ¼, medio kilo y 1 kilo.

5. RESPONSABLES

El presente plan es liderado por el jefe de área de la planta procesadora de café, quien se encarga de supervisar el logro de las metas. Así mismo, al gerente general y/o alcalde quien se encarga de aprobar las acciones, plazos y presupuesto para el presente plan.

6. PERSONAL ENCARGADO

Técnico mecánico eléctrico

7. TAREAS DE MANTENIMIENTO

Periodo Diario

- Limpieza y retiro de residuos, en un tiempo de 10 minutos, con la utilización de aire comprimido y trapo industrial.



- Supervisión y ajuste de válvulas de gas, en un tiempo de 10 minutos, con el uso de llave y trapo industriales.
- Inspección de turbina, en un tiempo de 10 minutos, con el uso de trapo industrial, aire comprimido, una llave y un cepillo industriales.
- Verificación y ajuste de válvulas de salida, en un tiempo de 10 minutos, con el uso de llave y un trapo industriales.

Periodo Semanal

- Verificación del sistema eléctrico, con un tiempo de 20 minutos, con el uso de un multitester, un pelacables, y un alicate.
- Revisión y mantenimiento de botones de mando, con un tiempo de 20 minutos, con el uso de un trapo industrial, y una llave universal.
- Revisión y mantenimiento del manómetro, con un tiempo de 50 minutos, usándose el líquido de manómetro, que incluye glicerina, agua y aceites de silicona, además de un trapo industrial de apoyo.

8. FORMATO

A continuación, se ha elaborado el siguiente formato, el cual permite controlar las tareas de mantenimiento

PLANTA PROCESADORA DE CAFÉ DE YANATILE			
Responsable:			
Área:		Fecha:	
Tipo de máquina:			
Detalle			



Maquinaria – Código.	Tarea de mantenimiento	Periodo	Cantidad para desarrollar	Fecha	Firma del técnico
Observaciones					
Firmas					

Nota. En el apartado cantidad a desarrollar, se debe llenar con, por ejemplo: # de veces que se realizó la limpieza, inspección, ajuste, cambio de partes, etc.



Anexo 3: Evidencia fotográfica en la planta de producción







Anexo 4: DAP propuesto

Objeto	Molido de café	Responsable						
		Actividad		Envasado de café tostado y molido				
Método	Mejorado	Operación		8				
		Transporte		2				
Lugar	Producción	Inspección		4				
		Espera		1				
		Almacenamiento		1				
Operarios	1	Tiempo (h)		139 min				
Elaborado	Tesistas							
DESCRIPCIÓN		<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tiempo (min)	OBSERVACIONES
1	Recepcionar MP.	X					5	
2	Inspeccionar la MP. física y documental			X			2	
3	Transportar la MP.		X				4	
4	Calentar la tostadora	X					3	
5	Pilar el grano	X		X			10	
6	Seleccionar el grano	X					20	
7	Verificar la eliminación de elementos extraños como pajitas, piedras, etc.			X			8	
8	Colocar el grano a tostadora	X					5	
9	Tostar el grano	X					15	
10	Verificar la temperatura de tostado			X			5	
11	Enfriar los granos				X		18	
12	Envasar los granos	X					20	
13	Empaquetar los granos	X					10	
14	Transportar a almacén		X				6	
15	Almacenar					x	8	