

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN  
LA CONFIABILIDAD EN LA PLANTA CHANCADORA DE LA  
EMPRESA ASTALDI-PIURA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**LUIS ENRIQUE FUSTAMANTE QUINTANA**

**ASESOR**

**ALEXANDER QUEREVALÚ MORANTE**

**<https://orcid.org/0000-0001-5672-6829>**

**Chiclayo, 2020**

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD EN LA PLANTA  
CHANCADORA DE LA EMPRESA ASTALDI-PIURA**

**PRESENTADA POR:**

**LUIS ENRIQUE FUSTAMANTE QUINTANA**

**A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo**

**para optar el título de**

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**APROBADA POR:**

**Hugo Walter Mundaca Guerra  
PRESIDENTE**

**Wilson Alejandro Jiménez Zuloeta  
SECRETARIO**

**Alexander Querevalú Morante  
ASESOR**

Dedico esta tesis a Dios, a mi mamá *María Quintana*, a mi papá *José Fustamante*, a mi novia *Oryana* y a mi hija *Alanna Makena*.

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: La Voluntad.”

**Albert Einstein**

## AGRADECIMIENTO

A Dios por ser el camino, la verdad y la vida.

A mis padres y a mis abuelos, por brindarme amor, valores, hogar y sobre todo por la educación.

A **Ing. Alexander Querevalú Morante**, asesor del presente proyecto, que con carácter y exigencia me ha brindado su tiempo y sus conocimientos para la culminación de esta tesis.

A todo el personal administrativo y operativo de la empresa ASTALDI, por brindarme su apoyo, su amistad y sus conocimientos.

A todos mis profesores de la universidad por su digna labor.

A todas las personas que de una u otra forma me brindaron su amistad, su apoyo y todas las ganas de perseverar día a día.

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
1. PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	17
1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.4. HIPÓTESIS.....	17
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	18
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	19
2.2.1. Conceptos Básicos.....	19
2.2.1.1. Activo.....	19
2.2.1.2. Avería.....	19
2.2.1.3. Ciclo de Vida.....	19
2.2.1.4. Departamento de Mantenimiento.....	19
2.2.1.5. Desgaste.....	19
2.2.1.6. Elemento.....	20
2.2.1.7. Empresa.....	20
2.2.1.8. Equipo Industrial.....	20
2.2.1.9. Evaluación Económica.....	20
2.2.1.10. Fallo.....	20
2.2.1.11. Hoja de Vida.....	20
2.2.1.12. Inspección.....	20
2.2.1.13. Mantenimiento.....	20
2.2.1.14. Máquinas.....	20
2.2.1.15. Organigrama.....	20
2.2.1.16. Parada.....	20
2.2.1.17. Plan de Mantenimiento.....	21
2.2.1.18. Planta Chancadora.....	21

2.2.1.19.	Programa de Mantenimiento.....	21
2.2.1.20.	Registro de Mantenimiento .....	21
2.2.1.21.	Reparación.....	21
2.2.1.22.	Repuesto.....	21
2.2.1.23.	Vida Útil.....	21
2.2.2.	Tipos de Mantenimiento.....	21
2.2.2.1.	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	21
2.2.2.2.	Mantenimiento Correctivo.....	21
2.2.2.3.	Mantenimiento Correctivo Diferido .....	21
2.2.2.4.	Mantenimiento Correctivo Inmediato.....	21
2.2.2.5.	Mantenimiento In Situ .....	22
2.2.2.6.	Mantenimiento Predictivo .....	22
2.2.2.7.	Mantenimiento Preventivo .....	22
2.2.2.8.	Mantenimiento Productivo Total.....	22
2.2.3.	Variables de Mantenimiento .....	22
2.2.3.1.	Confiabilidad .....	22
2.2.3.2.	Curva de la Bañera .....	22
2.2.3.3.	Conformidad .....	23
2.2.3.4.	Disponibilidad.....	23
2.2.3.5.	Durabilidad .....	23
2.2.3.6.	Fiabilidad.....	23
2.2.3.7.	Mantenibilidad .....	23
2.2.3.8.	Proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad .....	23
2.2.3.9.	Tasa Medias de Fallos.....	24
2.2.4.	Términos Relativos a Fallos.....	24
2.2.4.1.	Causa de Fallos .....	24
2.2.4.2.	Consecuencia de Fallos.....	24
2.2.4.3.	Criticidad.....	24
2.2.4.4.	Criterios de Fallos.....	25
2.2.4.5.	Degradación.....	25
2.2.4.6.	Efecto de los Fallos.....	25
2.2.4.7.	Fallo por Desgaste .....	25
2.2.4.8.	Fallo por Envejecimiento .....	25
2.2.4.9.	Fallo Oculto .....	25
2.2.4.10.	Mecanismo de Fallo.....	25
2.2.4.11.	Modo de Fallo .....	25

2.2.4.12.	Fallo Funcional .....	25
2.2.4.13.	Fallo Potencial.....	25
2.2.5.	Aplicación del MCC .....	25
2.2.5.1.	Metodología.....	25
2.2.5.2.	Auditoría.....	26
2.2.5.3.	Efectividad Global de los Equipos .....	27
2.2.5.4.	Clasificación del OEE.....	27
2.2.5.5.	Modelo Weibull .....	28
2.2.5.6.	Pasos para la Aplicación del MCC.....	28
2.2.5.7.	Funciones del MCC.....	29
2.2.5.8.	Beneficios de Utilizar el MCC.....	29
2.2.6.	Tareas Preventivas del MCC.....	29
2.2.6.1.	Tareas “a condición” .....	29
2.2.6.2.	Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica .....	29
2.2.7.	Acciones “a falta de” .....	29
2.2.8.	Personal Involucrado.....	30
3.	DESARROLLO DEL PROYECTO .....	31
3.1.	SITUACIÓN ACTUAL.....	31
3.1.1.	Nombre de la Empresa.....	31
3.1.1.1.	Datos de la Empresa.....	31
3.1.2.	Proyecto .....	31
3.1.3.	Descripción del Proyecto .....	31
3.1.4.	Descripción del Departamento de Mantenimiento.....	32
3.1.5.	Diagrama de Flujo de Operaciones .....	34
3.1.6.	Disposición de las Máquinas de la Planta Chancadora.....	36
3.1.6.1.	Datos de las Máquinas.....	37
3.1.7.	Elaboración de la Auditoría de Mantenimiento .....	46
3.1.8.	Elaboración de la Efectividad Global de los Equipos.....	49
3.1.8.1.	Tiempo Disponible.....	49
3.1.8.2.	Tiempo de Funcionamiento .....	50
3.1.8.3.	Tiempo de Parada Planificada.....	50
3.1.8.4.	Tiempo de Preparación de Equipo.....	51
3.1.8.5.	Tiempo del Periodo de Operación .....	51
3.1.8.6.	Tiempo de Parada No Planificada por Equipos.....	51
3.1.8.7.	Tiempo de Operación Neta .....	51
3.1.8.8.	Tiempo Perdido por Operación .....	51



3.1.8.9. Tiempo de Operación Utilizable.....	52
3.1.8.10. Tiempo Perdido por Defectos.....	52
3.1.8.11. Tiempo Productivo Neto.....	52
3.2. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS .....	53
3.3. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	57
3.4. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL DE LAS MÁQUINAS UTILIZANDO EL MÉTODO WEIBULL.....	58
3.4.1. Estimación de Parámetros de Vida Utilizando el Método o Distribución Weibull.....	62
3.4.2. Funciones de Probabilidad de Weibull .....	64
3.5. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD .....	65
3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO .....	67
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>69</b>
4.1. Resultados de la Auditoría de Mantenimiento .....	69
4.2. Resultados del OEE.....	70
4.3. Resultados del AMEF.....	73
4.4. Resultados del Análisis de Criticidad.....	74
4.5. Resultados del Análisis de Vida Útil de las Máquinas Utilizando el Método o Distribución Weibull.....	75
4.5.1. Resultados de los Parámetros de vida de las máquinas.....	75
4.5.2. Resultados de las Etapas de Vida de las Máquinas.....	78
4.5.3. Resultados de las Funciones de Probabilidad de Weibull .....	79
4.6. Resultados de las Hojas de Información.....	80
4.7. Resultados de la Evaluación Económica.....	97
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>103</b>
<b>6. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>104</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>107</b>
ANEXO 1.....	107
ANEXO 2.....	108
ANEXO 3.....	110
ANEXO 4.....	111
ANEXO 5.....	113
ANEXO 6.....	132

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Organigrama de la Planta Chancadora en la empresa Astaldi - Piura.....	33
Diagrama 2. Diagrama de Flujo de Operaciones General del PEIHAP. ....	34
Diagrama 3. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Lavadora. ....	34
Diagrama 4. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Planta Chancadora. ....	35
Diagrama 5. Distribución de tiempo para elaboración del OEE. ....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Planta Chancadora. ....	36
Tabla 2. Datos de la bomba de agua - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).....	37
Tabla 3. Datos de la bomba de lodo - Planta Chancadora (Astaldi - Piura). ....	37
Tabla 4. Datos de las cintas transportadoras - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).....	38
Tabla 5. Datos del grupo electrógeno - Planta Chancadora (Astaldi - Piura). ....	42
Tabla 6. Datos de la lavadora de arena – Planta Chancadora (Astaldi – Piura).....	42
Tabla 7. Datos del molino de martillo - Planta Chancadora (Astaldi - Piura). ....	43
Tabla 8. Datos del molino primario - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).....	44
Tabla 9. Datos del molino secundario - Planta Chancadora (Astaldi – Piura).....	44
Tabla 10. Datos de los tableros eléctricos - Planta Chancadora (Astaldi - Piura). ....	45
Tabla 11. Datos de la zaranda - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).....	46
Tabla 12. Preguntas de la Auditoría de Mantenimiento. ....	47
Tabla 13. Horario de trabajo anual de la Planta Chancadora - Astaldi (Piura). ....	50
Tabla 14. Puntajes del AMEF. ....	53
Tabla 15. Características del NPR. ....	53
Tabla 16. AMEF de la bomba de agua.....	54
Tabla 17. AMEF de la bomba de lodo. ....	54
Tabla 18. AMEF de las cintas transportadoras.....	54
Tabla 19. AMEF del grupo electrógeno. ....	55
Tabla 20. AMEF de la lavadora de arena. ....	55
Tabla 21. AMEF del molino de martillo. ....	55
Tabla 22. AMEF del molino primario.....	56
Tabla 23. AMEF del molino secundario. ....	56
Tabla 24. AMEF de los tableros eléctricos.....	56
Tabla 25. AMEF de la zaranda.....	56
Tabla 26. Análisis de criticidad. ....	57
Tabla 27. Escala de referencia para el análisis de criticidad.....	57
Tabla 28. Datos de vida de la bomba de agua.....	58
Tabla 29. Datos de vida de la bomba de lodo. ....	58
Tabla 30. Datos de vida de las cintas transportadoras.....	59
Tabla 31. Datos de vida del grupo electrógeno.....	60
Tabla 32. Datos de vida de la lavadora de arena. ....	60
Tabla 33. Datos de vida del molino de martillo. ....	61
Tabla 34. Datos de vida del molino primario.....	61
Tabla 35. Datos de vida del molino secundario. ....	61
Tabla 36. Datos de vida de los tableros eléctricos.....	61
Tabla 37. Datos de vida de la zaranda.....	62
Tabla 38. Hoja de información - Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	66
Tabla 39. Costo de mantenimiento correctivo.....	67
Tabla 40. Costo de mantenimiento preventivo.....	67
Tabla 41. Costo total del mantenimiento (Año 2017 y 2018).....	68
Tabla 42. Lista del personal que respondieron las preguntas de la auditoría de mantenimiento de la planta chancadora. ....	69
Tabla 43. Datos del OEE. ....	70
Tabla 44. Resultados del OEE.....	71

Tabla 45. Resultados del cálculo de criticidad de las máquinas.....	74
Tabla 46. Parámetros de vida de las bombas de agua. ....	75
Tabla 47. Parámetros de vida de la bomba de lodo. ....	75
Tabla 48. Parámetros de vida de las cintas transportadoras.....	75
Tabla 49. Parámetros de vida del grupo electrógeno. ....	76
Tabla 50. Parámetros de vida de la lavadora de arena. ....	77
Tabla 51. Parámetros de vida del molino de martillo. ....	77
Tabla 52. Parámetros de vida del molino primario.....	77
Tabla 53. Parámetros de vida del molino secundario.....	77
Tabla 54. Parámetros de vida de los tableros eléctricos.....	78
Tabla 55. Parámetros de vida de la zaranda.....	78
Tabla 56. Resultado de las etapas de vida de las máquinas. ....	78
Tabla 57. Funciones de Probabilidad de Weibull.....	79
Tabla 58. Hoja de información de las bombas de agua.....	80
Tabla 59. Hoja de información de la bomba de lodo. ....	82
Tabla 60. Hoja de información de las cintas transportadoras. ....	84
Tabla 61. Hoja de información del grupo electrógeno.....	87
Tabla 62. Hoja de información de la lavadora de arena.....	88
Tabla 63. Hoja de información del molino de martillo. ....	89
Tabla 64. Hoja de información del molino primario.....	91
Tabla 65. Hoja de información del molino secundario. ....	92
Tabla 66. Hoja de información de los tableros eléctricos.....	94
Tabla 67. Hoja de información de la zaranda.....	95
Tabla 68. Hoja de información de la planta chancadora. ....	97
Tabla 69. Resultados de la evaluación económica de la propuesta. ....	97
Tabla 70. Valores del rendimiento económico de la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	99
Tabla 71. Base de Datos obtenidos mediante la implementación del MCC.....	100
Tabla 72. OEE obtenido con la Propuesta de un MCC en la Planta Chancadora de la empresa Astaldi – Piura.....	101

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de la Bañera.....	22
Figura 2. Preguntas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	24
Figura 3. Las siete preguntas del MCC.....	26
Figura 4. Esquema para conducir el MCC.....	26
Figura 5. Pérdidas en la eficiencia del equipo.....	27
Figura 6. Equipo de trabajo.....	30
Figura 7. Datos de la empresa.....	31
Figura 8. Esquema general del PEIHAP.....	31
Figura 9. Actividades de la Planta Chancadora.....	32
Figura 10. Planta Chancadora de la Empresa Astaldi - Piura.....	36
Figura 11. Bomba de agua.....	37
Figura 12. Bomba de lodo.....	38
Figura 13. Cintas Transportadoras.....	39
Figura 14. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (1).....	39
Figura 15. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (2).....	40
Figura 16. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (3).....	40
Figura 17. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (4).....	40
Figura 18. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (5).....	41
Figura 19. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (6).....	41
Figura 20. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (7).....	41
Figura 21. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (8).....	41
Figura 22. Grupo electrógeno.....	42
Figura 23. Lavadora de arena.....	43
Figura 24. Molino de martillo.....	43
Figura 25. Molino primario.....	44
Figura 26. Molino secundario.....	45
Figura 27. Tableros eléctricos.....	45
Figura 28. Zaranda.....	46
Figura 29. Procedimiento del papel Weibull.....	63
Figura 30. Radar de resultados de la auditoría de mantenimiento.....	69
Figura 31. Resultados del RPN.....	73

## **RESUMEN**

En la actualidad, las empresas del Perú realizan un mantenimiento basado en las instrucciones del fabricante (manuales) y protocolos genéricos que se elaboran previamente. Este tipo de mantenimiento no prioriza qué equipos son los que hacen más esfuerzos para evitar fallas y averías.

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) en una planta industrial, analiza los fallos de los potenciales que se tiene en la instalación; disminuyendo el tiempo de parada de planta por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción.

El objetivo de la siguiente tesis es proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa ASTALDI - PIURA. Se realizará la identificación de los problemas que se presentan en la planta chancadora, el análisis de modos y efectos de fallas y el análisis de criticidad de las máquinas utilizando el método de Weibull.

Finalmente, se implementará el mantenimiento centrado en la confiabilidad con el fin de lograr incrementar la producción, la disponibilidad y la reducción de costos; obteniendo un ahorro significativo de recursos en las operaciones de la empresa Astaldi.

**PALABRAS CLAVE:** Plan, mantenimiento, confiabilidad, planta chancadora.

## ABSTRACT

Currently, companies in Peru perform maintenance based on the manufacturer's instructions (manuals) and generic protocols that are previously prepared.

This type of maintenance does not prioritize which equipment are the ones that make the most efforts to avoid failures and breakdowns. Reliability-centered maintenance (MCC) in an industrial plant analyzes the potential failures in the installation; reducing plant downtime due to unforeseen failures that prevent compliance with production plans.

The objective of the following thesis is to propose a maintenance plan focused on reliability in the crushing plant of the company ASTALDI - PIURA. The identification of the problems presented in the crushing plant, the analysis of failure modes and effects and the criticality analysis of the machines using the Weibull method will be carried out.

Finally, maintenance centered on reliability will be implemented in order to increase production, availability and cost reduction; obtaining a significant saving of resources in the operations of the Astaldi company.

**KEYWORDS:** Plan, maintenance, reliability, crushing plant.

## INTRODUCCIÓN

Los últimos cuarenta años, han mostrado un desarrollo muy importante de las nuevas tecnologías para realizar mantenimiento y de las metodologías aplicables a la gestión del mantenimiento. La Ingeniería de Mantenimiento ha crecido en todas sus ramas, incluyendo instrumentos y técnicas desarrolladas para sustentar la credibilidad de los programas de Mantenimiento Proactivo (entiéndase: Proactivo = Preventivo + Predictivo + Mejoras) implementados en la industria. El mantenimiento, día a día, está rompiendo las barreras del pasado, hasta dejar de verse como un gasto para convertirse en el mayor generador de utilidades industriales y el responsable de la sostenibilidad de la empresa. [1]

En muchas empresas existe un conflicto permanente entre los responsables de producción y los de mantenimiento. El primero se queja de que la atención que recibe de los técnicos y responsables de mantenimiento no se corresponde con las mejores prácticas posibles y que tienen un efecto lamentable en los resultados de producción. El segundo, mantenimiento, se queja de que producción no le permite parar las máquinas para realizar los preceptivos mantenimientos preventivos necesarios, que en muchas ocasiones se ve obligada a realizar intervenciones provisionales y de escasa fiabilidad por la rapidez con que debe entregar las máquinas a producción y que además el trato que reciben los diversos equipos por parte del personal de producción se aleja mucho del mejor trato posible. En realidad, tal y como se puede constatar, ambos tienen razón. [2]



## 1. PLANEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

En la planta chancadora de la empresa Astaldi - Piura, los operadores deciden cuándo, cómo y de qué manera se realizará el mantenimiento en las máquinas, este tipo de mantenimiento genera costos económicos debido a la pausa en la producción y a la compra de nuevas piezas; también se genera riesgos de accidentes del personal en el momento de que sucede una avería.

### 1.2. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Será factible diseñar un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi - Piura?

¿Cómo influye la implementación de un plan mantenimiento centrado en la confiabilidad en la reducción de costos?

### 1.3. OBJETIVOS

#### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi – Piura.

#### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Diagnosticar la situación actual del mantenimiento en la planta chancadora de la empresa ASTALDI.
- ✓ Realizar el análisis de modo y efectos de fallas de las máquinas.
- ✓ Realizar el análisis de criticidad de las máquinas.
- ✓ Analizar la vida útil de las máquinas utilizando el método Weibull.
- ✓ Elaborar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi - Piura.
- ✓ Realizar la evaluación económica del proyecto (¿cómo influye un PMCC en la reducción de costos?)

### 1.4. HIPÓTESIS

Es factible proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad en la planta chancadora de la empresa Astaldi – Piura.

## 1.5. JUSTIFICACIÓN

- ✓ Social: El MCC permite mejorar la gestión del mantenimiento social y por ende el trabajo inadecuado del personal de la planta chancadora, reduce la carga laboral y ayuda a un mejor manejo de los activos.
- ✓ Económico: la aplicación del MCC reduce notablemente los costos de mantenimiento, paradas no planificadas y aumenta la disponibilidad de los activos. La data históricamente demuestra que la aplicación de MCC puede llevar a una empresa a colocarse en niveles muy altos de productividad, con menores costos y menor mano de obra.
- ✓ Tecnológico: el MCC es una potente herramienta de la ingeniería de mantenimiento, que abarca un estudio detallado y preciso, utilizando software para monitoreo y controla de forma global los activos para que cumplan la función requerida.
- ✓ Medio ambiente: en la actualidad todas las actividades están encaminadas al cuidado y preservación del medio ambiente. El MCC no pretende alterar las condiciones medioambientales existentes; por el contrario, al gestionar un mantenimiento más eficiente los activos logran un mejor desempeño, por ende, una reducción de emisiones y uso de energía.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

En la Universidad Nacional de Ingeniería, se encontró una tesis titulada: “IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) AL SISTEMA DE IZAJE MINERAL DE LA COMPAÑÍA MILPO, UNIDAD EL PORVENIR”; presentado por Elvis David Palomares Quintanilla para optar el grado académico de maestro en gerencia e ingeniería de mantenimiento.

De esta tesis se utilizó como base la elaboración de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, para aumentar el tiempo medio entre fallas de los equipos. También se tuvo en cuenta las actividades efectivas y necesarias para cada tipo de activo que conforman el sistema. [3]

En la Universidad Nacional de Ingeniería, se encontró una tesis titulada: “APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA LA MEJORA DEL MANTENIMIENTO DE UNA PRENSA DE RODILLOS HPGR”; presentado por Raúl Martín Pérez Negreiros y Alberto Coronado Matutti para optar el título de licenciado en Ingeniería Mecánica.

De esta tesis se utilizó como base la aplicación de la metodología MCC, logrando determinar las tareas de mantenimiento necesarias para conservar la función del subsistema analizado, también realizan el análisis económico para determinar el impacto de la aplicación. [4]

### 2.2. MARCO CONCEPTUAL

#### 2.2.1. Conceptos Básicos

##### 2.2.1.1. Activo

Es un bien o derecho que una empresa posee y que puede convertirse en dinero.

##### 2.2.1.2. Avería

Estado de un elemento caracterizado por la inaptitud para realizar una función requerida.

##### 2.2.1.3. Ciclo de Vida

Serie de estados por los que pasa un elemento desde su concepción hasta su eliminación.

##### 2.2.1.4. Departamento de Mantenimiento

Es el departamento responsable del mantenimiento técnico. Está relacionada con la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones el equipo de trabajo.

##### 2.2.1.5. Desgaste

Es el daño superficial sufrido por los materiales después de determinadas condiciones de trabajo a los que son sometidos.

#### 2.2.1.6. Elemento

Parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que puede describirse y considerarse de forma individual.

#### 2.2.1.7. Empresa

Es una unidad productiva, agrupada y dedicada a desarrollar una actividad económica con ánimo de lucro.

#### 2.2.1.8. Equipo Industrial

Conjunto de máquinas que agilizan el proceso de producción

#### 2.2.1.9. Evaluación Económica

Mide y compara los beneficios del mantenimiento actual de la empresa versus el mantenimiento centrado en la confiabilidad.

#### 2.2.1.10. Fallo

Cese de la aptitud de un elemento para realizar una función requerida.

#### 2.2.1.11. Hoja de Vida

Son fichas donde se registran los trabajos de mantenimientos realizados en la empresa.

#### 2.2.1.12. Inspección

Examen de la conformidad mediante medición, observación o ensayos de las características relevantes de un elemento.

#### 2.2.1.13. Mantenimiento

Combinaciones de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.

#### 2.2.1.14. Máquinas

Es un conjunto de elementos móviles y fijos cuyo funcionamiento posibilita aprovechar, dirigir, regular, transformar energía o realizar un trabajo con un fin determinado.

#### 2.2.1.15. Organigrama

Es la gráfica que representa la estructura organizacional de una empresa o de uno de sus departamentos.

#### 2.2.1.16. Parada

Cese del funcionamiento programado con antelación, para actividades de mantenimiento o para otros fines.

#### 2.2.1.17. Plan de Mantenimiento

Conjunto estructurado y documentado de tareas que incluyen las actividades, los procedimientos, los recursos y la duración necesaria para realizar el mantenimiento.

#### 2.2.1.18. Planta Chancadora

Es una planta industrial con la función de transformar materiales de acuerdo a un proceso básico preestablecido.

#### 2.2.1.19. Programa de Mantenimiento

Plan preparado con antelación e identificación de los recursos necesarios que permitan la realización de las de tareas de mantenimiento.

#### 2.2.1.20. Registro de Mantenimiento

Son plantillas que se utilizan para programar trabajos de mantenimiento.

#### 2.2.1.21. Reparación

Acción física que se realiza para establecer la función requerida de un elemento averiado.

#### 2.2.1.22. Repuesto

Elemento destinado a sustituir a un elemento análogo, con objetivo de conservar o mantener la función original requerida del elemento.

#### 2.2.1.23. Vida Útil

Intervalo de tiempo que comienza en un instante dado y termina en el instante en que se alcanza el estado límite. [5]

### 2.2.2. Tipos de Mantenimiento

#### 2.2.2.1. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

El MCC es una metodología utilizada para determinar sistemáticamente, que debe hacerse para asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo requerido por el usuario en el contexto operacional presente. [6]

#### 2.2.2.2. Mantenimiento Correctivo

Mantenimiento que se realiza después del reconocimiento de una avería y que está destinado a poner a un elemento en un estado en que pueda realizar una función requerida.

#### 2.2.2.3. Mantenimiento Correctivo Diferido

Mantenimiento correctivo que no se realiza inmediatamente después de detectarse una avería, sino que se retrasa de acuerdo con reglas dadas.

#### 2.2.2.4. Mantenimiento Correctivo Inmediato

Mantenimiento correctivo que se realiza sin dilación de detectarse una avería, a fin de evitar consecuencias inaceptables.

### 2.2.2.5. Mantenimiento In Situ

Mantenimiento que se realiza en el lugar donde el elemento está instalado normalmente.

### 2.2.2.6. Mantenimiento Predictivo

Mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento.

### 2.2.2.7. Mantenimiento Preventivo

Mantenimiento que se realiza a intervalo predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos, y que está destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación del funcionamiento de un elemento.

### 2.2.2.8. Mantenimiento Productivo Total

El T.P.M es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción. [7]

## 2.2.3. Variables de Mantenimiento

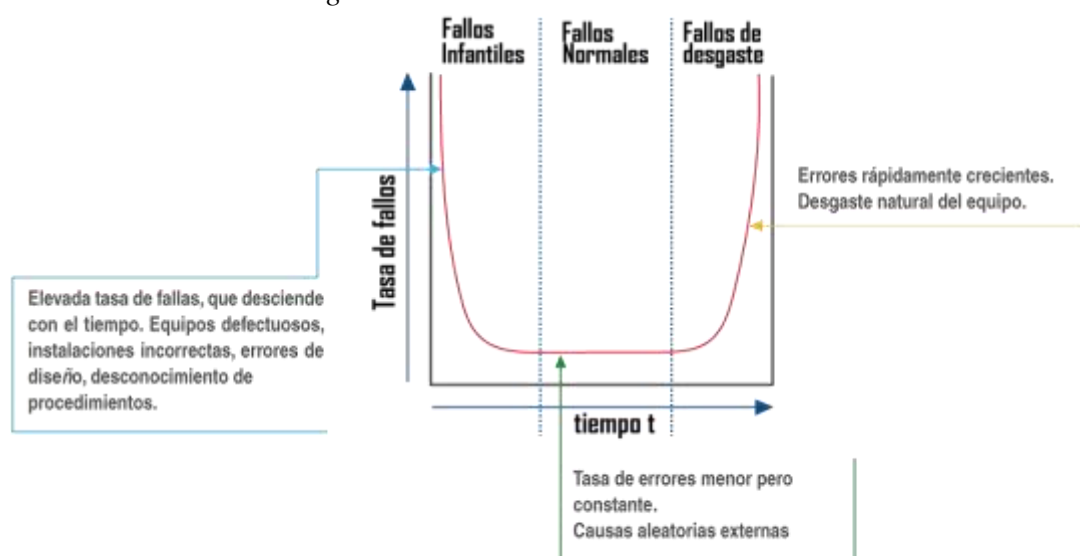
### 2.2.3.1. Confiabilidad

La probabilidad de que el elemento proporcione unos resultados satisfactorios en el momento.

### 2.2.3.2. Curva de la Bañera

También llamada curva de evolución de tasa de fallos. Es un gráfico que nos indica cómo se comporta un sistema o un equipo, relacionando su tasa de fallos con su tiempo de operación.

Figura 1. Curva de la Bañera.



Fuente: Análisis de Falla. [8]

En la *Figura 1*, se tiene 03 etapas:

- Etapa de Fallos Aleatorios: También llamado fallos normales. Estas fallas son aleatorias, por lo que hay poco que hacer para evitarlas.
- Etapa de Fallos de Desgaste: Esta etapa se inicia cuando está terminando la vida útil del equipo. Las causas son: el envejecimiento, desgaste, fatiga, corrosión y mantenimiento insuficiente o mal ejecutado.
- Etapa de Fallos Infantiles: También llamado fallos iniciales. Es caracterizada por fallos prematuros y su tasa de fallas es decreciente, teniendo su origen en la deficiencia del proceso de fabricación, problemas con los materiales usados, contaminación, error humano, mala instalación, etc.

#### 2.2.3.3. Conformidad

Cumplimiento de un requisito.

#### 2.2.3.4. Disponibilidad

Aptitud de un elemento para encontrarse en un estado en que pueda realizar su función, cuando y como se requiera, bajo condiciones dadas; asumiendo que se dispone de los recursos externos necesario.

$$Disponibilidad = \frac{TO - TP}{TO}$$

Donde:

- ✓ TO = Tiempo de Operación.
- ✓ TP = Tiempo de Parada

#### 2.2.3.5. Durabilidad

Capacidad de un elemento de realizar una función requerida bajo condiciones dadas de utilización y de mantenimiento, hasta que se alcance un estado límite.

#### 2.2.3.6. Fiabilidad

Aptitud de un elemento de realizar una función requerida bajo unas condiciones determinadas durante un intervalo de tiempo dado.

#### 2.2.3.7. Mantenibilidad

Capacidad de un elemento bajo condiciones de utilización dadas, de ser preservado, o ser devuelto a un estado en el que pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento se ejecuta bajo condiciones dadas y utilizando procedimientos y recursos establecidos.

#### 2.2.3.8. Proceso del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

El objetivo del RCM, permite distribuir de forma efectiva los recursos asignados a la gestión de mantenimiento, tomando en cuenta la importancia de los activos dentro del contexto operacional y los posibles efectos o consecuencias de los modos de fallos de estos activos, sobre

la seguridad, el ambiente y las operaciones. Esta metodología permite identificar las políticas de mantenimiento óptimas para garantizar el cumplimiento de los estándares requeridos por los procesos de producción y; demanda una revisión sistemática de las funciones que conforman un proceso determinado, sus entradas y salidas, las formas en que pueden dejar de cumplirse tales funciones y sus causas, las consecuencias de los fallos funcionales y las tareas de mantenimiento óptimas para cada situación (predictivo, preventivo, etc.) en función del impacto global (seguridad, ambiente, unidades de producción).

Se basa en las siguientes premisas:

- ✓ Análisis enfocados en funciones.
- ✓ Análisis realizados por equipos naturales de trabajo (operaciones, mantenimiento, especialistas técnicos) conducidos por un facilitador, experto en la aplicación de la tecnología.

Es importante responder a las interrogantes en el siguiente mapa, para ubicarnos en el basamento conceptual de la metodología, antes de profundizar en el procedimiento de implantación. [9]

*Figura 2. Preguntas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.*



*Fuente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. [9]*

#### 2.2.3.9. Tasa Medias de Fallos

Es el número de un elemento durante un intervalo de tiempo dado, dividido por el intervalo de tiempo.

#### 2.2.4. Términos Relativos a Fallos

##### 2.2.4.1. Causa de Fallos

Circunstancias habidas durante la especificación, el diseño, la fabricación, la instalación, la utilización o el mantenimiento que provocan el fallo.

##### 2.2.4.2. Consecuencia de Fallos

Permite comprender ¿cómo y cuánto importa cada fallo?

##### 2.2.4.3. Criticidad

Índice numérico de la severidad de un fallo o de una avería combinado con la probabilidad o frecuencia de su ocurrencia.



#### 2.2.4.4. Criterios de Fallos

Condiciones predefinidas aceptadas como evidencia concluyente del fallo.

#### 2.2.4.5. Degradación

Cambio perjudicial en la condición física del elemento que se produce por el tiempo, la utilización o por causas externas.

#### 2.2.4.6. Efecto de los Fallos

Permite decidir la importancia de cada fallo, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento preventivo (si lo hubiera) sería necesario.

#### 2.2.4.7. Fallo por Desgaste

Fallo cuya probabilidad de aparición aumenta con el tiempo de funcionamiento o con el número de operaciones del elemento y con las tensiones asociadas aplicadas.

#### 2.2.4.8. Fallo por Envejecimiento

Fallo cuya probabilidad de aparición aumenta con el paso del tiempo de calendario.

#### 2.2.4.9. Fallo Oculto

Fallo que no se detecta durante el funcionamiento.

#### 2.2.4.10. Mecanismo de Fallo

Procesos físicos, químicos o de otros tipos que pueden conducir o han conducido al fallo.

#### 2.2.4.11. Modo de Fallo

Manera en que se produce la inaptitud de un elemento para realizar una función requerida.

#### 2.2.4.12. Fallo Funcional

Incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

#### 2.2.4.13. Fallo Potencial

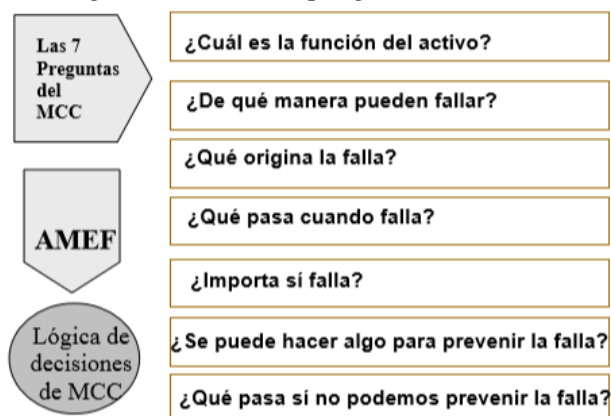
Son las condiciones físicas identificadas que indican que va a ocurrir un fallo funcional o que está en el proceso de ocurrir.

### 2.2.5. Aplicación del MCC

#### 2.2.5.1. Metodología

La metodología del MCC [10], propone un procedimiento que permite identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional a partir del análisis de las siguiente siete preguntas:

Figura 3. Las siete preguntas del MCC.



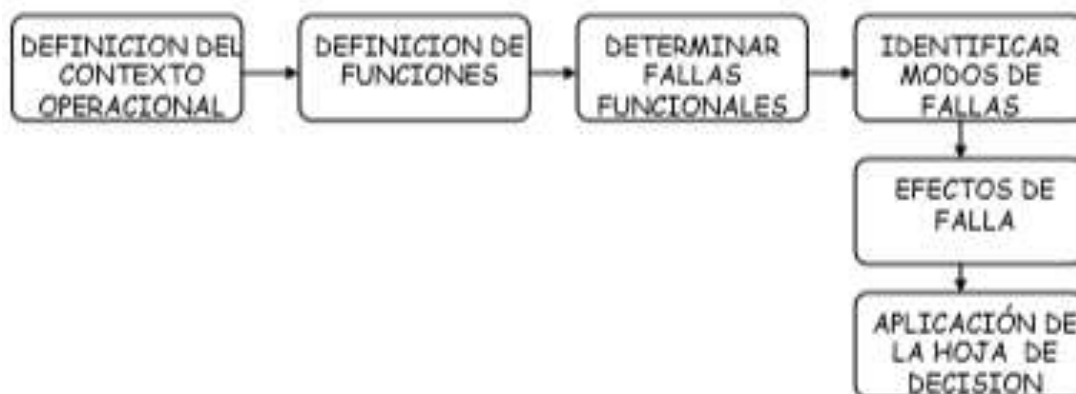
Fuente: *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad* [10]

Las herramientas fundamentales del RCM son:

- ✓ AMEF: Análisis de los Modos y Efectos de Fallos. Es la herramienta que permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de fallos de cada activo en su contexto operacional. A partir de esta técnica se obtienen respuestas a las cinco primeras preguntas.
- ✓ Árbol lógico de decisión: Es la herramienta que permite seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM a partir de esta técnica se obtienen respuestas a las preguntas 6 y 7.

En forma general, el esquema propuesto a utilizar para conducir el M.C.C se resume en el siguiente diagrama de bloques, que detalla los siguientes pasos a seguir:

Figura 4. Esquema para conducir el MCC.



Fuente: *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*. [10]

### 2.2.5.2. Auditoría

La auditoría sirve como punto de inicio para evaluar el nivel de mantenimiento en el que se encuentra en la actualidad la empresa. Tiene como propósito determinar si la organización creada para el mantenimiento (si es que la hubiera) está bien implementada; a fin de fortalecer este aspecto y donde quedan áreas que deben ser mejoradas para que los servicios sean entregados con calidad y oportunidad que son requeridos.

### 2.2.5.3. Efectividad Global de los Equipos

La efectividad global de los equipos (OEE), es un indicador que evalúa el rendimiento del equipo mientras está en funcionamiento. Se encarga de medir el porcentaje del tiempo en que un equipo produce realmente las piezas comparadas con el tiempo ideal que fue planeado para hacerlos. Expresa la diferencia real e ideal que debe eliminarse, puesto que es potencialmente un desperdicio.

Figura 5. Pérdidas en la eficiencia del equipo.



Fuente: Eficiencia Global de los Equipos (OEE). [11]

Se consideran 06 grandes pérdidas para el cálculo del OEE:

- Averías.
- Cambios de configuración o ajustes.
- Micro paros.
- Reducción de velocidad.
- Defectos.
- Mermas.

Las dos primeras grandes pérdidas afectan a la Disponibilidad, las dos siguientes disminuyen el Rendimiento y las últimas a la Calidad. [11]

### 2.2.5.4. Clasificación del OEE

El valor del OEE permite clasificar la efectividad del funcionamiento de los equipos dentro de la empresa. [12]

- Inaceptable: ( $OEE < 65\%$ ). Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
- Regular: ( $65\% < OEE < 75\%$ ). Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
- Aceptable: ( $75\% < OEE < 85\%$ ). Continuar la mejora para superar el 85. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
- Buena: ( $85\% < OEE < 95\%$ ). Buena competitividad.

➤ Excelencia: (OEE > 95%). Excelente competitividad.

#### 2.2.5.5. Modelo Weibull

Es un modelo estadístico que permite realizar estudios de fallas de las máquinas, controlar y mejorar la confiabilidad y los costos.

El modelo tiene 03 parámetros que permite ajustarse a las máquinas en cualquier etapa de su vida, ya sea en el periodo de juventud o de envejecimiento. La determinación de los parámetros utiliza tablas, evalúa el tiempo medio entre fallos y calcula la etapa con respecto a su tasa de fallos en la que se encuentren las máquinas.

La función de la distribución del método Weibull representa la probabilidad de que las máquinas de la planta chancadora sobrevivan hasta el momento t. La función de Confiabilidad R(t) es:

$$R(t) = e^{-\left[\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]}$$

Donde:

- $\eta$  = parámetro de escala o característica de vida.
- $\gamma$  = parámetro de localización.
  - $\gamma > 0$ , valor positivo (no ocurren fallas.)
  - $\gamma < 0$ , valor negativo (ocurre fallas antes del tiempo 0.)
- $\beta$  = parámetro de forma.
  - $\beta < 1$ , tasa de fallas que disminuye con el tiempo.
  - $\beta > 1$ , tasa de fracaso que aumenta con el tiempo.
  - $\beta = 1$ , fallas bastante constantes.
- R(t) = Probabilidad de que un componente falle antes del momento.
- t = tiempo.

A partir de R(t), se puede definir la probabilidad de que una máquina falle antes del momento t, y está representada mediante la función de distribución de fallos F(t):

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]}$$

Donde:

- ✓ F(t) = función de distribución de fallos.

Con este valor se muestra la probabilidad que tiene una máquina de fallar en un tiempo dado. [13]

#### 2.2.5.6. Pasos para la Aplicación del MCC

El M.C.C se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen [14]. En nuestro caso proponemos utilizar los registros de los equipos críticos donde se realizará una serie de preguntas acerca de cada uno de los elementos seleccionados, como:

- ¿Cuáles son las funciones? (Funciones y criterios de funcionamiento.)

- ¿De qué forma fallo? (Fallos Funcionales.)
- ¿Qué causa el fallo? (Modos de fallos).
- ¿Qué sucede cuando hay fallo? (Efecto de los fallos.)
- ¿Qué ocurre si fallo? (Consecuencia de los fallos.)
- ¿Qué se puede hacer para prevenir los fallos? (tareas preventivas.)
- ¿Qué sucede si no puede prevenirse los fallos? (tareas a “falta de”)

#### 2.2.5.7. Funciones del MCC

Cada elemento de los equipos en el registro de la planta debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados (Función específica), que dependen:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

#### 2.2.5.8. Beneficios de Utilizar el MCC

El MCC [15], ha sido utilizado por una gran y amplia variedad de diferentes industrias durante los últimos años y tiene los siguientes beneficios:

- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Mayor control de los costos de mantenimiento.
- Mayor motivación del personal.
- Mayor seguridad y protección del entorno.
- Mejores rendimientos operativos.
- Mejor trabajo motivacional del personal.
- Provee una amplia base de datos de mantenimiento.

#### 2.2.6. Tareas Preventivas del MCC

##### 2.2.6.1. Tareas “a condición”

Se usan para determinar cuando ocurren los fallos potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se convierta en verdaderos fallos funcionales (prevenir).

##### 2.2.6.2. Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

##### 2.2.7. Acciones “a falta de”

Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el RCM se pregunta si merece la pena hacerlas. La respuesta depende de cómo reaccionen a las consecuencias de los fallos que pretende prevenir. [16]

### 2.2.8. Personal Involucrado

En la práctica, el personal de mantenimiento no puede responder por si solo a todas las preguntas del MCC, por lo que es necesario la creación de grupos de trabajo o grupos de revisión, si es que no los hubiera; los cuales deben incluir por lo menos una persona del departamento de mantenimiento y otra del departamento de operación. Ambos deben tener un amplio conocimiento de los equipos que se están estudiando y del MCC.

Ellos definen el contexto operacional, las funciones de los equipos, sus modos de fallos, sus causas probables, sus efectos, sus niveles de criticidad y finalmente, la estrategia más adecuada para cada caso. [17]

*Figura 6. Equipo de trabajo.*



*Fuente: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. [17]*

### 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. SITUACIÓN ACTUAL

##### 3.1.1. Nombre de la Empresa

ASTALDI.

##### 3.1.1.1. Datos de la Empresa

ASTALDI, es una empresa italiana que diseña, desarrolla y opera infraestructura pública y obras de ingeniería civil a gran escala, y tiene una experiencia inigualable en infraestructura de transporte, plantas de producción de energía, construcción civil e industrial, diseño e ingeniería de plantas y operación y mantenimiento.

*Figura 7. Datos de la empresa.*

RUC : 20522478700  
Razón Social : Astaldi S.P.A. - Sucursal del Perú  
Dirección Legal : Av. Larco Nro. 880 Int. 11  
Distrito / Ciudad : Miraflores  
Departamento : Lima, Perú



*Fuente: Astaldi S.P.A – Sucursal del Perú. [18]*

##### 3.1.2. Proyecto

Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura (PEIHAP).

##### 3.1.3. Descripción del Proyecto

Es un proyecto estratégico que consiste en la construcción de la Presa de Derivación y del Túnel de Traslase (13.3km); que permitirá mejorar la calidad de vida de la población asentada en el área, incrementando la producción, productividad y competitividad agraria en la región Piura (Huancabamba – Morropón).

*Figura 8. Esquema general del PEIHAP.*



*Fuente: Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura. [18]*

### 3.1.4. Descripción del Departamento de Mantenimiento

La empresa ASTALDI realiza el mantenimiento preventivo y correctivo en la planta chancadora, con la finalidad de producir agregados (arena y piedra) para la construcción del túnel y presa del proyecto.

Para el desarrollo de las actividades los trabajadores realizan un registro diario en donde se especifica el tipo de parada de planta. El registro se encuentra en el ANEXO 1.

En la *Figura 9*, se muestra el turno, el equipo y la actividad que se lleva a cabo en la empresa Astaldi – Piura.

*Figura 9. Actividades de la Planta Chancadora.*

FECHA	TURNO	VOLUMEN TOTAL	N° DE VIAJES	TIPO DE MATERIAL	EQUIPO	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	ACTIVIDAD
3/09/2017	DIA	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2532.6	2532.6	MANTENIMIENTO
3/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2532.6	2532.6	MANTENIMIENTO
4/09/2017	DIA	360	24	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2532.6	2540.1	PRODUCCION DE AGREGADOS
4/09/2017	NOCHE	255	17	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2540.2	2546.9	PRODUCCION DE AGREGADOS
5/09/2017	NOCHE	240	16	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2550.5	2557.2	PRODUCCION DE AGREGADOS
6/09/2017	DIA	240	16	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2557.2	2563.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
6/09/2017	NOCHE	60	4	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2563.4	2564.7	PRODUCCION DE AGREGADOS
7/09/2017	DIA	270	18	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2564.7	2570.8	PRODUCCION DE AGREGADOS
7/09/2017	NOCHE	225	15	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2570.8	2576.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
8/09/2017	DIA	225	15	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2576.3	2581.2	PRODUCCION DE AGREGADOS
8/09/2017	NOCHE	195	13	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2581.2	2587.2	PRODUCCION DE AGREGADOS
9/09/2017	DIA	150	10	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2587.2	2590.8	PRODUCCION DE AGREGADOS
9/09/2017	NOCHE	330	22	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2590.8	2598.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
10/09/2017	DIA	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2598.3	2598.3	MANTENIMIENTO
10/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2598.3	2598.3	MANTENIMIENTO
11/09/2017	DIA	180	12	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2598.3	2602.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
11/09/2017	NOCHE	300	20	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2602.3	2609	PRODUCCION DE AGREGADOS
12/09/2017	DIA	150	10	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2609	2615.6	PRODUCCION DE AGREGADOS
12/09/2017	NOCHE	315	21	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2615.6	2622.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
13/09/2017	DIA	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2622.3	2626.7	PRODUCCION DE AGREGADOS
13/09/2017	NOCHE	270	18	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2626.7	2633.7	PRODUCCION DE AGREGADOS
14/09/2017	DIA	75	5	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2633.7	2638.8	PRODUCCION DE AGREGADOS
14/09/2017	NOCHE	255	17	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2638.8	2645.9	PRODUCCION DE AGREGADOS
15/09/2017	DIA	90	6	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2645.9	2652.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
15/09/2017	NOCHE	345	23	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2652.3	2659.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
16/09/2017	DIA	120	8	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2659.3	2665.8	PRODUCCION DE AGREGADOS
16/09/2017	NOCHE	315	21	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2665.8	2665.8	MANTENIMIENTO
17/09/2017	DIA	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	0	0	MANTENIMIENTO
17/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	0	0	MANTENIMIENTO
18/09/2017	DIA	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	0	0	MANTENIMIENTO
18/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	0	0	MANTENIMIENTO
19/09/2017	DIA	180	12	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2678.2	2683.9	PRODUCCION DE AGREGADOS
19/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2683.9	2683.9	MANTENIMIENTO
20/09/2017	DIA	75	5	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2683.9	2689.3	PRODUCCION DE AGREGADOS
20/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2689.3	2689.3	MANTENIMIENTO
21/09/2017	DIA	210	14	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2689.3	2696.6	PRODUCCION DE AGREGADOS
21/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2696.6	2696.6	MANTENIMIENTO
22/09/2017	DIA	75	5	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2696.6	2702.6	PRODUCCION DE AGREGADOS
22/09/2017	NOCHE	0	0	GLOBAL	PLANTA CHANCADORA	2702.6	2702.6	MANTENIMIENTO

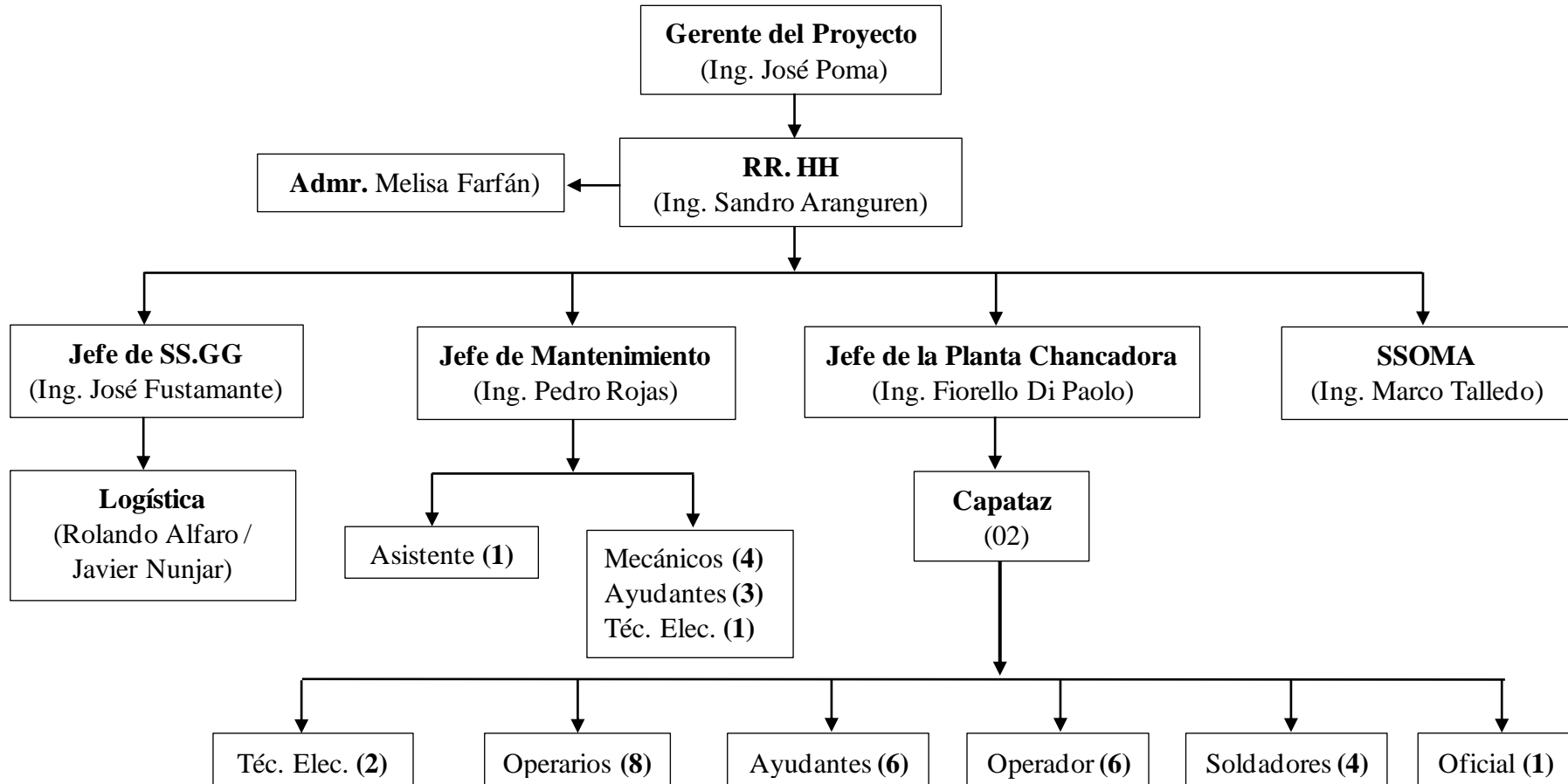
*Fuente: Departamento de Mantenimiento de la Empresa Astaldi - Piura.*

En el ANEXO 2, se describen las paradas de planta por falla y por mantenimiento realizados en la Planta Chancadora durante un año.

A continuación, se presenta el organigrama de la planta chancadora:



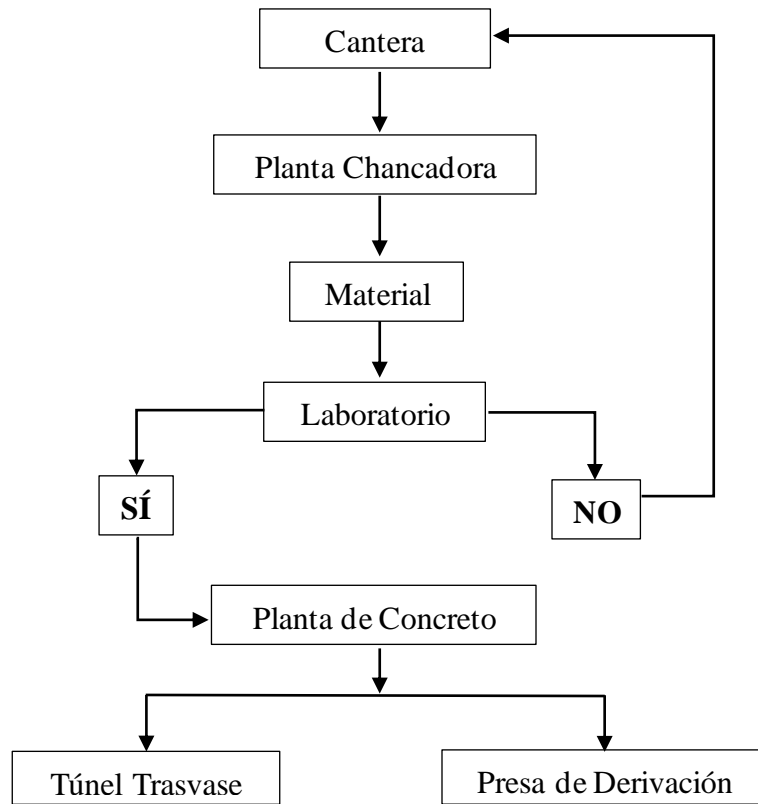
Diagrama 1. Organigrama de la Planta Chancadora en la empresa Astaldi - Piura.



Fuente: Autor del Proyecto.

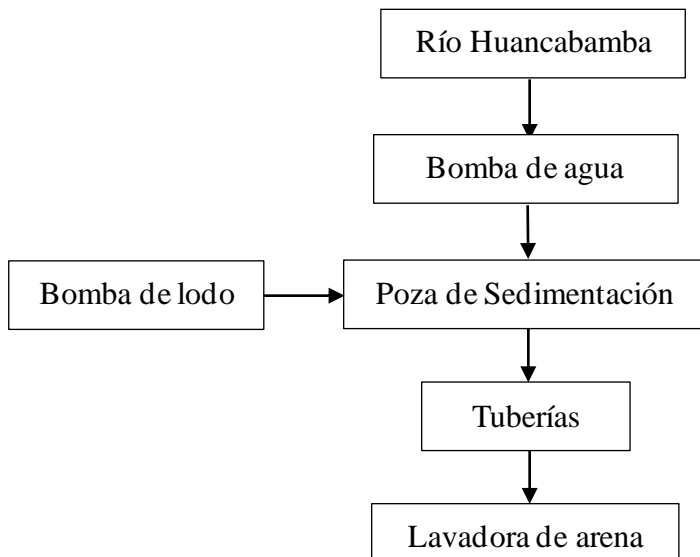
### 3.1.5. Diagrama de Flujo de Operaciones

Diagrama 2. Diagrama de Flujo de Operaciones General del PEIHAP.



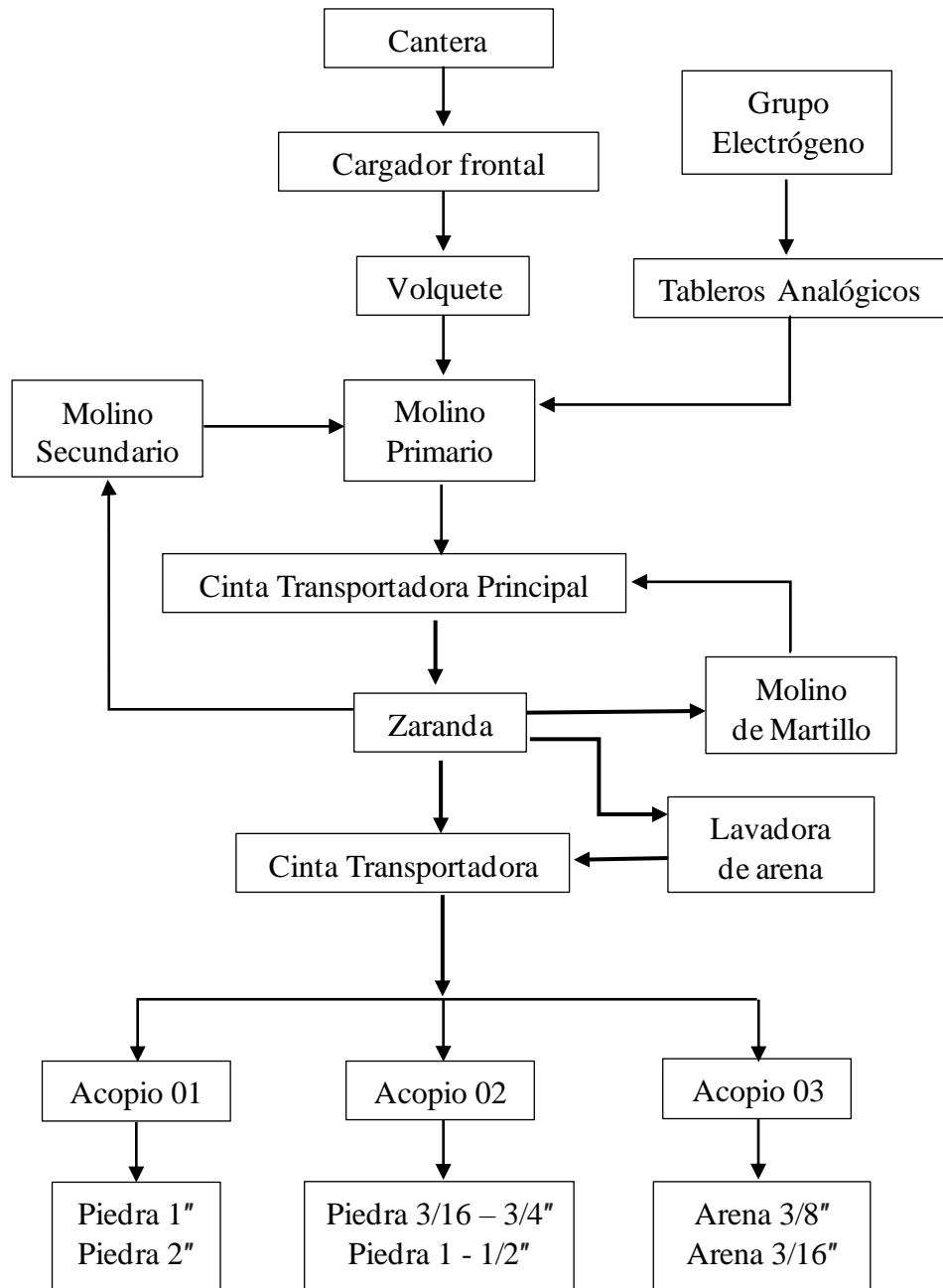
Fuente: Autor del Proyecto.

Diagrama 3. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Lavadora.



Fuente: Autor del Proyecto.

Diagrama 4. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Planta Chancadora.



Fuente: Autor del Proyecto.

### 3.1.6. Disposición de las Máquinas de la Planta Chancadora

En la *Tabla 1*, se tiene las máquinas instaladas en la Planta Chancadora. En el ANEXO 3 se tiene el plano CAD de la Planta Chancadora.

*Tabla 1. Diagrama de Flujo de Operaciones de la Planta Chancadora.*

<b>CÓDIGO</b>	<b>MÁQUINAS</b>
223AST111	Bomba de agua (1)
223AST112	Bomba de agua (2)
224AST017	Bomba de lodo
225AST201	Cinta transportadora (1)
225AST202	Cinta transportadora (2)
225AST203	Cinta transportadora (3)
225AST204	Cinta transportadora (4)
225AST205	Cinta transportadora (5)
225AST206	Cinta transportadora (6)
225AST207	Cinta transportadora (7)
225AST208	Cinta transportadora (8)
226AST003	Grupo electrógeno
227AST094	Lavadora de arena
228AST232	Molino de martillo
229AST141	Molino primario
230AST186	Molino secundario
231AST156	Tableros eléctricos (4)
232AST183	Zaranda

*Fuente: Autor del Proyecto.*


*Figura 10. Planta Chancadora de la Empresa Astaldi - Piura.*



*Fuente: Autor del Proyecto.*

### 3.1.6.1. Datos de las Máquinas

Tabla 2. Datos de la bomba de agua - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

DATOS DE LA MÁQUINA					
<b>Tipo de máquina</b>	Bomba de agua				
<b>Descripción</b>	También llamada bomba hidráulica. Es una máquina que transforma energía, aplicándola para mover el agua. Trabaja con un sistema de bombeo superficial que extrae el agua: (1) del río Huancabamba hacia las pozas de sedimentación y; (2) de las pozas de sedimentación hacia la zaranda de la planta chancadora, a través de tuberías (Tubo 4" x 3m).				
<b>Marca</b>	F50/250 AR - PEDROLLO				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Accionamiento	Eléctrica	Altura (máx)	95m	
	Cebado	Superficie	Potencia (máx)	30 hp	
	Tecnología	Centrífuga	Caudal (máx)	300 + 1000 l/min	
<b>Precio de adquisición</b>	Precio de la bomba	\$ 2351.870			
	Precio de las tuberías	\$ 40	Número de tuberías	4	
	(1) \$ 2391.870		<b>Código</b>	223AST111	
	Precio de la bomba	\$ 2351.870			
	Precio de las tuberías	\$ 120	Número de tuberías	12	
(2) \$ 2471.870		<b>Código</b>	223AST112		
<b>Cantidad de máquinas</b>	2				


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 11. Bomba de agua.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 3. Datos de la bomba de lodo - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

DATOS DE LA MÁQUINA				
<b>Tipo de máquina</b>	Bomba de lodo	<b>Código</b>	224AST017	
<b>Descripción</b>	La bomba de lodo es una máquina que utiliza un agitador ubicado directamente en la extensión del eje. Esta bomba agita y homogeniza el medio, con camisa de refrigeración de 4 polos para el bombeo de fangos con arena que son extraídas de las pozas de sedimentación de la planta chancadora.			
<b>Marca</b>	Bomba de lodo NKZ - TSURMI PUMP			
<b>Especificaciones técnicas</b>	Accionamiento	Eléctrica	Altura (máx)	30 m
	Cebado	Sumergible	Potencia (máx)	14.96 hp
	Tecnología	Centrífuga	Caudal (máx)	14.1259 ft <sup>3</sup> /min
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 3270			
<b>Cantidad de máquinas</b>	1			

Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 12. Bomba de lodo.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 4. Datos de las cintas transportadoras - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

DATOS DE LA MÁQUINA		ASTALDI	
<b>Tipo de máquina</b>	Cinta transportadora		
<b>Descripción</b>	Son equipos que sirven para transportar el mineral. Utilizan una faja de 35" de ancho x 2/5" de espesor que son reforzadas y revestidas con caucho para aguantar tensiones y resistir el fuerte desgaste superficial; debido al rozamiento con los diferentes polines. Los polines (polines curvos, de retorno, de impacto) sostienen las fajas entre las poleas. Las poleas (tambor) tienen una forma cilíndrica que se encuentran acopladas al motor y al reductor que mueven la faja mediante correas o cadenas de transmisión; en donde el eje está sujeto a chumaceras.		
<b>Especificaciones técnicas</b>	Cinta transportadora (1)		<b>Código</b>
	Largo		225AST201
	5.1347 m	Ancho	1 m
	Ubicación		
	Molino de martillo - Cinta transportadora 5		
	Reductor		
	Marca	DODGE	RPM
	24.71	Potencia	14.01 Hp
	Motor		
	Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR	
	Potencia	7.5 Hp	
	Cinta transportadora (2)		<b>Código</b>
	Largo		225AST202
	5.9909 m	Ancho	1 m
	Ubicación		
	Molino secundario / Molino primario - Cinta transportadora 5		
	Reductor		
	Marca	DODGE	RPM
	15.13	Potencia	31.9 Hp
	Motor		
Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		
Potencia	25 Hp		
Cinta transportadora (3)		<b>Código</b>	
Largo		225AST203	
17.1469 m	Ancho	1 m	
Ubicación			
Molino de martillo - Zaranda			
Reductor			
Marca	DODGE	RPM	
24.36	Potencia	21.5 Hp	
Motor			
Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		
Potencia	15 Hp		
Cinta transportadora (4)		<b>Código</b>	
Largo		225AST204	
20.4131 m	Ancho	1 m	
Ubicación			
Zaranda - Molino secundario			
Reductor			
Marca	DODGE	RPM	
25.13	Potencia	53.1 Hp	
Motor			
Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		
Potencia	25 Hp		
Cinta transportadora (5)		<b>Código</b>	
Largo		225AST205	
31.7919 m	Ancho	1 m	
Ubicación			
Faja principal (Zaranda)			
Reductor			
Marca	DODGE	RPM	
25.13	Potencia	53.1 Hp	
Motor			
Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		
Potencia	25 Hp		

<b>Especificaciones técnicas</b>	Cinta transportadora (6)			<b>Código</b>	225AST206	
	Largo	25.6739 m	Ancho	1 m		
	Ubicación		Zaranda - Acopio 1			
	Reductor					
	Marca	DODGE	RPM	25.13	Potencia	53.1 Hp
	Motor					
	Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		Potencia	25 Hp	
	Cinta transportadora (7)			<b>Código</b>	225AST207	
	Largo	16.3164 m	Ancho	1 m		
	Ubicación		Zaranda - Acopio 2			
	Reductor					
	Marca	DODGE	RPM	24.38	Potencia	21.5 Hp
	Motor					
	Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		Potencia	15 Hp	
	Cinta transportadora (8)			<b>Código</b>	225AST208	
	Largo	31.499 m	Ancho	1 m		
Ubicación		Zaranda - Acopio 3				
Reductor						
Marca	DODGE	RPM	24.38	Potencia	21.5 Hp	
Motor						
Marca	INDUSTRIAL ELECTRIC MOTOR		Potencia	15 Hp		
<b>Precio de adquisición</b>	(1) \$ 15 000					
	(2) \$ 27 000					
	(3) \$ 16 000					
	(4) \$ 29 000					
	(5) \$ 30 500					
	(6) \$ 30 000					
	(7) \$ 23 700					
	(8) \$ 26 500					
<b>Cantidad de máquinas</b>	8					

*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Figura 13. Cintas Transportadoras.*



*Fuente. Autor del Proyecto.*

*Figura 14. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (1).*



*Fuente: Autor del Proyecto.*





Figura 18. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (5).



Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 19. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (6).



Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 20. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (7).




Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 21. Placa del reductor y motor de la cinta transportadora (8).



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 5. Datos del grupo electrógeno - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

<b>DATOS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Tipo de máquina</b>	Grupo Electrógeno	<b>Código</b>	226AST003		
<b>Descripción</b>	Es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna. La transformación se logra gracias a la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos del estator (fuerza electromotriz). Compuesto por un motor diesel y por un alternador, cuyo montaje permite producir energía eléctrica y distribuirla a la Planta Chancadora.				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Placa	AP IG O12	Combustible	Diesel	
	Producción de energía	635 - 800 kW	Marca	CAT	
	Frecuencia	60 Hz	Modelo	C27	
	Norma	ISO 8528 - 5	Cilindrada	27.03 l	
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 40 000				
<b>Cantidad de máquinas</b>	1				


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 22. Grupo electrógeno.



Fuente. Autor del Autor.

Tabla 6. Datos de la lavadora de arena – Planta Chancadora (Astaldi – Piura).

<b>DATOS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Tipo de máquina</b>	Lavadora de arena	<b>Código</b>	227AST094		
<b>Descripción</b>	Es una máquina en la que se filtra y se remueve la arena para obtener un material de mejor calidad (Arena 3/8" , 3/16"). Está formado por una estructura tipo cajón con refuerzos que giran en torno a un eje de 9 espirales, lo que le permite una alta capacidad continua de lavado. El sistema de transmisión utiliza un motor, fajas de transmisión, rodamientos SKF y placas de acero de alto manganeso. Tiene la función de lavar la arena extraída de la zaranda para ser conducida al acopio 3 por medio de la faja transportadora 8.				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Marca	SIEMENS	Peso	27 Kg	
	Serie	1LE10021BB22AA47	Potencia	6 Hp	
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 11 000				
<b>Cantidad de máquinas</b>	1				


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 23. Lavadora de arena.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 7. Datos del molino de martillo - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

DATOS DE LA MÁQUINA						
<b>Tipo de máquina</b>	Molino de martillo	<b>Código</b>	228AST232			
<b>Descripción</b>	Es una máquina trituradora que aprovecha la energía de un impacto o golpe para romper el material. El molino o trituradora de martillo utiliza 4 martillos que giran sobre el eje incrustado en el rotor. Es el tercer molino de la planta chancadora en donde el esfuerzo de percusión se limita por la velocidad del rotor y la masa del martillo. Utiliza una tolva y un alimentador.					
	<b>Tolva</b> Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados. Posee una capacidad menor que los silos (30 - 300 m³).					
	<b>Alimentador vibratorio</b> Son muy usados, por ocupar poco espacio y fáciles de regular la alimentación. Sin embargo, cuando el mineral es húmedo y contiene arcilla, con la vibración se libera agua y la arcilla se pega a la bandeja afectando la descarga de las partículas.					
<b>Especificaciones técnicas</b>	Tipo de molino de martillo			SR / N		
	Giro del roto	1100 RPM (Máximo)	Rodamientos	22320 EKI		
	Díametro de la polea del motor	0.355 m (8 canales)	Buje	H - 320		
	<b>Dimensiones</b>					
	Ancho	2.900 m	Espesor	1.350 m	Altura	2.700 m
	<b>Motor</b>					
	Marca	SIEMENS	Peso	580 kg	Rendimiento	94.5
RPM	1786	Modelo	1LG4283 - 4EA90	Potencia	120 Hp	
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 57 000					
<b>Cantidad de máquinas</b>	1					


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 24. Molino de martillo.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 8. Datos del molino primario - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

<b>DATOS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Tipo de máquina</b>	Molino primario	<b>Código</b>	229AST141		
<b>Descripción</b>	También llamado trituradora de mandíbula o de quijada. Recibe ese nombre debido al movimiento que realiza su placa de trituración similar a una mandíbula de masticar. Es una máquina utilizada en la trituración de primer nivel. La trituración de primer nivel es una trituración gruesa y media en donde las partículas trituradas que se obtienen no son tan finas. El movimiento oscilatorio y la presión que la placa de trituración ejerce sobre los minerales al hacerlos chocar con la pared interna de la trituradora es lo que provoca que las piedras se fragmenten y se complete la trituración. Está formado por una tolva (30 - 300m <sup>2</sup> ), y un criba con barras que utiliza una abertura más ancha, con la finalidad de proporcionar mayor eficiencia y a la vez se encuentra acoplada a un motor.				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Modelo del molino	BR900		Marca	MEN - ITALY
	Motor del molino	75 Hp	1775 RPM	Marca	SMEM MONZA ITALY
	Motor de la criba	20 Hp	1164 RPM	Marca	SMEM MONZA ITALY
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 53 000				
<b>Cantidad de máquinas</b>	1				


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 25. Molino primario.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 9. Datos del molino secundario - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

<b>DATOS DE LA MÁQUINA</b>					
<b>Tipo de máquina</b>	Molino secundario	<b>Código</b>	230AST186		
<b>Descripción</b>	Recibe ese nombre debido al movimiento que realiza su placa de trituración similar a una mandíbula de masticar. Es una máquina utilizada en la trituración de segundo nivel. La trituración de segundo nivel es una trituración media en donde las partículas trituradas que se obtienen son de un diámetro de 3.5". Está formado por una tolva (30 - 300m <sup>2</sup> ) y planchas de acero que regulan la mandíbula a través de templadores (resortes).				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Modelo	FR90		Marca	MEN - ITALY
	Motor	72Hp	1480RPM	Marca	SMEM MONZA ITALY
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 51 000				
<b>Cantidad de máquinas</b>	1				


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 26. Molino secundario.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 10. Datos de los tableros eléctricos - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

<b>DATOS DE LA MÁQUINA</b>			
<b>Tipo de máquina</b>	Tableros eléctricos	<b>Código</b>	231AST156 
<b>Descripción</b>	Es una caja o gabinete que contiene dispositivos eléctricos y electrónicos (pulsadores, botones, paros de emergencia, selectores, lámpara piloto, conductores eléctricos, guardamotors, termomagnéticos, diferenciales, fusibles, reveladores de control) que energizan carga, para controlar el funcionamiento de las máquinas de la planta chancadora. La capacidad de corriente es de 140 A.		
<b>Precio de adquisición</b>	(1) \$ 4397		
	(2) \$ 4101		
	(3) \$ 4071		
	(4) \$ 4012		
<b>Cantidad de máquinas</b>	4		


Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 27. Tableros eléctricos.



Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 11. Datos de la zaranda - Planta Chancadora (Astaldi - Piura).

DATOS DE LA MÁQUINA					
<b>Tipo de máquina</b>	Zaranda	<b>Código</b>	232AST183		
<b>Descripción</b>	Es una máquina vibratoria utilizada para filtrar los materiales después de la trituración. Utiliza 3 mallas para la separación del material y tuberías para el lavado de arena y piedra. Funciona por un motor que deja girar rápidamente el bloque excéntrico, el cual consigue gran fuerza centrípeta, y luego excita a la caja de filtro hacer movimiento circular. Por el primer nivel de la caja pasan los materiales de la cinta transportadora (5). La cubierta inclinada hace noción de lanzamiento y se caen los finos en las diferentes mallas para luego ser procesadas a través de las cintas transportadoras (6),(7) y (8).				
<b>Especificaciones técnicas</b>	Modelo	W18	Marca	MEM - ITALY	
	Motor de la zaranda	40 Hp	1450RPM	Marca	SMEM MONZA ITALY
	Capacidad	50 - 400	Área	37.8 m <sup>2</sup>	Peso
<b>Precio de adquisición</b>	\$ 110 000				
<b>Cantidad de máquinas</b>	1				

Fuente: Autor del Proyecto.

Figura 28. Zaranda.



Fuente: Autor del Proyecto.

### 3.1.7. Elaboración de la Auditoría de Mantenimiento

Para la elaboración de la auditoría de mantenimiento se han considerado 10 categorías referentes a cómo opera el departamento de mantenimiento y son:

- Organización del Departamento de Mantenimiento.
- Administración del Departamento de Mantenimiento.
- Planeamiento del Mantenimiento.
- Programación del Mantenimiento.
- Personal del Departamento de Mantenimiento.
- Ejecución del Mantenimiento.
- Supervisión en el Departamento de Mantenimiento.
- Abastecimiento para el Departamento de Mantenimiento.
- Procesos de Gestión para el Departamento de Mantenimiento.
- Organización del Departamento de Mantenimiento.

Cada categoría tiene 10 preguntas en donde los trabajadores han respondido con sinceridad y responsabilidad, indicándoles que no es solo para el beneficio de una buena auditoría de mantenimiento; sino que tendrá repercusiones en el departamento de mantenimiento de la empresa.

El puntaje de cada respuesta varía entre 10 y 1, considerando la siguiente calificación:

- 10 = Excelente.
- 8 y 9 = Bueno.
- 5, 6 y 7 = Poco satisfactorio.
- 3 y 4 = Malo.
- 1 y 2 = Muy malo.

A continuación, se muestran las preguntas que conforma la Auditoría de Mantenimiento.

*Tabla 12. Preguntas de la Auditoría de Mantenimiento.*

N°	Componentes
1.01	Claridad de la ubicación del departamento de mantenimiento dentro de la organización de su empresa.
1.02	Claridad de la organización del departamento de mantenimiento de su empresa.
1.03	Autonomía que el departamento de mantenimiento tiene dentro de la organización de su empresa.
1.04	¿Cómo calificaría la organización del departamento de mantenimiento en la planta chancadora - Astaldi (Piura)?
1.05	¿Cómo calificaría las vías de comunicación entre el dpto. de mantenimiento con los otros departamentos?
1.06	¿Cómo calificaría las vías de comunicación internas del departamento de mantenimiento?
1.07	Grado de impacto de mantenimiento sobre la ganancia de su empresa.
1.08	El departamento de mantenimiento tiene definidas claramente sus funciones.
1.09	El departamento de mantenimiento tiene claramente definidas sus responsabilidades.
1.10	El departamento de mantenimiento es considerado para toma de decisiones por los demás departamentos.
<b>2</b>	<b>Administración del departamento de Mantenimiento</b>
N°	Componentes
2.01	¿Cómo calificaría el apoyo de la gerencia de operaciones al departamento de mantenimiento?
2.02	¿Cómo calificaría la comunicación de todos los dptos. de su empresa con el dpto. de mantenimiento?
2.03	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de recursos humanos al departamento de mantenimiento?
2.04	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de logística al departamento de mantenimiento?
2.05	¿Cómo calificaría el apoyo de las divisiones de ventas al departamento de mantenimiento?
2.06	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de sistemas al departamento de mantenimiento?
2.07	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de contabilidad al departamento de mantenimiento?
2.08	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de finanzas al departamento de mantenimiento?
2.09	¿Cómo calificaría el apoyo del departamento de control de calidad al departamento de mantenimiento?
2.10	La información de la planta le llega a mantenimiento a tiempo y en forma.

<b>3</b>	<b>Planeamiento del Mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
3.01	¿Cómo calificaría el planeamiento de mantenimiento dentro de la organización de su empresa?
3.02	¿Cómo calificaría la recepción de solicitudes de servicio de producción por el dpto. de mantenimiento?
3.03	¿Cómo calificaría el manejo de ordenes de trabajo en el departamento de mantenimiento?
3.04	¿Cómo calificaría el planeamiento de la mano de obra en el departamento de mantenimiento?
3.05	¿Cómo calificaría el planeamiento de materiales en el departamento de mantenimiento?
3.06	¿Cómo calificaría el planeamiento del equipo de mantenimiento en el departamento de mantenimiento?
3.07	¿Cómo calificaría el planeamiento de los contratistas en el departamento de mantenimiento?
3.08	¿Cómo calificaría la coordinación de fechas para realizar mantenimiento con producción?
3.09	¿Cómo calificaría el planeamiento del mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento?
3.10	¿Cómo calificaría el reporte de cumplimiento de mantenimiento planeado por el dpto de mantenimiento?
<b>4</b>	<b>Programación del Mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
4.01	¿Cómo calificaría la programación del mantenimiento dentro de la organización de su empresa?
4.02	¿Cómo calificaría la programación de las solicitudes de servicio de producción?
4.03	¿Cómo calificaría la programación de la orden de trabajo en el departamento de mantenimiento?
4.04	¿Cómo calificaría la programación de la mano de obra en el departamento de mantenimiento?
4.05	¿Cómo calificaría la programación de materiales en el departamento de mantenimiento?
4.06	¿Cómo calificaría la programación del equipo de mantenimiento en el departamento de mantenimiento?
4.07	¿Cómo calificaría la programación de los contratistas en el departamento de mantenimiento?
4.08	¿Cómo calificaría la coordinación con producción para la entrega de máquina para realizar mantenimiento?
4.09	¿Cómo calificaría la programación del mantenimiento preventivo en el departamento de mantenimiento?
4.10	¿Cómo calificaría el reporte de cumplimiento de mantenimiento programado por el dpto. de mantenimiento.
<b>5</b>	<b>Personal del departamento de mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
5.01	El departamento de mantenimiento tiene el personal en cantidad suficiente?
5.02	El departamento de mantenimiento tiene el personal con calidad técnica?
5.03	El departamento de mantenimiento tiene el personal con experiencia suficiente?
5.04	El personal de mantenimiento conocen y están involucrados con los objetivos de la empresa?
5.05	El personal de mantenimiento está involucrado con los objetivos propios de su departamento?
5.06	El personal de mantenimiento es evaluado y calificado periódicamente?
5.07	Facilidad para cubrir al personal de mantenimiento.
5.08	El personal de mantenimiento trabajan solos y son responsables de las tareas que realizan.
5.09	El personal de mantenimiento tiene habilidades para resolver problemas y tomar decisiones solos.
5.10	El personal del mantenimiento recibe capacitación técnica externa permanentemente.
<b>6</b>	<b>Ejecución del Mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
6.01	El personal de Mantenimiento acciona en base a planes y programas.
6.02	El departamento de mantenimiento participa en la elaboración de los programas de producción?
6.03	¿Cómo calificaría la aplicación del concepto de MP en la planta, inspección y revisión planeadas?
6.04	¿Cómo calificaría el desempeño del dpto. de mantenimiento para resolver los problemas de emergencia?
6.05	El dpto. de mantenimiento devuelve las solicitudes de mantto. con la información de los trabajos realizados?
6.06	El departamento de mantenimiento tiene archivos de documentación técnica e historial de equipos al día?
6.07	El departamento de mantenimiento dispone de repuestos y suministros generales en los almacenes?
6.08	El dpto. de mantenimiento dispone de suficientes herramientas, equipos y máquinas en buen estado?
6.09	El departamento de mantenimiento presta atención, estudia y resuelve los casos de fallas repetitivas?
6.10	El departamento de mantenimiento dispone con suficiente datos sobre costos y presupuestos?
<b>7</b>	<b>Supervisión en el departamento de Mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
7.01	Existe supervisión del personal de mantenimiento?
7.02	La supervisión de mantenimiento conoce sus obligaciones técnicas, funciones y responsabilidades?
7.03	La supervisión elabora los planes y programas de actividades de mantenimiento y los controla?
7.04	La supervisión conoce, cumple y hace cumplir la política y objetivos del departamento de mantenimiento?
7.05	La supervisión maneja y aplica la economía y control de costos de mantenimiento de su empresa?
7.06	La supervisión de mantenimiento de la planta sabe escuchar a su personal?
7.07	La supervisión de mantenimiento de la planta analiza y resuelve problemas por sí misma?
7.08	La supervisión de mantenimiento de la planta sabe escuchar a otro personal de otros departamentos?
7.09	La supervisión de mantenimiento tiene fluida relación con los niveles superiores de la planta?
7.10	¿Cómo calificaría la relación entre los supervisores de operaciones con los supervisores de mantenimiento?
<b>8</b>	<b>Abastecimiento para el departamento de mantenimiento</b>
<b>N°</b>	<b>Componentes</b>
8.01	¿Cómo calificaría la respuesta a las solicitudes de compras pedidos por el dpto. de mantenimiento?
8.02	Los almacenes de repuestos para mantenimiento están correctamente ordenados?
8.03	¿Cómo están los mecanismos de recepción de repuestos para mantenimiento en calidad y cantidad?
8.04	Se compra en base a especificaciones precisas del departamento de mantenimiento?
8.05	El catálogo de componentes (repuestos) de la planta es permanentemente actualizado?
8.06	Disponibilidad de repuestos, materiales y suministros para mantenimiento?
8.07	El departamento de mantenimiento de la planta tiene participación en el proceso de compra?
8.08	El registro de proveedores para mantenimiento es actualizado permanentemente?
8.09	Se respetan los niveles máximo / mínimo de existencias para mantenimiento? (stock)
8.10	Es fácil contratar servicios de terceros para mantenimiento?



9 Procesos de Gestión para el departamento de mantenimiento	
N°	Componentes
9.01	¿Cómo calificaría los planes a mediano y largo plazo del departamento de mantenimiento?
9.02	¿Cómo calificaría las metas y objetivos para todos los niveles del departamento de mantenimiento?
9.03	¿Cómo calificaría el presupuesto del departamento de mantenimiento?
9.04	¿Cómo calificaría los métodos y procedimientos del departamento de mantenimiento?
9.05	¿Cómo calificaría los indicadores de medición del desempeño del departamento de mantenimiento?
9.06	¿Cómo calificaría los indicadores de control de costos del departamento de mantenimiento?
9.07	¿Cómo calificaría los indicadores de control de mano de obra del departamento de mantenimiento?
9.08	¿Cómo calificaría los evaluaciones del desempeño individual en el departamento de mantenimiento?
9.09	¿Cómo calificaría los procesos de selección de personal en el departamento de mantenimiento?
9.10	El grado de conocimiento de las necesidades del cliente interno por parte del dpto. de mantenimiento?
10 Sistemas informáticos para el departamento de mantenimiento	
N°	Componentes
10.01	Existe un sistema informático de mantenimiento en la planta chancadora - Astaldi (Piura)?
10.02	Existe un registro de máquinas en el sistema informático de su empresa?
10.03	Existe un programa para la gestión de orden de trabajo en el sistema informático de su empresa?
10.04	Existe un programa para el planeamiento de trabajos de mant. en el sistema informático de su empresa?
10.05	Existe un programa para la programación de trabajos de mant. en el sistema informático de su empresa?
10.06	Existe un programa para el control de existencias (stock) en el sistema informático de su empresa?
10.07	Existe una base de datos para el historial de los equipos en el sistema informático de su empresa?
10.08	Existe un programa para el control de costos en el sistema informático de su empresa?
10.09	Existe un programa para el monitoreo de la condición de máquinas en el sistema informático de su empresa?
10.10	Existe un programa para medir rendimiento de las máquinas en el sistema informático de su empresa?

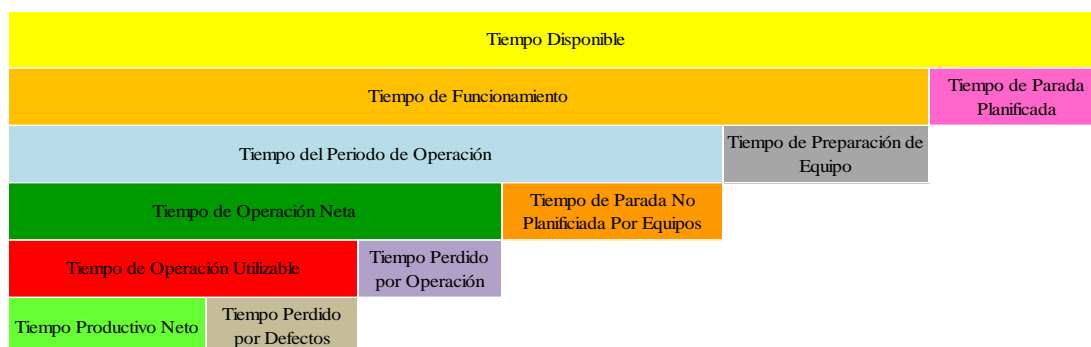
Fuente: Ing. César Augusto Corrales Riveros. [19]

### 3.1.8. Elaboración de la Efectividad Global de los Equipos

Para calcular la razón porcentual que mide la eficiencia productiva de cada máquina (OEE), se utilizan los datos del mes de mayo del 2017 al mes de abril del 2018. Los datos son referentes a producción (tonelada / hora), a la preparación y ajuste (horas), las paradas mecánicas, eléctricas y electrónicas (horas) y a los defectos (toneladas / hora). En el ANEXO 4, se evidencia la producción diaria de agregados.

Con esta base de datos y utilizando el *Diagrama 5*, se calcularon los distintos tiempos del OEE en la Planta Chancadora.

Diagrama 5. Distribución de tiempo para elaboración del OEE.



Fuente: Ing. Alexander Querevalú Morante. [20]

#### 3.1.8.1. Tiempo Disponible

El Tiempo Disponible (TD), es la cantidad de tiempo en la que va estar basado el OEE (horas).

En un OEE:

- Semanal: 7 días.

- Mensual: 30 días.
- Anual: 365 días

Tiempo Disponible = Anual \* 24 horas

Tiempo Disponible = 365 \* 24 horas

Tiempo Disponible = 8760 horas

### 3.1.8.2. Tiempo de Funcionamiento

El Tiempo de Funcionamiento (TF), equivale a la suma de horas por día, durante el periodo de evaluación de la propuesta (01 año).

*Tabla 13. Horario de trabajo anual de la Planta Chancadora - Astaldi (Piura).*

<b>TURNO: DÍA</b>				
<b>DÍA</b>	<b>H. INICIAL</b>	<b>H.FINAL</b>	<b>H.I.AMUERZO</b>	<b>H.F.ALMUERZO</b>
Lunes	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Martes	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Miércoles	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Jueves	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Viernes	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Sábado	6:00 a.m.	6:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
Domingo	6:00 a.m.	4:00 p.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.
<b>TURNO: NOCHE</b>				
<b>DÍA</b>	<b>H. INICIAL</b>	<b>H.FINAL</b>	<b>H.I.CENA</b>	<b>H.F.CENA</b>
Lunes - Martes	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.
Martes - Miércoles	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.
Miércoles - Jueves	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.
Jueves - Viernes	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.
Viernes - Sábado	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.
Sábado - Domingo	6:00 p.m.	6:00 a.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tiempo de Funcionamiento = 7512 horas

### 3.1.8.3. Tiempo de Parada Planificada

El Tiempo de Parada Planificada (TPP), equivale a las horas perdidas, debido al planeamiento del funcionamiento de la Planta Chancadora y se obtiene al restar las horas del Tiempo Disponible menos el Tiempo de Funcionamiento.

Las horas perdidas por Parada de Producción Planificada son:

- Cambio de turno.
- Tiempo para comidas.

Las horas perdidas por mantenimiento planificado:

- Mantenimiento Predictivo.
- Mantenimiento Preventivo.

$$\text{Tiempo de Parada Planificada} = \text{TD} - \text{TF} = 1248 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.4. Tiempo de Preparación de Equipo

El Tiempo de Preparación de Equipo (TPE), son las horas perdidas debido a la preparación y ajustes de los equipos:

- Arranque del Grupo Electrógeno.
- Cambio de Producto.
- Parada del equipo.

$$\text{Tiempo de Preparación de Equipo} = 401 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.5. Tiempo del Periodo de Operación

El Tiempo del Periodo de Operación (TPO), se obtiene al restar las horas del Tiempo de Funcionamiento menos el Tiempo de Preparación de Equipo.

$$\text{Tiempo del Periodo de Operación} = \text{TF} - \text{TPE}$$

$$\text{Tiempo del Periodo de Operación} = 7512 \text{ h} - 401 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo del Periodo de Operación} = 7111 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.6. Tiempo de Parada No Planificada por Equipos

El Tiempo de Parada No Planificada por Equipos (TPNP), son las horas perdidas debido a las fallas de los equipos:

- Fallas Eléctricas.
- Fallas Electrónicas.
- Fallas Mecánicas.

$$\text{Tiempo de Parada No Planificada} = 529 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.7. Tiempo de Operación Neta

El Tiempo de Operación Neta (TON), se obtiene al restar las horas del Tiempo del Periodo de Operación menos el Tiempo de Parada No Planificada por Equipos.

$$\text{Tiempo de Operación Neta} = \text{TPO} - \text{TPNP}$$

$$\text{Tiempo de Operación Neta} = 7111 \text{ h} - 529 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo de Operación Neta} = 6582 \text{ h}$$

#### 3.1.8.8. Tiempo Perdido por Operación

El Tiempo Perdido por Operación (TP), son las horas perdidas debido a las fallas de Operación se deben a:

- Fallas en los suministros de materia prima o insumos.
- Malas operaciones.

- Marchas en vacío.
- Pequeñas paradas.
- Velocidad reducida.

$$\text{Tiempo Perdido por Operación} = 700.7 \text{ h}$$

#### 3.1.8.9. Tiempo de Operación Utilizable

El Tiempo de Operación Utilizable (TOU), se obtiene al restar las horas del Tiempo de Operación Neta menos el Tiempo Perdido por Operación.

$$\text{Tiempo de Operación Neta} = \text{TON} - \text{TP}$$

$$\text{Tiempo Perdido por Operación} = 6582 \text{ h} - 700.7 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo Perdido por Operación} = 5881.3 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.10. Tiempo Perdido por Defectos

El Tiempo Perdido por Defectos (TPD), son las horas perdidas debido a las fallas por defecto:

- Mermas.
- Rechazos.
- Repeticiones.

$$\text{Tiempo Perdido por Defectos} = 1027.3 \text{ horas}$$

#### 3.1.8.11. Tiempo Productivo Neto

El Tiempo Productivo Neto (TPN), se obtiene al restar las horas del Tiempo de Operación Utilizable menos el Tiempo Perdido por Defectos.

$$\text{Tiempo Productivo Neto} = \text{TOU} - \text{TPD}$$

$$\text{Tiempo Productivo Neto} = 5881.3 \text{ h} - 1027.3 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo Productivo Neto} = 4854 \text{ horas}$$

### 3.2. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS

Para la realización del AMEF, se ha considerado los siguientes criterios para la obtención del Número de Prioridad de Riesgo.




Tabla 14. Puntajes del AMEF.

<b>Gravedad (G)</b>	
Descripción	Puntaje
Ínfima (imperceptible)	1
Escasa (falla menor)	2 - 3
Baja (fallo inminente)	4 - 5
Media (fallo pero no para el sistema)	6 - 7
Elevada (falla crítica)	8 - 9
Muy elevada (con problemas de seguridad, no conformidad)	10
<b>Ocurrencia (O)</b>	
Descripción	Puntaje
1 falla en mas de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2 - 3
1 falla cada 1 año	4 - 5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6 - 7
1 falla entre 1 a 6 meses	8 - 9
1 falla al mes	10
<b>Detección (D)</b>	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2 - 3
Moderada	4 - 5
Frecuente	6 - 7
Elevada	8 - 9
Muy elevada	10
Número de Prioridad de Riesgo	<b>NPR = G*O*D</b>

*Fuente: Martín Da Costa Burga. [21]*

Las características de análisis del NPR:

Tabla 15. Características del NPR.

<b>RPN &gt; 200</b> (I = Inaceptable).	
<b>200 &gt; RPN &gt; 125</b> (R = Reducción deseable).	
<b>125 &gt; RPN</b> (A = Aceptable).	

*Fuente: Autor del Proyecto.*

A continuación, se expone el desarrollo de los cuadros del AMEF:

Tabla 16. AMEF de la bomba de agua.

Nombre de la Máquina :		Bomba de agua			Fecha :	7/11/2019		NºAMEF :	1		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Carcasa o Armazón	Protege las partes internas de la bomba.	Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección Visual.	6	6	5	180			
Cojinetes o Rodamientos	Sostener el eje impulsor.	Rotura.	Desalineamiento entre eje bomba y eje motor.	Desgaste.	Mantenimiento Correctivo.	7	6	4	168			
Impulsor, Rotor o Rodetes	Impulsar el fluido contenido en la carcasa.	Rotura.	La bomba no genera flujo.	Desgaste.	Mantenimiento Preventivo.	8	4	4	128			
Motor eléctrico	Mover el eje y el impulsor para el transporte del fluido.	Circuito abierto.	Falla en el arranque.	Cable eléctrico sulfatado.	Mantenimiento Preventivo.	9	4	3	108			
Sello mecánico	Evitar la fuga de fluido.	Rotura.	Fuga de agua.	Desgaste.	Mantenimiento Correctivo.	9	6	5	270			

Fuente. Autor del Proyecto.

Tabla 17. AMEF de la bomba de lodo.

Nombre de la Máquina :		Bomba de lodo			Fecha :	7/11/2019		NºAMEF :	2		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Carcasa	Protege las partes internas de la bomba.	Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección Visual.	6	6	5	180			
Impeler	Incrementar presión.	Desgaste del impeler.	Deficiencia de la bomba de lodo.	Estrangulamiento.	Mantenimiento Preventivo.	8	4	4	128			
Rodamientos	Sostener el eje.	Contaminación en el lubricante.	Descascaramiento, rayas en las pistas.	Oxidación.	Mantenimiento Correctivo.	8	6	4	192			
Sello mecánico	Tapar el agujero por donde se introduce el eje en la carcasa.	Rotura.	Fuga de lodo.	Fricción	Mantenimiento Correctivo.	9	5	5	225			

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 18. AMEF de las cintas transportadoras.

Nombre de la Máquina :		Cintas Transportadoras			Fecha :	7/11/2019		NºAMEF :	3		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Chumaceras	Soporte para la rotación del eje.	Desgaste de rodamientos.	Falla la chumacera.	Falta de lubricación.	Mantenimiento Correctivo.	6	6	5	180			
		Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección Visual.	6	6	5	180			
Estructura metálica	Soporte para la cinta transportadora.	Oxidación.	Debilitamiento de estructura metálica.	Lluvias.	Inspección Visual.	10	3	3	90			
Faja transportadora	Transportar el material.	Desgaste de la faja.	Desperdicio del material.	Fricción con la polea.	Inspección Visual.	7	8	6	336			
Motor eléctrico	Convertir la energía eléctrica en energía mecánica.	Desgaste del rotor.	Deficiencia del motor.	Sobrecarga eléctrica.	Mantenimiento Preventivo.	9	3	4	108			
Polines	Soportar la faja transportadora y su carga	Desgaste de polines.	Atascamiento de la faja.	Fricción con la faja.	Inspección Visual.	7	8	6	336			
Reductor	Reducir la velocidad del motor.	Rotura de rodamientos.	Deficiencia del reductor.	Sobrecarga eléctrica.	Mantenimiento Preventivo.	8	6	5	240			
Tambor o polea	Mantener la banda centrada.	Tambor descentrado.	Cinta descentrada en movimiento de avance.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección Visual.	6	6	5	180			

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 19. AMEF del grupo electrógeno.

Nombre de la Máquina :		Grupo electrógeno			Fecha :	7/11/2019	NºAMEF :	4	ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes					
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN	
Alemador	Generar corriente eléctrica.	El rotor no puede girar.	No se genera corriente eléctrica.	Rotura de rodamientos.	Mantenimiento preventivo.	7	3	3	63	
Batería	Proveer la fuente de energía para arrancar el motor.	Circuito abierto.	Incapaz de hacer arrancar el motor.	Conexiones eléctricas dañadas o sueltas.	Inspección visual.	8	5	5	200	
Bomba de aceite	Transferir el aceite lubricante desde el cárter hacia los filtros.	Nivel de aceite es bajo.	Sobrecalentamiento del motor.	Avería.	Inspección visual.	8	5	5	200	
		Circulación y presión de aceite baja.	Fallo de la bomba.	Desgaste.	Inspección visual.	7	5	5	175	
Filtro de combustible	Sirve de barrera que evita penetración de suciedad e impurezas.	Colador y líneas de combustible restringidos.	Pérdida de potencia. Presencia de Humo negro o gris.	Obstrucción.	Inspección visual.	8	5	5	200	
Inyector diésel	Introducir una determinada cantidad de combustible a la cámara de combustión.	Baja inyección de combustible dentro de la cámara.	Afecta el funcionamiento del motor diésel.	Suciedad.	Inspección visual.	7	5	5	175	
Motor eléctrico	Fuente de energía para que el alternador gire y genere electricidad.	Circuito abierto.	Falla en el arranque.	Cable eléctrico sulfatado.	Mantenimiento preventivo.	10	3	3	90	
Retén del termostato	Evitar fugas.	Fuga de líquido refrigerante.	Presencia de humo blanco.	Rotura de retén.	Mantenimiento preventivo.	7	4	4	112	
Sensor	Detectar estímulos y responder en consecuencia.	Sensor en falla.	Aumento de temperatura, velocidad del motor y daño del alternador.	Desgaste o rotura prematura.	Mantenimiento preventivo.	8	5	4	160	
Termostato	Regular el flujo de refrigerante.	Incremento excesivo de temperatura.	Fallo del motor.	Termostato dañado.	Mantenimiento preventivo.	8	3	5	120	
Válvula de escape	Cerrar y abrir los conductos de admisión y escape de gases.	Válvulas dobladas.	Sobrecalentamiento. Pérdida de potencia.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección visual.	7	5	5	175	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 20. AMEF de la lavadora de arena.

Nombre de la Máquina :		Lavadora de arena			Fecha :	7/11/2019	NºAMEF :	5	ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes					
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN	
Cojinete	Evitar el desgaste de los puntos de apoyo de la lavadora.	Rotura del cojinete de rodadura.	Exceso de ruido.	Por fricción.	Inspección visual.	7	6	4	168	
Motor eléctrico	Mover el eje y las hélices para lavar la arena.	Rotura del hilado interno.	El motor no realiza el movimiento del eje.	Montaje incorrecto de las correas de transmisión.	Inspección visual.	9	6	5	270	
Rueda de paletas	Obtener un movimiento giratorio para el movimiento del flujo.	Rotura.	Pérdida de impulso para el movimiento de la rueda.	Desgaste de la malla de las palas.	Inspección visual.	8	8	5	320	
Tanque	Almacenar el agua utilizando una cuba de decantación.	Rotura del filtro.	Baja productividad puesto que, la arena no está en el rango requerido por el laboratorio de la empresa.	Desgaste.	Inspección visual.	7	5	5	175	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 21. AMEF del molino de martillo.

Nombre de la Máquina :		Molino de martillo			Fecha :	7/11/2019	NºAMEF :	6	ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes					
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN	
Alimentador Vibratorio	Mover el material desde la tolva hacia el molino de martillo.	Desgaste del amortiguador.	No hay vibración.	Obstrucción en el pase del amortiguador.	Inspección visual.	7	5	5	175	
Caja del molino	Protege las partes internas del molino.	Desgaste de las barras.	Vibración, exceso de ruido. Daña al rotor y martillo del molino.	Impacto.	Inspección visual.	5	8	5	200	
		Desgaste de las placas de armadura.								
		Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.						
Martillo	Destruir y/o desintegrar el material.	Desgaste abrasivo del martillo.	Escasa productividad puesto que, la trituración de la piedra no cumple con el rango requerido por el laboratorio de la empresa.	Impacto.	Mantenimiento preventivo.	8	10	7	560	
Motor eléctrico	Fuente de energía para que el rotor gire.	Rotura del hilado interno.	El rotor no gira.	Montaje incorrecto de correas de transmisión.	Mantenimiento preventivo.	10	4	5	200	
Rotor	Girar los martillos.	Fallo en el montaje de cojinetes.	Deficiencia del motor. Desalineamiento entre rotor y eje.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección visual.	9	4	5	180	

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 22. AMEF del molino primario.

Nombre de la Máquina		Molino primario			Fecha	7/11/2019		Nº AMEF	7		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Alimentador Vibratorio	Mover el material desde la tolva hacia el molino de martillo.	Desgaste del resorte.	No hay vibración.	Obstrucción en el pase del resorte.	Inspección visual.	8	5	5	200			
Bastidor o carcasa	Soportar de los elementos de trituración.	Vibración.	Deformación de las chapas o forros del molino.	Impacto.	Mantenimiento preventivo.	8	5	4	160			
Cámara de fragmentación	Lugar donde se realizan los fenómenos de fragmentación de la materia.	Vibración.	Desgaste de mandíbula móvil y fija.	Impacto.	Mantenimiento preventivo.	8	4	4	128			
Revestimiento de desgaste	Fijar las caras externas de las mandíbulas.	Vibración.	Desgaste de planchas o placas.	Impacto.	Mantenimiento preventivo.	8	4	4	128			
Sistema mecánico de accionamiento	Mover los elementos mecánicos para que las mandíbulas trituren el mineral.	Vibración.	Fallo de motor, biela, placas de articulación, resortes, correas, cojinetes.	Impacto.	Mantenimiento preventivo.	8	4	3	96			

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 23. AMEF del molino secundario.

Nombre de la Máquina		Molino secundario			Fecha	7/11/2019		Nº AMEF	8		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Alimentador Vibratorio	Mover el material desde la tolva hacia el molino de martillo.	Desgaste del resorte.	No hay vibración.	Obstrucción en el pase del resorte.	Inspección visual.	7	5	5	175			
Cámara de trituración	Protege las partes internas del molino.	Desgaste de carcassas.	Daño al rotor del molino.	Impacto.	Inspección visual.	8	5	5	200			
		Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.								
Mandíbula	Triturar el material en segundo nivel.	Desgaste de mandíbula.	Daño a los templadores.	Impacto.	Inspección visual.	8	7	5	280			
Motor	Fuente de energía para que el rotor gire.	Rotura del hilado interno.	El rotor no gira.	Montaje incorrecto de correas de transmisión.	Mantenimiento preventivo.	9	4	4	144			
Rotor	Impulsa el material contra las placas de impactos.	Desgaste de las placas.	Daño de la cámara de trituración.	Impacto.	Inspección visual.	8	6	5	240			
Tolva	Almacenar material.	Exceso de carga de piedra.	Daño al motor.	Atascamiento de piedra.	Inspección visual.	6	8	6	288			

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 24. AMEF de los tableros eléctricos.

Nombre de la Máquina		Tableros eléctricos			Fecha	7/11/2019		Nº AMEF	9		ASTALDI							
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes													
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN									
Componentes eléctricos	Amplificar, controlar, almacenar y conducir energía eléctrica.	Falta de suministro de energía eléctrica.	Parada de planta.	Falta de combustible en el grupo electrógeno.	Inspección visual	10	4	3	120									
		Falla por sobrecarga.	Daño del interruptor termomagnético. Fusibles quemados. Cables eléctricos quemados. Circuito quemado (PLD, resistencia, amplificador, diodo, pila, transistor, triac, microprocesador, microcontrolador, condensador, bobina, memoria.	Instalación incorrecta del operario electricista.						9	3	4	108					
		Falla de cortocircuito.																
		Falla de cortocircuito entre fase y tierra.																

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 25. AMEF de la zaranda.

Nombre de la Máquina		Zaranda			Fecha	7/11/2019		Nº AMEF	10		ASTALDI	
Piezas		Fallas			Condiciones Existentes							
Nombre	Función que desempeña	Modo de Fallo	Efectos Potenciales de Fallo	Causas	Condiciones Actuales	G	O	D	RPN			
Amortiguador	Controlar el movimiento de suspensión de la zaranda.	Desgaste del amortiguador.	Ruido.	Excesivo rebote.	Inspección visual.	7	5	5	175			
Barrotes	Fijar los extremos de la malla metálica.	Vibración.	Caída de pernos y/o arandelas.	Ajuste incorrecto del operario mecánico.	Inspección visual.	6	6	5	180			
Correas de transmisión	Transmitir potencia del motor al rotor de la zaranda.	Rotura de las correas.	El rotor no gira.	Por fricción.	Inspección visual.	8	6	5	240			
Mallas metálicas	Filtrar la piedra y/o arena.	Rotura de la malla.	Filtración del material al siguiente nivel de la malla.	Oxidación.	Inspección visual.	8	7	6	336			
Pernos J con arandela	Sujetar la malla.	Desgastan los hilos de la rosca.	Se afloja el perno. Desajuste de la malla.	Vibración.	Inspección visual.	5	8	6	240			
Tobera de agua	Limpiar el material que se filtra por las mallas.	Suciedad.	Materia prima sucia.	Obstrucción de los agujeros.	Inspección visual.	4	9	6	216			
Tolva	Almacenar material.	Exceso de carga de piedra.	Daño al motor.	Atascamiento de piedra.	Inspección visual.	5	8	6	240			

Fuente: Autor del Proyecto.



### 3.3. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD

Para realizar el Análisis de Criticidad se tiene que priorizar qué máquinas necesitan más atención dentro del plan de mantenimiento. Por este motivo, se realizó un análisis de criticidad a cada máquina de la planta chancadora en donde se especifica: las variables, el concepto, la ponderación y las observaciones para cada ítem.

*Tabla 26. Análisis de criticidad.*

CRITICIDAD				
ÍTEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACIÓN	OBSERVACIONES
<b>1</b>	<b>Efecto sobre el servicio que proporciona</b>			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No para	0	
<b>2</b>	<b>Valor técnico - económico</b>			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento.	Alto	3	Más de USD \$20000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de USD \$1000
<b>3</b>	<b>La falla afecta</b>			
	a. Al Equipo en sí	Sí	1	Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al Servicio	Sí	1	Origina problemas a otras máquinas?
		No	0	
	c. Al operador	Riesgo	1	Posibilidad de accidente del operador?
		Sin Riesgo	0	
	d. A la seguridad en general	Sí	1	Posibilidad de accidente a otras personas u otras máquinas cercanas.
		No	0	
<b>4</b>	<b>Probabilidad de falla (Confiabilidad)</b>			
		Alta	2	Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
		baja	0	
<b>5</b>	<b>Flexibilidad del equipo en el sistema</b>			
		Único	2	No existe otro igual o similar
		By pass	1	El sistema puede seguir funcionando.
		Stand by	0	Existe otro igual o similar no instalado
<b>6</b>	<b>Dependencia logística</b>			
		Extranjero	2	Repuestos se tienen que importar
		Loc./Ext.	1	Algunos repuestos se compran localmente.
		Local	0	Repuestos se consiguen localmente.
<b>7</b>	<b>Dependencia de la mano de obra</b>			
		Terceros	2	El mantenimiento requiere contratar a terceros.
		Propia	0	El mantenimiento se realiza con personal propio.
<b>8</b>	<b>Facilidad de reparación (Mantenibilidad):</b>			
		Baja	1	Mantenimiento difícil.
		Alta	0	Mantenimiento fácil.

*Fuente: Mg. Jaime Remigio Collantes Bohórquez. [22]*

Con la *Tabla 26*, se puede obtener el valor ponderado para cada máquina y agruparlas; clasificándolas de acuerdo a una escala de referencia para obtener como resultado qué máquinas necesitan mantenimiento. Sin embargo, todas las máquinas de la planta chancadora estarán presentes en el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.

*Tabla 27. Escala de referencia para el análisis de criticidad.*

ESCALA DE REFERENCIA	
Crítica	16 a 20
Importante	11 a 15
Regular	06 a 10
Opcional	00 a 05

Obtener el valor ponderado para cada máquina y agruparlas clasificándolas de acuerdo a la escala de referencia, con la finalidad de acercarnos al costo mínimo de la actividad de mantenimiento.



*Fuente. Mg. Jaime Remigio Collantes Bohórquez. [22]*

### 3.4. ELABORACIÓN DEL ANÁLISIS DE VIDA ÚTIL DE LAS MÁQUINAS UTILIZANDO EL MÉTODO WEIBULL

En este proyecto se usará el método Weibull que permite describir el comportamiento de las máquinas.


Para el desarrollo del método weibull se ha utilizado los datos de vida de cada máquina que contiene los tiempos entre fallas y el rango medio que se encuentra en el ANEXO 05.

*Tabla 28. Datos de vida de la bomba de agua.*

Máquina : Bomba de agua 1			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	444	444	12,945
2	516	960	31,381
3	628	1588	50,000
4	700	2288	68,619
5	580	2868	87,055
Máquina : Bomba de agua 2			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	325	325	12,945
2	410	735	31,381
3	640	1375	50,000
4	507	1882	68,619
5	555	2437	87,055





*Fuente: Autor del Proyecto.*



*Tabla 29. Datos de vida de la bomba de lodo.*

Máquina : Bomba de lodo			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	375	375	15,910
2	407	782	38,573
3	630	1412	61,427
4	404	1816	84,090

*Fuente: Autor del proyecto.*


Tabla 30. Datos de vida de las cintas transportadoras.

Máquina : Cinta transportadora 1			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	810	810	12,945
2	1330	2140	31,381
3	500	2640	50,000
4	1100	3740	68,619
5	980	4720	87,055
Máquina : Cinta transportadora 2			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	825	825	12,945
2	1310	2135	31,381
3	513	2648	50,000
4	1115	3763	68,619
5	958	4721	87,055
Máquina : Cinta transportadora 3			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	832	832	12,945
2	1318	2150	31,381
3	506	2656	50,000
4	1107	3763	68,619
5	950	4713	87,055
Máquina : Cinta transportadora 4			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	835	835	12,945
2	1324	2159	31,381
3	515	2674	50,000
4	1105	3779	68,619
5	948	4727	87,055
Máquina : Cinta transportadora 5			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	825	825	12,945
2	1331	2156	31,381
3	511	2667	50,000
4	1113	3780	68,619
5	957	4737	87,055
Máquina : Cinta transportadora 6			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	817	817	12,945
2	1329	2146	31,381
3	509	2655	50,000
4	1118	3773	68,619
5	973	4746	87,055

Máquina : Cinta transportadora 7			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	823	823	12,945
2	1318	2141	31,381
3	513	2654	50,000
4	1112	3766	68,619
5	955	4721	87,055
Máquina : Cinta transportadora 8			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	822	822	12,945
2	1330	2152	31,381
3	514	2666	50,000
4	1109	3775	68,619
5	960	4735	87,055


*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Tabla 31. Datos de vida del grupo electrógeno.*

Máquina : Grupo electrógeno			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	130	130	20,630
2	270	400	50,000
3	345	745	79,370


*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Tabla 32. Datos de vida de la lavadora de arena.*

Máquina : Lavadora de arena			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	634	634	15,910
2	912	1546	38,573
3	827	2373	61,427
4	725	3098	84,090


*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 33. Datos de vida del molino de martillo.

Máquina : Molino de martillo			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	401	401	5,192
2	650	1051	12,579
3	840	1891	20,045


Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 34. Datos de vida del molino primario.

Máquina : Molino secundario			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	511	511	29,289
2	920	1431	70,711


Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 35. Datos de vida del molino secundario.

Máquina : Molino secundario			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	820	820	15,910
2	838	1658	38,573
3	860	2518	61,427
4	903	3421	84,090


Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 36. Datos de vida de los tableros eléctricos.

Máquina : Tableros eléctricos			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	96	96	50,000

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 37. Datos de vida de la zaranda.

Máquina : Zaranda			
Número de fallas	Tiempo entre fallas	Tiempo acumulado entre fallas	Rango medio % de fallas acumuladas
1	650	650	12,945
2	717	1367	31,381
3	72	1439	50,000
4	805	2244	68,619
5	665	2909	87,055

Fuente: Autor del Proyecto.

### 3.4.1. Estimación de Parámetros de Vida Utilizando el Método o Distribución Weibull

Este método nos permite determinar los parámetros de forma, de escala, de localización y la vida promedio de cada máquina. Para ello, se usará una hoja con gráfica expuesta en la *Figura 29* denominada como “papel weibull” (se realizará un gráfico por cada máquina).

Primero se graficarán puntos de color celeste que corresponderán a la intersección de Tiempo entre Fallas Acumulado y el Rango Medio (% Fallas Acumulado) de cada falla, indicadas en la sección anterior.

Luego, se dibujará una línea recta diagonal de color rojo que intercepte los puntos. En caso de que no se pueda dibujar una línea de esa forma, se dibujará la línea que pase entre los puntos de una forma equidistante.

Para la determinación del parámetro “ $\eta$ ”, se dibujará una nueva que se origina desde el punto  $\eta$  estimado hasta que se intercepte con la línea de edad de fallas. Este último punto donde se intercepta, nos indica el valor de “ $\eta$ ” (línea y círculo amarillo).

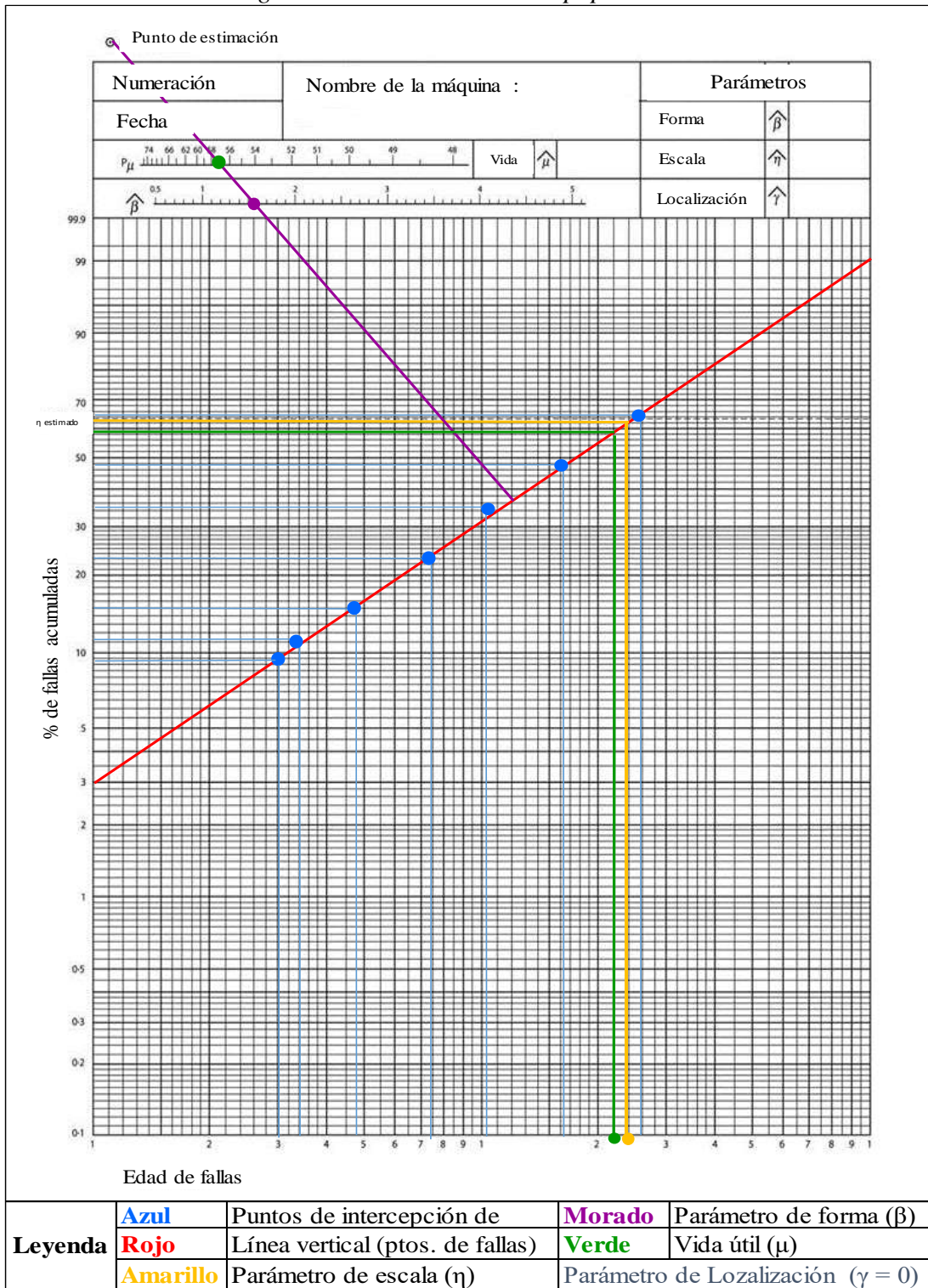
Para la determinación del parámetro “ $\beta$ ”, se dibujará una nueva línea de color morado que se traza desde el punto de estimación hasta la línea roja formando un ángulo de  $90^\circ$ . El punto donde la línea morada se intercepta con la regla  $\beta$ , ubicada en la parte izquierda de la cuarta fila del papel Weibull, nos indica el valor de “ $\beta$ ” (línea y círculo morado).

El valor de parámetro “ $\gamma$ ” se toma 0. Finalmente, se determina el parámetro “ $\mu$ ”, que nos indica la vida promedio, para lo que se deberá observar el punto donde la línea roja se intercepta con la línea  $P\mu$ , ubicada en la parte izquierda de la tercera fila del papel Weibull, ubicar ese valor en el eje vertical (% de fallos acumulados).

Posteriormente, trazamos una línea horizontal desde ese valor hasta que intercepte con la línea roja y desde esa intercepción se dibuja una línea vertical hacia el eje horizontal (edad de fallas). El punto donde intercepta la línea con el eje horizontal nos indica el valor de “ $\mu$ ” (línea y punto de color verde).

En el cuadro superior izquierdo del papel weibull se coloca la numeración, la fecha y el nombre de cada máquina; por otra parte, los parámetros obtenidos se llenan en la parte superior derecha.

Figura 29. Procedimiento del papel Weibull.



Fuente: Autor del Proyecto.

Toda máquina, según su tasa de fallos, pasa por las 3 etapas indicadas en la Curva de la Bañera expuesta en el ítem 2.2.3.2., ya sea Etapa de Fallos Infantiles, Etapa de Fallos Normales o Aleatorios y Etapa de Fallos de Desgaste; utilizando el parámetro de forma ( $\beta$ ) se determina en qué etapa se encuentra la máquina.

Si el parámetro  $\beta$ , es:

- ✓ Menor que 1, la máquina se encuentra en la Etapa de Fallos Infantiles.
- ✓ Igual a 1, la máquina se encuentra en la Etapa de Fallos Aleatorios.
- ✓ Mayor que 1, la máquina se encuentra en la Etapa de Fallos de Desgaste.

### 3.4.2. Funciones de Probabilidad de Weibull

Reemplazando los parámetros obtenidos en la sección anterior, con un tiempo “t” podemos obtener los resultados de las siguientes funciones que nos indican la Confiabilidad y la Distribución de Fallos, en ese tiempo “t” asignado.

✚ Función de Confiabilidad:

$$R(t) = e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]} \text{ (en porcentaje } \times 100\%)$$

✚ Función de Distribución de Fallos:

$$F(t) = 1 - e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right]} \text{ (en porcentaje } \times 100\%)$$

Se asume que “t” equivale a 8760, que es la cantidad de horas que tiene un año (tiempo durante el cual se tomarán las fallas). Los valores obtenidos se muestran en la sección de resultados.




### 3.5. ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

Después de realizar las causas y los modos de fallas obtenidas en el AMEF, el análisis de criticidad y la vida útil utilizando el método o distribución Weibull; se va a implementar una hoja de información con la finalidad de proponer tareas de mantenimiento centrado en la confiabilidad para todas las máquinas de la planta chancadora.

Las hojas de información que se van a elaborar en este proyecto, contienen los siguientes datos:

- ✓ Sistema / Sub sistema.
- ✓ Logo de la empresa.
- ✓ Facilitador.
- ✓ Fecha de inicio / Fecha de culminación (Hora).
- ✓ Reuniones efectivas.
- ✓ Área / Plan de mantenimiento.
- ✓ Código.
- ✓ Funciones.
- ✓ Estándares de ejecución.
- ✓ Fallas funcionales.
- ✓ Modos y efectos de falla
- ✓ Las actividades de mantenimiento.
- ✓ Las acciones de mantenimiento a ejecutar.
- ✓ Frecuencia.
- ✓ Personal.

Tabla 38. Hoja de información - Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD												
SISTEMA :			FECHA DE INICIO : / /			HORA : :		ÁREA :		PLAN DE MANTENIMIENTO :		CÓDIGO:
SUB SISTEMA :			FECHA DE CULMINACIÓN : / /			HORA : :						
FACILITADOR :			N° DE REUNIONES EFECTIVAS :			DURACIÓN:						
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL

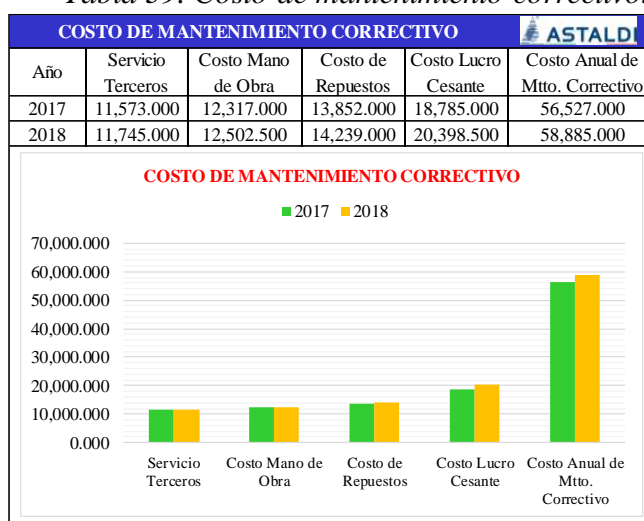
Fuente: Autor del Proyecto.

### 3.6. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Para establecer que la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad es factible económicamente, se va a determinar el costo total de mantenimiento que implica la suma del costo de las actividades de mantenimiento predictivo y preventivo implementadas en la hoja de información de las máquinas, las capacitaciones para el personal y una generación de base de datos. Los valores obtenidos de la propuesta del MCC se muestran en la hoja de resultados.

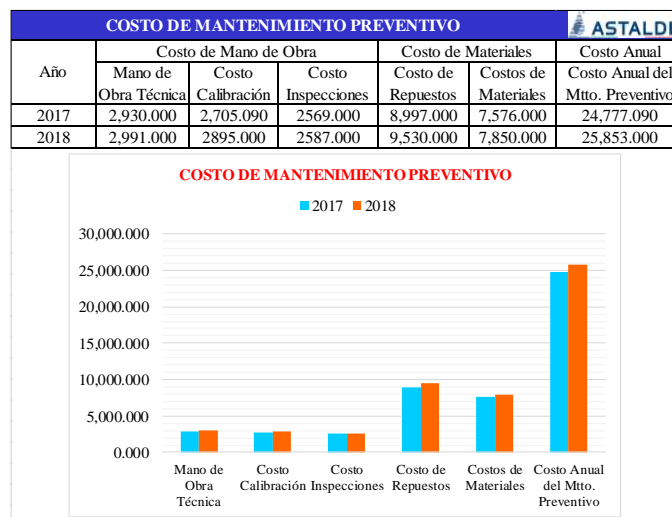
En las siguientes tablas, se presenta el costo de mantenimiento correctivo, preventivo y total del año 2017 y 2018 en la empresa Astaldi – Piura.

*Tabla 39. Costo de mantenimiento correctivo.*




*Fuente: Base de datos de la empresa.*

*Tabla 40. Costo de mantenimiento preventivo.*



*Fuente: Base de datos de la empresa.*

Tabla 41. Costo total del mantenimiento (Año 2017 y 2018).

Costo de Mantenimiento Productivo Total			
Año	Costo Mtto. Correctivo	Costo Mtto. Preventivo	Costo Total Anual
2017	56527.000	24777.090	81304.090
2018	58885.000	25853.000	84738.000
Total			<b>166042.090</b>

*Fuente: Autor del Proyecto.*

## 4. RESULTADOS

A continuación, se enumeran los resultados calculados de cada objetivo específico propuesto en el proyecto.

### 4.1. Resultados de la Auditoría de Mantenimiento

Se realizó la auditoría de mantenimiento a 07 trabajadores de la planta chancadora.

*Tabla 42. Lista del personal que respondieron las preguntas de la auditoría de mantenimiento de la planta chancadora.*

N°	PERSONA	CARGO
1	Burga Lozano Wilder	Soldador
2	Cano Ramírez Michael	Capataz
3	Díaz Febre Richard	Operador
4	Díaz Pérez Wilman	Operador
5	Eustaquio Chupillón Arturo	Capataz
6	Fustamante Quintana Luis	Oficial
7	Yajahuanca Flores José	Ayudante

*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Figura 30. Radar de resultados de la auditoría de mantenimiento.*



*Fuente: Autor del Proyecto.*

Según el radar de la auditoría nos muestra que; la organización, administración, planeamiento, programación y ejecución en el departamento de mantenimiento es menor al 50%.

#### 4.2.Resultados del OEE

Para obtener el valor del OEE, se divide el Tiempo Productivo Neto entre el Tiempo de Funcionamiento:

$$OEE = \frac{\text{Tiempo Productivo Neto}}{\text{Tiempo de Funcionamiento}} = \frac{4853}{7512} = 0,646 = 64,6 \%$$

El valor de OEE resultante pertenece a la categoría Inaceptable (OEE < 65%). Motivo por el cual, se producen pérdidas económicas. Se concluye que la planta chancadora de la empresa Astaldi – Piura necesita un nuevo plan de mantenimiento en sus operaciones. Por este motivo, se realizará el cálculo del nuevo OEE obtenido, a través, de la propuesta del MCC.

*Tabla 43. Datos del OEE.*

Producción de Agregados			Año 2017 - 2018						
Mes	Producción (m3 / mes)	Preparación y ajuste (horas)	Paradas						Defectos (m3/mes)
			mecánicas		eléctricas		electrónicas		
			horas	#	horas	#	horas	#	
mayo	7310.0	33	20	3	14	2	7	1	1200.0
junio	7460.0	34	22	3	13	2	8	1	1100.0
julio	7430.0	32	27	4	25	3	11	2	1300.0
agosto	7309.0	35	25	4	17	2	13	2	1150.0
septiembre	7600.0	36	15	2	11	2	9	1	1400.0
octubre	7410.0	35	24	3	14	2	7	1	1170.0
noviembre	7530.0	34	20	3	16	2	8	1	1410.0
diciembre	7570.0	32	17	2	22	3	7	1	1390.0
enero	6900.0	33	22	3	16	2	8	1	1280.0
febrero	7070.0	31	16	2	14	2	8	1	1410.0
marzo	7310.0	32	15	2	14	2	9	2	1370.0
abril	7320.0	34	13	2	15	2	7	1	1230.0

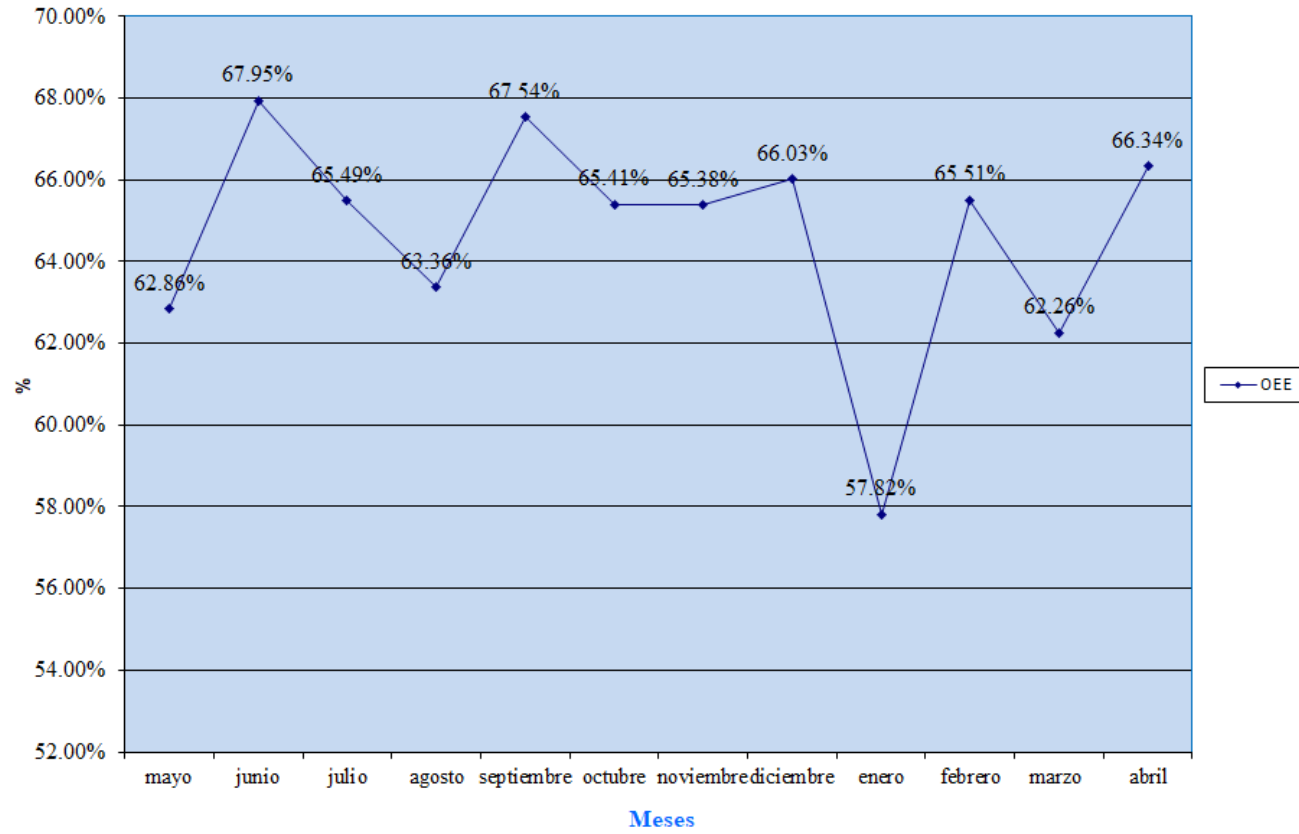
*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 44. Resultados del OEE.

Producción de Agregados			Año 2017 - 2018																														
Mes	Producción	Preparación y ajuste	Paradas						Defectos (m3/mes)	TD = TC		TF			TPP	TPE	TPO	TPNPE	TON	TOU	TPD	TPN											
			mecánicas		eléctricas		electrónicas					Lun-Vie	Sab-Dom	(horas)																			
			horas	#	horas	#	horas	#																									
mayo	7310.0	33	20	3	14	2	7	1	1200.0	31	744	23	8	648.0	96.0	33.0	615.0	41.0	574.0	487.3	80.00	407.3											
junio	7460.0	34	22	3	13	2	8	1	1100.0	30	720	22	8	624.0	96.0	34.0	590.0	43.0	547.0	497.3	73.33	424.0											
julio	7430.0	32	27	4	25	3	11	2	1300.0	31	744	21	10	624.0	120.0	32.0	592.0	63.0	529.0	495.3	86.67	408.7											
agosto	7309.0	35	25	4	17	2	13	2	1150.0	31	744	23	8	648.0	96.0	35.0	613.0	55.0	558.0	487.3	76.67	410.6											
septiembre	7600.0	36	15	2	11	2	9	1	1400.0	30	720	21	9	612.0	108.0	36.0	576.0	35.0	541.0	506.7	93.33	413.3											
octubre	7410.0	35	24	3	14	2	7	1	1170.0	31	744	22	9	636.0	108.0	35.0	601.0	45.0	556.0	494.0	78.00	416.0											
noviembre	7530.0	34	20	3	16	2	8	1	1410.0	30	720	22	8	624.0	96.0	34.0	590.0	44.0	546.0	502.0	94.00	408.0											
diciembre	7570.0	32	17	2	22	3	7	1	1390.0	31	744	21	10	624.0	120.0	32.0	592.0	46.0	546.0	504.7	92.67	412.0											
enero	6900.0	33	22	3	16	2	8	1	1280.0	31	744	23	8	648.0	96.0	33.0	615.0	46.0	569.0	460.0	85.33	374.7											
febrero	7070.0	31	16	2	14	2	8	1	1410.0	28	672	20	8	576.0	96.0	31.0	545.0	38.0	507.0	471.3	94.00	377.3											
marzo	7310.0	32	15	2	14	2	9	2	1370.0	31	744	22	9	636.0	108.0	32.0	604.0	38.0	566.0	487.3	91.33	396.0											
abril	7320.0	34	13	2	15	2	7	1	1230.0	30	720	21	9	612.0	108.0	34.0	578.0	35.0	543.0	488.0	82.00	406.0											
Total	88219.00	401	236	33	191	26	102	15	15410	365	8760	261	104	7512.0	1248.0	401.0	7111.0	529.0	6582.0	5881.3	1027.33	4853.9											
		mes / año	Feriados / año		días/año	días/mes	hrs/turnos lun-sáb		hrs/turno dom																								
		12	0		365		24		12																								
TD	8760.0										TD																						
TF	7512.0										TF	1248.0										TF											
TPO	7111.0										TPO	401.0										TPE											
TON	6582.0										TON	529.0										TPNPE = Mec. + Elec. + instrum.											
TOU	5881.3										TOU	700.7										TPO											
TPN	4853.9										TPN	1027.3										TPD											
OEE =	TPN / TF		64.6%																														

MTBF =	93.40	horas/falla	MTBF =	117.86	horas/falla
MTTR =	7.15	horas/falla	MTTR =	7.14	horas/falla
A <sub>i</sub> =	92.9%	(Año 2017)	A <sub>i</sub> =	94.3%	(Año 2018)

### EFFECTIVIDAD GLOBAL DE LOS EQUIPOS



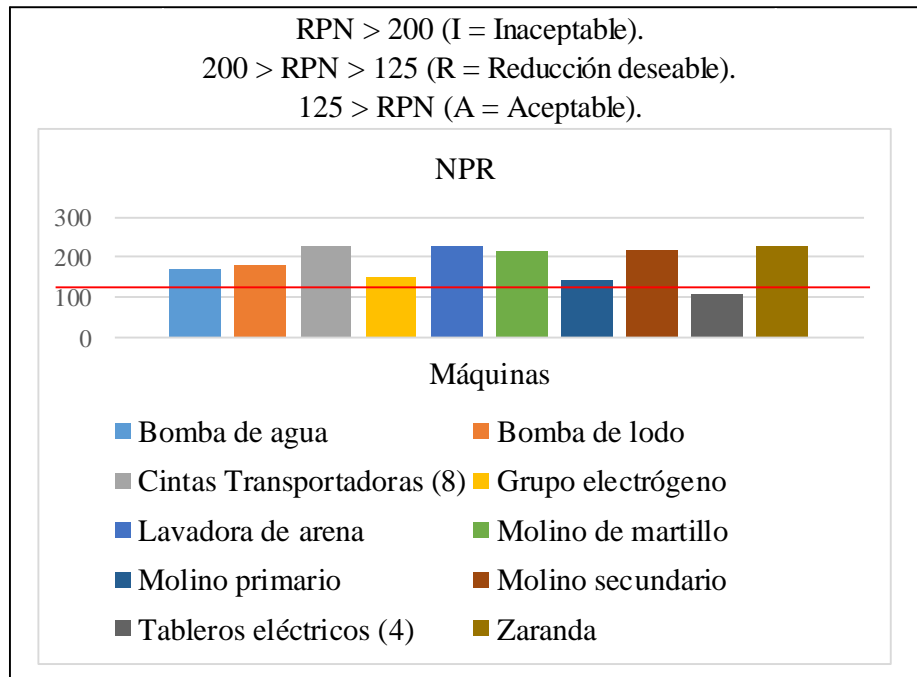
*Fuente: Autor del Proyecto.*



### 4.3.Resultados del AMEF

Se identificaron 17 máquinas cuyo número de prioridad de riesgo no es aceptable. Los datos del AMEF servirán como base para la elaboración de las hojas de información del proyecto.

Figura 31. Resultados del RPN.



Fuente: Autor del Proyecto.

Según el diagrama de barras calculado en el AMEF, nos muestra que solo los tableros eléctricos presentan un Número de Prioridad de Riesgo: Aceptable.

#### 4.4.Resultados del Análisis de Criticidad

Aplicando el Análisis de Criticidad en cada máquina de la Planta Chancadora de la empresa Astaldi – Piura, se obtuvo como resultado: 04 máquinas críticas, 11 máquinas importantes y 03 máquinas de regular estado. Por este motivo, se necesita realizar una correcta gestión del mantenimiento, cuyas tareas a ejecutar serán descritas en las hojas de información del proyecto.

*Tabla 45. Resultados del cálculo de criticidad de las máquinas.*

CÁLCULO DE LA CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS															
ITEM	CÓDIGO	NOMBRE DE LA MÁQUINA	PONDERACION											ESCALA DE REFERENCIA	
			1	2	3A	3B	3C	3D	4	5	6	7	8		TOTAL
1	223AST111	Bomba de agua (1)	2	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	8	REGULAR
2	223AST112	Bomba de agua (2)	2	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	8	REGULAR
3	224AST017	Bomba de lodo	2	2	1	1	0	0	2	1	1	0	0	10	REGULAR
4	225AST201	Cinta transportadora (1)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
5	225AST202	Cinta transportadora (2)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
6	225AST203	Cinta transportadora (3)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
7	225AST204	Cinta transportadora (4)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
8	225AST205	Cinta transportadora (5)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
9	225AST206	Cinta transportadora (6)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
10	225AST207	Cinta transportadora (7)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
11	225AST208	Cinta transportadora (8)	4	2	1	1	1	1	2	1	1	0	0	14	IMPORTANTE
12	226AST003	Grupo electrógeno	4	3	1	1	1	1	2	2	2	2	1	20	CRITICO
13	227AST094	Lavadora de arena	4	2	1	1	1	1	2	1	0	0	0	13	IMPORTANTE
14	228AST232	Molino de martillo	4	3	1	1	1	1	2	2	2	0	1	18	CRITICO
15	229AST141	Molino primario	4	3	1	1	1	1	2	2	1	0	1	17	CRITICO
16	230AST186	Molino secundario	4	3	1	1	1	1	2	2	1	0	1	17	CRITICO
17	231AST156	Tableros eléctricos (4)	4	2	1	1	1	1	2	1	0	2	0	15	IMPORTANTE
18	232AST183	Zaranda	4	2	1	1	1	1	2	1	0	0	0	13	IMPORTANTE
<b>RESUMEN</b>	<b>ESCALA DE REFERENCIA</b>		<b>CANTIDAD</b>												
	CRITICO		4												
	IMPORTANTE		11												
	REGULAR		3												
	OPCIONAL		0												

*Fuente: Autor del Proyecto.*

#### 4.5. Resultados del Análisis de Vida Útil de las Máquinas Utilizando el Método o Distribución Weibull

##### 4.5.1. Resultados de los Parámetros de vida de las máquinas

*Tabla 46. Parámetros de vida de las bombas de agua.*

Máquina : Bomba de agua 1		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.7
Parámetro de Escala	$\eta$	2370
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1940
Máquina : Bomba de agua 2		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.5
Parámetro de Escala	$\eta$	2800
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	2370

*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Tabla 47. Parámetros de vida de la bomba de lodo.*

Máquina : Bomba de lodo		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.6
Parámetro de Escala	$\eta$	3200
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	2600

*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Tabla 48. Parámetros de vida de las cintas transportadoras.*

Máquina : Cinta transportadora 1		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.27
Parámetro de Escala	$\eta$	1450
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1250
Máquina : Cinta transportadora 2		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.3
Parámetro de Escala	$\eta$	1400
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1300
Máquina : Cinta transportadora 3		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.5
Parámetro de Escala	$\eta$	1200
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1000

Máquina : Cinta transportadora 4		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.6
Parámetro de Escala	$\eta$	1100
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1000
Máquina : Cinta transportadora 5		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.4
Parámetro de Escala	$\eta$	1200
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1100
Máquina : Cinta transportadora 6		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.3
Parámetro de Escala	$\eta$	1400
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1280
Máquina : Cinta transportadora 7		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.55
Parámetro de Escala	$\eta$	1105
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1000
Máquina : Cinta transportadora 8		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.6
Parámetro de Escala	$\eta$	1210
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1030

*Fuente: Autor del Proyecto.*

*Tabla 49. Parámetros de vida del grupo electrógeno.*

Máquina : Grupo electrógeno		
Parámetro de Forma	$\beta$	2.2
Parámetro de Escala	$\eta$	3500
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	3000

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 50. Parámetros de vida de la lavadora de arena.

Máquina : Lavadora de arena		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.45
Parámetro de Escala	$\eta$	2400
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	2190

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 51. Parámetros de vida del molino de martillo.

Máquina : Molino de martillo		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.89
Parámetro de Escala	$\eta$	5250
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	4430

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 52. Parámetros de vida del molino primario.

Máquina : Molino primario		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.37
Parámetro de Escala	$\eta$	4700
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	4000

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 53. Parámetros de vida del molino secundario.

Máquina : Molino secundario		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.34
Parámetro de Escala	$\eta$	2070
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	1850

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 54. Parámetros de vida de los tableros eléctricos.

Máquina : Tableros eléctricos		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.9
Parámetro de Escala	$\eta$	2620
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	2170

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 55. Parámetros de vida de la zaranda.

Máquina : Zaranda		
Parámetro de Forma	$\beta$	1.22
Parámetro de Escala	$\eta$	2600
Parámetro de Localización	$\Upsilon$	0
Vida Promedio	$\mu$	2190

Fuente: Autor del Proyecto.

#### 4.5.2. Resultados de las Etapas de Vida de las Máquinas

Tabla 56. Resultado de las etapas de vida de las máquinas.

#	Máquinas	Parámetro $\beta$			Etapa de Vida
		$\beta < 1$	$\beta = 1$	$\beta > 1$	
1	Bomba de agua 1			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
2	Bomba de agua 2			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
3	Bomba de lodo			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
4	Cinta transportadora 1			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
5	Cinta transportadora 2			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
6	Cinta transportadora 3			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
7	Cinta transportadora 4			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
8	Cinta transportadora 5			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
9	Cinta transportadora 6			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
10	Cinta transportadora 7			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
11	Cinta transportadora 8			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
12	Grupo electrógeno			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
13	Lavadora de arena			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
14	Molino de martillo			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
15	Molino primario			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
16	Molino secundario			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
17	Tableros eléctricos			✓	Etapa de Fallos de Desgaste
18	Zaranda			✓	Etapa de Fallos de Desgaste

Fuente: Autor del Proyecto.

En la *Tabla 65*, se muestra que todos los equipos de la Planta Chancadora presentan el parámetro de forma menor a 1. Por lo tanto, la etapa de vida a la que pertenecen es la Etapa de Fallos de Desgaste.

4.5.3. Resultados de las Funciones de Probabilidad de Weibull

*Tabla 57. Funciones de Probabilidad de Weibull.*

<b>Máquinas</b>	<b><math>\beta</math></b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>R(t)</b>	<b>F(t)</b>
Bomba de agua 1	1.7	2370	0.009808848	0.990191152
Bomba de agua 2	1.5	2800	0.395116576	0.604883424
Bomba de lodo	1.6	3200	0.667637826	0.332362174
Cinta transportadora 1	1.27	1450	0.0054438	0.9945562
Cinta transportadora 2	1.3	1400	0.0019473	0.9980527
Cinta transportadora 3	1.5	1200	2.71761E-07	0.999999728
Cinta transportadora 4	1.6	1100	9.7602E-11	1
Cinta transportadora 5	1.4	1200	9.51473E-06	0.999990485
Cinta transportadora 6	1.3	1400	0.0019473	0.9980527
Cinta transportadora 7	1.55	1105	1.77366E-09	0.999999998
Cinta transportadora 8	1.6	1210	4.87758E-09	0.999999995
Grupo electrógeno	2.2	3500	0.053893506	0.946106494
Lavadora de arena	1.45	2400	0.145000282	0.854999718
Molino de martillo	1.89	5250	7.195808374	-6.195808374
Molino primario	1.37	4700	9.568492419	-8.568492419
Molino secundario	1.34	2070	0.0996533	0.9003467
Tableros eléctricos	1.9	2620	0.004977562	0.995022438
Zaranda	1.22	2600	1.226057544	-0.226057544

*Fuente: Autor del Proyecto.*

#### 4.6. Resultados de las Hojas de Información

Las siguientes hojas de información se van a ejecutar con la finalidad de obtener mejoras en la gestión del mantenimiento, aumentando la disponibilidad de los equipos, la producción y lograr un ahorro anual para el Área de Mantenimiento.

Tabla 58. Hoja de información de las bombas de agua.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD												ASTALDI					
SISTEMA		: Bomba de agua		FECHA DE INICIO		: / /		HORA		:		ÁREA :		Plan de Mantenimiento General de las Bombas de Agua F50/250 AR - PEDROLLO		CÓDIGO:	
SUB SISTEMA		: Componentes de la bomba de agua		FECHA DE CULMINACIÓN		: / /		HORA		:		Planta Chancadora				223AST111 223AST112	
FACILITADOR		: Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana		N° DE REUNIONES EFECTIVAS		: 05		DURACIÓN		: 30 min (c/u)							
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL					
1	El agua es aspirada por el tubo de entrada de la bomba para luego ser impulsada por un motor que utiliza bobinas e imanes para crear un campo magnético y así lograr que el impulsor gire de una manera continua.	1	Conducir el agua proveniente del río Huancabamba hasta las pozas de sedimentación. Una vez almacenada el agua en las pozas, se conduce hacia las toberas de la zaranda y lavadora de arena; con el objetivo de lavar el material y obtener una producción de calidad.	A	No ser capaz de transferir agua.	1A1	Falla eléctrica.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente, la bomba no funciona. Descripción del evento: El tablero eléctrico envía una señal de paro automático del sistema. El operario electricista verifica la condición de la máquina y se percata que el cable eléctrico está sulfatado lo que genera un circuito abierto. El sistema queda fuera de servicio y se espera el retorno de energía. Tiempo de ejecución: 15 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar tornillos. 4. Retirar el cable sulfatado. 5. Conectar el cable nuevo (celeste - negro, marrón-azul, amarillo - verde). 6. Verificar el voltaje / tipo de arranque (Estrella - Triángulo). 7. Forrar el cable con cinta aislante PVC. 8. Ajustar tornillos y arandelas. 9. Conectar la bomba y luego encenderla.	Trimestral.	01 operario electricista.					
						1A2	Fuga excesiva en el sello mecánico o retén.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente, la bomba presenta fuga. Descripción del evento: Se produce una fuga excesiva de agua. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que las piezas de sellado mecánico están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 25 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desmontar la bomba de agua. 4. Desajustar tornillos (con un taladro) y retirar la carcasa. 5. Desarmar el impulsor (girar en sentido antihorario). 6. Retirar el sello mecánico desgastado o roto. 7. En la parte interior, retirar el collarín de cerámica y el empaque plástico (sello). 8. Colocar los nuevos sellos (de igual medida - disco, caucho interior y exterior, resorte) dentro del casquillo metálico. 9. Colocar el impulsor y ajustar tornillos. 10. Ubicar la bomba y reconectarla. 11. Encender la bomba.	7 meses.	01 operario mecánico. 01 ayudante.					
						1A3	Desgaste de manguera.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente, la bomba presenta fuga. Descripción del evento: El supervisor SSOMA se percata que la manguera está pinchada y paraliza las actividades de trabajo. Tiempo de ejecución: 15 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Apagar la bomba. 2. Retirar la manguera que se encuentra en mal estado. 3. Limpiar la superficie donde se va a montar la manguera. 4. Instalar la nueva manguera (verificar el diámetro y la longitud). 5. Encender la bomba.	06 meses	01 operario mecánico. 01 ayudante.					



B	La bomba genera ruido y vibra.	1B1	Fallo de rodamientos.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de ruido en la bomba de agua. El capataz verifica la máquina y ordena desmontarla. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 40 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Apagar la bomba. 2. Desmontar la bomba de agua (desajustar tornillos, retirar impulsor, turbina y carcasa). 3. Retirar los rodamientos del eje. 4. Limpiar el eje (quitar el óxido con una escobilla de acero). 5. Montar los rodamientos nuevos (utilizando un martillo de goma, cuidadosamente para no dañarlos). 6. Colocar la carcasa, impulsor turbina. 7. Ajustar los tornillos. 8. Ubicar la bomba y reconectarla. 9. Encender la bomba.	7 meses.	1 operario mecánico. 01 ayudante.
		1B2	Ajuste incorrecto de la carcasa.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de vibración en la carcasa de la bomba. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que existen tornillos flojos. Se realiza el ajuste de tornillos de la carcasa . Tiempo de ejecución: 5 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la máquina puesto que, si la carcasa no está bien ajustada; producirá daños a las partes internas de la bomba de agua.	Diaria.	01 operario mecánico.
		1B3	El impulsador está desgastado o dañado.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente Descripción del evento: La presencia de ruido y vibración en la bomba. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que el impulsor está torcido y/o desgastado. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 20 minutos.	I. Mantenimiento predictivo. II. Mantenimiento preventivo.	I. Inspección del impulsor cuando se realice el cambio de sello mecánico. II. 1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desmontar la bomba de agua. 4. Desajustar tornillos (con un taladro) y retirar la carcasa. 5. Desarmar el impulsor (girar en sentido antihorario). 6. Instalar el impulsor (pieza de fabricante original). 7. Colocar carcasa y ajustar tornillos. 8. Ubicar la bomba y reconectarla. 9. Encender la bomba.	I. 7 meses. II. Anual.	01 operario mecánico. 01 ayudante.
		C	La turbidez del agua.	1C1	Agua contaminada en la poza de sedimentación. Descripción del evento: El agua de las pozas de sedimentación está contaminada. El asistente de laboratorio químico verifica que la producción (arena y piedra) no es de calidad y recomienda la limpieza de las pozas. Tiempo de ejecución: 10 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Colocar 3 tazas (675 gramos) de sulfato de aluminio (sal para purificar el agua) en las 3 primeras pozas de sedimentación.	5 días.

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 59. Hoja de información de la bomba de lodo.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD											ASTALDI	
SISTEMA : Bomba de lodo			FECHA DE INICIO : / /			HORA :			ÁREA :		Plan de Mantenimiento General de la Bomba de Lodo NKZ TSURMI PUMP	CÓDIGO: 224AST017
SUB SISTEMA : Componentes de la bomba de lodo			FECHA DE CULMINACIÓN : / /			HORA :			Planta Chancadora			
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES EFECTIVAS : 04			DURACIÓN : 30 min (c/u)						
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Eliminar los fangos (barro) para mantener limpia el agua almacenada en las pozas de sedimentación.	1	Agitar el fluido forzosamente usando un motor de 4 polos con una estructura en espiral que facilita el paso fangos.	A	Falla eléctrica.	A1	Fallo del grupo del electrógeno.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, la bomba no funciona. Descripción del evento: Falta de energía eléctrica. El operario mecánico se percató que el tanque de combustible del grupo electrógeno se encuentra vacío. Parada de planta. Tiempo de ejecución: Se espera que llegue el camión cisterna para abastecer combustible.	Problema externo (Grupo electrógeno).			
				B	Fallo del sistema de bombeo.	B1	Fallo del impeler.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. La máquina no bombea. Descripción del evento: La máquina no bombea los fangos. El capataz ordena desmontar la bomba y se percató que el impeler está desgastado. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 50 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Utilizando un tecla se extrae la bomba de lodo de las pozas. 4. Desajustar tornillos. 5. Retirar precavidamente el cable, el asa, la tapa motor y motor protector, los rodamientos superior e inferiores, camisa, carcasa motor, estator y por último, el impeler. 6. Colocar el impeler nuevo (verificar especificaciones técnicas) y realizar el montaje de todas las piezas de la bomba de lodo. 7. Ubicar la bomba en la poza (utilizando el tecla) y reconectarla. 8. Encender la bomba.	Anual.	01 operario mecánico. 02 ayudantes.
						B2	Desgaste del sello de aceite.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente, la bomba presenta fuga. Descripción del evento: Se produce una fuga excesiva de fango aceitoso. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percató que las piezas de sellado mecánico de aceite están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 40 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Utilizando un tecla se extrae la bomba de lodo de las pozas. 4. Desajustar tornillos. 5. Retirar precavidamente el agitador, el colador, la tapa de succión, el impulsor y por último, los sellos de aceite. 6. Colocar los sellos nuevos (verificar especificaciones técnicas) y realizar el montaje de todas las piezas de la bomba de lodo. 7. Ubicar la bomba en la poza (utilizando el tecla) y reconectarla. 8. Encender la bomba.	7 meses.	01 operario mecánico. 02 ayudantes.

				C	Vibración y emisión de ruido.	C1	Ajuste incorrecto de la carcasa.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de vibración en la carcasa de la bomba. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que existen tornillos flojos. Se realiza el ajuste de tornillos de la carcasa . Tiempo de ejecución: 5 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la máquina puesto que, si la carcasa no está bien ajustada; producirá daños a las partes internas de la bomba de lodo.	Diaria.	01 operario mecánico.
						C2	Fallo de rodamientos.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de ruido en la bomba de lodo. El capataz verifica la máquina y ordena desmontarla. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 1 hora 20	Mantenimiento predictivo.	1. Desconectar la bomba de la fuente de energía. 2. Bloqueo y señalización. 3. Utilizando un tecla se extrae la bomba de lodo de las pozas. 4. Desajustar tornillos. 5. Retirar precavidamente el agitador, el colador, la tapa de succión, el impulsor, los sellos de aceite, junta mecánica (verificar si están en buen estado; sino reemplazarlas por juntas nuevas), tapón, y por último, los rodamientos. 6. Colocar los rodamientos nuevos (verificar especificaciones técnicas) y realizar el montaje de todas las piezas de la bomba de lodo. 7. Ubicar la bomba en la poza (utilizando el tecla) y reconectarla. 8. Encender la bomba.	7 meses.	01 operario mecánico. 02 ayudantes.

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 60. Hoja de información de las cintas transportadoras.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD										ASTALDI		
SISTEMA : Cintas transportadoras			FECHA DE INICIO : / /		HORA :		ÁREA :		Plan de Mantenimiento General de las Cintas Transportadoras		CÓDIGO: 225AST201 al 225AST208	
SUB SISTEMA : Componentes de las cintas transportadoras			FECHA DE CULMINACIÓN : / /		HORA :		Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General de las Cintas Transportadoras		CÓDIGO: 225AST201 al 225AST208	
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES : 07		DURACIÓN : 30 min (c/u)							
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Transportar el material desde la rampa del molino primario hasta los centros de acopio.	1	La faja transportadora es arrastrada por el giro de las poleas que están accionadas por un motor y reductor, que a su vez, están montadas sobre un eje, empotrado con chumaceras y correas de transmisión. Las fajas utilizan polines como medio de transporte continuo y están montadas sobre una estructura metálica que sirve de sostén para las cintas transportadoras.	A	No ser capaz de generar energía mecánica.	1A1	Falla eléctrica.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente, la cinta transportadora no funciona.  Descripción del evento: El tablero eléctrico envía una señal de paro automático del sistema. El operario electricista verifica la condición de la máquina y se percata que el cable eléctrico está sulfatado lo que genera un circuito abierto. El sistema queda fuera de servicio y se espera el retorno de energía.  Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado de la cinta transportadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar tornillos. 4. Retirar el cable sulfatado. 5. Conectar el cable nuevo (celeste - negro, marrón-azul, amarillo - verde). 6. Verificar el voltaje / tipo de arranque (Estrella - Triángulo). 7. Forrar el cable con cinta aislante PVC. 8. Ajustar tornillos y arandelas. 9. Verificar si las correas de transmisiones están en buen estado; sino reemplazarlas por unas nuevas (verificar medida). 10. Poner en funcionamiento (encender máquina).	Trimestral.	01 operario electricista.
				B	Exceso de velocidad del motor.	1B1	Fallo de los rodamientos del reductor.	Evidente / No evidente: Sí es evidente.  Descripción del evento: El tablero eléctrico envía una señal de paro automático del sistema. El operario mecánico y electricista verifican la condición de la máquina y se percatan que el reductor no funciona, motivo por el cual, genera un aumento de velocidad del motor. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.  Tiempo de ejecución: 50 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado de la cinta transportadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Retirar las correas de transmisión conectadas del reductor - motor. 4. Desmontar el reductor. 5. Desajustar tornillos y arandelas, abrir las tapas del reductor, retirar lubricación utilizando trapos industriales. 6. Retirar rodamientos en mal estado. 7. Colocar los rodamientos nuevos (verificar serie, pista y fabricante). 8. Colocar las piezas y sellar las tapas. 9. Montar el reductor. 10. Poner en marcha.	07 meses.	01 operario mecánico. 01 ayudante.





Tabla 61. Hoja de información del grupo electrógeno.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD												ASTALDI		
SISTEMA : Grupo electrógeno			FECHA DE INICIO : / /			HORA :			ÁREA : Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General del Grupo Electrónico C27 - CAT		CÓDIGO: 226AST003	
SUB SISTEMA : Componentes del grupo electrógeno			FECHA DE CULMINACIÓN : / /			HORA :								
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES : 08			DURACIÓN : 30 min (c/u)								
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL		
1	Producir energía eléctrica a través de un motor de combustión interna, para distribuirla a las máquinas de la planta chancadora.	1	Mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento.	A	No mantiene una temperatura adecuada de funcionamiento. (Menor a 81 °C)	1A1	Fugas excesivas por el sello del termostato.	Presencia de humo blanco. El motor no logra alcanzar su potencia nominal.	Mantenimiento predictivo.	Cambio de retén del termostato.	7 meses.	01 Operario mecánico		
					Incapaz de regular el flujo de refrigerante o lo hace de manera	1A2	Falla del termostato.	Poca potencia, incremento de temperatura ocasionando la parada del motor.	Mantenimiento predictivo.	Cambio de termostato.	7 meses.	01 Operario mecánico		
				B	Inyecta la cantidad exacta de combustible dentro de la cámara de combustión.	1B1	Exceso irregular del combustible.	Humo negro. Verificar la sincronización del inyector y cabezal de la bomba. Evitar el trabajo forzado del motor.	Mantenimiento predictivo.	Cambio de filtro de combustible.	10 días.	01 Operario mecánico.		
				C	Transfiere aceite lubricante (Presión 52 - 70 psi).	1C1	Bomba de aceite desgastada o dañada.	Pobre circulación de aceite y presión baja.	Mantenimiento predictivo.	Cambio de aceite. Revisar las condiciones de la bomba (si está en mal estado, cambiar la bomba de aceite).	10 días. 7 meses	01 Operario mecánico.		
				D	Provee energía para arrancar el motor y mantener la carga de la batería.	1D1	No enciende.	1D1	Falta de combustible.	Parada de planta.	Mantenimiento preventivo.	Abastecer combustible diésel.	10 días.	01 Operador y/o 01 ayudante del camión cisterna.
						1D2	Incapaz de suministrar energía.	1D2	Batería descargada.	El motor no arranca.	Mantenimiento preventivo.	Probar cargado de batería 12 V (diario) y realizar el cambio de batería.	7 meses.	Operario electricista.
						1D3	Dificultad de mantener la carga de la batería.	1D3	Rodamientos del alternador en mal estado.	El rotor no podrá girar en su eje para generar corriente (I).	Mantenimiento predictivo.	Cambio de rodamientos.	2 meses.	Operario mecánico.
E	Abre y cierra canalizaciones para que escapen los gases quemados del interior del cilindro.	1 E1	Válvula defectuosa.	1 E1	Válvula pegajosa por depósitos de carbón en la cabeza de la válvula.	Pérdida de presión, potencia, daños en la guía, culata del cilindro o pistón.	Mantenimiento predictivo.	Revisión del estado de las válvulas de escape.	7 meses.	Operario mecánico.				

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 62. Hoja de información de la lavadora de arena.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD										ASTALDI		
SISTEMA : Lavadora de arena			FECHA DE INICIO : / /		HORA :		ÁREA : Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General de la Lavadora de Arena		CÓDIGO: 227AST094	
SUB SISTEMA : Componentes de la lavadora de arena			FECHA DE CULMINACIÓN : / /		HORA :							
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES EFECTIVAS : 04		DURACIÓN : 25 min (c/u)							
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Lavar la arena extraída de la zaranda para ser conducida al acopio 03 por medio de la faja transportadora 08.	1	Estructura tipo cajón con refuerzos que giran en torno a un eje de 9 espirales, lo que permite una alta capacidad de lavado.	A	El motor no genera movimiento al eje de la lavadora.	1A1	Desgaste de las correas de transmisión.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, el motor no mueve al eje de la lavadora.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado de la lavadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Levantar el motor y extraer las correas en mal estado. 4. Colocar las correas. (verificar si están correctamente montadas). 5. Poner en funcionamiento (encender la lavadora).	Trimestral.	01 operario mecánico.
								Descripción del evento: La rueda de la lavadora no gira. El operario mecánico verifica la máquina y se percata que las correas de transmisión están rotas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.				
								Tiempo de ejecución: 20 minutos.				
				B	Emisión de ruido.	1B1	Rotura del sello del motor eléctrico.	Evidente / No evidente: Sí es evidente.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado de la lavadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar pernería y desmontar el motor para extraer el sello en mal estado. 4. Colocar el sello mecánico utilizando un martillo de goma (verificar la posición, pista y fabricante). 5. Poner en marcha la lavadora.	7 meses.	01 operario mecánico.
								Descripción del evento: Se emite ruido y vibración del motor eléctrico de la lavadora. El operador mecánico se percata que el sello mecánico está desgastado. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.				
								Tiempo de ejecución: 35 minutos.				
C	Producción de arena de mala calidad.	1C1	Rotura de las mallas de la rueda.	Evidente / No evidente: Sí es evidente.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado de la lavadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desmontar las mallas de la rueda. 4. Colocar mallas nuevas reforzadas. 5. Encender la lavadora.	Trimestral.	01 operario mecánico.				
				Descripción del evento: El asistente de laboratorio químico verifica que la producción (arena) no es de calidad y recomienda la limpieza de las pozas. Sin embargo, el operador mecánico verifica la rueda de paletas y se percata que las mallas están perforadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera una producción de calidad.								
C	Producción de arena de mala calidad.	1C2	Rotura del filtro.	Evidente / No evidente: Sí es evidente.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado de la lavadora ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desmontar el filtro del tanque. 4. Colocar un filtro nuevo (verificar montaje). 5. Encender la lavadora.	Trimestral.	01 operario mecánico.				
				Descripción del evento: El asistente de laboratorio químico verifica que la producción (arena) no es de calidad y recomienda la limpieza de las pozas. Sin embargo, el operador mecánico verifica que el filtro del tanque está roto. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente para obtener una producción de calidad.								

Fuente: Autor del Proyecto.



Tabla 63. Hoja de información del molino de martillo.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD											ASTALDI	
SISTEMA : Molino de martillo			FECHA DE INICIO : / /		HORA :		ÁREA : Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General del Molino de Martillo SR/N		CÓDIGO: 228AST232	
SUB SISTEMA : Componentes del molino de martillo			FECHA DE CULMINACIÓN: / /		HORA :							
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES : 07		DURACIÓN : 30 min (c/u)							
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Chancar, triturar o moler el material al tamaño menor del original.	1	El material obtenido del molino primario y secundario es transportado por las cintas hacia del molino de martillo. A través del alimentador vibracional, el material ingresa al molino y utiliza 4 martillos para la molienda. Finalmente, el material es transportado hacia la zaranda.	A	No ser capaz de triturar el material.	1A1	Sobrecarga .	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Aumenta la potencia del motor. Descripción del evento: La tolva del molino de martillo se encuentra sobrecargada. El operario mecánico utiliza un arnés y línea de vida para anclarse y se percata del fallo. El sistema queda fuera de servicio y se espera el funcionamiento eficiente del molino. Tiempo de ejecución: Para evitar la parada de planta se recomienda a un ayudante trabaje todo su turno (sea día o noche).	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino de martillo ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control (el máximo voltaje que debe alcanzar el molino en funcionamiento tiene que ser menor a 140 A). 2. Bloqueo y señalización. 3. Un ayudante debe trabajar en el segundo nivel de la planta con la finalidad de cerciorarse que la tolva no se sobrecargue. 4. Poner en funcionamiento el molino de martillo.	Diaria.	01 ayudante.
						1A2	Desgaste abrasivo de los martillos.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: Fallo por desgaste abrasivo del molino de martillo. El desgaste afecta notablemente la producción, debido a que se generan paradas. El ingeniero químico envía un reporte indicando que el material no se encuentra en el rango establecido. El capataz verifica la máquina y se percata que los martillos están desgastados. El sistema queda fuera de servicio y se espera una producción de calidad. Tiempo de ejecución: 55 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino de martillo ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar los tornillos y arandelas de la caja del molino. 4. Abrir y limpiar la parte interna de la caja del molino para retirar los martillos desgastados (Utilizar llave 1-3/8 ó 36, comba de 200lb). 5. Instalar los martillos y ajustar las tuercas de los extremos del molino ( el ajuste es de 6 a 7 cm). 6. Cerrar las puertas de la caja y ajustar ferretería. 7. Poner en funcionamiento el molino.	Semanal (el rotor tiene 4 martillos: 02 en funcionamiento y 02 de contrapesa; motivo por el cual a las 84h se debe cambiar de ubicación para evitar observaciones de producción y evitar la compra excesiva de martillos).	02 operarios mecánicos. 02 ayudantes.
						1A3	Desgaste por impacto de los barrotes, placas de armadura.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: El operario mecánico se percata que una placa de armadura del molino de martillo es transportada por la cinta 03. El sistema queda fuera de servicio y se espera el buen funcionamiento de la máquina. Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino de martillo ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar los tornillos y arandelas de la caja del molino. 4. Abrir y limpiar la parte interna de la caja del molino y con ayuda de una comba de 10lb golpear las placas y barrotes de la caja. Si la pieza se encuentra en mal estado producto del impacto. 5. Reemplazar el barrote o placa y ajustar ferretería. 6. Cerrar las puertas de la caja y ajustar tornillos y arandelas. 7. Poner en funcionamiento el molino de martillo.	Mensual.	01 operario mecánico. 01 ayudante.

			1A4	Desgaste del amortiguador del alimentador.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: El alimentador no genera vibración. El operario mecánico verifica y se percata que el amortiguador se encuentra desgastado y/o obstruido (falta de limpieza). El sistema queda fuera de servicio y se espera el buen funcionamiento de la máquina.  Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino de martillo ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. El operario debe anclarse teniendo en cuenta las medidas de seguridad (uso de escalera, mayor a 1.80 metros.). 4. Retirar el amortiguador en mal estado. 5. Instalar el nuevo amortiguador. 6. Poner en funcionamiento el molino.	7 meses.	01 operario mecánico.
			1A5	Desgaste de las correas de transmisión.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, el motor no mueve el molino. Descripción del evento: Deficiencia del molino de martillo. El operario mecánico verifica y se percata que las correas de transmisión están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.  Tiempo de ejecución: 20 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Apagar el molino de martillo. 2. Bloqueo y señalización. 3. Levantar el motor y extraer las correas en mal estado. 4. Colocar las correas. (verificar si están correctamente montadas). 5. Poner en funcionamiento el molino.	Trimestral.	01 operario mecánico. 01 ayudante.
	B	Emisión de ruido.	1B1	Desalineamiento del eje del rotor.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: Se produce un ruido en el molino de martillo. El operario mecánico verifica y se percata que el ruido proviene dentro de la caja del molino. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.  Tiempo de ejecución: 40 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino de martillo ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar los tornillos y arandelas de la caja del molino. 4. Abrir y limpiar la parte interna de la caja del molino, luego ajustar la ferretería para ajustar el eje del rotor. Si el eje está torcido. (Realizar el cambio de eje) 5. Cerrar las puertas, ajustar tornillos y arandelas. 6. Poner en funcionamiento el molino.	7 meses.	02 operarios mecánicos. 02 ayudantes.
			1B2	Pernos y arandelas sueltas.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de vibración en la caja del molino de martillo. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que existen tornillos y arandelas flojas. Se realiza el ajuste de ferretería.  Tiempo de ejecución: 10 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la máquina puesto que, si la caja no está bien ajustada; producirá daños a las partes internas del molino de martillo.	Diaria.	01 operario mecánico.

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 64. Hoja de información del molino primario.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD										ASTALDI		
SISTEMA		: Molino primario		FECHA DE INICIO		: / /		HORA		:		
SUB SISTEMA		: Componentes del molino primario		FECHA DE CULMINACIÓN		: / /		HORA		:		
FACILITADOR		: Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana		N° DE REUNIONES		: 04		DURACIÓN		: 30 min (c/u)		
								ÁREA :		Planta Chancadora		
										Plan de Mantenimiento General del Molino Primario BR900		
										CÓDIGO: 229AST141		
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Triturar la piedra en primer nivel.	1	El material extraído de las canteras, es transportado por un camión volquete hacia la tolva del molino primario que utiliza una mandibula para la trituración.	A	No ser capaz de triturar el material.	1A1	Sobrecarga .	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Aumenta la potencia del motor. Descripción del evento: La tolva del molino primario se encuentra sobrecargada. El operario mecánico utiliza un arnés y línea de vida para anclarse y se percata del fallo. El sistema queda fuera de servicio y se espera el funcionamiento eficiente del molino. Tiempo de ejecución: Para evitar la parada de planta se recomienda que un ayudante trabaje todo su turno (sea día o noche).	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino primario ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Un ayudante debe trabajar en el segundo nivel de la planta con la finalidad de cerciorarse que la tolva no se sobrecargue. 4. Poner en funcionamiento el molino primario.	Diaria.	01 ayudante.
						1A2	Desgaste de las correas de transmisión.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, el motor no mueve el molino. Descripción del evento: Deficiencia del molino primario. El operario mecánico verifica y se percata que las correas de transmisión están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que el molino funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 20 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Apagar el molino primario 2. Bloqueo y señalización. 3. Levantar el motor y extraer las correas en mal estado. 4. Colocar las correas. (verificar si está correctamente montadas). 5. Poner en funcionamiento el molino primario.	Trimestral.	01 operario mecánico 01 ayudante.
						1A3	Desgaste del amortiguador del alimentador.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: El alimentador no genera vibración. El operario mecánico verifica y se percata que el amortiguador se encuentra desgastado y/o obstruido (falta de limpieza). El sistema queda fuera de servicio y se espera el buen funcionamiento de la máquina. Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino primario ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. El operario debe anclarse teniendo en cuenta las medidas de seguridad (uso de escalera, mayor a 1.80 metros.). 4. Retirar el amortiguador en mal estado. 5. Instalar el nuevo amortiguador. 6. Poner en funcionamiento el molino.	7 meses.	01 operario mecánico.
				B	Atascamiento, deficiencia de la mandibula.	1B1	Pernos y arandelas sueltas.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de vibración en la caja del molino primario. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que existen tornillos y arandelas flojas y/o rotas producto del impacto. Se realiza el ajuste o cambio de ferretería. Tiempo de ejecución: 10 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la máquina puesto que, si los tornillos y arandelas de la mandibula del molino primario no están bien ajustados; producirá daños en sus operaciones.	Diaria.	01 operario mecánico.

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 65. Hoja de información del molino secundario.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD										ASTALDI		
SISTEMA : Molino secundario			FECHA DE INICIO : / /		HORA :		ÁREA :		CÓDIGO:			
SUB SISTEMA : Componentes del molino secundario			FECHA DE CULMINACIÓN : / /		HORA :		Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General de Molino Secundario FR90			
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES EFECTIVAS : 06		DURACIÓN : 30 min (c/u)				230AST186			
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Triturar la piedra en segundo nivel.	1	El material transportado por la cinta 03 es depositado en la tolva del molino secundario. A través de un alimentador, ingresa a la cámara del molino que utiliza una mandíbula de segundo nivel para la trituración. La mandíbula está formada por placas y templadores que están sujetas al molino.	A	No ser capaz de triturar el material.	1A1	Desgaste del amortiguador del alimentador.	Evidente / No evidente: Si es evidente. Descripción del evento: El alimentador no genera vibración. El operario mecánico verifica y se percata que el amortiguador se encuentra desgastado y/o obstruido (falta de limpieza). El sistema queda fuera de servicio y se espera el buen funcionamiento de la máquina. Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino secundario ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. El operario debe anclarse tomando las medidas de seguridad (uso de escalera, mayor a 1.80 metros.). 4. Retirar el amortiguador en mal estado. 5. Instalar el nuevo amortiguador. 6. Poner en funcionamiento el molino.	7 meses.	01 operario mecánico.
						1A2	Sobrecarga .	Evidente / No evidente: Si es evidente. Aumenta la potencia del motor. Descripción del evento: La tolva del molino primario se encuentra sobrecargada. El operario mecánico utiliza un arnés y línea de vida para anclarse y se percata del fallo. El sistema queda fuera de servicio y se espera el funcionamiento eficiente del molino. Tiempo de ejecución: Para evitar la parada de planta se recomienda que un ayudante trabaje todo su turno (sea día o noche).	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado del molino secundario ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Un ayudante debe trabajar en el segundo nivel de la planta con la finalidad de cerciorarse que la tolva no se sobrecargue. 4. Poner en funcionamiento el molino primario.	Diaria.	01 ayudante.
						1A3	Desgaste de correas de transmisión.	Evidente / No evidente: Si es evidente, el motor no mueve el molino. Descripción del evento: Deficiencia del molino secundario. El operario mecánico verifica y se percata que las correas de transmisión están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 20 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Apagar el molino secundario. 2. Bloqueo y señalización. 3. Levantar el motor y extraer las correas en mal estado. 4. Colocar las correas. (verificar si están correctamente montadas). 5. Poner en funcionamiento el molino secundario.	Trimestral.	01 operario mecánico. 01 ayudante.

			B	Atascamiento, deficiencia de la mandíbula.	1B1	Desgaste de las planchas.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: Deficiencia de la mandíbula del molino secundario. El operario mecánico verifica y se percata que las planchas están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 30 minutos.	Mantenimiento predictivo.	1. Apagar el molino secundario. 2. Bloqueo y señalización. 3. Desajustar ferretería 4. Utilizar una gata de carretilla y una viga para ejercer presión y retirar las planchas de la mandíbula. 5. Instalar las nuevas planchas (verificar gebe y abertura para el correcto montaje). 6. Ajustar ferretería y poner en funcionamiento el molino secundario.	2 semanas	01 operario mecánico. 01 ayudante.
					1B2	Desgaste de templadores.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: Se evidente un problema de atascamiento. El operario mecánico verifica la condición del molino y se percata que los templadores están desoldados. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución:	Mantenimiento predictivo.	1. Apagar el molino secundario. 2. Bloqueo y señalización. 3. Retirar los templadores en mal estado. 4. Instalar los templadores nuevos regulándolos a 25 cm de la mandíbula, para evitar la fatiga mecánica. 5. Poner en funcionamiento el molino secundario.	Trimestral.	01 operario mecánico.
					1B3	Pernos y arandelas sueltas.	Evidente / No Evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de vibración en la caja del molino primario. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que existen tornillos y arandelas flojas. Se realiza el ajuste de ferretería. Tiempo de ejecución: 10 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la máquina puesto que, si los tornillos y arandelas de la mandíbula del molino secundario no están bien ajustados; producirá daños en sus operaciones.	Diaria.	01 operario mecánico.

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 66. Hoja de información de los tableros eléctricos.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD										ASTALDI		
SISTEMA : Tableros eléctricos			FECHA DE INICIO : / /			HORA :		ÁREA :		CÓDIGO:		
SUB SISTEMA : Componentes de los tableros eléctricos			FECHA DE CULMINACIÓN : / /			HORA :		Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General de los Tableros Eléctricos		
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana			N° DE REUNIONES EFECTIVAS : 02			DURACIÓN : 30 min (c/u)				231AST156		
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Energizar las máquinas de la planta chancadora.	1	Se enciende el grupo electrógeno (se recomienda esperar unos 5 minutos) y luego se presiona los botones del tablero eléctrico para encender las máquinas.	1	Falla eléctrica.	A1	Fallo del grupo del electrógeno.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, los tableros no encienden.  Descripción del evento: Falta de energía eléctrica. El operario mecánico se percata que el tanque de combustible del grupo electrógeno se encuentra vacío. Parada de planta.  Tiempo de ejecución: Se espera que llegue el camión sistema para abastecer combustible.	Problema externo (Grupo electrógeno).			
						A2	Suciedad y/o falla de un fusible.	Evidente / No evidente: Sí es evidente.  Descripción del evento: El operario electricista verifica que el grupo electrógeno está en funcionamiento, sin embargo, uno de los tableros no funciona. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente.  Tiempo de ejecución: 30 minutos (cada tablero)	Mantenimiento predictivo	1. Apagar el grupo electrógeno. 2. Bloqueo y señalización. 3. Parada total de circuitos eléctricos (clic en el botón rojo). 4. Abrir la puerta del tablero (Utilizar EPP adecuado). 5. Bajar llaves térmicas. 6. Sopleteado de los componente internos del tablero para eliminar el polvo acumulado (utilizar un compresor y pistola). 7. Ajustar los bornes con un destornillador (se aflojan por el arranque del fluido eléctrico). 8. Verificar el fusible, si está en mal estado; instalar un fusible nuevo. 9. Utilizar un batímetro para medir el rango de voltaje (línea- neutro). 10. Subir las llaves térmicas y cerrar puerta. 11. Encender el grupo electrógeno y posteriormente, las máquinas de la planta chancadora.	Trimestral	01 operario electricista.

Fuente: Autor del Proyecto.

Tabla 67. Hoja de información de la zaranda.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD											ASTALDI	
SISTEMA : Zaranda				FECHA DE INICIO : / /		HORA :		ÁREA :		CÓDIGO:		
SUB SISTEMA : Componentes de la zaranda				FECHA DE CULMINACIÓN : / /		HORA :		Planta Chancadora		Plan de Mantenimiento General de la Zaranda W18		
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana				N° DE REUNIONES : 04		DURACIÓN : 30 min (c/u)				232AST183		
#	FUNCIÓN	#	ESTÁNDAR DE EJECUCIÓN	#	FALLA FUNCIONAL	#	MODO DE FALLA	EFEECTO DE FALLA	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO (MCC)	ACCIÓN DE MANTENIMIENTO A EJECUTAR	FRECUENCIA	PERSONAL
1	Filtrar y lavar los materiales después de haber sido triturados por los molinos.	1	El material transportador por las cintas 01, 02, 03, 04 y 05 llegan hasta la zaranda. La zaranda utiliza un vibrador y mallas para filtrar el material y, lo transporta a los acopios por medio de las cintas 06, 07 y 08.	A	Falla eléctrica	1A1	Sobrecarga .	Evidente / No evidente: Si es evidente. Aumenta la potencia del motor. Descripción del evento: La tolva de la zaranda se encuentra sobrecargada. El operario mecánico utiliza un amés y línea de vida para anclarse y se percata del fallo. El sistema queda fuera de servicio y se espera el funcionamiento eficiente del molino. Tiempo de ejecución: Para evitar la parada de planta se recomienda que un ayudante trabaje todo su turno (sea día o noche).	Mantenimiento predictivo.	1. Presionar el botón de apagado de la zaranda ubicado en el tablero eléctrico de la cabina de control. 2. Bloqueo y señalización. 3. Un ayudante debe trabajar en el segundo nivel de la planta con la finalidad de cerciorarse que la tolva no se sobrecargue. 4. Poner en funcionamiento el molino primario.	Diaria.	01 ayudante.
						1A2	Desgaste de correas de transmisión	Evidente / No evidente: Si es evidente, el motor no mueve eje del rotor de la zaranda. Descripción del evento: Deficiencia de la zaranda. El operario mecánico verifica y se percata que las correas de transmisión están desgastadas. El sistema queda fuera de servicio y se espera que funcione eficientemente. Tiempo de ejecución: 20 minutos.	Mantenimiento preventivo.	1. Apagar la zaranda 2. Bloqueo y señalización. 3. Levantar el motor y extraer las correas en mal estado. 4. Colocar las correas. (verificar si está correctamente montadas). 5. Poner en funcionamiento la zaranda.	Trimestral.	01 operario mecánico. 01 ayudante.

				B	Producción de agregados de mala calidad.	1B1	Desgaste de mallas.	Evidente / No evidente: Sí es evidente, reporte del laboratorio. Descripción del evento: El ingeniero químico coordina con el ingeniero de planta que se necesita producir arena y piedra de otro diámetro. Por este motivo, se ejecuta el cambio de malla. El sistema queda fuera de servicio y se espera una producción de calidad.  Tiempo de ejecución: 1 hora por cada malla (3 niveles).	Mantenimiento predictivo.	1. Coordinar la actividad de mantenimiento a ejecutar para tener disponible la grúa (con anticipación) 2. Apagar la zaranda 3. Bloqueo y señalización. 4. Desajustar ferretería, retirar las tapas de la zaranda y los barrotes. 5. Utilizar un teclé para retirar la malla. Después se colocan los grilletes de la eslinga en los extremos de la malla y con ayuda de la pluma y el monitoreo del operador de grúa se retira la malla conduciéndola a almacén. Por otra parte, se realiza el montaje de la nueva malla. 6. Ajustar barrotes, pernos y arandelas. 6. Poner en funcionamiento la zaranda.	Depende del material que se va a producir.	02 operarios mecánicos. 02 ayudantes. 01 operador de grúa. 01 rigger.
						1B2	Desgaste de barrotes, pernos J y arandelas.	Evidente / No evidente: Sí es evidente. Descripción del evento: La presencia de ruido y vibración en el interior de la zaranda. El operario mecánico verifica la condición de la máquina y se percata que la malla carece de pernos J y arandelas. Por otra parte, los barrotes están flojos. El sistema queda fuera de servicio y se espera una producción de calidad.  Tiempo de ejecución: 15 minutos.	Mantenimiento predictivo.	Inspección de la zaranda puesto que, si la ferretería no está bien ajustada; producirá daños afectando la producción y la vida útil de la máquina.	Diaria.	01 operario mecánico. 01 ayudante.

*Fuente: Autor del Proyecto.*



Tabla 68. Hoja de información de la planta chancadora.

HOJA DE INFORMACIÓN - MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD				ASTALDI	
SISTEMA : Planta chancadora		FECHA: / /	HORA: :	DURACIÓN: 15 min	Plan de Mantenimiento General de la Planta Chancadora
SUB SISTEMA : Máquinas de la planta chancadora		Nº DE REUNIONES : 01			
FACILITADOR : Bach. Luis Enrique Fustamante Quintana					
Actividad de mantenimiento (MCC)	Actividad de mantenimiento a ejecutar	Tiempo de ejecución de la actividad	Frecuencia	Personal	
Predictivo	Inspección del área de trabajo: Antes de realizar las actividades de operación y producción se debe realizar la inspección visual de todas las máquinas que pertenecen a la planta chancadora.	25 minutos	Diaria	01 Capataz, 02 operarios mecánicos, 01 operario eléctrico.	
Preventivo	Lubricación de todas las máquinas: Utilizar una bomba de engrase, protección traje desechable y guantes desechables.	1 hora	Cada 2 semanas	02 ayudantes.	

Fuente: Autor del Proyecto.

#### 4.7. Resultados de la Evaluación Económica

En la siguiente tabla se describen los costos para cada componente de cada máquina según la frecuencia de acción de mantenimiento a ejecutar.

Tabla 69. Resultados de la evaluación económica de la propuesta.

DESCRIPCIÓN		COSTO (\$/)
Bombas de agua (2)	Mantenimiento del motor eléctrico	1950
	Cambio de manguera	585
	Cambio de impulsador	1680
	Cambio de sello mecánico	1130
	Cambio de rodamientos	1085
	Cambio de empaquetadura	225
	Mantenimiento de carcasa	1370
Bomba de lodo	Mantenimiento de pozas de sedimentación	440
	Cambio de impeler	1630
	Cambio de los sellos de aceite	265
	Mantenimiento de carcasa	1450
Cintas transportadoras (8)	Cambio de rodamientos	1670
	Mantenimiento del motor eléctrico (7.5 Hp)	3760
	Mantenimiento del motor eléctrico (15 Hp)	4600
	Mantenimiento del motor eléctrico (25 Hp)	5300
	Cambio de faja transportadora 1	2990
	Cambio de faja transportadora 2	3420
	Cambio de faja transportadora 3	4100
	Cambio de faja transportadora 4	4200
	Cambio de faja transportadora 5	4700
	Cambio de faja transportadora 6	4640
	Cambio de faja transportadora 7	4770
	Cambio de faja transportadora 8	4750
	Mantenimiento de estructura metálica	7200
	Cambio de rodamientos del reductor (14.01 Hp)	1700
	Cambio de rodamientos del reductor (21.5 Hp)	2300
	Cambio de rodamientos del reductor (31.9 Hp)	2660
	Cambio de rodamientos del reductor (53.1 Hp)	2730
	Cambio de rodamientos de las chumaceras (Un par por cada faja)	5440
	Mantenimiento de polea o tambor	720
	Cambio de polines	550

Grupo electrógeno	Cambio de retén del termostato	415	
	Cambio de termostato	1230	
	Cambio de filtro	350	
	Cambio de aceite	480	
	Cambio del refrigerante de batería	260	
	Cambio de rodamientos del alternador	1470	
	Cambio de válvula	780	
	Mantenimiento del motor eléctrico	4500	
Lavadora de arena	Cambio de correas de transmisión	390	
	Cambio del sello	270	
	Cambio de mallas de la rueda	335	
	Cambio de filtro del tanque	410	
	Mantenimiento de tolva	450	
Molino de martillo	Cambio de martillo	2200	
	Cambio de barrotos	1700	
	Cambio de placas	1620	
	Cambio de amortiguador del vibrador	1200	
	Cambio de correas de transmisión	830	
	Mantenimiento de rotor y eje	1480	
	Molino primario	Mantenimiento de tolva	600
		Cambio de correas de transmisión	770
Cambio de amortiguador del vibrador		1200	
Cambio de tornillos		310	
Molino secundario	Cambio de amortiguador del vibrador	1200	
	Mantenimiento de tolva	500	
	Cambio de correas de transmisión	795	
	Cambio de planchas	680	
	Cambio de templadores	420	
	Cambio de tornillos.	300	
Tableros (4)	Limpieza de tableros eléctricos (04 tableros)	4500	
	Cambio de fusibles	200	
	Mediciones electricas	3800	
Zaranda	Mantenimiento de tolva	360	
	Cambio de correas de transmisión	360	
	Cambio de mallas	1700	
	Cambio de barrotos	480	
	Cambio de pernos J y arandelas	345	
Planta Chancadora	Inspecciones diarias	70	
	Lubricación de máquinas	500	
	Herramientas	6000	
	EPP	8000	
Entrenamiento Capacitaciones	Plan de capacitación para personal administrativo	3500	
	Plan de capacitación para operarios/ayudantes	3000	
	Plan de promoción e incentivos de la propuesta	1500	
	Compra de 01 proyector	400	
	Compra de materiales y recursos necesarios	300	
<b>TOTAL</b>		<b>146170</b>	
Con IGV		26310.6	
Mtto total		154042.09	
Ahorro		7872.09	

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Como resultado se obtiene un ahorro anual valorizado en 7872.09 soles.

Por otra parte, se calculan los valores del rendimiento económico que describen los ingresos y egresos. En este proyecto se ha considerado una Tasa de Interés equivalente al 8%.

*Tabla 70. Valores del rendimiento económico de la propuesta del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.*

<b>Ingresos</b>	
Ahorro anual del proyecto	7872.09
Pago planilla anual	27500
Caja chica de mantenimiento	7000
Ahorro anual de combustible (diésel)	5000
<b>Total</b>	<b>47372.09</b>
<b>Egresos</b>	
<b>Inversión</b>	
Repuestos	10000
Materiales y herramientas	9000
Capacitación del personal	3500
Capacitación técnica	5000
<b>Total</b>	<b>27500</b>
<b>Flujo Neto</b>	<b>19872.09</b>

<b>TASA DE INTERÉS</b>		<b>8%</b>
<b>INVERSIÓN</b>		27500
		-27500
<b>AÑO</b>	0	19872.09
	1	27744.18
	2	35616.27
	3	43488.36
	4	51360.45
	5	59232.54
<b>VAN</b>		<b>S/.147,206.44</b>
<b>TIR</b>		<b>0.97</b>

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Como resultado se obtuvo que el Valor Absoluto Neto equivale a 147 206.44 soles con una Tasa de Interés de Retorno del 97 % en un periodo de 05 años.

Finalmente, se presenta el OEE con proyección al año 2018 – 2019, cuyo porcentaje es de **88.1%**, lo que nos indica una buena competitividad. El resultado se obtuvo mediante el proyecto de tesis denominado PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD.

*Tabla 71. Base de datos obtenidos con la propuesta de un plan MCC.*

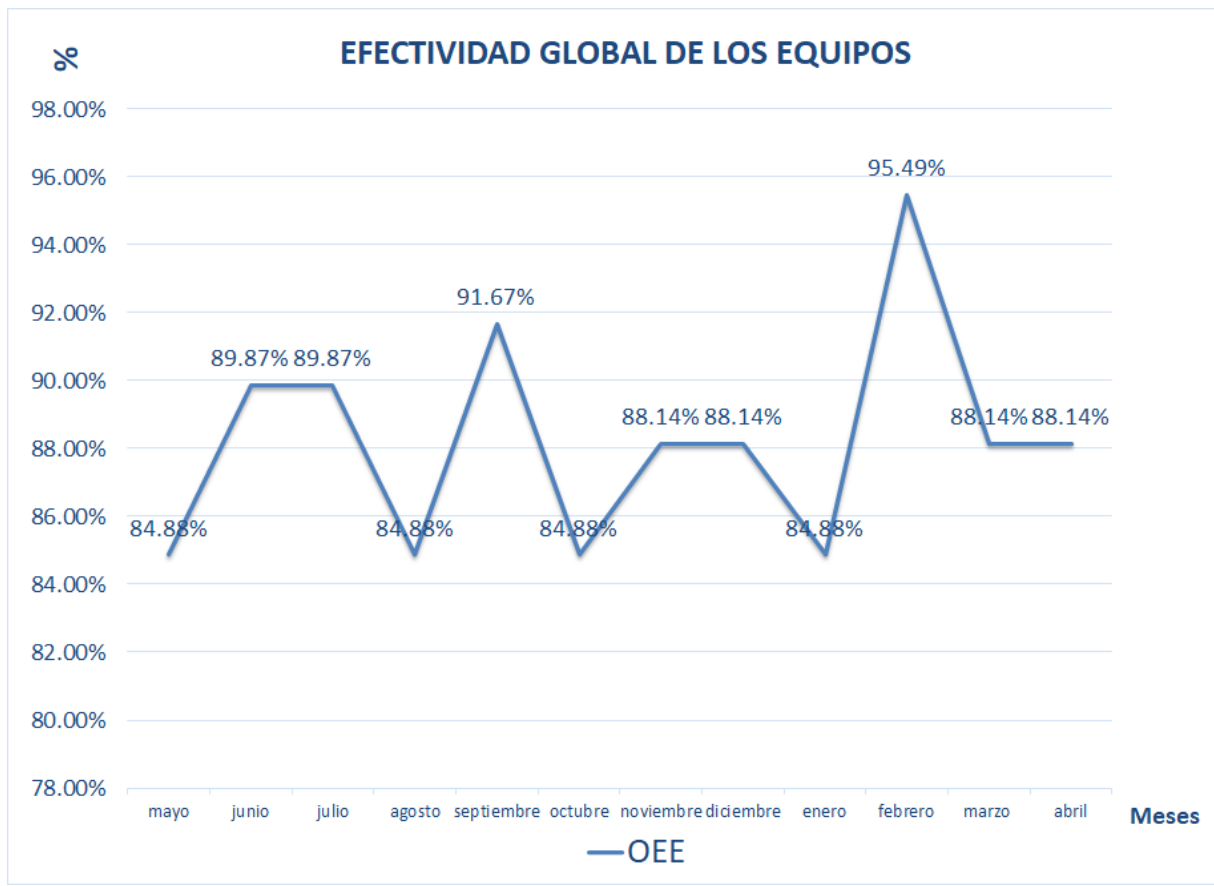
Producción de Agregados			Año 2018-2019						
Mes	Producción (m3 / mes)	Preparación y ajuste (horas)	Paradas						Defectos (m3/mes)
			mecánicas		eléctricas		electrónicas		
			horas	#	horas	#	horas	#	
mayo	8500.0	31	15	2	6	4	6	4	250.0
junio	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0
julio	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0
agosto	8500.0	31	6	4	6	4	6	4	250.0
septiembre	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0
octubre	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0
noviembre	8500.0	30	10	2	6	4	6	4	250.0
diciembre	8500.0	31	15	2	4	4	4	4	250.0
enero	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0
febrero	8500.0	28	6	4	6	4	6	4	250.0
marzo	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0
abril	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0

*Fuente: Autor del Proyecto.*

Tabla 72. Resultado del OEE obtenido con la propuesta de un plan MCC.

Producción de Agregados			Año 2018 - 2019																			
Mes	Producción	Preparación y ajuste	Paradas						Defectos (m3/mes)	TD = TC		TF			TPP (horas)	TPE (horas)	TPO (horas)	TPNPE (horas)	TON (horas)	TOU (horas)	TPD (horas)	TPN (horas)
			mecánicas		eléctricas		electrónicas					Lun-Vie	Sab-Dom	(horas)								
			horas	#	horas	#	horas	#														
mayo	8500.0	31	15	2	6	4	6	4	250.0	31	744.0	23	8	648.0	96.0	31.0	617.0	27.0	590.0	566.7	16.67	550.0
junio	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0	30	720.0	21	9	612.0	108.0	30.0	582.0	14.0	568.0	566.7	16.67	550.0
julio	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0	31	744.0	21	9	612.0	132.0	31.0	581.0	14.0	567.0	566.7	16.67	550.0
agosto	8500.0	31	6	4	6	4	6	4	250.0	31	744.0	23	8	648.0	96.0	31.0	617.0	18.0	599.0	566.7	16.67	550.0
septiembre	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0	30	720.0	20	10	600.0	120.0	30.0	570.0	14.0	556.0	566.7	16.67	550.0
octubre	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0	31	744.0	23	8	648.0	96.0	31.0	617.0	14.0	603.0	566.7	16.67	550.0
noviembre	8500.0	30	10	2	6	4	6	4	250.0	30	720.0	22	8	624.0	96.0	30.0	594.0	22.0	572.0	566.7	16.67	550.0
diciembre	8500.0	31	15	2	4	4	4	4	250.0	31	744.0	21	10	624.0	120.0	31.0	593.0	23.0	570.0	566.7	16.67	550.0
enero	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0	31	744.0	23	8	648.0	96.0	31.0	617.0	14.0	603.0	566.7	16.67	550.0
febrero	8500.0	28	6	4	6	4	6	4	250.0	28	672.0	20	8	576.0	96.0	28.0	548.0	18.0	530.0	566.7	16.67	550.0
marzo	8500.0	31	6	4	4	4	4	4	250.0	31	744.0	21	10	624.0	120.0	31.0	593.0	14.0	579.0	566.7	16.67	550.0
abril	8500.0	30	6	4	4	4	4	4	250.0	30	720.0	22	8	624.0	96.0	30.0	594.0	14.0	580.0	566.7	16.67	550.0
Total	102000.00	365	94	42	56	48	56	48	3000	365	8760	260	104	7488.0	1272.0	365.0	7123.0	206.0	6917.0	6800.0	200.00	6600.0
	mes / año	Feridos / año	días/año	días/mes	hrs/turnos lun-sáb	hrs/turno dom																
	12	0	365		24	12																
TD	8760.0						TD															
TF	7488.0						TPP															
TPO	7123.0						TPE															
TON	6917.0						TPNPE = Mec. + Elec. + instrum.															
TOU	6800.0						TPO															
TPN	6600.0						TPD															
OEE =	TPN / TF	88.1%																				

MTBF =	60.99	horas/falla	MTBF =	56.25	horas/falla
MTTR =	1.62	horas/falla	MTTR =	1.25	horas/falla
A <sub>i</sub> =	97.4%		A <sub>i</sub> =	97.8%	



*Fuente: Autor del Proyecto.*

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Se aplicó una auditoría de mantenimiento con la finalidad de evaluar al departamento de mantenimiento de la planta chancadora obteniendo como resultado un 72%. También, se calculó el OEE con un porcentaje de 64,4%. Con estos resultados se concluye que, el departamento de mantenimiento se encuentra desorganizado ya que tiene un valor INACEPTABLE, lo que nos indica pérdidas económicas, fallas de operación de las máquinas y baja producción.
- ✓ En el análisis de modo y efectos de fallos se obtuvo 12 máquinas con el número de prioridad de riesgo mayor a 200, lo que indica que es INACEPTABLE. Las máquinas son: cintas transportadoras 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 y 08; lavadora de arena; molino de martillo; molino secundario; zaranda.
- ✓ En el análisis de criticidad se evidenció 04 máquinas críticas (grupo electrógeno, molino de martillos, molino primario, molino secundario), 11 máquinas importantes (cintas transportadoras 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07 y 08, lavadora de arena, tableros eléctricos y zaranda) y 03 máquinas en estado regular (bomba de agua 01 y 02; bomba de lodo).
- ✓ A través del método gráfico Weibull, se obtuvo todas las máquinas en la Etapa de Vida de Fallos de Desgaste ( $\beta > 1$ ); lo que nos indica que se encuentran en mal estado debido a la antigüedad, a las actividades de mantenimiento no programadas o a la mala operación. Por estos motivos, es necesario proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- ✓ Con los datos de las Hojas de Información implementados en el MCC, se proponen las tareas de mantenimiento adecuadas, el intervalo de tiempo y el personal capacitado para ese trabajo. La finalidad de este mantenimiento es optimizar la confiabilidad operacional de forma integral, de tal forma, que el nuevo OEE obtenido equivale a un 88,1%; generando un aumento de producción de 1300 m<sup>3</sup>/mes.
- ✓ Con la Propuesta de un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad en la Planta Chancadora de la empresa Astaldi-Piura, se determinó que se disminuyen los costos de mantenimiento en S/ 7 872.09 por año, obteniendo a su vez, un VAN positivo de S/147 206.44 y una Tasa de Interés de 0,97%; en un periodo de 5 años. Por lo tanto, se concluye que este proyecto es **RENTABLE**.

## 6. RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda poner énfasis en los componentes y en el funcionamiento de las máquinas para realizar eficientemente el análisis del MCC con mayor objetividad.
- ✓ La propuesta del MCC es recomendable en casos donde las máquinas a analizar han trabajado en periodos mayores a 1 año y, hayan presentado fallos durante su funcionamiento.
- ✓ Para futuras investigaciones esta propuesta de MCC, puede ser aplicable a otros procesos productivos en otras empresas en el Perú.
- ✓ El análisis Weibull se usa para determinar tareas de reacondicionamiento a partir de tareas de mantenimiento a condición, por eso son necesarios los tiempos de operación de cada máquina.
- ✓ Las hojas de información de este proyecto se pueden implementar en plantas chancadoras del sector minero de nuestro país, con la finalidad de obtener mejoras en el área de mantenimiento industrial.
- ✓ Se podrían alcanzar resultados importantes comparando técnica y económicamente varias filosofías de mantenimiento para un mismo sistema de producción.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ing. MSc. Oliverio García Palencia, «Tendencias actuales en mantenimiento industrial,» *Reportero Industrial*, Colombia, 2014.
- [2] Irim, «Conflicto producción - mantenimiento,» *Renovatec*, Madrid, 2016.
- [3] Elvis David Palomares Quintanilla, «Implementación de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) al sistema de izaje mineral de la compañía Milpo, unidad El Porvenir,» *Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)*, Lima, 2015.
- [4] Raúl Martín Pérez Negreiros, Alberto Coronado Matutti, «Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) para la mejora del mantenimiento de una presa de rodillos HPGR,» *Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)*, Lima, 2016.
- [5] Ing. Roberto William Castillo Alva, «Principios y fundamentos del mantenimiento aplicado en minería industria y energía,» *Gica Ingenieros*, Lima, 2018.
- [6] Mag. José Campos Barrientos, «Mantenimiento centrado en la confiabilidad,» *Universidad Nacional San Luis Gonzaga*, Ica, 2015.
- [7] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo VIII*, 2006: Biblioteca de la Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [8] Instituto Asteco, «Análisis de falla,» *Curso Virtual*, Colombia, 2018.
- [9] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo I*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [10] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo V*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [11] *Lean Manufacturing*, «Eficiencia Global de los Equipos (OEE),» *AulaFacil Cursos Online*, España, 2017.
- [12] «Wikipedia,» *La enciclopedia libre*, 6 Agosto 2014. [En línea]. Available: <http://mantenimientopetroquimica.com/index.php/el-conflicto-operacion-mantenimiento>.
- [13] José Tamborero del Pino, «Fiabilidad: la distribución de Weibull,» *Ministerio de trabajo y asuntos sociales*, España, 1994.
- [14] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo VI*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.

- [15] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo IV*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [16] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo VI*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [17] José Luis Amendola, *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad - Capítulo III*, España: Biblioteca Universidad de Piura (UDEP), 2006.
- [18] Astaldi, «Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura,» 2018. [En línea]. Available: <https://peihap.gob.pe>.
- [19] C. A. C. Riveros, «Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento de una clínica particular en la ciudad de Lima.,» PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú - Facultad de Ciencias e Ingenierías), Lima, 2014.
- [20] Ing. Alexander Querevalú Morante, «OEE,» Excel OEE, Lambayeque, 2016.
- [21] Martín Da Costa Burga, «Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad a motores a gas de dos tiempos en pozos de alta producción,» PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú), Lima, 2010.
- [22] Mg. Jaime Remigio Collantes Bohorquez, «Plan de mantenimiento basados en la confiabilidad para un planta nueva de procesos,» PUCP (Pontificia Universidad Católica del Perú), Lima, 2015.
- [23] Salvador Barreda Beltrán, «Plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (R.C.M) en la edar de Nules - Vilavella,» Facsa, España, 2015.

## ANEXOS

### ANEXO 1

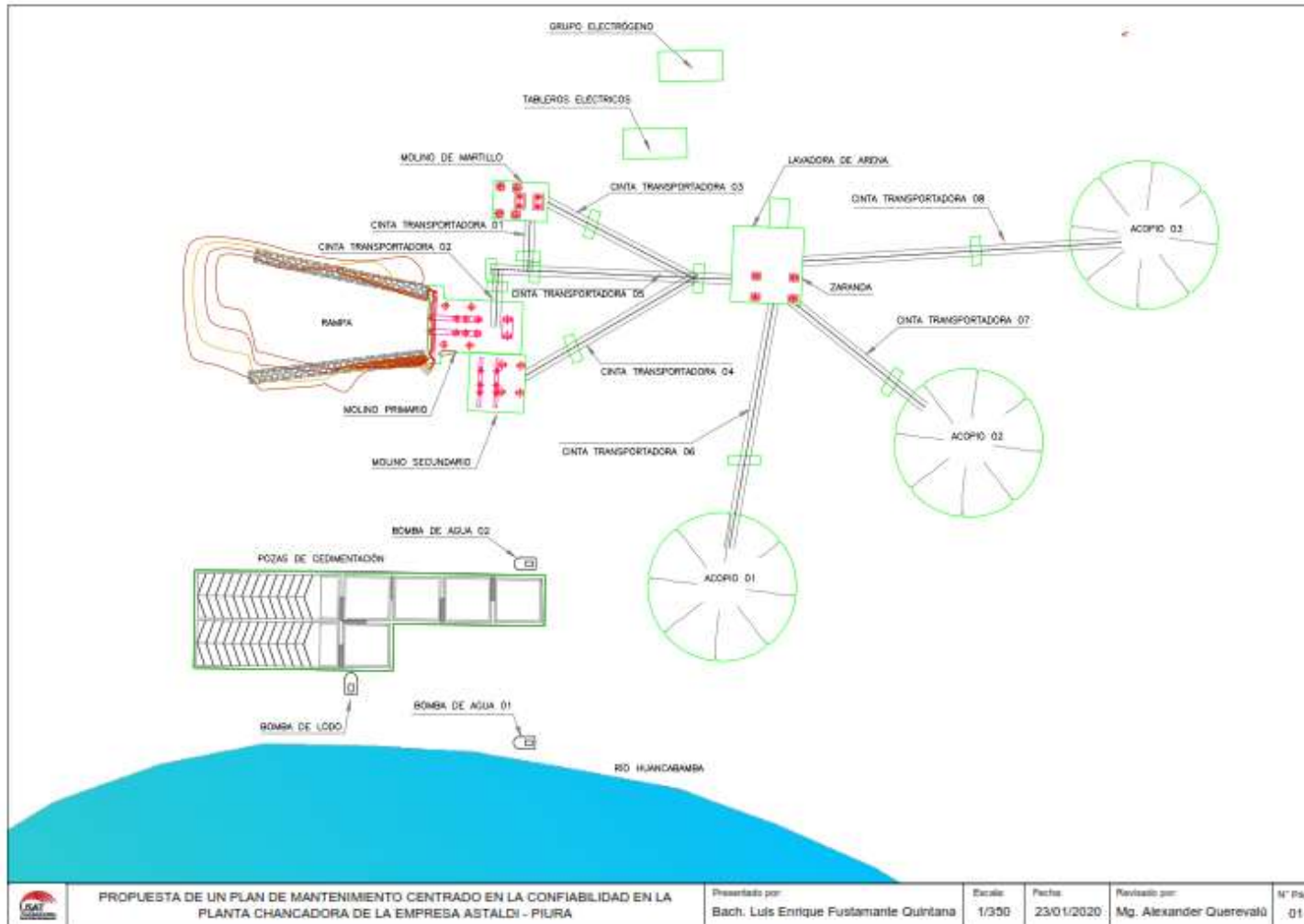
REPORTE DIARIO DE PRODUCCION DE AGREGADOS												
PROYECTO : P0274						FECHA: _____						
OPERADOR : _____						COMBUSTIBLE G.E. : _____						
EQUIPO : PLANTA CHANCADORA						COMBUSTIBLE VOLQUETE 1 : _____						
CODIGO EAM 201AST001						COMBUSTIBLE VOLQUETE 2 : _____						
TURNO : <input type="checkbox"/> DIA <input type="checkbox"/> NOCHE						COMBUSTIBLE CARGADOR 1 : _____						
Nº VIGIAS : _____			Nº OPERADORES : _____			Nº CAPATACES : _____			COMBUSTIBLE CARGADOR 2 : _____			
Nº OFICIALES : _____			Nº OPERARIOS : _____									
MATERIAL DE CANTERA												
Nº	EQUIPO	COD. EAM	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	Nº DE VIAJES	VOLUMEN	TIPO DE MATERIAL					
1	CAMIÓN VOLQUETE											
2	CAMIÓN VOLQUETE											
3	CARGADOR FRONTAL											
4	CARGADOR FRONTAL											
5												
PRODUCTO DE LA PLANTA CHANCADORA					ARENA SHOTCRETE 3/8"		ARENA 0-5 mm (3/16")		PIEDRA 1"		PIEDRA 25 - 50 ( 2" )	
Nº	EQUIPO	COD. EAM	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	Nº DE VIAJES	VOLUMEN	Nº DE VIAJES	VOLUMEN	Nº DE VIAJES	VOLUMEN	Nº DE VIAJES	VOLUMEN
1	PLANTA CHANCADORA											
2	CAMIÓN VOLQUETE											
3	CAMIÓN VOLQUETE											
4	CARGADOR FRONTAL											
5	CARGADOR FRONTAL											
6												
MATERIAL DE DESPACHO												
Nº	EQUIPO	COD. EAM	HOROMETRO INICIAL	HOROMETRO FINAL	MATERIAL DE DESPACHO	Nº DE VIAJES	VOLUMEN	DESTINO				
1	CAMIÓN VOLQUETE											
2	CAMIÓN VOLQUETE											
3	CAMIÓN VOLQUETE											
4	CAMIÓN VOLQUETE											
5	CARGADOR FRONTAL											
6	CARGADOR FRONTAL											
TIPO DE PARADA - OBSERVACIONES :												
1	DE:	A:										
2	DE:	A:										
3	DE:	A:										
4	DE:	A:										
5	DE:	A:										
6	DE:	A:										
OPERADOR			RESPONSABLE DE CAMPO			RESPONSABLE DE PRODUCCION			CONTROL DE PROYECTO			
FIRMA:			FIRMA:			FIRMA:			FIRMA:			
NOMBRE:			NOMBRE:			NOMBRE:			NOMBRE:			
FECHA: / /			FECHA: / /			FECHA: / /			FECHA: / /			

ANEXO 2

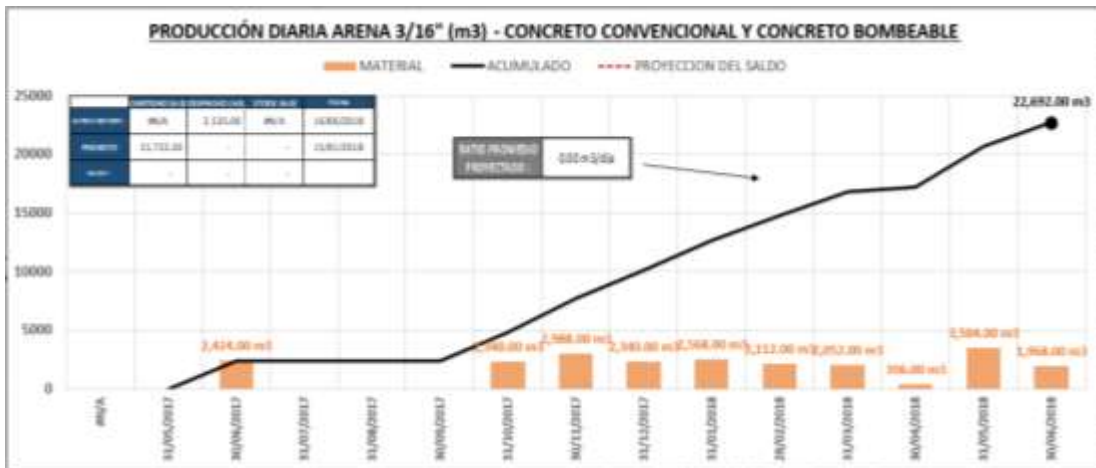
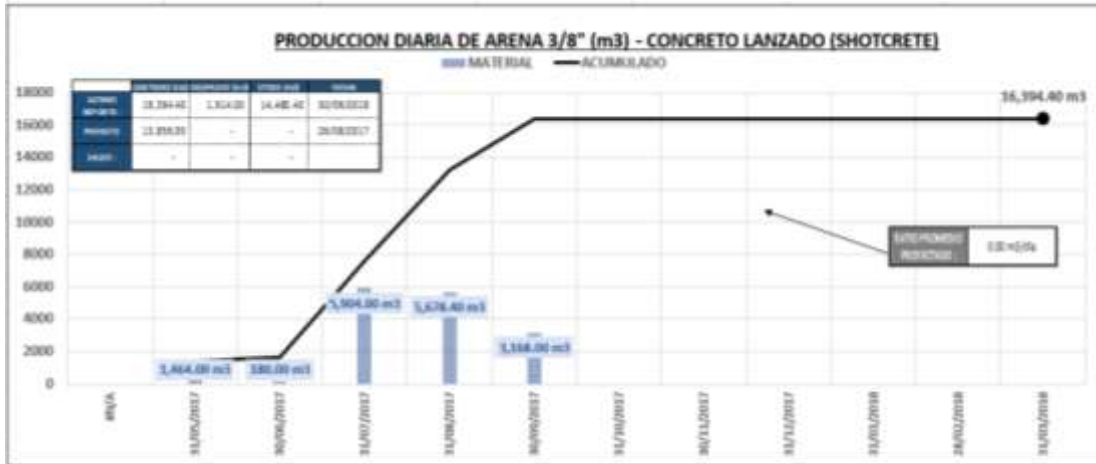
N°	FECHA	EQUIPO	ACTIVIDAD
1	21/05/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
2	8/06/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
3	23/06/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
4	30/06/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
5	23/07/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
6	26/07/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
7	30/07/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
8	6/08/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
9	16/08/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
10	17/08/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
11	20/08/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
12	26/08/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
13	1/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
14	2/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
15	3/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
16	3/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
17	10/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
18	10/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
19	16/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
20	17/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
21	17/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
22	18/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
23	18/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
24	19/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
25	20/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
26	21/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
27	22/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
28	23/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
29	24/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
30	24/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
31	25/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
32	27/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
33	28/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
34	29/09/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
35	1/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
36	1/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
37	2/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
38	3/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
39	4/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
40	5/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
41	6/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
42	7/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
43	8/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
44	8/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
45	9/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
46	10/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
47	11/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
48	12/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
49	13/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
50	13/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
51	14/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
52	15/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
53	22/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
54	22/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
55	24/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
56	25/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
57	25/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
58	29/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
59	29/10/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
60	2/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
61	2/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
62	3/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
63	4/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
64	5/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
65	7/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
66	12/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
67	12/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
68	17/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
69	19/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
70	25/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
71	26/11/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
72	1/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
73	3/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
74	4/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
75	4/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
76	7/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO
77	10/12/2017	PLANTA CHANCADORA	MANTENIMIENTO

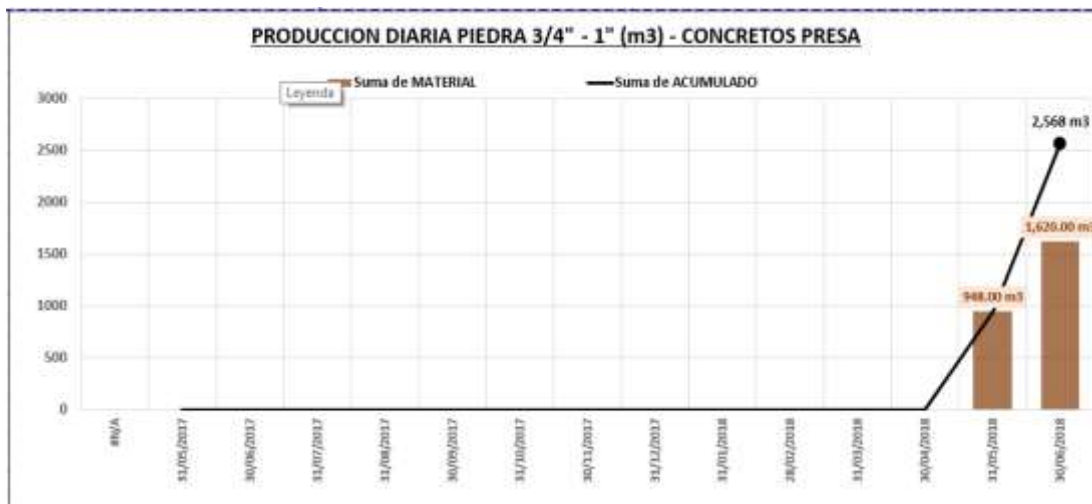
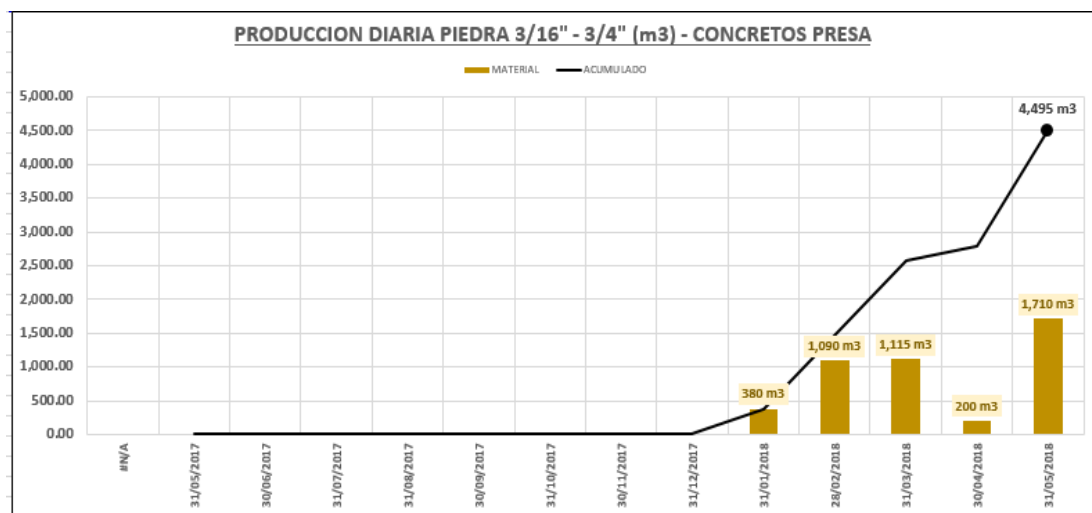


ANEXO 3



ANEXO 4



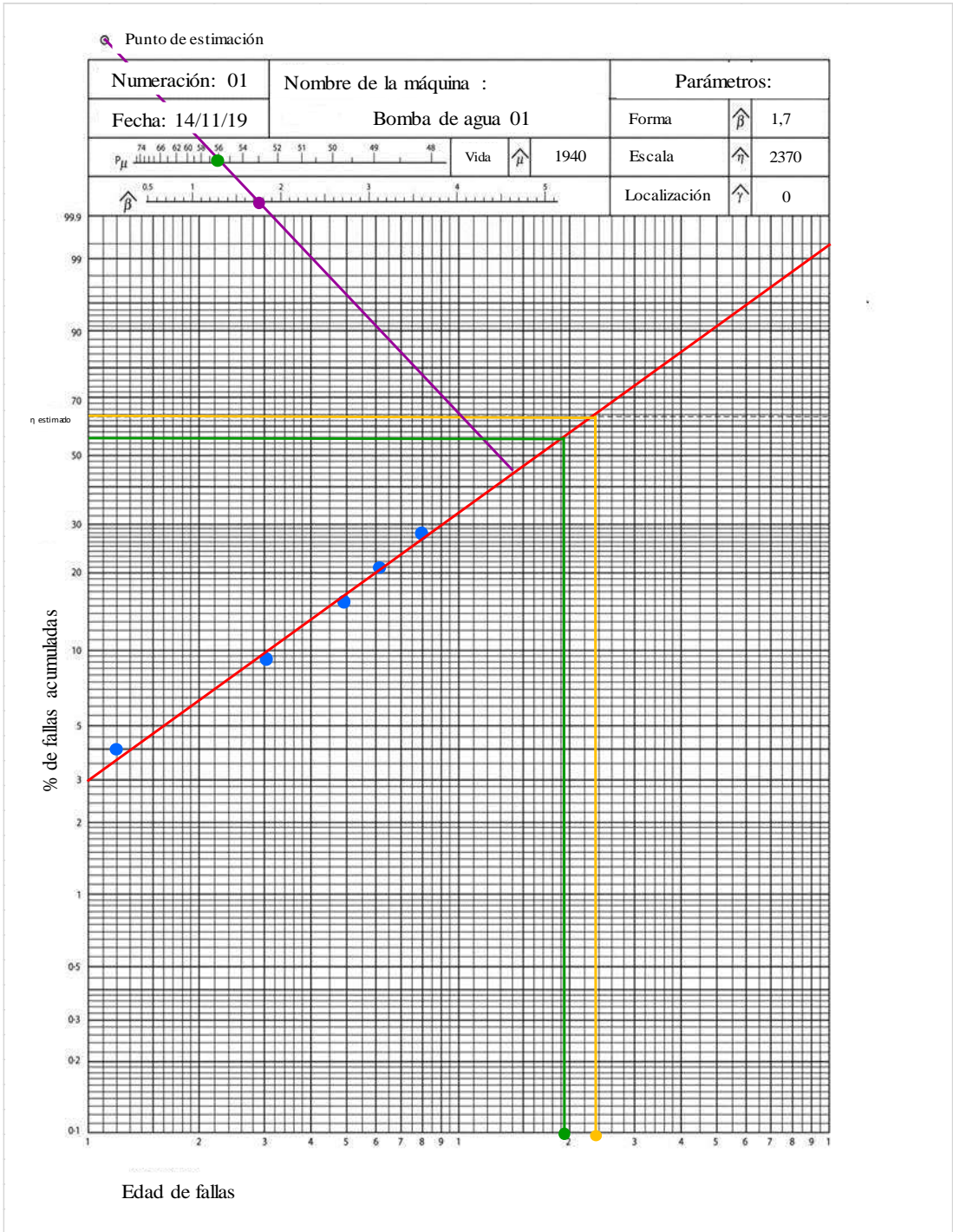


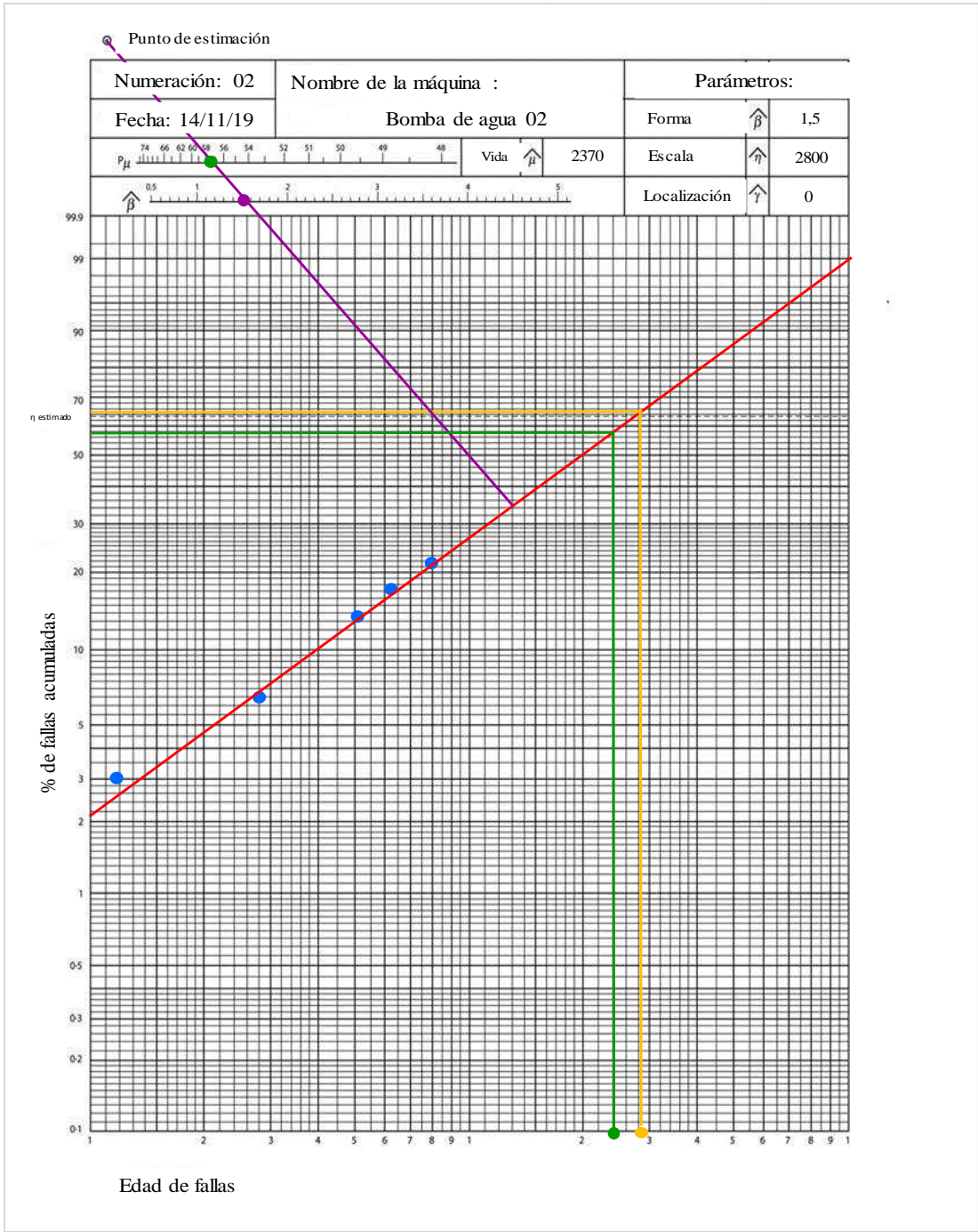


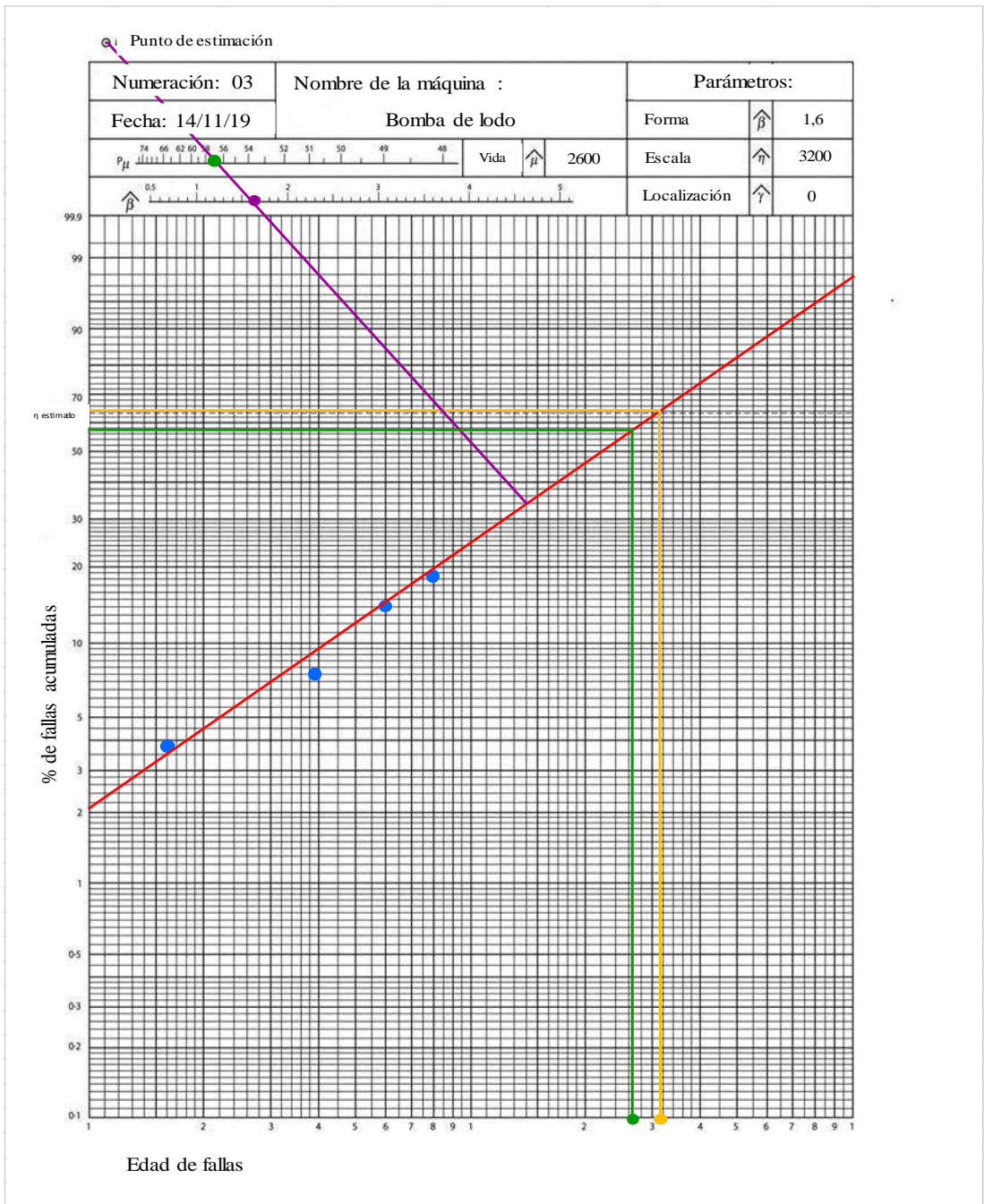
ANEXO 5

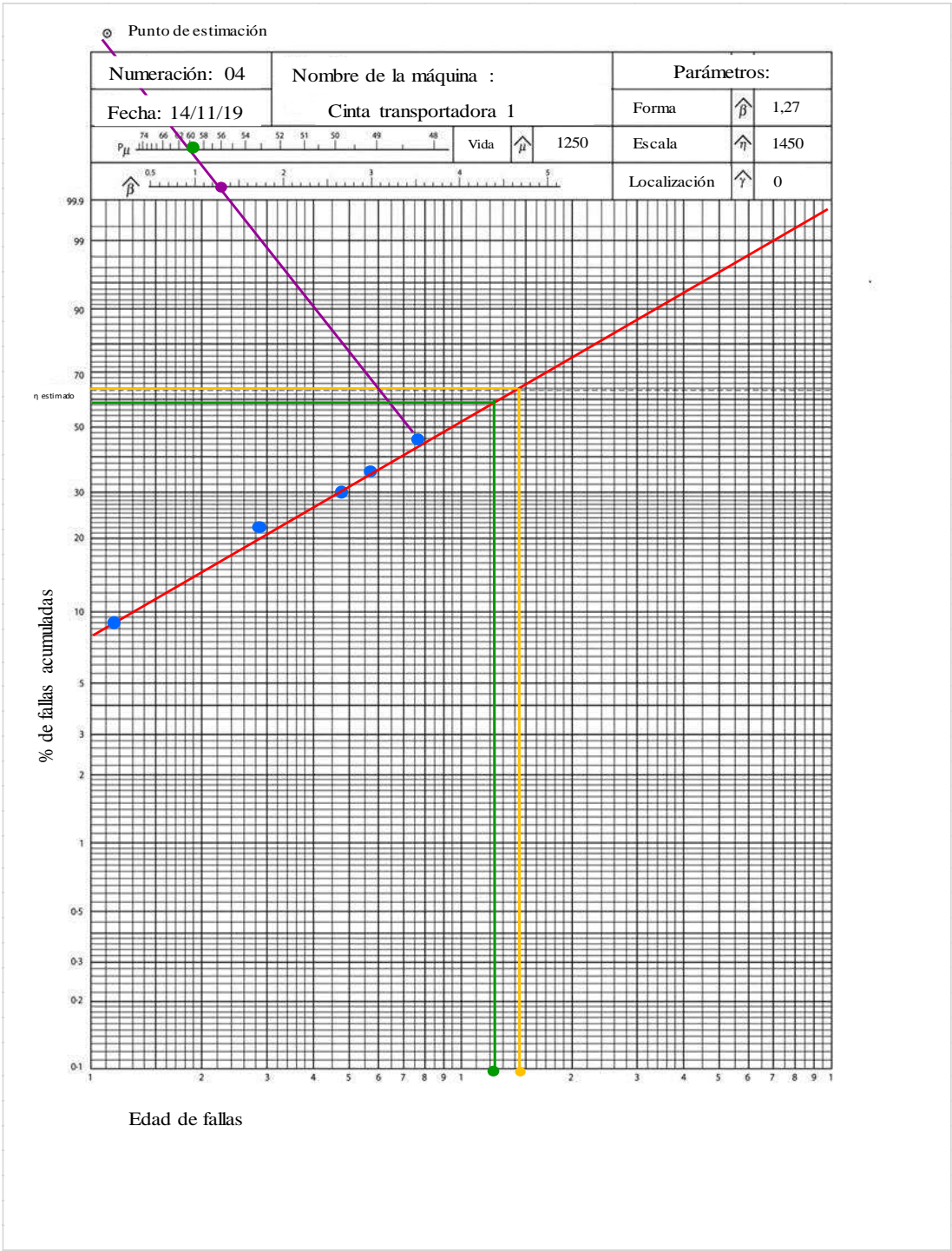
Rango de la Mediana										
j \ n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	50.000	29.289	20.630	15.910	12.945	10.910	9.428	8.300	7.412	6.697
2		70.711	50.000	38.573	31.381	26.445	22.849	20.113	17.962	16.226
3			79.370	61.427	50.000	42.141	36.412	32.052	28.624	25.857
4				84.090	68.619	57.859	50.000	44.015	39.308	35.510
5					87.055	73.555	63.588	55.984	50.000	45.169
6						89.090	77.151	67.948	60.691	54.831
7							90.572	79.887	71.376	64.490
8								91.700	82.038	74.142
9									92.587	83.774
10										93.303

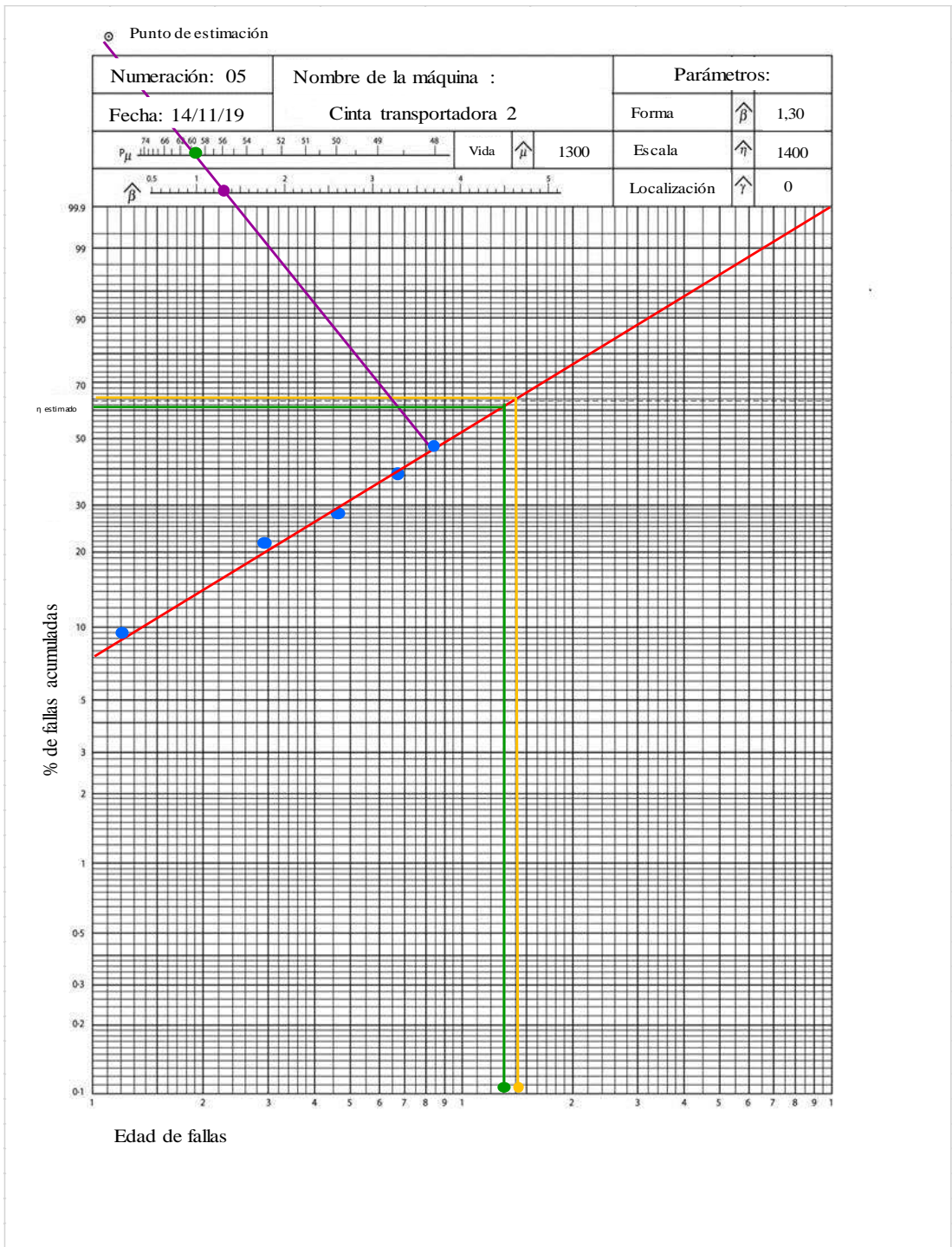
Rango de la Mediana										
j \ n	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	6.107	5.613	5.192	4.830	4.516	4.240	3.995	3.778	3.582	3.406
2	14.796	13.598	12.579	11.702	10.940	10.270	9.678	9.151	8.677	8.251
3	23.578	21.669	20.045	18.647	17.432	16.365	15.422	14.581	13.827	13.147
4	32.380	29.758	27.528	25.608	23.939	22.474	21.178	20.024	18.988	18.055
5	41.189	37.853	35.016	32.575	30.452	28.589	26.940	25.471	24.154	22.967
6	50.000	45.951	42.508	39.544	36.967	34.705	32.704	30.921	29.322	27.880
7	58.811	54.049	50.000	46.515	43.483	40.823	38.469	36.371	34.491	32.795
8	67.620	62.147	57.492	53.485	50.000	46.941	44.234	41.823	39.660	37.710
9	76.421	70.242	64.984	60.456	56.517	53.059	50.000	47.274	44.830	42.626
10	85.204	78.331	72.472	67.425	63.033	59.177	55.766	52.726	50.000	47.542
11	93.893	86.402	79.955	74.392	69.548	65.295	61.531	58.177	55.170	52.458
12		94.387	87.421	81.353	76.061	71.411	67.296	63.629	60.340	57.374
13			94.808	88.298	82.568	77.525	73.060	69.079	65.509	62.289
14				95.169	89.060	83.635	78.821	74.529	70.678	67.205
15					95.484	89.730	84.578	79.976	75.846	72.119
16						95.760	90.322	85.419	81.011	77.033
17							96.005	90.849	86.173	81.945
18								96.222	91.322	86.853
19									96.418	91.749
20										96.594

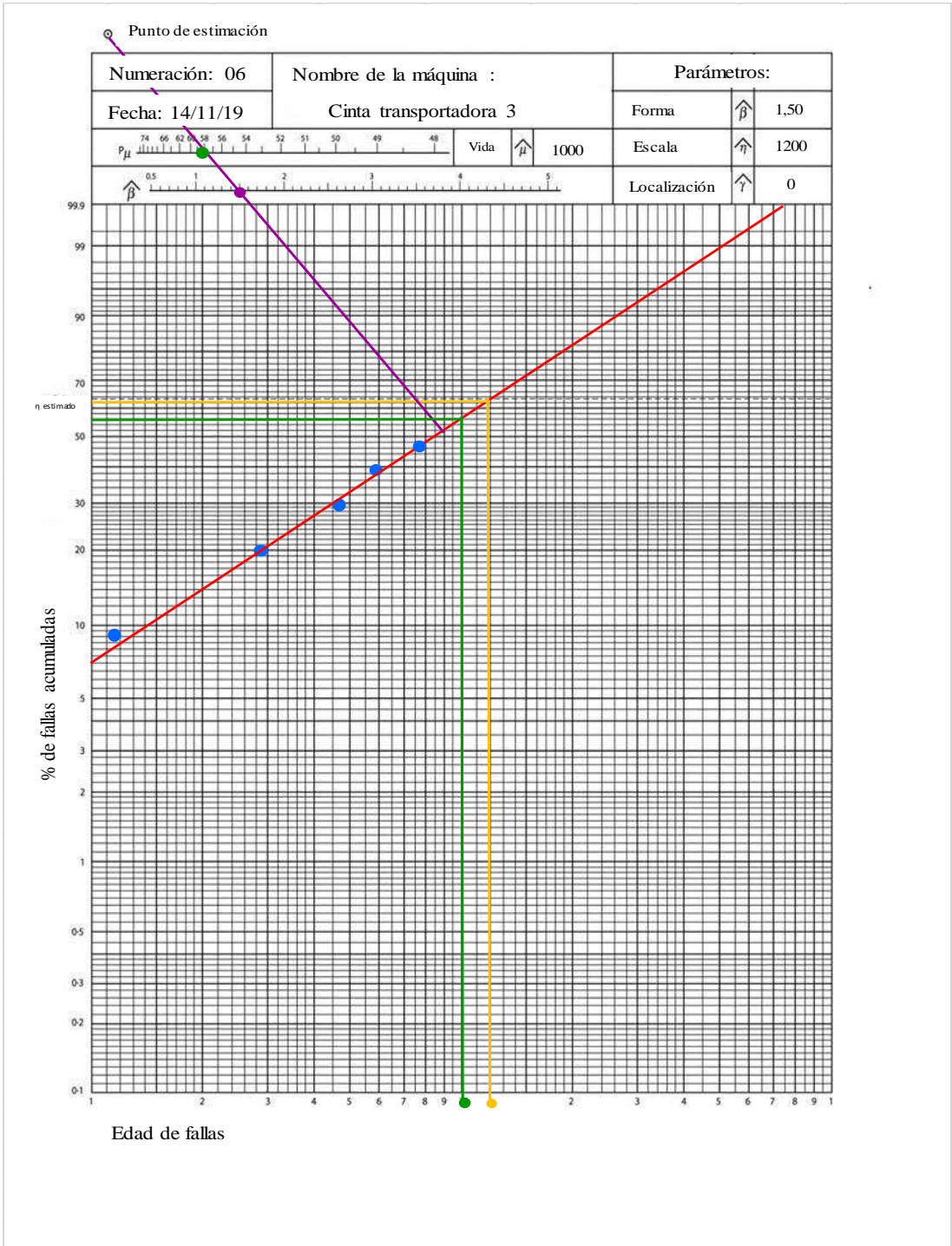






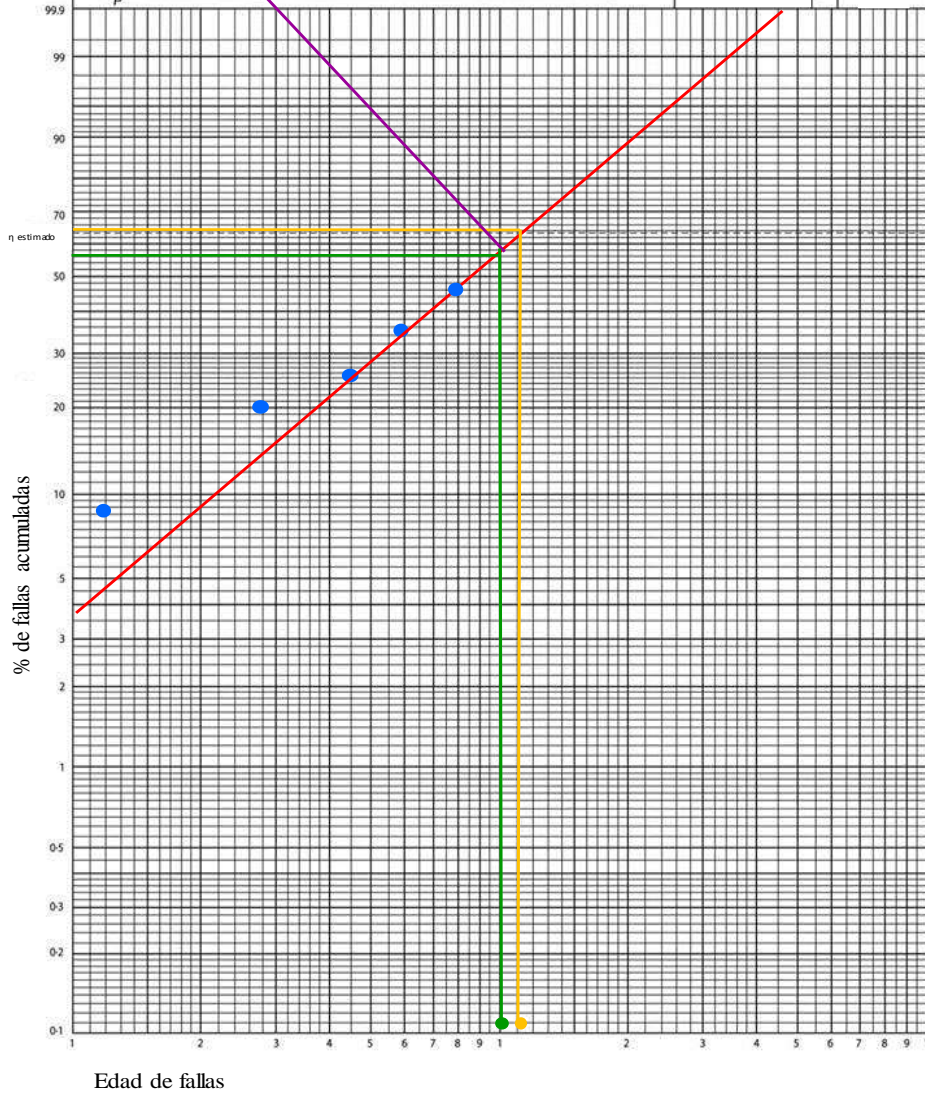




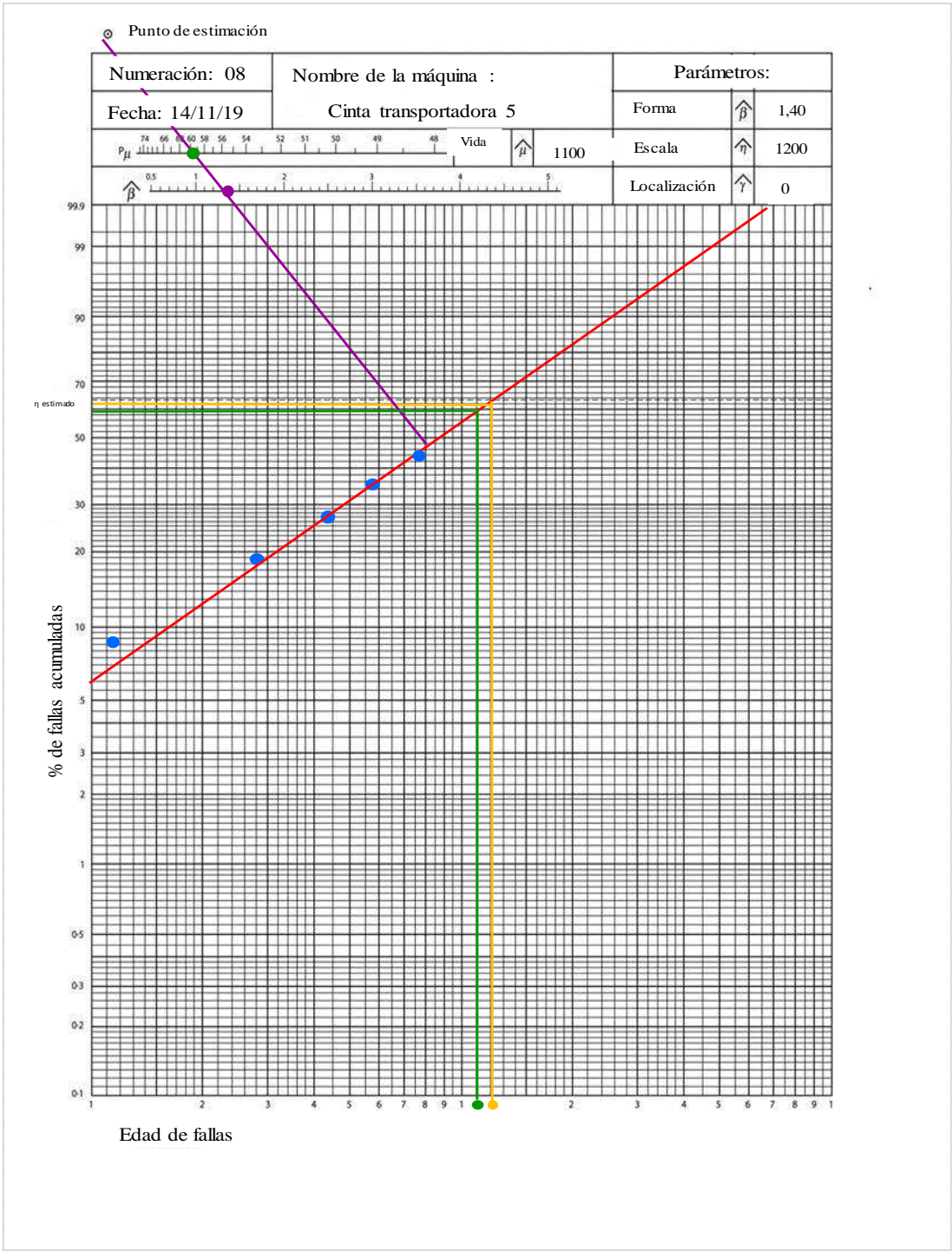


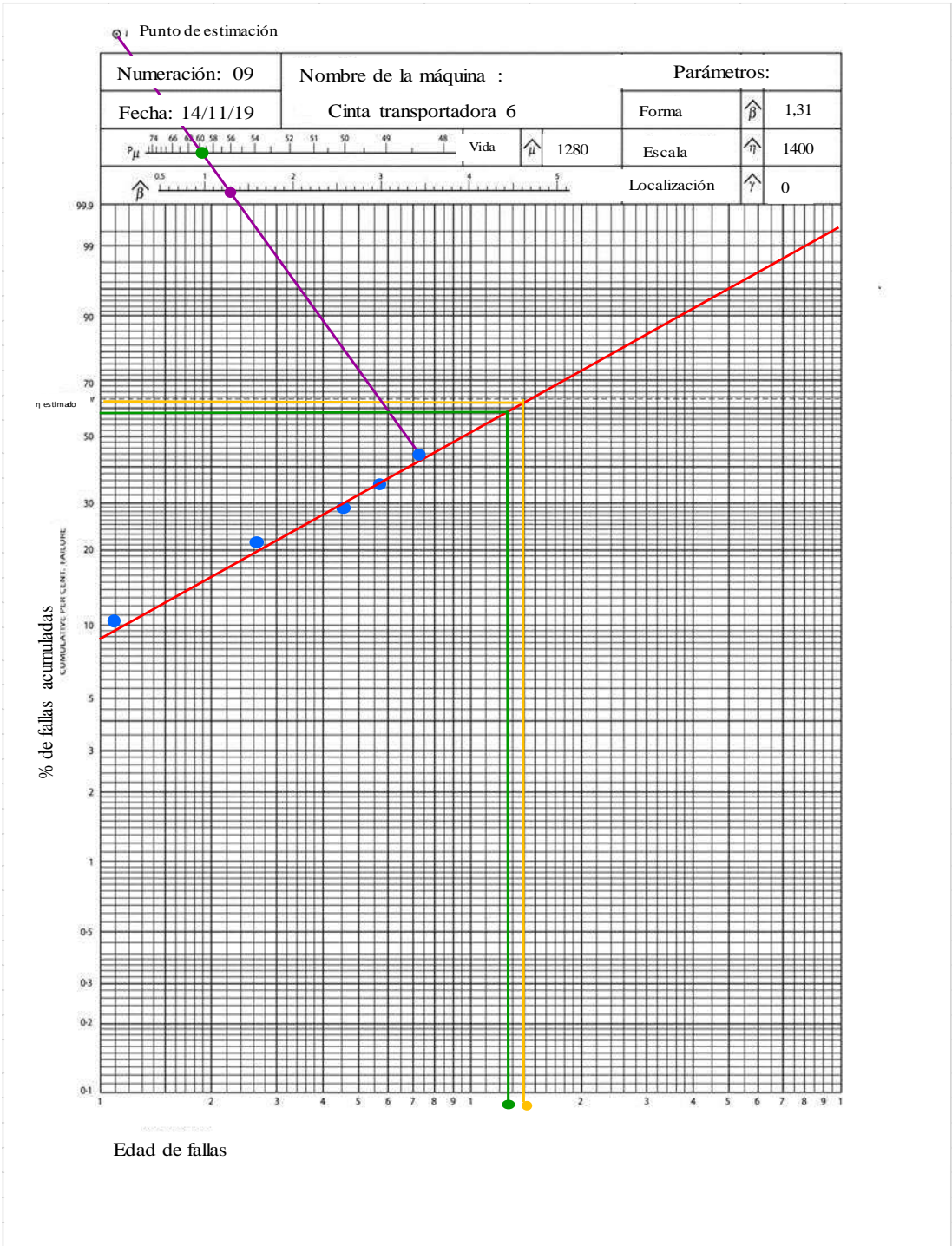
Punto de estimación

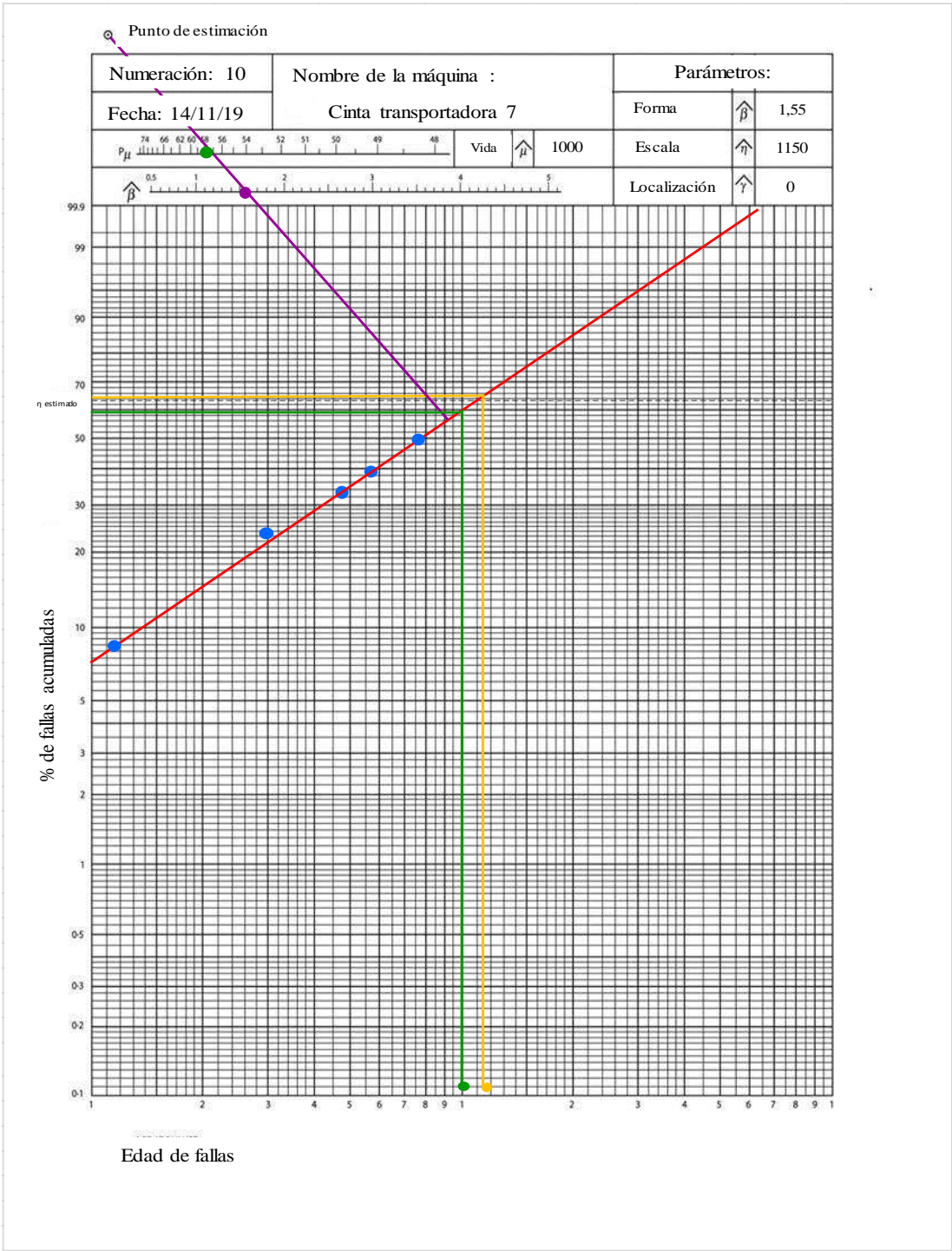
Numeración: 07	Nombre de la máquina : Cinta transportadora 4	Parámetros:	
Fecha: 14/11/19	Vida $\hat{\mu}$ 1000	Forma $\hat{\beta}$ 1,60	Escala $\hat{\eta}$ 1100
$\hat{\beta}$ 0.5 1 2 3 4 5		Localización $\hat{\gamma}$ 0	





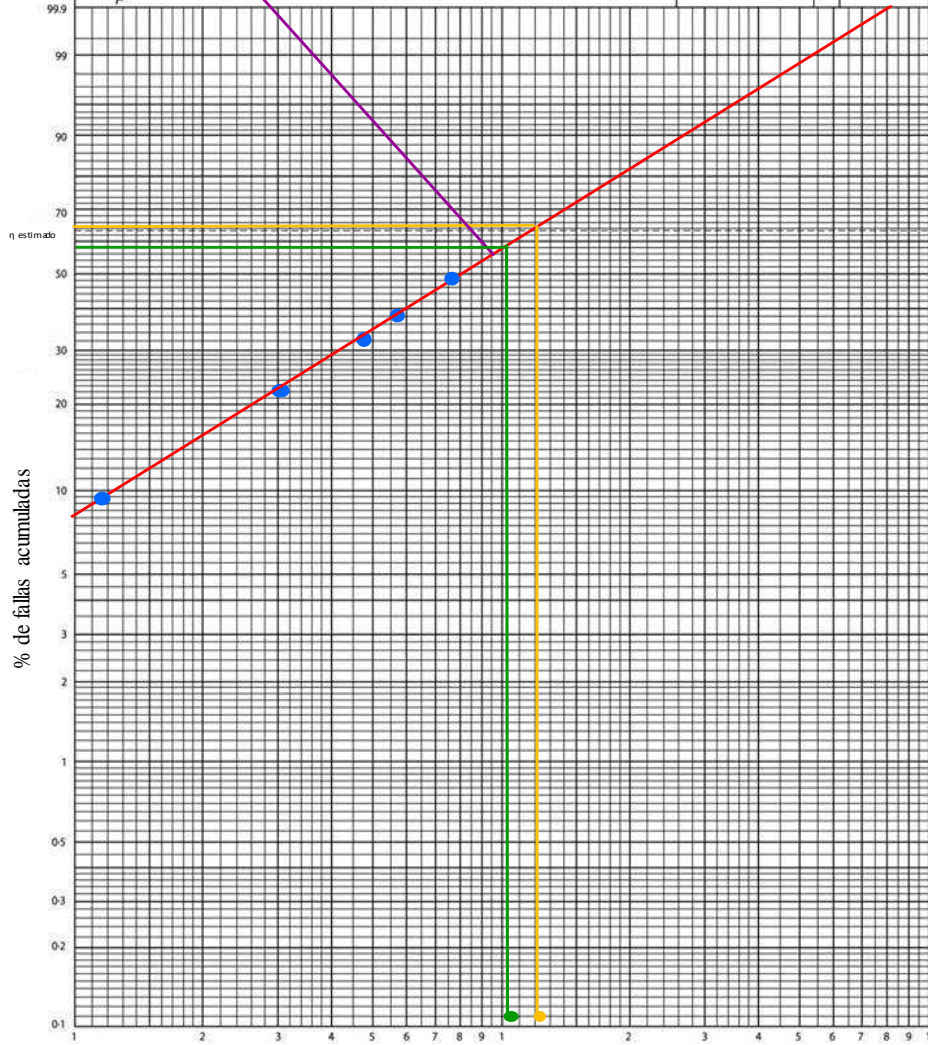




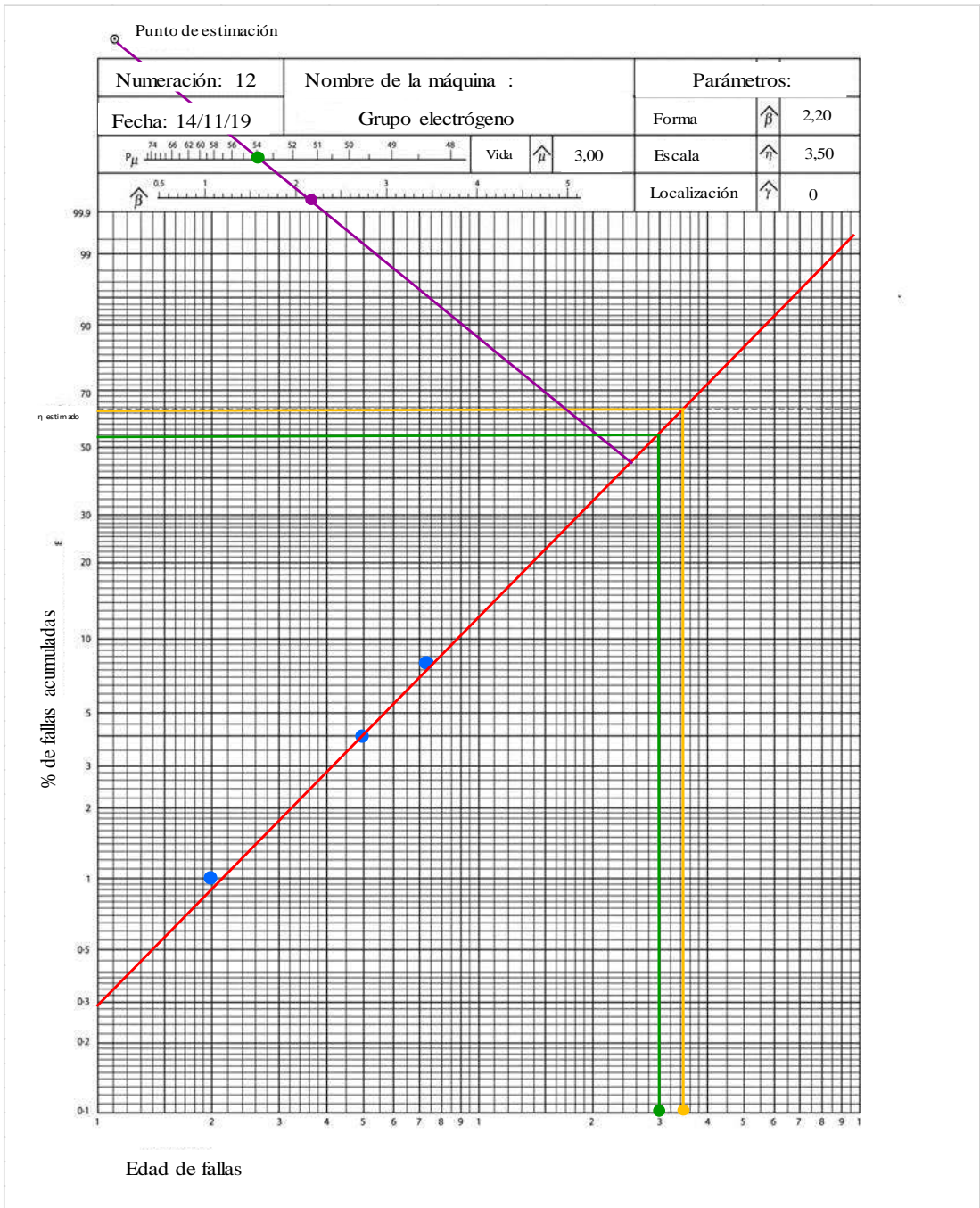


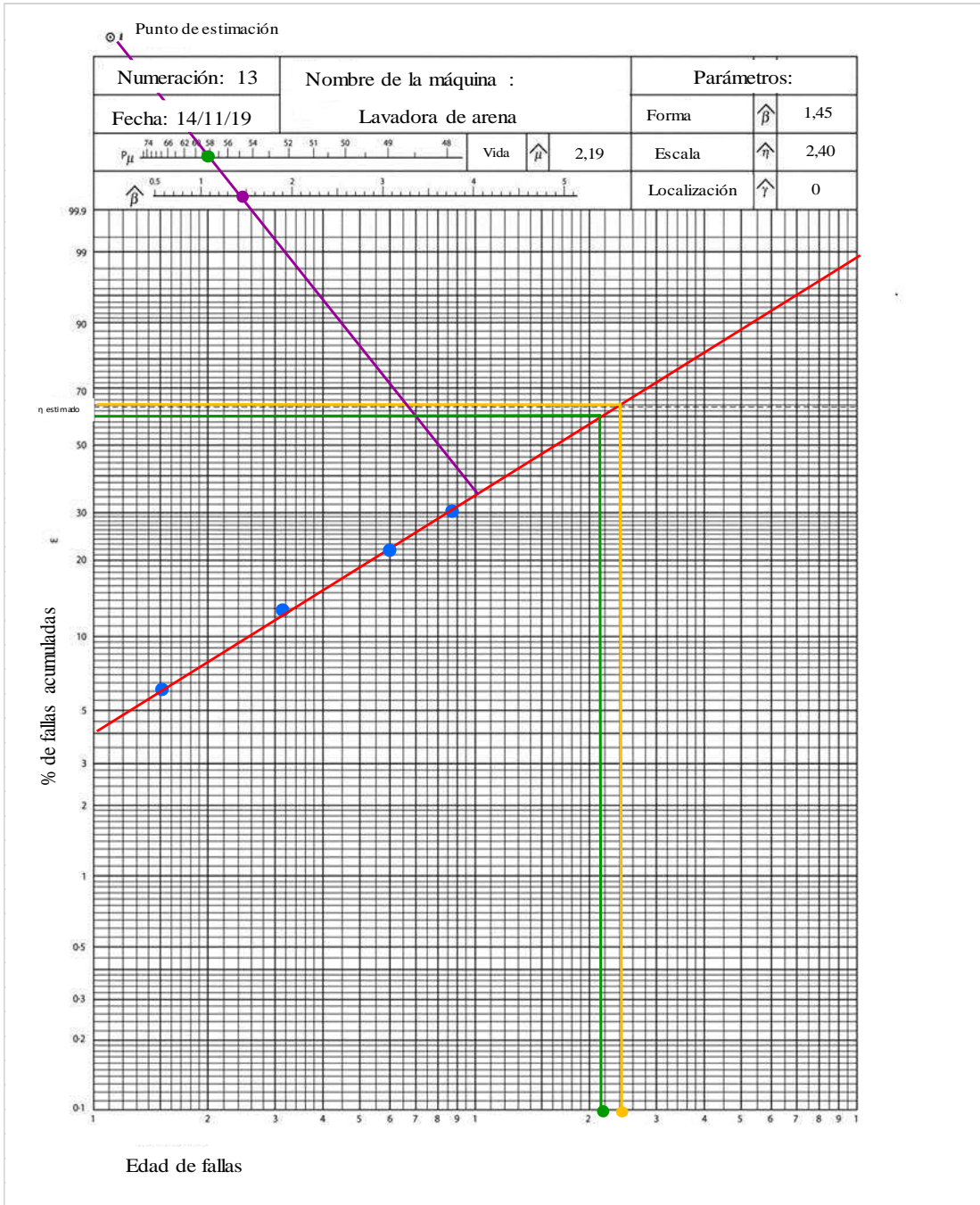
Punto de estimación

Numeración: 11	Nombre de la máquina : Cinta transportadora 8	Parámetros:
Fecha: 14/11/19	Vida $\hat{\mu}$ 1030	Forma $\hat{\beta}$ 1,60
$\hat{\beta}$ 0,5 1 2 3 4 5		Escala $\hat{\eta}$ 1210
		Localización $\hat{\gamma}$ 0



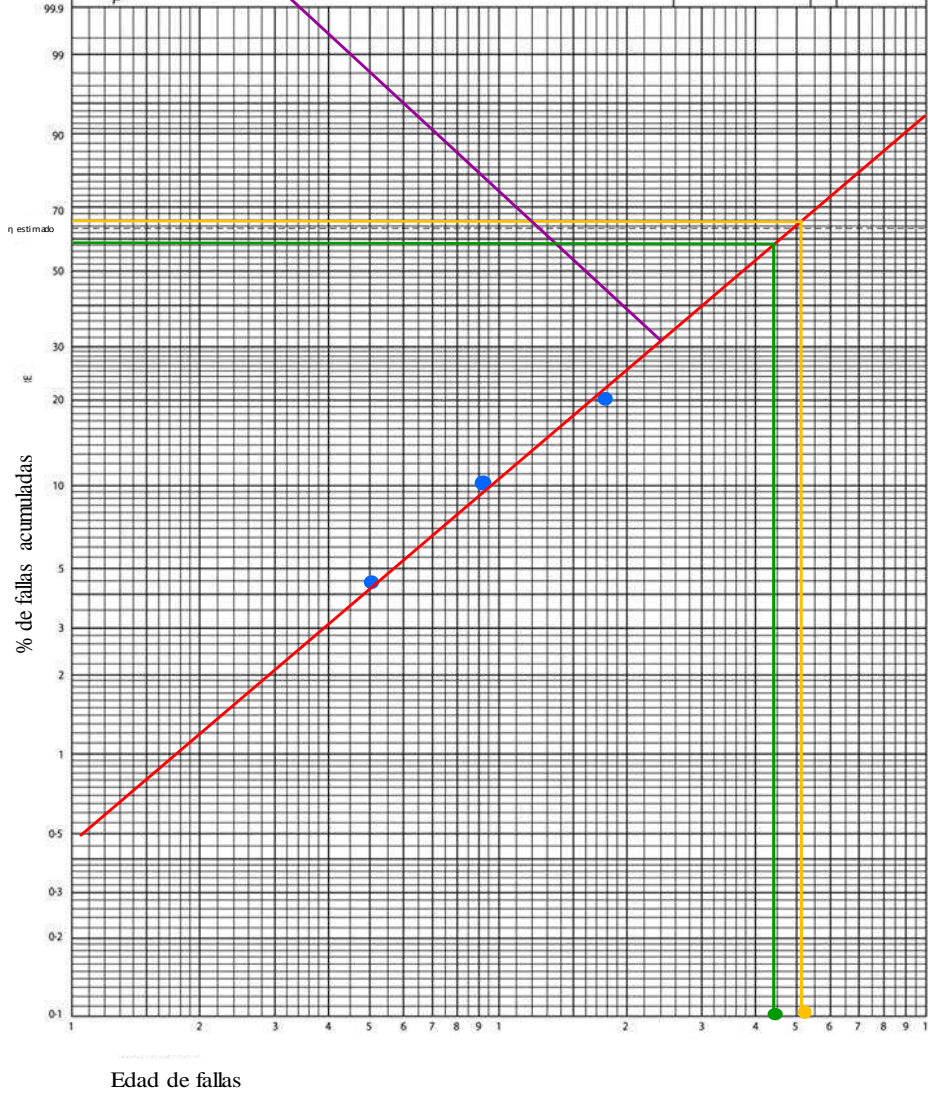
Edad de fallas

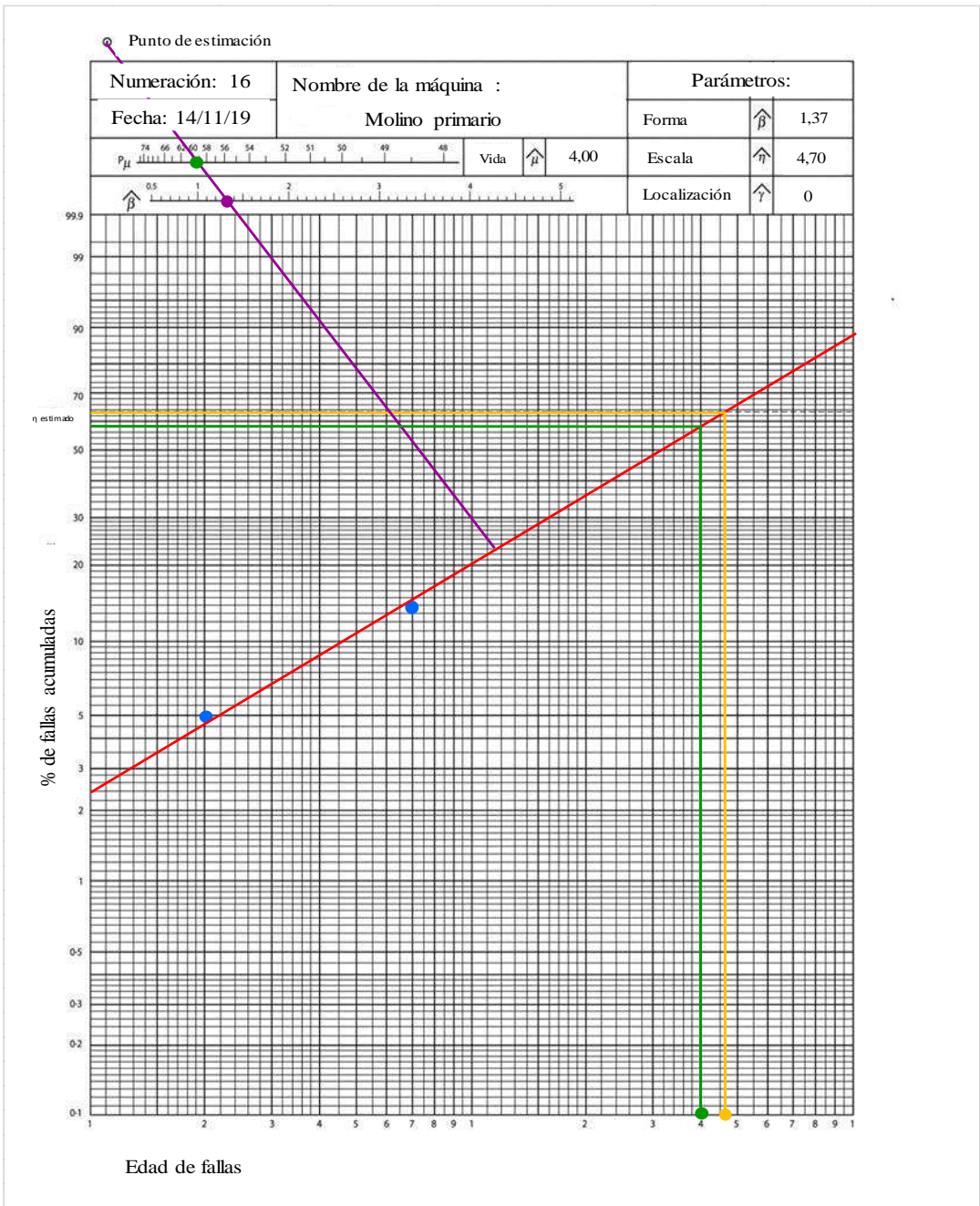




Punto de estimación

Numeración: 14	Nombre de la máquina : Molino de martillo	Parámetros:	
Fecha: 14/11/19		Forma $\hat{\beta}$	1,89
	Vida $\hat{\mu}$	Escala $\hat{\alpha}$	5,25
		Localización $\hat{\gamma}$	0

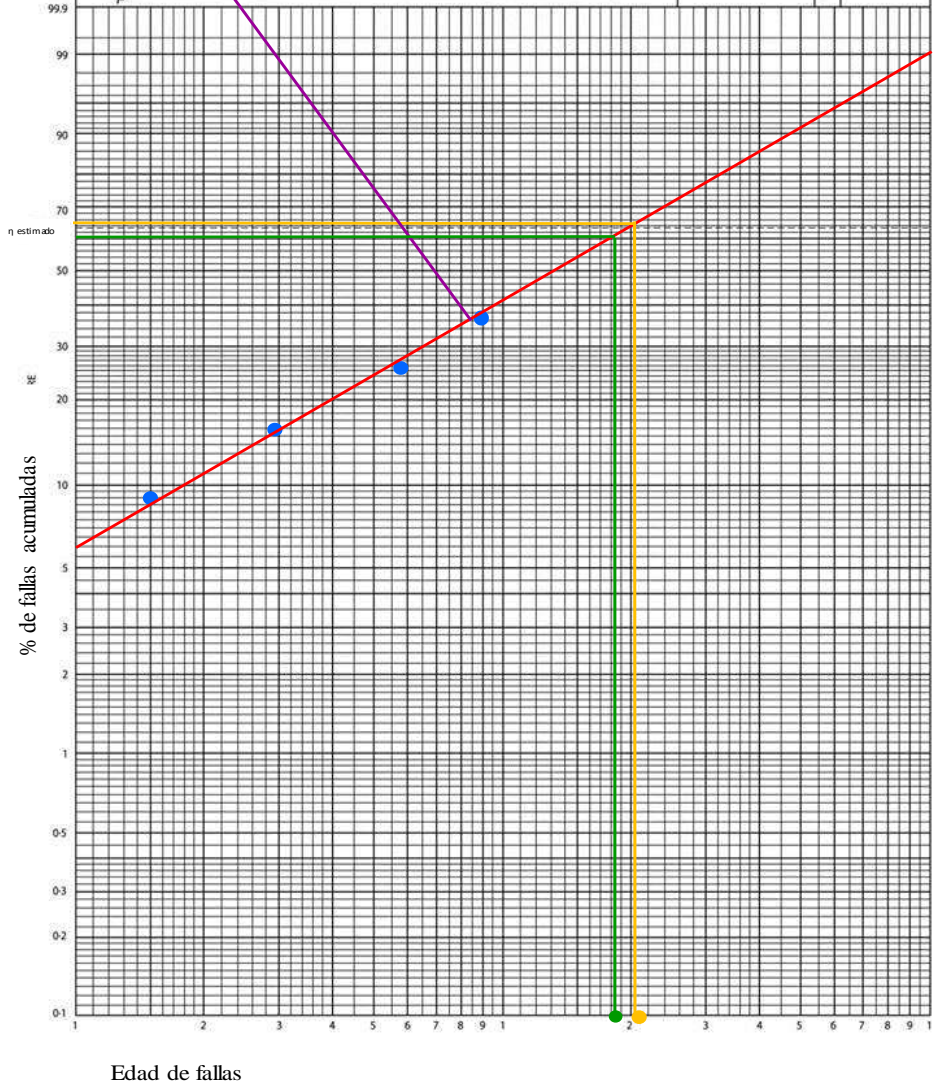


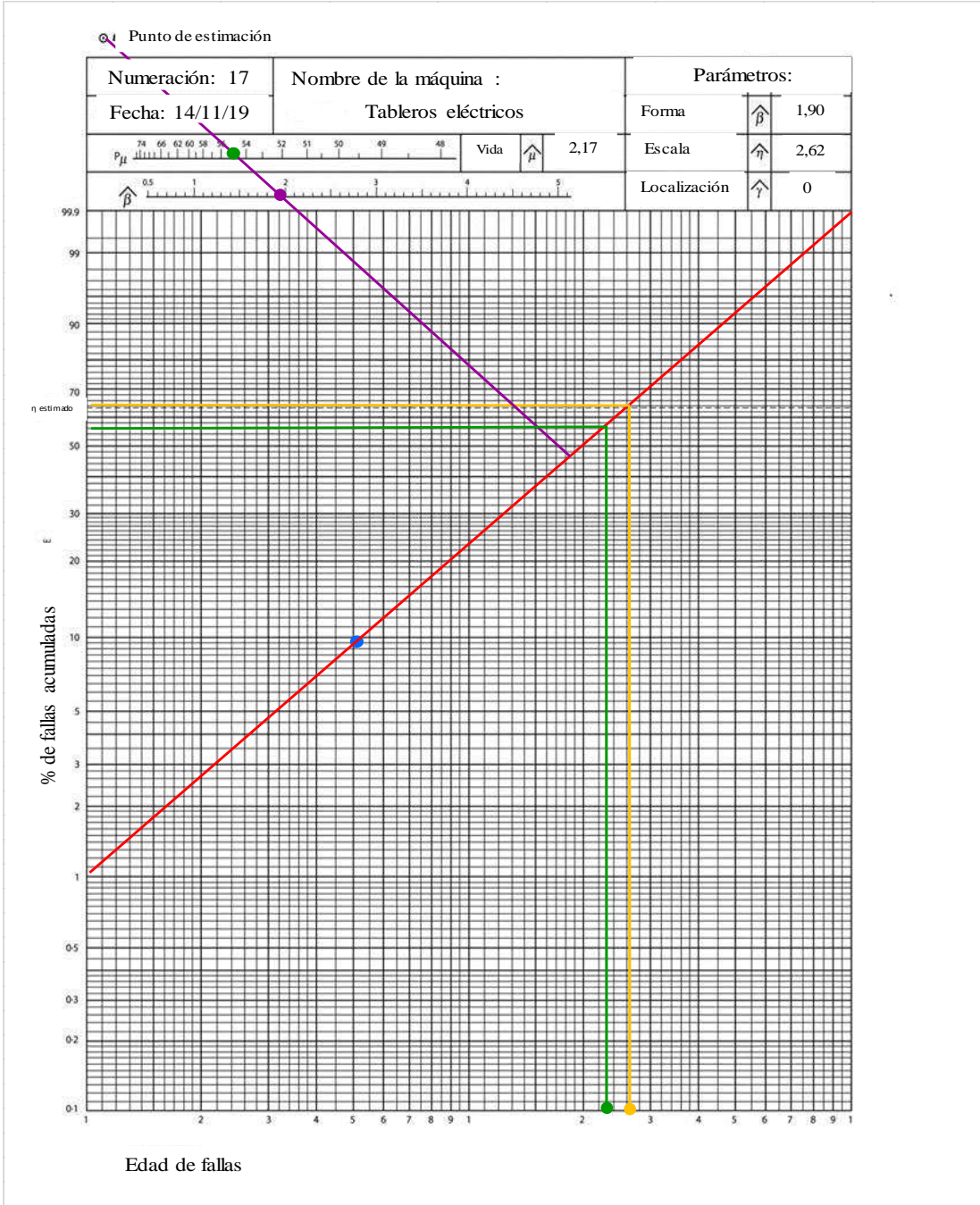


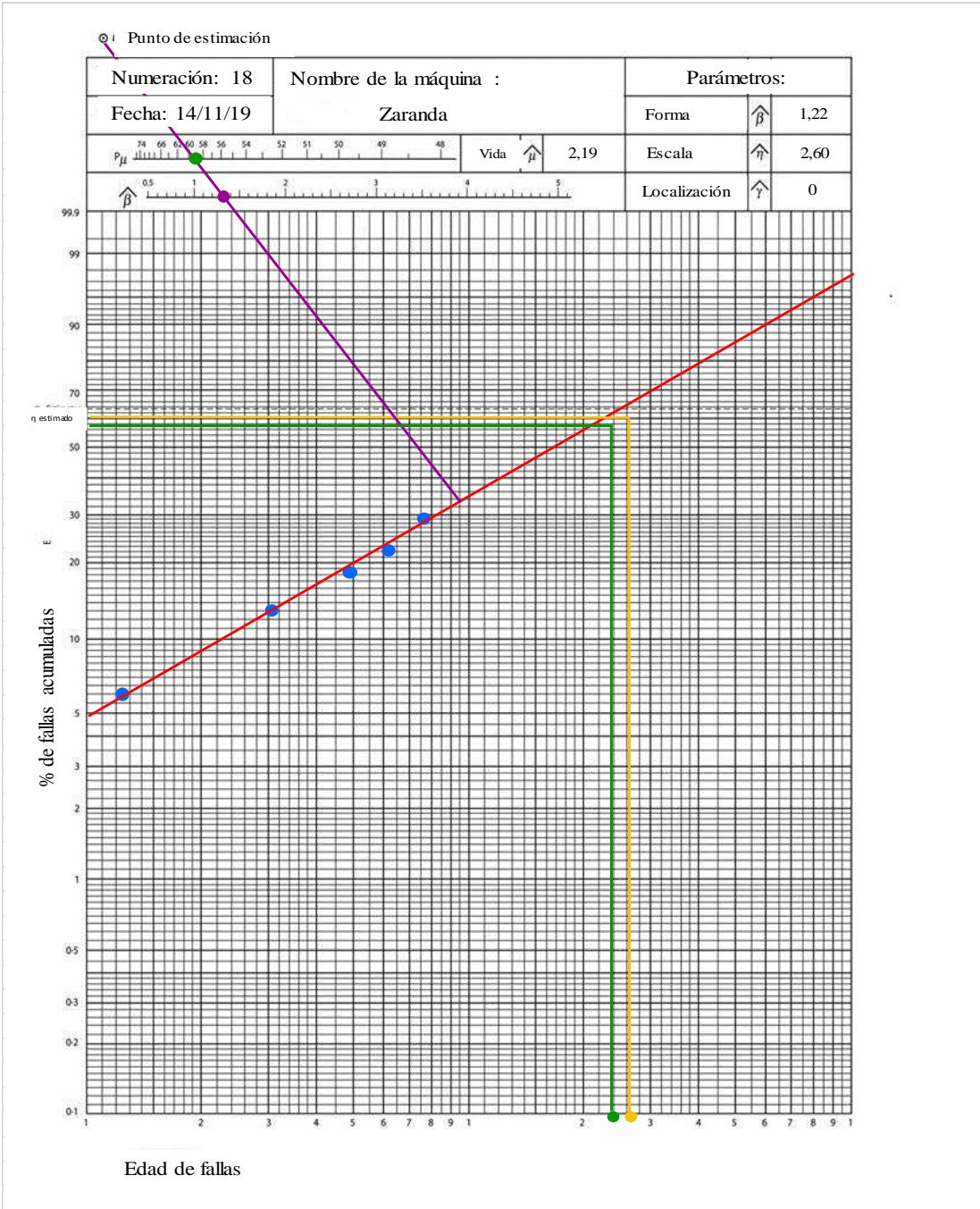


Punto de estimación

Numeración: 16	Nombre de la máquina : Molino secundario	Parámetros:	
Fecha: 14/11/19		Forma $\hat{\beta}$	1,34
$P_{\mu}$		Vida $\hat{\mu}$	1,85
$\hat{\beta}$		Escala $\hat{\gamma}$	2,07
		Localización $\hat{\gamma}$	0







**CERTIFICADO DE TRABAJO**

CONSORCIO OBRAINSA ASTALDI con RUC N° 20555641240; domiciliado en Av. Emilio Cavenedia 225, Of. 111 San Isidro, certifica que el Sr **FUSTAMANTE QUINTANA LUIS ENRIQUE**, identificado con DNI **74026022**, ha laborado en nuestra empresa, con el cargo de **OFICIAL**.

Destacado en la **OBRA ALTO PIURA, PROYECTO ESPECIAL DE IRRIGACIÓN E HIDROENERGÉTICO DEL ALTO PIURA**, desde el 16 de Enero del 2018 hasta el 12 de Marzo del 2018.

Se expide el presente certificado para los fines que el interesado crea conveniente y en cumplimiento de las leyes peruanas vigentes.

San Isidro, 12 de Enero del 2018.

  
CONSORCIO OBRAINSA - ASTALDI  
Sandra Aranguren Castro  
R.U.H.