

ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD BASADA EN LA PRODUCCION DE LA PLANTA
LAVADORA DE LA EMPRESA CIPRODYSER S.A EN SAMACÁ BOYACÁ.

DIEGO FRANCISCO GONZALEZ BLANCO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA
DIVISION DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA
TUNJA
2020

ANÁLISIS DE MANTENIBILIDAD BASADA EN LA PRODUCCION DE LA PLANTA
LAVADORA DE LA EMPRESA CIPRODYSER S.A EN SAMACÁ BOYACÁ.

DIEGO FRANCISCO GONZALEZ BLANCO

Proyecto de grado presentado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO

DIRECTOR: NELSON IVÁN VILLAMIZAR CRUZ
Mg. GERENCIA DE MANTENIMIENTO

CODIRECTOR: CARLOS ANDRÉS AGUIRRE RODRÍGUEZ
Mg. INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA
DIVISION DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

TUNJA

2020

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Tunja, 26 de mayo de 2020

DEDICATORIA

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios en primer lugar y luego a mi familia por brindarme consejos y apoyo en cada uno de los momentos difíciles de esta etapa de mi vida.

A ustedes dedico este logro.

Diego Francisco Gonzalez Blanco

AGRADECIMIENTOS

A mis padres por todo el esfuerzo, amor, confianza y dedicación que me brindaron a lo largo de estos años, este proyecto es dedicado a ustedes.

A el Ingeniero Carlos León por apoyarme en mi proceso de formación, y brindarme ayuda y asesoría en mi proyecto de grado.

A la Universidad Santo Tomas Tunja y sus docentes e ingenieros por brindarme el conocimiento que adquirí en estos años.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	17
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
2 JUSTIFICACIÓN	20
3 OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GENERAL	21
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
4. MARCO REFERENCIAL	22
4.1 CONTEXTO	22
4.1.1 Identificación.	22
4.1.2 Proceso de molienda.	23
4.1.3 Proceso de mezcla.....	25
4.1.4 Proceso de secado.	28
4.1.5 Estado actual de la planta lavadora	31
4.2 MARCO CONCEPTUAL	31
4.2.1 Teoría de mantenimiento	31
4.2.2 Diagrama de Pareto	33
4.2.3 Análisis de criticidad.....	34

4.2.4 Análisis cualitativo.....	35
4.2.5 Análisis cuantitativo.....	35
4.3 MARCO LEGAL	35
4.3.1 Reglamento de seguridad para minería subterránea.	35
4.3.2 Procedimientos de trabajo seguro en actividades de mantenimiento mecánico de máquinas y equipos utilizados en el interior y exterior de la mina.	35
4.3.3 Procedimientos para actividades de mantenimiento en soldadura y corte de metales.....	36
4.3.4 Procedimientos de trabajo en tareas de poda de árboles y mantenimiento locativo de superficie.....	36
4.3.5 Protocolo de seguridad para mantenimiento de vehículos automotores y maquinaria amarilla.....	36
4.3.6 Procedimientos de manipulación y mantenimientos de sistemas hidráulicos.....	36
5. METODOLOGÍA	37
5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	37
5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO	38
6. RESULTADOS.....	40
6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	44
6.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.	50
6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PARETO.....	50
6.4 GENERACIÓN DE PROTOCOLOS.....	55
6.4 SEGUIMIENTO	58

CONCLUSIONES.	64
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	67
ANEXOS	69

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Área patio empresa Ciprodyser S.A	22
Figura 2. Molino planta lavadora Ciprodyser S.A	24
Figura 3. Molino planta lavadora	24
Figura 4. Proceso de molienda.....	25
Figura 5. Tanque de mezcla planta lavadora	25
Figura 6. Esquema de tanque mezclador.....	26
Figura 7. Componentes de hidrociclón	26
Figura 8. Funcionamiento del hidrociclón	27
Figura 9. Disposición hidrociclones en la planta lavadora.....	28
Figura 10. Partes criba	29
Figura 11. Criba planta lavadora	29
Figura 12. Criba planta lavadora	30
Figura 13. Criba planta lavadora	30
Figura 14. Diagrama planta lavadora	31
Figura 15. Representación tabla 4	46
Figura 16. Representación de la (tabla 7)	51
Figura 17. Matriz de criticidad	53

Figura 18. Matriz criticidad molino.....	54
Figura 19. Protocolo para molino de martillos	57
Figura 20. Producción mensual septiembre 2019	59
Figura 21. Producción mensual octubre 2019	61
Figura 22. Producción mensual septiembre 2019	62
Figura 23. Comparación producción mensual planta lavadora.....	63

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Equipos	38
Tabla 2. Descripción general del proyecto	39
Tabla 3. Resultados por etapa	40
Tabla 4. Producción Agosto	44
Tabla 5. Inventario y valores aproximados de equipos	46
Tabla 6. Análisis de molino de martillos	48
Tabla 7. Análisis de Pareto molino.	50
Tabla 8 Leyenda Figura 16	51
Tabla 9. Evaluación de criticidad molino	52
Tabla 10. Resultados análisis de criticidad de los equipos de la planta lavadora	55
Tabla 11. Tareas de mantenimiento	55
Tabla 12. Instrucciones técnicas.	56
Tabla 13. Tareas asignadas.	58
Tabla 14. Producción septiembre de 2019.	58
Tabla 15. Producción octubre de 2019.	60
Tabla 16. Producción noviembre de 2019.	61

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Certificación del cumplimiento y desarrollo del proyecto en la empresa CIPRODYSER S.A.	69
Anexo B. Análisis mezclador.	70
Anexo C. Análisis bombas centrifugas	71
Anexo D. Análisis cribas.	72
Anexo E. Análisis de Pareto para el mezclador.	73
Anexo F. Gráfica análisis de Pareto del mezclador.	74
Anexo G. Análisis de Pareto para la bomba 1.	75
Anexo H. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 1.	76
Anexo I. Análisis de Pareto para la bomba 2.	77
Anexo J. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 2.	78
Anexo K. Análisis de Pareto para las cribas.	79
Anexo L. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 2.	80
Anexo M. Análisis de criticidad mezclador.	81
Anexo N. Matriz de criticidad mezclador.	82
Anexo O. Matriz de criticidad bombas	82

Anexo P. Matriz de criticidad bombas	84
Anexo Q. Matriz de criticidad cribas de secado.	85
Anexo R. Matriz de criticidad cribas de secado.	86
Anexo S. Protocolo de mantenibilidad mezclador.	87
Anexo T. Protocolo de mantenibilidad bomba 1.	88
Anexo U. Protocolo de mantenibilidad bomba 2.	89
Anexo V. Protocolo de mantenibilidad bomba 2.	90

GLOSARIO

ANÁLISIS DE CRITICIDAD: Es un método o técnica aplicada, que permite cuantificar el impacto de las fallas en componentes de un sistema de producción, maquinaria o equipos.

APEX: Parte del hidrociclón que sirve para generar vórtices dentro del mismo.

BOMBA CENTRIFUGA: Es un equipo que pone en rotación una sustancia con el fin de que gane presión y velocidad.

COQUE: Producto obtenido de carbones bituminosos calentados a altas temperaturas.

CRIBA: Máquina que permite el secado y cernido del carbón, se compone de 8 mallas.

FEED: Área por la que se alimenta el hidrociclón.

FRECUENCIA: Número de veces con la que sucede una acción o tarea, en un intervalo de tiempo.

LAVADO DE CARBON: Proceso por el cual se disminuye el porcentaje de cenizas del carbón para su posterior coquizado.

MANTENIBILIDAD: Esfuerzo requerido para conservar en funcionamiento un equipo, al presentarse una falla.

OVERFLOW: También llamada zona de derrame del hidrociclón se encuentra en la parte superior del mismo.

PRODUCCION: Fabricación o transformación de un producto.

PRODUCTIVIDAD: Capacidad que tiene una industria para producir.

PROTOCOLO: Serie de pasos que guía la forma en la que debe realizarse un trabajo o actividad.

VORTEX: Parte interna del hidrociclón por la que escapa el flujo turbulento.

RESUMEN

La empresa CIPRODYSER S.A cuenta con una planta lavadora que a lo largo de los años se encontraba en estado no operativo, lo que provocó el deterioro de las máquinas que se utilizan en el proceso de lavado. En la actualidad, se realizó una reparación a todos los equipos para retomar el proceso de lavado. La investigación se centró en la realización de cinco protocolos de mantenibilidad, esto con el fin de reducir los tiempos de paradas, reducir los costos y aumentar la producción de la planta, para dicho trabajo se interactuó y se contó con el personal operativo que allí trabaja.

Con una recolección preliminar de información acerca de los equipos, se determinaron las fallas típicas que afectan el trabajo funcional de las máquinas. Con lo cual se determinó que la empresa no cuenta con un registro de mantenimiento y solo realizan actividades correctivas, mostrando que no hay ningún registro de los mantenimientos ni los costos de los mismos. Para establecer el estado actual de la maquinaria utilizada, se empleó la asignación y el orden de prioridades de cada una de ellas, para luego implementar el método de diagrama de Pareto, con el fin de mostrar como resultado las frecuencias de las fallas, así como los problemas más comunes de las máquinas, los costos de mantenimiento, entre otros.

Teniendo la información recopilada y el diagrama de Pareto, se procedió a realizar el análisis de criticidad de los equipos, para lo cual se implementó un software diseñado en Microsoft Excel, que permite realizar la matriz de criticidad y evaluar el estado de cada equipo, con esto se realizaron los protocolos de mantenibilidad teniendo en cuenta la criticidad, las fallas típicas, los tiempos de parada y otras muchas causas que pueden afectar el trabajo adecuado de los equipos. Por último, la gerencia recibió los protocolos, los cuales permitieron aumentar la producción de los equipos de la planta. Los protocolos se centraron en el trabajo del personal y en las operaciones que se realizan dentro de la planta.

ABSTRACT

The company CIPRODYSER S.A has a washing plant that over the years was in a non-operational state which caused the deterioration of the machines used for the process, currently all the equipment was repaired for resume the washing process. The research focused on the realization of five maintainability protocols, this in order to reduce downtimes, costs and increase its production, for which it interacted with the plant's operational personnel to achieve it.

With a preliminary survey of information, about the equipment, times, stops, among others, with this information it was possible to determine the typical failures, with which it was determined that the company does not have a maintenance department and only performs corrective maintenance, Therefore, there is no record of maintenance or costs. In order to establish the current state of the machinery used, the assignment and order of priorities of the same was used, then to implement the method of pareto diagram, leaving as a result the frequencies of failures, as well as the most common problems of the machines, maintenance costs, among others.

Having the information collected and the pareto diagram, we proceeded to perform the criticality analysis of the equipment, for which a software designed in Microsoft Excel was implemented, which allows to perform the criticality matrix and evaluate the status of each equipment, with This proceeded to carry out the maintainability protocols taking into account the criticality, the typical failures, the downtimes among others. Finally, the management received the protocols, which allowed to increase the production of the plant, reduction of maintenance costs due to bad operations, so the protocols focused on the personnel and operations performed on it.

INTRODUCCIÓN

En la investigación presentada, se evidencia lo asociado al desarrollo y puesta en marcha de un protocolo de mantenibilidad para la empresa CIPRODYSER S.A, ubicada en el municipio de Samacá Boyacá; el principal objetivo de la investigación es mejorar la productividad de la planta lavadora de la empresa, así como el análisis de los componentes de la planta por medio del análisis de Pareto, y el análisis de criticidad de los mismos para conocer costos de operación y mantenimiento. Los resultados de este proyecto serán muy útiles para la empresa, ya que la empresa no cuenta con un departamento de mantenimiento, lo que significa que no existe un historial de los equipos y tampoco posee protocolos de mantenibilidad que pueden mejorar la productividad en la planta de lavado.

En la presente proyecto de grado están descritas todas las etapas del desarrollo de la investigación. Una vez reconocido el problema, éste se planteó y se delimitó, para tener un plan de trabajo dentro de la investigación; en seguida se inició la recolección de la información que permitiría conocer la forma en la que operaba la planta lavadora, y así identificar sus problemas o posibles mejoras. La recolección de la información se dio mediante diferentes actividades como lo son: las entrevistas, la observación directa, entre otras. De esta manera se logra identificar el estado de los equipos y el mantenimiento que requieren para una mejora en la producción.

En cuanto a la verificación del estado actual de los equipos de la planta lavadora, se realizó mediante el diagrama de Pareto, usando el método de pocos vitales muchos triviales, esto permite determinar los problemas sin importancia frente a otros pocos muy importantes, y se realizaron diagramas para cada uno de los equipos, y con la información se procedió a realizar el análisis de criticidad de los componentes de la planta. El análisis de criticidad se centró en el método de factores ponderados, que permite visualizar una matriz con puntuaciones y clasificaciones de los factores evaluados de cada equipo. Con la información de la matriz se procedió a realizar los protocolos de mantenibilidad de los equipos y así mejorar la operación y producción de la planta lavadora.

Los protocolos de mantenibilidad contienen una lista concreta de tareas a realizar los equipos, esta lista se basa en la metodología de determinación de tareas o actividades a partir de recomendaciones de los fabricantes, algunos tipos de tareas que suelen llevarse a cabo son: inspecciones sensoriales, tareas de lubricación, limpiezas, entre otras. Por último, se hizo entrega a la empresa los documentos y recomendaciones necesarias para mantener la producción de la planta lavadora, haciendo hincapié en la necesidad de crear

un departamento de mantenimiento que asegure el cumplimiento de los protocolos y el cuidado de los equipos, además de mejorar la labor del personal de la planta lavadora.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La empresa CIPRODYSER S.A ubicada en el municipio de Samacá Boyacá dedicada a la extracción, transformación y comercialización de carbón, cuenta con diferentes máquinas, hace un año el mercado de carbón no tenía exigencias en el porcentaje de cenizas con el que se vendía, situación que hizo que la empresa dejara a un lado las instalaciones y la maquinaria de la planta lavadora, pero al incursionar en nuevos mercados, a la empresa se le exigió que el carbón vendido tenía que estar en un porcentaje de ceniza por debajo del ocho por ciento, por lo que la empresa decidió rehabilitar su antigua planta lavadora para cumplir con los nuevos estándares del mercado.

Debido a la nueva oferta, la empresa debe estar en condición de lavar 2400 toneladas de carbón al mes, lo cual hace necesario realizar el análisis de la mantenibilidad basada en la producción, además de evaluar la producción para determinar el equipo con mayor criticidad y así proponer las acciones necesarias que aseguren una producción de 10 toneladas por hora.

2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto tiene como finalidad la optimización de la producción de la planta lavadora de la empresa CIPRODYSER S.A y la mantenibilidad de los equipos que intervienen en la ejecución de las operaciones. Debido a los recientes cambios en el mercado, se requiere un nuevo planeamiento para asegurar el aumento en la producción mensual de la planta. También se podrá apreciar el impacto en el procesamiento de carbón, una vez que es necesario realizar una revisión de todos los equipos asociados a la planta lavadora, para determinar qué cambios o repuestos son necesarios para el óptimo funcionamiento y mantener la productividad. Además, ofrece una vista integral sobre la organización y la planeación estratégica presente en el desarrollo del trabajo dentro de la planta lavadora.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar el análisis de mantenibilidad basada en la producción de la planta lavadora de la empresa CIPRODYSER S.A.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el estado de cada uno de los componentes que intervienen en el proceso de lavado de carbón y su producción actual.
- Establecer la producción de la planta basado en el análisis de criticidad de los equipos de la planta lavadora.
- Determinar el protocolo de mantenibilidad para la mejora de producción de la planta.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 CONTEXTO

4.1.1 Identificación. La planta de la empresa CIPRODYSER S.A se encuentra ubicada en el kilómetro 5 vía Samacá-Guachetá, patio mina carboneras como se observa en la figura 1.

Figura 1. Área patio empresa Ciprodyser S.A



Fuente: elaboración propia con base en (GOOGLE LLC. Búsqueda en línea: planta CIPRODYSER S.A Samacá. [En línea]. [Consultado el: 7 de febrero de 2020]. Disponible en: www.google.com/maps/@5.4610388,-73.5615308,724m/data=!3m1!1e3)

La explotación de carbón en minas es un proceso que ha ido evolucionando gradualmente, desde la minería autóctona hasta la minería moderna, en el proceso de explotación es difícil separar completamente el carbón de la roca que está a su alrededor,

para esto las empresas mineras adaptaron el método de lavado del oro, para lo cual se generaron subprocesos los cuales son: molienda, lavado, separación, secado.¹

Cada uno de los procesos lleva una jerarquía y durante el proceso intervienen máquinas de transporte como lo son: las bombas centrifugas, el proceso consiste en separar el mineral de los subproductos, que reciben el nombre de inertes, esto se lleva a cabo con el fin de obtener un mineral concentrado y de una calidad suficientemente alta para que pueda ser procesado en la obtención del producto final en este caso llamado coque.

El proceso de lavado toma importancia gracias a que reduce el porcentaje de inertes que se adhieren al carbón, asimismo se reduce el porcentaje de cenizas, ya que al momento de realizar el proceso de coquización del carbón el porcentaje de cenizas puede aumentar, porque se mezcla con otras calidades de carbón, este proceso logra que las empresas tengan competitividad en el mercado internacional, pues cada día la tecnología y el mismo mercado obliga a cada una de la empresas de extracción de carbón al mejoramiento de la calidad de sus productos.

4.1.2 Proceso de molienda. Es un proceso fundamental dentro del proceso de lavado, en donde se busca que las partículas de carbón no superen los 10 mm, pues podrían ocasionar atascamiento en las bombas que transportan la mezcla hacia las cribas de secado. El proceso se realiza con un molino de martillos como se muestra en las figuras (2,3,4), cuyo motor de marca Siemens brinda una potencia de 50 hp. Durante el proceso de molienda se realiza una selección del carbón que ingresa al molino, el carbón de más de 50 mm es considerado carbón sin impurezas y es enviado hacia una tolva, asimismo durante el proceso de separación es posible separar las rocas que se mezclan con el carbón y son enviadas a una tolva para su posterior uso. El carbón que es molido es acumulado en una tolva para luego ser suministrado en un tanque de mezcla para ser separado.

¹ GUTIÉRREZ BERNAL, Jesús Manuel; MORA PULIDO, William Fernando; RODRÍGUEZ VARELA, Luís Ignacio; RAMÍREZ, Javier; DÍAZ VELÁSQUEZ, José de Jesús Aprovechamiento de partículas de ultrafinos de carbón de una planta lavadora en la producción de coque metalúrgico Ingeniería e Investigación, vol. 31, núm. 1, abril, 2011, pp. 65-73 Universidad Nacional de Colombia.

Figura 2. Molino planta lavadora Ciprodyser S.A



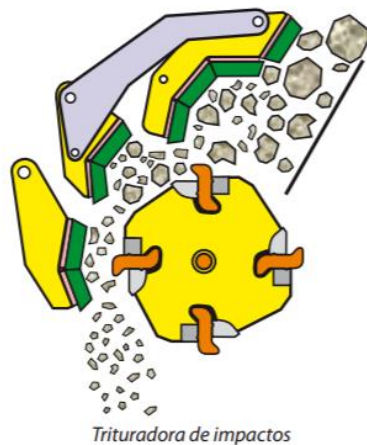
Fuente: elaboración propia

Figura 3. Molino planta lavadora



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Proceso de molienda



Fuente: METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. 2051-12.08.cbl/Tampere-español. Finlandia: Metzo 2008. Sección 3 p.2

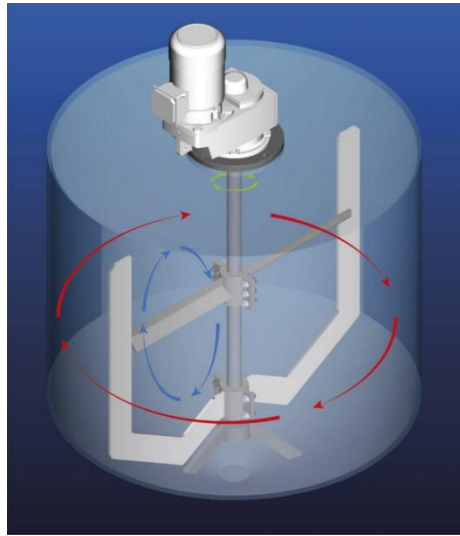
4.1.3 Proceso de mezcla. Durante el proceso de mezcla, el carbón previamente molido es mezclado con agua a razón de 3 partes de agua a 1 de carbón, esto para asegurar que durante el proceso el carbón se separe de los inertes; el proceso consiste en una variación del proceso de separación por centrifugación, para ello se implementa un tanque de 5000 litros como se muestra en las figuras (5 y 6), al cual se le acopla un mezclador que esta a su vez conectado a un motor de 50 hp.

Figura 5. Tanque de mezcla planta lavadora



Fuente: elaboración propia.

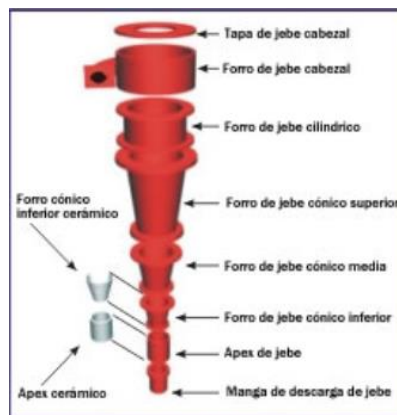
Figura 6. Esquema de tanque mezclador



Fuente: www.inoxmim.com

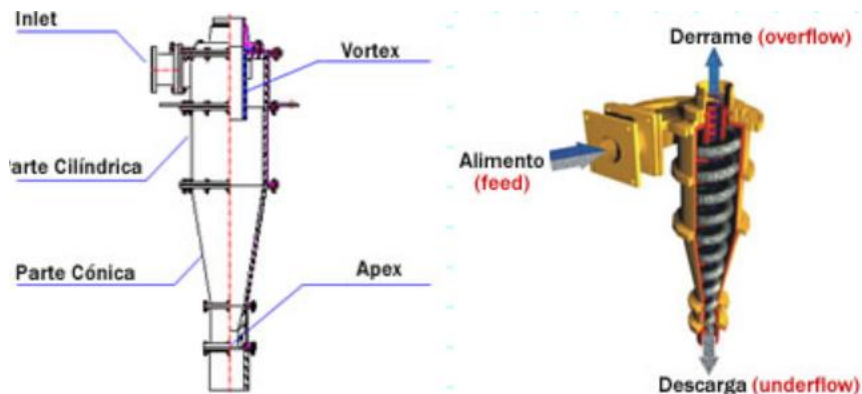
Durante la ejecución de la mezcla paralelamente hay dos bombas que transportan esta mezcla hacia la siguiente fase del proceso; se determinó que el proceso de mezcla dura alrededor de 5 minutos en el tanque, luego de esto es bombeado hacia los hidrociclones como se aprecia en las figuras (7,8,9), los cuales separan el mineral y el carbón de los inertes.

Figura 7. Componentes de hidrociclón



Fuente: www.lorenzobasurto.tripod.com

Figura 8. Funcionamiento del hidrociclón



Fuente: www.lorenzobasurto.tripod.com

La mezcla es bombeada desde el tanque mezclador hacia 2 hidrociclones, ingresan por la zona de alimentación (feed); dentro del hidrociclón se genera un movimiento en espiral descendente, el cual se debe a la forma del componente y a la acción de la gravedad. Debido a este movimiento de espiral se genera una zona de muy baja presión a lo largo del eje del componente produciendo una corriente de tipo espiral ascendente en esa zona y a lo largo del eje central del componente; durante la etapa del primer flujo descendente dicho flujo se encuentra con el ápex, el cual impide la salida por completo del flujo y permite la generación del flujo ascendente, el flujo ascendente se dirige hacia la vortex y posteriormente hacia la zona de derrame superior (*overflow*).

Durante el proceso de separación en el hidrociclón, el mineral de carbón limpio sale por la zona de descarga superior (*overflow*) y es dirigido a las mesas de cribado y secado, y por el *underflow* salen los inertes que son dirigidas a una mesa de cribado y secado, ya que durante este proceso se encuentra el mineral como los inertes en estado líquido.

Figura 9. Disposición hidrociclones en la planta lavadora

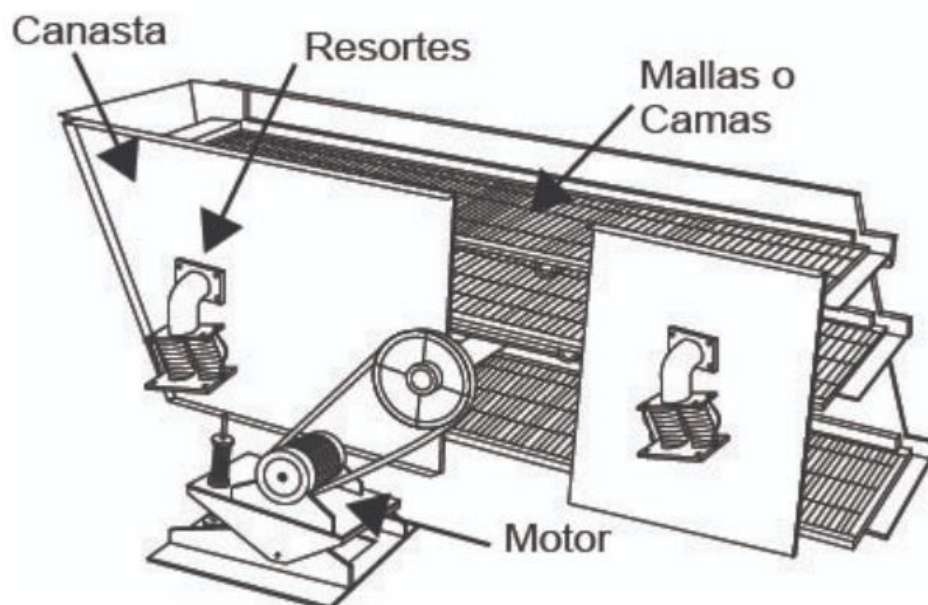


Fuente: elaboración propia

4.1.4 Proceso de secado. El proceso de secado se lleva a cabo en mesas vibratorias llamadas cribas figura (10 a 13), las cribas reciben el material proveniente del hidrociclón, el cual pierde velocidad en el tanque de la criba y es distribuido en toda la superficie, la criba costa de 4 mallas, dichas mallas permiten el paso del agua, pero atrapan el carbón y lo secan a su paso.

Las mallas que tienen las cribas se seleccionan para poder atrapar y secar el mayor porcentaje de carbón que se pueda, la mezcla de agua con carbón es pasada por dos cribas distintas que están en serie, mientras que los inertes solo pasan por una criba, ya que solo es necesario secar el material para su posterior transporte al patio.

Figura 10. Partes criba



Fuente: www.trituracionymolienda.com

Figura 11. Criba planta lavadora



Fuente: elaboración propia

Figura 12. Criba planta lavadora



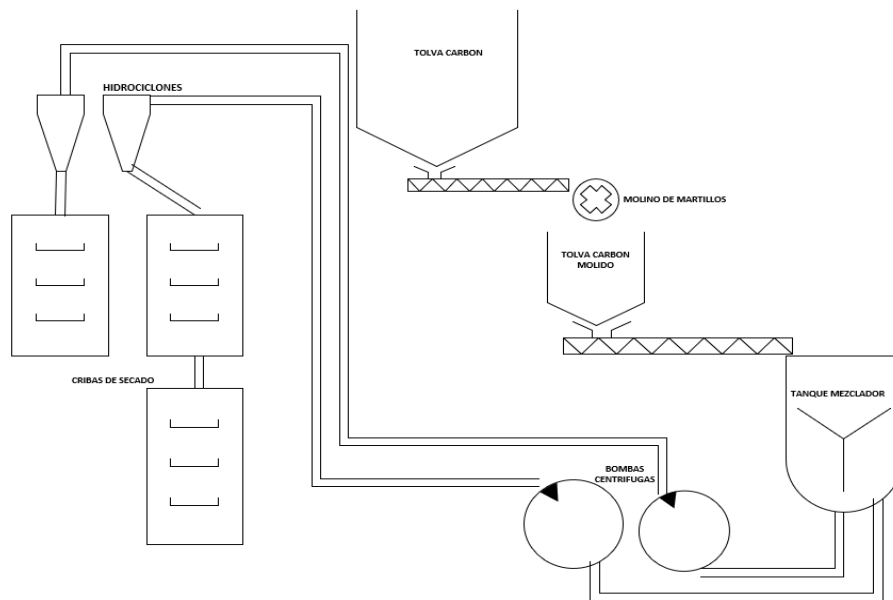
Fuente: elaboración propia

Figura 13. Criba planta lavadora



Fuente: elaboración propia

Figura 14. Diagrama planta lavadora



Fuente: elaboración propia

La figura 14 muestra un esquema de la organización de los equipos de la planta.

4.1.5 Estado actual de la planta lavadora: La planta cuenta con siete equipos que intervienen en el proceso de lavado, los cuales están recién reparados y ensamblados y entre los que se encuentran:

- Molino de cincuenta caballos, con capacidad de molienda de 50 toneladas por hora.
- Mezclador de veinte caballos, con capacidad de tanque de 2.000 litros.
- Dos bombas trifásicas de 7,5 caballos.
- Tres cribas de secado de 4 caballos.

4.2 MARCO CONCEPTUAL

4.2.1 Teoría de mantenimiento. Los tipos fundamentales de mantenimiento se definen como:

4.2.1.1 Mantenimiento correctivo. El mantenimiento correctivo consiste en ir reparando las averías a medida que se van produciendo. El personal encargado de avisar de las averías es el propio usuario de los equipos y el encargado de las reparaciones el personal de mantenimiento.

4.2.1.2 Mantenimiento preventivo. El mantenimiento preventivo tiene por misión conocer el estado actual, por sistema, de todos los equipos y programar así el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno.

4.2.1.3 Mantenimiento predictivo. El mantenimiento predictivo consiste en el conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos, mediante la medición de determinadas variables. El estudio de los cambios en estas variables determina la actuación o no del mantenimiento correctivo.”²

4.2.1.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Surge de la necesidad de nuevas técnicas de mantenimiento y nuevos enfoques en las organizaciones, como dice John Moubray: El mantenimiento está reaccionando ante nuevas expectativas. Estas incluyen una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un aumento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan.³

4.2.1.5 Mantenimiento productivo total

Es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance). El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de “mantenimiento predictivo” creado en la industria de los Estados Unidos.

La organización japonesa conocida como JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) es el instituto que ha desarrollado las metodologías y conceptos de TPM. Desde los años setenta ha trabajado en la promoción de modelos de mantenimientos eficientes y aplicables a todo tipo de industria.

El TPM 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. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta,

² Navarro, Elola, Luis, et al. Gestión integral de mantenimiento, Marcombo, 1997. pp. 31-32.

³ Moubray, John, Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), traducido y adaptado por Pérez J., Carlos Mario. p.7

fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

4.2.1.6 Mantenimiento modificativo

Con este nombre se conocen las acciones que lleva a cabo Mantenimiento, tanto para modificar las características de producción de los equipos, como para lograr una mayor fiabilidad o mantenibilidad de los mismos. Este mantenimiento puede aparecer en dos épocas de la vida de una instalación.

La primera oportunidad es cuando la adquisición del equipo, esto es durante el proyecto. Los equipos estándar, en ocasiones, necesitan ser adaptados a las necesidades propias de la empresa, ya sea por razones del producto o bien por ajustar el coste o posibilidades de mantenimiento. Una instalación que tenga durante su diseño un análisis desde el punto de vista de mantenimiento, evitará problemas posteriores que en ocasiones pueden ser difíciles de solucionar. Estaríamos ante un mantenimiento de Proyecto.⁴

La segunda época en la que puede aparecer es durante su vida útil. Se trata de modificar los equipos para eliminar las causas más frecuentes que producen fallos. El análisis de las causas de las averías es el origen de este tipo de mantenimiento y supone la eliminación total de ciertos fallos; prevención del mantenimiento.⁵

4.2.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores clasificados en dos categorías “poco vitales”, que son elementos muy importantes y los “muchos triviales”, que son elementos poco importantes y que contribuyen a un determinado efecto.

Sus principales características son:

- Priorización, ya que identifica los elementos más relevantes dentro de un grupo.
- Unifica criterios, pues focaliza y dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

⁴ Navarro, Elola, Luis, et al. Gestión integral de mantenimiento, Marcombo, 1997. p.37

⁵ Carolina Gómez Santos (2001). MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL, UNA VISION GLOBAL, U.L.P.G.C, p.3

- Objetivo, debido a que las decisiones son tomadas considerando datos y hechos objetivos y no subjetivos.

El uso de las tablas y diagramas de Pareto, permiten detectar los problemas que tienen mayor relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) y que indica que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. El diagrama de Pareto consiste en una gráfica en la que se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha y por medio de barras sencillas, después de haber reunido los datos para clasificar las causas, de modo que se asigne un orden de prioridades.

La gráfica permite identificar con solo una ojeada las minorías de características vitales a las que se debe prestar atención a fin de enfocar los recursos y realizar las acciones correctivas sin malgastar esfuerzos⁶

4.2.3 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es un conjunto de metodologías que permiten definir la jerarquía o prioridades de un proceso, sistema y/o equipos, según el parámetro de valor conocido como criticidad que es proporcional al riesgo, generando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas y direccionando los esfuerzos y recursos técnico-económicos en áreas y eventos que tienen mayor impacto en el negocio.

Una vez que se han definido los objetivos y las responsabilidades y se ha diseñado una estrategia de mantenimiento, resulta de vital importancia discretizar los activos físicos de la organización en base a un parámetro de criticidad, es decir, su mayor o menor impacto en el sistema productivo global y/o seguridad del sistema (objetivos del negocio).

Existen numerosas técnicas cualitativas, cualitativas-cuantitativas y cuantitativas que nos ofrecen una base sistemática sobre la cual clasificar un activo como crítico (C), semi-crítico (SC) y no-crítico (NC), basadas en la evaluación probabilística del riesgo y la obtención del número o índice probabilístico de riesgo del activo (para / PRN). Los activos con índices mayores serán los primeros en ser analizados. En muchas ocasiones no existen datos históricos con base a los cuales obtener estos índices, en estos casos es posible utilizar técnicas de naturaleza más cualitativa, con el objetivo de ir garantizando niveles iniciales adecuados de efectividad en las operaciones de mantenimiento.

⁶ SALES, Matías. Diagrama de Pareto. Recuperado el, 2009, vol. 15.

4.2.4 Análisis cualitativo. Método basado en opiniones de especialistas, donde se combinan criterios técnicos y financieros para jerarquizar equipos. Las principales características son: subjetividad, efectividad para procesos simples y el requerir, en algunos casos, métodos más rigurosos para validar la información. Por ejemplo, se utilizan como criterios la consecuencia (alto– medio– bajo) y complejidad (compleja– mediana– sencilla), en donde la escala numérica para cada criterio pudiese ser 1 – 5 – 10.⁷

4.2.5 Análisis cuantitativo. Modelo que involucra datos objetivos para generar una guía de criticidad cuantificada según: frecuencia de falla, impactos en producción (por falla), costos de reparación, tiempo de reparación, impactos en seguridad personal e impacto ambiental. El factor cualitativo está representado en generar la escala o criterio que represente los resultados de cada ítem medible, y la definición final de la jerarquización de criticidad. El riesgo o criticidad se define como el producto de la frecuencia por la consecuencia de la falla; mientras que la frecuencia es el número de fallas en un tiempo determinado. Para cuantificar la consecuencia de la falla se utiliza la ponderación de varios factores o criterios de importancia en función de las necesidades de la organización.⁸

4.3 MARCO LEGAL

Para mantener la buena producción y mantenibilidad en las labores de minería, en Colombia puede comprender variados procedimientos de mantenimiento, no obstante, para comprender cada uno de ellos, es importante definirlos.

4.3.1 Reglamento de seguridad para minería subterránea. Se crea mediante el Decreto 1335 del 15 de julio de 1987, como método para mejorar las técnicas de explotación de labores subterráneas, así como de controlar los riesgos en el trabajo en el ámbito nacional e internacional.

4.3.2 Procedimientos de trabajo seguro en actividades de mantenimiento mecánico de máquinas y equipos utilizados en el interior y exterior de la mina. Este tipo de procedimientos se crean con el fin de asegurar la funcionalidad de la maquinaria utilizada en el interior como en el exterior de la mina, lo que conlleva a la prevención de accidentes en estos mismos lugares.

⁷ VIVEROS, Pablo, et al. Propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento y sus principales herramientas de apoyo. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 2013, vol. 21, no 1, p. 125-138.

⁸ Ibidem.

4.3.3 Procedimientos para actividades de mantenimiento en soldadura y corte de metales. Estos se crean para la prevención de accidentes relacionados con los elementos de soporte de la mina, también asegura un adecuado uso de equipos de soldadura y corte.

4.3.4 Procedimientos de trabajo en tareas de poda de árboles y mantenimiento locativo de superficie. Se crean con el fin de despejar el área de trabajo en la bocamina y asegurar el ingreso de vehículos de carga, emergencia o supervisión al área de trabajo.

4.3.5 Protocolo de seguridad para mantenimiento de vehículos automotores y maquinaria amarilla. Se crea con el fin de asegurar el perfecto funcionamiento de cada uno de los automotores que conforman el parque vehicular de la empresa y así prevenir el retraso de labores dentro y fuera de la locación.

4.3.6 Procedimientos de manipulación y mantenimientos de sistemas hidráulicos. Son uno de los procedimientos más importantes, ya que las herramientas y equipos que se encuentran en el interior y exterior de la mina, basan su funcionamiento en sistemas hidráulicos, por lo que se debe crear un procedimiento que asegure el correcto uso de los equipos y que verifique su disponibilidad para el desarrollo de la labor⁹

⁹ Disponible en: <https://www.minminas.gov.co>

5. METODOLOGÍA

Como ha sido explicado en capítulos anteriores, la planta lavadora de la empresa CIPRODYSER S.A presentaba un abandono de varios años por lo que mostraba varias fallas y deficiencias asociados a la falta de mantenibilidad de los equipos involucrados en el proceso, por tal razón este estudio aporta algunos conceptos y metodologías necesarias para la operación y optimización de recursos. Este proyecto le ayuda a la empresa, ya que con la puesta en marcha se evidencia un aumento en la capacidad de procesamiento de carbón cumpliendo con las especificaciones requeridas por el cliente, un mejor control en la operación de los equipos que la conforman.

5.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.

La planta lavadora de la empresa CIPRODYSER S.A cuenta con siete equipos, dichos equipos se encuentran recién reparados, los cuales se relacionan en la (**Tabla 1**), asimismo es evidente que la empresa no tiene un departamento de mantenimiento, por lo cual todas las actividades de mantenimiento se llevan a cabo por personal no capacitado en dicha área, lo que ocasiona que no haya un historial de los equipos y de sus mantenimientos. El desarrollo del proyecto resulta de suma importancia, pues permite identificar distintos factores que perjudican la productividad como son: las fallas frecuentes, los indicadores de producción y las falencias de los responsables de la labor dentro de la planta. El protocolo de mantenibilidad propuesto junto a los análisis hechos, facilita el control del proceso de lavado, del seguimiento de cada uno de los equipos y del análisis de las fallas frecuentes. Para el diseño de éste se utilizó el programa MICROSOFT EXCEL, ya que facilita el registro e ingreso de datos, así mismo el software permite realizar un rápido registro de nuevos equipos y análisis asociados.

Tabla 1. Equipos

EQUIPO	CODIGO
Molino	PYS-PL1-M001
Mezclador	PYS-PL1-MS001
Bomba 7,5 Hp	PYS-PL1-BS001
Bomba 7,5 Hp	PYS-PL1-BS002
Criba De Secado	PYS-PL1-CR001
Criba De Secado Con Motor De 4 Hp	PYS-PL1-CR002
Criba De Secado Con Motor De 4 Hp	PYS-PL1-CR003

Fuente: elaboración propia

5.2 DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO DE GRADO

En la Tabla 2 se presentan las 4 etapas que se desarrollaron durante la investigación, así como las actividades desarrolladas en cada una de las mismas.

En la Tabla 2 se muestra una breve descripción de las etapas y actividades que se siguieron en la realización de la presente investigación. Inicia con la recolección de la información que se realizó a través de 4 actividades, luego se analizó la información recolectada y se procedió a realizar un análisis por el método de Pareto, para posteriormente implementar un análisis de criticidad bajo el modelo de efectos de falla; con los análisis anteriores se procedió a la generación de protocolos de mantenibilidad y se concluyó con un seguimiento en el que se controló la producción diaria.

Tabla 2. Descripción general del proyecto

ETAPA	ACTIVIDAD
1. Recolección de información	1. Entrevista a operarios de la planta lavadora
	2. Verificación de existencia de algún documento acerca del <u>estado de la planta</u>
	3. Revisión de producción y estado actual de equipos de la <u>planta</u>
	4. Clasificación e inventario a cada uno de los equipos
2. Análisis de la información	1. Análisis de la producción de la planta lavadora
	2. Implementación del método de Pareto para la determinación <u>de factores de falla repetitivos</u>
	3. Método de criticidad de factores ponderados
3. Generación de protocolos	1. Determinación de tareas de mantenimiento
	2. Priorización de tareas y elementos
	3. Administración de los protocolos de mantenibilidad
4. Seguimiento	1. Supervisión de las tareas asignadas a los operarios
	2. <u>Control de producción diaria desde la puesta en marcha de los protocolos</u>
	3. Generación de cultura de pertenecía hacia las labores desarrolladas

Fuente: elaboración propia

6. RESULTADOS

En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en cada actividad desarrollada en el trabajo de grado en modalidad de pasantía empresarial.

Tabla 3. Resultados por etapa

ETAPA	ACTIVIDAD	RESULTADOS
1. Recolección de información	1. Entrevista a operarios de la planta lavadora	1. Descripción del proyecto y sus objetivos a los operarios 2. Descripción de actividades y labores desarrolladas por cada operario
	2. Verificación de existencia de algún documento acerca del estado de la planta	1. Búsqueda de información sobre los equipos de la planta 2. Información sobre el historial de los equipos
	3. Revisión de producción y estado actual de equipos de la planta	1. Se recolecta información sobre la producción diaria y la calidad de salida del carbón 2. El estado actual de los equipos es recién reparados
		3. la producción se ve afectada por las constantes paradas por mala operación de equipos

Tabla 3. (Continuación)

ETAPA	ACTIVIDAD	RESULTADOS
	4. Clasificación e inventario a cada uno de los equipos	1. Se realiza un inventario de equipos en una base de datos implementando el software Microsoft Excel 2. Se busca la información de catálogos de los equipos
	1. Análisis de la producción de la planta lavadora y sus equipos	1. Se toma información diariamente de la producción 2. Se observa la frecuencia de fallas y paradas
2. Análisis de la información	2. Implementación del método de Pareto para la determinación de factores de falla repetitivos	1. Se analiza las prioridades y se asigna un orden 2. Se discrimina entre pocos vitales y muchos tribales 3. se toman decisiones acerca de las fallas
	3. Método de criticidad de factores ponderados	1. implementación de matriz de criticidad y vista de fallos 2. se evalúa cada criterio teniendo en cuenta el factor de riesgo

Tabla 3. (Continuación)

ETAPA	ACTIVIDAD	RESULTADOS
3. Generación de protocolos		3. se ingresan los valores en la matriz para obtener el nivel de criticidad en el que se encuentra cada equipo
		4. se jerarquizan los equipos como no críticos, críticas, altamente críticas
	1. Determinación de tareas de mantenimiento	1. se realiza una lista de tareas en concreto por cada equipo
		2. se jerarquiza entre tareas sencillas y complejas
	2. Priorización de tareas y elementos	1. Discriminación entre trabajos especializados, permisos, entre otros
		2. designando un orden de desarrollo de tareas
4. Seguimiento	3. Administración de los protocolos de mantenibilidad	1. Exposición de actividades a operarios
		2. Ejecución del protocolo bajo la supervisión del ingeniero de planta

Tabla 3. (Continuación)

ETAPA	ACTIVIDAD	RESULTADOS
		3. Implementación de tareas a los distintos operarios que laboran en la planta
	1. Supervisión de las tareas asignadas a los operarios	1. Se verifica diariamente el cumplimiento de las tareas 2. Se dan charlas acerca de la buena operación de la planta 3. se designa un líder de turno
	2. control de producción diaria desde la puesta en marcha de los protocolos	1. Se toma datos diarios de peso y calidad de carbón que sale de la planta 2. Se refleja el incremento de producción
	3. Generación de cultura de pertenecía hacia las labores desarrolladas	1. Se capacita al personal para el desarrollo de su tarea en la planta 2. Se genera una rotación de turnos y actividades 3. se genera cultura de limpieza, buen almacenamiento dentro de la planta

Fuente: elaboración propia

6.1 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Es la primera etapa del proyecto se busca recaudar información acerca del estado actual de los equipos que conforman la planta lavadora de la empresa, se tiene en cuenta el personal que labora en la planta, y la disposición de los equipos; el proceso se desarrolló mediante cuatro actividades específicas: entrevista a operarios de la planta lavadora, el gerente de la empresa, explica las funciones y el estado de la planta, asimismo él recalca la importancia de la planta lavadora para la subsistencia de la empresa, ya que es fundamental en el proceso de producción diaria de la planta para la producción de coque de buena calidad; posteriormente, se procedió a ir al lugar en donde se encuentra la planta lavadora, al interior del patio carboneras, para entrevistar a los operarios de la planta, los cuales dieron a conocer el estado de los equipos, las fallas frecuentes y los tiempos de operación.

Ahora bien, se verificó la existencia de algún documento acerca del estado de la planta, llevando a cabo una búsqueda de documentos que evidenciara el estado de los equipos, sin embargo, dicha búsqueda no dio frutos, pues se evidenció que la empresa no lleva ningún control sobre el mantenimiento de los equipos, por lo tanto, no hay ningún documento que asegure el estado de las máquinas.

Como ningún equipo tenía información, se decidió que los operarios suministraran información acerca del estado de los mismos, ya que algunos de ellos son los responsables del mantenimiento de los equipos, asimismo se entrevistó al soldador y al armador de la empresa, puesto que ellos fueron los que se encargaron del montaje y reparación de algunos equipos.

Después se hizo una revisión de la producción y del estado actual de los equipos de la planta. En esta actividad se logró recolectar información, sobre la producción de la planta lavadora a lo largo de un mes, esta actividad se logró al tomar datos diarios de las toneladas lavadas y de la calidad del carbón, dicho proceso se muestra en la Tabla 4 y Figura 15:

Tabla 4. Producción Agosto

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
1/08/2019	5	17,5	6,7
2/08/2019	6,5	15,8	5,4
3/08/2019	7	12,5	6,7
5/08/2019	10	12,9	5,6
6/08/2019	5	11,6	5,1
7/08/2019	7,4	12,2	6,3

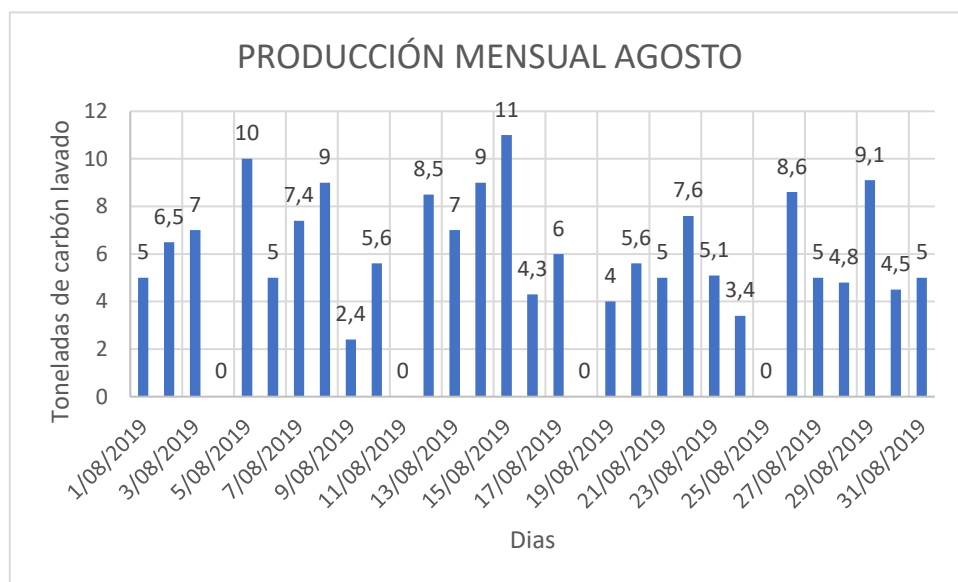
Tabla 4 (continuación)

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
8/08/2019	9	12,3	6,4
9/08/2019	2,4	12,6	6,3
10/08/2019	5,6	12,1	5
12/08/2019	8,5	11,4	5,3
13/08/2019	7	13	5,2
14/08/2019	9	12,8	5,7
15/08/2019	11	12,3	6,9
16/08/2019	4,3	11,5	5,2
17/08/2019	6	12,4	6,1
19/08/2019	4	12,1	6,3
20/08/2019	5,6	12	6,2
21/08/2019	5	12,2	6,1
22/08/2019	7,6	12,5	6,4
23/08/2019	5,1	12,4	5,4
24/08/2019	3,4	12,1	5,2
26/08/2019	8,6	11,8	5,1
27/08/2019	5	11,6	5,3
28/08/2019	4,8	11,5	5,6
29/08/2019	9,1	12,3	5,4
30/08/2019	4,5	12,6	5
31/08/2019	5	13,2	6,2

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 4 se evidencia el peso del carbón lavado al día por la planta, igualmente se evidencian valores en cero que corresponde a los días en los que no se laboran en la empresa, el porcentaje de cenizas de entrada y la salida del carbón.

Figura 15. Representación Tabla 4



Fuente: elaboración propia.

La clasificación e inventario a cada uno de los equipos fue otra de las etapas que se realizó en la investigación. Con esta última actividad se priorizan los equipos con ayuda del software Microsoft Excel, en el cual se tomaron datos de motores y equipos de la planta como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Inventario y valores aproximados de equipos

MAQUINA	MARCA O REFERENCIA	VALOR APROX
Molino de martillos	N. A	\$ 1.375.000
Motor 50 hp	Siemens	\$ 4.000.000
Mezclador	N. A	\$ 1.250.000
Motor 20 hp	Siemens	\$ 2.350.000
Bomba 7,5 hp	SEW Europa	\$ 1.500.000
Bomba 7,5 hp	SEW Europa	\$ 1.500.000
Hidrociclón	N. A	\$ 1.821.938
Criba de secado	N. A	\$ 7.000.000

Fuente: elaboración propia. Con base en la información suministrada por el departamento contable de la empresa.

Así mismo se realizó el análisis de falla de los equipos principales de la planta lavadora, en el cual se identificaron fallas funcionales, modos de falla, causas de falla, consecuencias y actividades de mantenimiento que se recomiendan, lo cual se presenta en la tabla 6.

En la tabla 6 se evidencia la información recolectada durante del mes de agosto, en la cual se aprecia las fallas funcionales, las causas de falla y las consecuencias, con esta información se procede a hacer el respectivo análisis de equipos, las tablas de los demás equipos se encuentran consignadas en el apartado de anexos.

Tabla 6. Análisis de molino de martillos

Equipo	Función dentro de la planta	Falla funcional	Modo de falla	Parte del equipo afectada	Causa de falla	Efecto de la falla y consecuencia	Actividad de mantenimiento
Molino de martillos	Es un equipo rotativo el cual permite triturar el carbón, para ajustarlo al tamaño de 5mm, para su posterior lavado	Sobrecarga de la capacidad de molino	Fallo en las correas	Volante	Tornillos de sujeción desgastados	Parada del 100% de la producción	Verificación de ajuste, desgaste y posible cambio
				Poleas	Alineación incorrecta		Desmontaje y alineado
				Eje	Rodamiento en mal estado		Cambio de rodamiento
			Atascamiento de material	Mallas internas	Desgaste por uso		Desmante de mallas y reparación
				Martillos	Desgaste por horas de uso		Desmante de martillos y reajuste de peso
				Platos de martillos	Desgaste de eje de sujeción		Cambio por desgaste
				Variador	Cable de alimentación roto		Cambio de cableado
		Variaciones de voltaje	Falla en encendido	Protección térmica	Elevado voltaje		Revisión de cableado y consumos
				Contactor	Elevado voltaje		Revisión de cableado y consumos

Tabla 6 (continuación)

Equipo	Funcion dentro de la planta	Falla funcional	Modo de falla	de	Parte del equipo afectada	Causa de falla	Efecto de la falla y consecuencia	Actividad de mantenimiento	de			
					Interruptor diferencial	Elevado voltaje	Producción disminuida en un 25%	Revisión de cableado consumos	de y			
					Paro total de molino	Botón encendido		Cable de alimentación roto	Desmonte cambio	y		
						Botón paro		Cable de alimentación roto	Desmonte cambio	y		
						Botón paro de emergencia		Cable de alimentación roto	Desmonte cambio	y		
					Humedad alta del carbón	Adherencia en el interior del molino		Carcasa del molino	Desgaste por fricción		Desmonte y limpieza	y
								Tolva de alimentación	Desajuste por vibración		Desmonte, limpieza y reparación	y
								Mallas internas	Desgaste por uso		Desmonte de mallas y reparación	de
					Adherencia en los martillos	Martillos		Desgaste por uso		Desmonte de martillos y reajuste de peso	de	
						Platos de martillos		Desgaste por uso		Desmonte cambio	y	

Fuente: elaboración propia

6.2 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

Una vez culminada la recolección de información, se procedió a analizar la información con distintos métodos para generar cambios en la planta, para lo cual se implementó el método de Pareto y el análisis de criticidad de equipos.

El análisis de la producción de la planta lavadora, se llevó a cabo tomando datos diarios de la producción de la planta como lo muestra la Tabla 4, proceso en el que se aprecia una baja producción debido a fallas como: la mala operación de los equipos, paradas innecesarias, entre otras.

6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE PARETO.

Con la información de la producción mensual se procede a realizar el análisis de los equipos por el método de diagrama de Pareto, para detectar fallas, por medio de la metodología de pocos vitales, muchos tribales, en la que dice que existen muchos problemas en una planta de producción, pero solo algunos graves.

Este diagrama nos muestra de manera gráfica los datos de fallas, por medio de barras organizadas de izquierda a derecha, de tal modo que se pueda establecer un orden de prioridades en las fallas de un equipo. Es una herramienta muy utilizada en la resolución de problemas, pues facilita la identificación de los problemas o las fallas más grandes y establecer prioridad ante estos, es así como se puede obtener el mayor potencial de los equipos. Al realizar el proceso de identificación de los problemas, se notan algunos que se repiten con frecuencia y son estos los utilizados para el análisis de Pareto, estos se reflejan en la Tabla 7, este proceso se realizó con cada equipo de la planta y está consignado en los anexos (E al F) de este trabajo.

En cada causa de problemas de la Tabla 7, se tomó una frecuencia en la que ocurrían los sucesos al día, lo cual permitió obtener un porcentaje acumulado de las causas para una posterior representación en la Gráfica 2, en la que se evidencia que la mala operación del equipo y el tamaño y potencia del mismo son causas fundamentales para la baja producción de la planta.

Tabla 7. Análisis de Pareto molino.

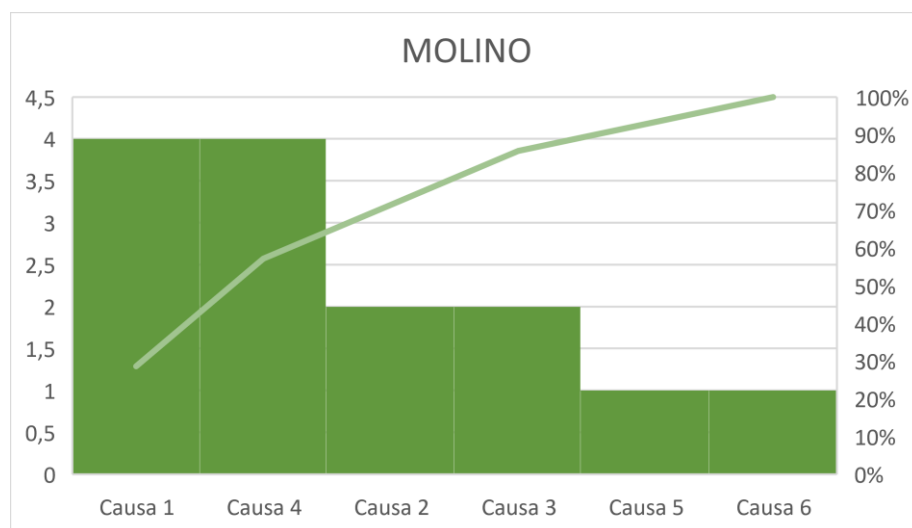
MOLINO			
POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/ DIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
El molino no es operado correctamente	4	29%	29%

Tabla 7 (continuación)

POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/ DIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
La parte eléctrica falla por sobrecarga	2	14%	43%
El carbón posee una humedad alta	2	14%	57%
El equipo no suple la necesidad	4	29%	86%
Falla en los rodamientos	1	7%	93%
Falla en los martillos	1	7%	100%
TOTAL	14	100%	

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Representación Tabla 7



Fuente: elaboración propia.

Tabla 8 Leyenda Figura 16

Causa 1	El molino no es operado correctamente
Causa 2	La parte eléctrica falla por sobrecarga
Causa 3	El carbón posee una humedad alta
Causa 4	El equipo no suple la necesidad
Causa 5	Falla en los rodamientos
Causa 6	Falla en los martillos

Fuente: elaboración propia.

El Método de criticidad de factores ponderados, con ayuda de los diagramas de Pareto, se procedió a realizar el análisis de criticidad de cada equipo de la planta, implementando el método de factores ponderados por medio del cual se determinó la criticidad de cada uno de los equipos, esto basado en los siguientes criterios: frecuencia de fallas, costo de mantenimiento, impacto operacional, impacto en seguridad, ambiente e higiene y flexibilidad operacional.

Esta evaluación sirvió para posteriormente elaborar la matriz de criticidad como se muestra en la figura 17, la cual clasifica los equipos entre: baja criticidad, media criticidad, alta criticidad y muy alta criticidad.

La Tabla 9 resume el análisis hecho con el método de factores ponderados, los criterios utilizados para cada uno de los equipos de la planta lavadora.

Tabla 9. Evaluación de criticidad molino

MOLINO		
FRECUENCIA DE FALLAS:		COSTO DE MTO
4. Pobre mayor a 10 fallas/año		Mayor o igual a \$200.000 X
3. Promedio 5-10 fallas /año		Inferior a \$200.000
2. Buena 1-3 fallas /año	X	
1. Excelente menor a 1 fallas año		
IMPACTO OPERACIONAL:		IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE(SAH)
4. Perdida de la operación		5. Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación entes externos de la organización
3. Parada del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas		4. Afecta el ambiente/instalaciones
2. Impacta en niveles de inventario o calidad	X	3. Afecta las instalaciones causando daños severos
1.No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y producción		2. Provoca daños menores(ambiente-seguridad) X
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		1. No provoca ningun tipo de daño a personas instalaciones o al ambiente
3. No existe opción de producción y no hay funcion de repuesto		
2. Hay opción de repuesto compartido/almacén	X	
1. Funcion de repuesto disponible		

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la Tabla 9, se precede a calcular las consecuencias de las fallas y la criticidad total de cada uno de los equipos de la planta, implementando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Criticidad total} = \text{frecuencia de fallas} * \text{consecuencias}$$

$$\text{consecuencias} = (\text{impacto operacional} * \text{flexibilidad}) + \text{costos de mantenimiento} + \text{impacto}^{10}$$

Al conocer el valor de la criticidad (figura 17) de cada uno de los equipos y sus consecuencias, se procedió a ubicarlos en la matriz para obtener una mejor visualización acerca del estado de criticidad de cada uno de ellos.

Figura 17. Matriz de criticidad

Frecuencia	5	A	MA	MA	MA	MA
	4	A	A	A	A	MA
	3	M	M	M	A	MA
	2	B	B	B	M	M
	1	B	B	B	M	M
		1	2	3	4	5
Consecuencias						

Fuente: Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos.

Esta matriz clasifica a los equipos entre baja criticidad (B), media criticidad (M), alta criticidad (A) y muy alta criticidad (MA), esta clasificación es fundamental para el proceso de la empresa, pues permite conocer cuál equipo es más propenso a fallar, ayudando esto en la productividad de la empresa, porque ésta atraviesa un momento en el que es fundamental lavar carbón para mantenerse en el mercado, y no se puede permitir fallas en los equipos de la planta.

¹⁰ Parra, C. and Crespo, A. (2012). *Técnicas de Ingeniería de Mantenimiento y Fiabilidad aplicadas en el proceso de Gestión de Activos*.

La evaluación hecha a los equipos se evidencia en la Figura 18, en donde se evaluó la criticidad del molino, dando como resultado una criticidad baja, ya que es un equipo robusto y sus fallas son pocas, las gráficas correspondientes a otros equipos se encuentran en el apartado de anexos (M al R).

Figura 18. Matriz criticidad molino

Frecuencia	5	MC	MC	AC	MAC	MAC	BC= Baja criticidad
	4	MC	MC	AC	AC	MAC	MC=media criticidad
	3	BC	MC	MC	AC	MAC	AC=alta criticidad
	2	BC	X	MC	AC	MAC	MAC=muy alta criticidad
	1	BC	BC	MC	AC	MAC	
		1	2	3	4	5	Consecuencia

Fuente: elaboración propia.

En el área de baja criticidad (BC), se encuentran los equipos que su frecuencia de fallas no afecta el flujo de producción de la planta, porque su mantenibilidad es sencilla y es realizada por los operarios.

El área de criticidad media (MC) es el punto en el que los equipos que se encuentran allí podrán afectar el flujo de producción, ya que los lapsos de mantenimiento de los equipos son más amplios y al ser recurrentes las fallas podría afectar el flujo de producción.

En las áreas de alta criticidad (AC) y muy alta criticidad (MAC), se encuentran equipos que en el caso de fallar detendrían por completo el flujo de producción de la planta, por lo que a estos equipos necesitaran atención especial en operación y mantenibilidad.

En la Tabla 10 se relaciona la información del análisis realizado a cada equipo de la planta lavadora, para los que se dan los siguientes resultados.

Tabla 10. Resultados análisis de criticidad de los equipos de la planta lavadora

ANÁLISIS DE CRITICIDAD EQUIPOS		
EQUIPO	CÓDIGO	CRITICIDAD
Molino	PYS-PL1-M001	2
Mezclador	PYS-PL1-M001	3,4
Bomba 7,5 hp	PYS-PL1-BS001	3,7
Bomba 7,5 hp	PYS-PL1-BS002	3,7
Criba de secado	PYS-PL1-CR001	5
Criba de secado con motor de 4 hp	PYS-PL1-CR002	5
Criba de secado con motor de 4 hp	PYS-PL1-CR003	5

Fuente: elaboración propia.

6.4 GENERACIÓN DE PROTOCOLOS

En esta sección se realiza la descripción acerca del diseño y desarrollo de los protocolos de mantenibilidad, que constituye el punto central del desarrollo del proyecto, así como el aporte dejado a la empresa para el aumento de la producción de la planta lavadora y reducción de costos de mantenimiento. Los protocolos son una serie de tareas específicas para cada uno de los equipos, las cuales deben ser realizadas para un aumento efectivo en la producción. Las funciones de los protocolos son: buena operación de equipos, aumento de la producción diaria de la planta, seguridad para los operarios y planificación de operaciones de mantenimiento.

La determinación de las tareas de mantenimiento es el aspecto central de los protocolos. Se deben determinar las tareas que se deben llevar a cabo en el equipo y se relacionan en la Tabla 11, esta determinación se lleva a cabo teniendo en cuenta las recomendaciones del fabricante de las máquinas y las experiencias que han tenido los operarios.

Tabla 11. Tareas de mantenimiento

TAREAS DE MANTENIMIENTO
Inspecciones sensoriales
Tareas de lubricación
Verificaciones mecánicas
Verificaciones eléctricas
Mediciones con instrumentos externos (vibraciones)

Tabla 11 (continuación)

TAREAS DE MANTENIMIENTO
Limpiezas
Calibración de equipos
Verificación de equipos

Fuente: Elaboración propia en base a ingeniería de Mantenimiento, Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento.

Priorización de tareas y elementos. Se determinaron las tareas fundamentales para el funcionamiento de cada uno de los equipos de la planta lavadora, teniendo en cuenta que cada tarea debe ser preventiva, independiente a la del fabricante, para obtener tareas genéricas, que se aplican a equipos similares sin importar el fabricante. Igualmente se determinó una frecuencia de cada una de las tareas, el tipo de trabajo, si el equipo debe estar encendido o apagado para realizar la tarea y la necesidad de permisos de superiores para la realización de la tarea, esto se ve reflejado en la Tabla 12 de instrucciones técnicas.

Tabla 12. Instrucciones técnicas.

INSTRUCCIONES TECNICAS					
N ^o	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	ON/OFF	P T
1	Realizar inspección visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	N O
2	Realizar inspección del amperaje del equipo	DIARIO	OPERACIONAL	ON	N O
3	Revisión de tornillos	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	N O
4	Verificación de funcionamiento de variador	DIARIO	OPERACIONAL	ON	N O
5	Comprobar el estado de la lubricación	SEMANAL	MECANICO	OFF	N O
6	Limpieza de mallas interiores	SEMANAL	MECANICO	OFF	N O
7	Verificación de martillos interiores	QUINCENAL	MECANICO	OFF	N O
8	Verificación del arrancador del molino	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	N O
9	Limpieza general del equipo y área de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	N O

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 12 corresponde al molino de martillos de la planta lavadora, al que se le determinaron las nueve tareas anteriores, teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente y la experiencia obtenida mediante la observación y monitoreo del mismo.

La administración de los protocolos de mantenibilidad. Una vez determinadas las condiciones anteriores, se procedió a agrupar cada una de estas en un protocolo para cada uno de los equipos de la planta, en la Figura 19 se muestra el protocolo correspondiente al equipo molino de martillos.

Figura 19. Protocolo para molino de martillos

		PROTOCOLO DE MANTENIBILIDAD		FECHA:	15/10/2019
		MOLINO DE CARBON		REFERENCIA:	CYP001
				REVISION:	1
				LINEAS:	9
PARAMETROS CARACTERISTICOS					
N°	PARAMETRO			VALOR	UNIDAD
1	MARCA	MOLINO DE MATRILLOS		\$ 1.375.000	1
2	MODELO	MOTOR SIEMENS 50HP			-
3	POTENCIA	50		-	HP
4	CAPACIDAD	50		-	TON/HORA
OBSERVACIONES					
el molino fue ensamblado e instalado por operarios de la empresa, los repuestos del mismo se encuentran en el almacen de la empresa, para reducir el tiempo de paradas por mantenimiento.					
INSTRUCCIONES TECNICAS					
N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	ON/OFF	PT
1	realizar inspeccion visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
2	realizar inspeccion del amperaje del equipo	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
3	revision de tornillos	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	NO
4	verificacion de funcionamiento de variador	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
5	comprobar el estado de la lubricacion	SEMANAL	MECANICO	OFF	NO
6	limpieza de mallas interiores	SEMANAL	MECANICO	OFF	NO
7	verificacion de martillos interiores	QUINCENAL	MECANICO	OFF	NO
8	verificacion del arrancador del molino	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	NO
9	limpieza general del equipo y area de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	NO
OBSERVACIONES					
ELABORO: DIEGO GONZALEZ		REVISO: ING. DIEGO NEIZA		APROBO: CESAR NEIZA	

Fuente: elaboración propia

Los protocolos correspondientes a los demás equipos de la planta se encuentran el apartado de anexos (S a V).

El protocolo de mantenibilidad del molino, ya que es uno de los equipos principales de la máquina, el protocolo se generó teniendo en cuenta rutinas como: lubricación,

revisión de tornillos, entre otras; asimismo se toma en cuenta la frecuencia, si el equipo debe estar encendido o apagado o si se requiere permiso.

6.4 SEGUIMIENTO

La supervisión de las tareas asignadas a los operarios, se llevó a cabo diariamente y se controló con ayuda del encargado de turno quien da reporte al ingeniero Javier Orosco jefe de patio. El proceso de seguimiento también estuvo acompañado semanalmente por charlas para generar buenas costumbres en la operación de las máquinas y en la seguridad en operación. En la Tabla 13 se reflejan las tareas asignadas a los operarios de los dos turnos.

Tabla 13. Tareas asignadas.

TURNO	OPERARIOS	TAREAS	HORARIO
1	Carmen González	Líder de turno, supervisión mezclador, bombas y cribas	5:00 am-1:00pm
	Jaime Sierra	Mantenimiento de equipos, llenado de tolvas, apoyo en operación	
	Cristian Useche	Operación de controles y sistema eléctrico	
2	Wilson Barón	Líder de turno, supervisión mezclador, bombas y cribas	2:00 pm-10:00 pm
	Miguel Castebianco	Mantenimiento de equipos, llenado de tolvas, apoyo en operación	
	Geraldine Velasco	Operación de controles y sistema eléctrico	

Fuente: elaboración propia

El control de producción diaria desde la puesta en marcha de los protocolos. Para hacer posible el control y obtener cifras reales, se llevó a cabo mediante una revisión diaria de la producción, en la cual se tomaba el peso del carbón lavado y el porcentaje de cenizas con el que salía de la planta, esto se logró gracias al apoyo del personal de la báscula y laboratorio. En las siguientes tablas se refleja el aumento de la producción a lo largo de los meses.

Tabla 14. Producción septiembre de 2019.

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
2/09/2019	15,5	12,1	6,1
3/09/2019	12,5	11	5
4/09/2019	21,4	10,5	4,5
5/09/2019	10	12,9	6,9

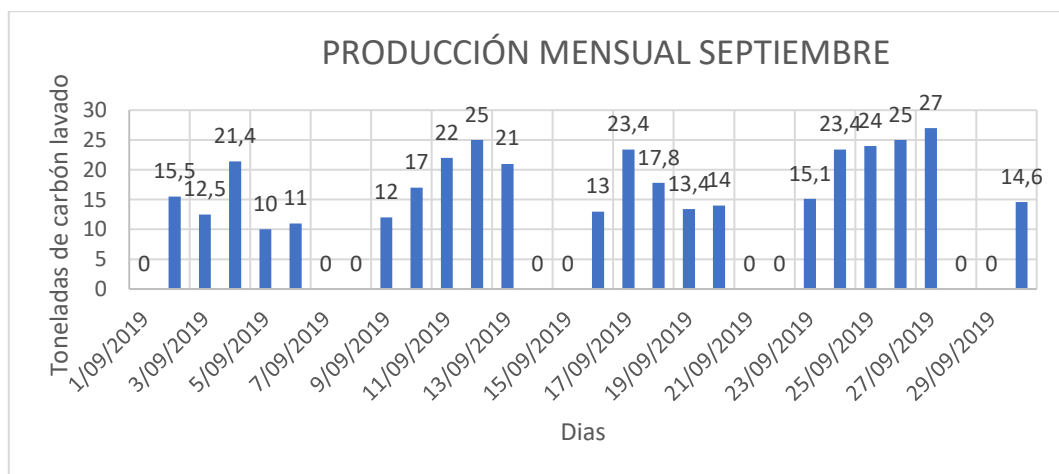
Tabla 14 (continuación)

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
6/09/2019	11	14,3	8,3
9/09/2019	12	11,2	5,2
10/09/2019	17	11,5	5,5
11/09/2019	22	11,6	5,6
12/09/2019	25	11,4	5,4
13/09/2019	21	13,4	7,4
17/09/2019	23,4	11,4	5,4
18/09/2019	17,8	12,5	6,5
19/09/2019	13,4	14,2	8,2
20/09/2019	14	13,5	7,5
23/09/2019	15,1	11,4	5,4
24/09/2019	23,4	11,3	5,3
25/09/2019	24	11,1	5,1
26/09/2019	25	11,8	5,8
27/09/2019	27	11,6	5,6
30/09/2019	14,6	11,8	5,8

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 14 se aprecia un aumento en la producción diaria en la planta lavadora, a partir de la puesta en marcha de los protocolos, al igual que se reflejan días en cero, los cuales son tomados como días de mantenimiento y días no laborales que son los sábados y los domingos. Lo anterior se aprecia mejor en la Figura 20.

Figura 20. Producción mensual septiembre 2019



Fuente: elaboración propia.

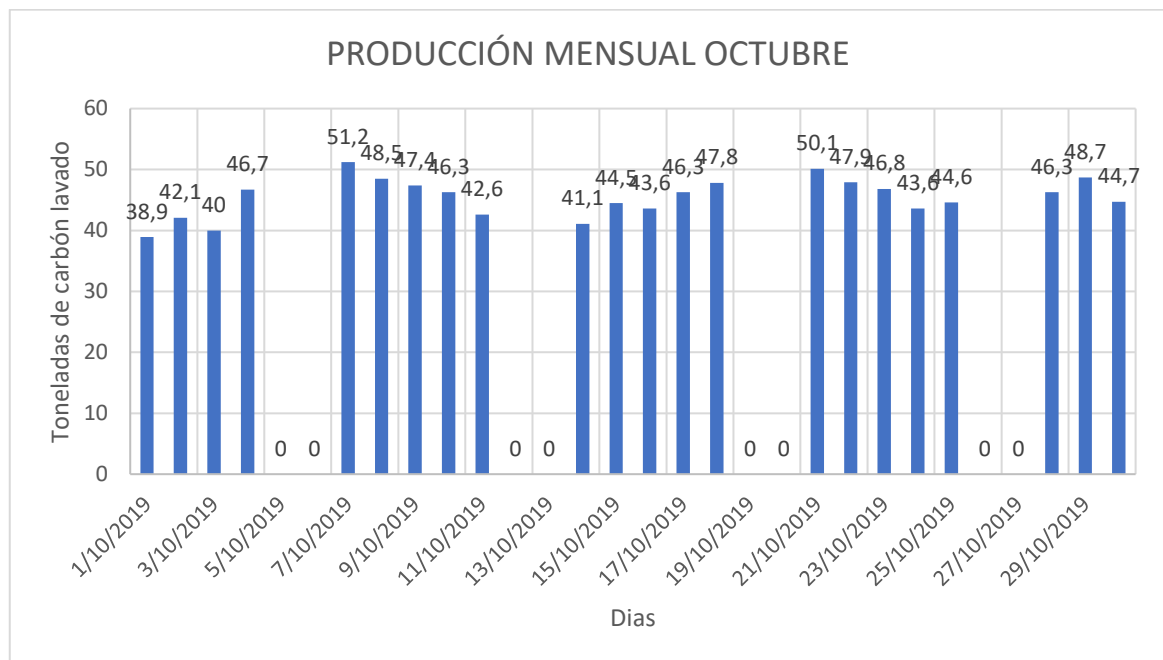
Tabla 15. Producción octubre de 2019.

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
1/10/2019	38,9	12,3	6,3
2/10/2019	42,1	11,3	5,3
3/10/2019	40	10,3	4,3
4/10/2019	46,7	14	8
7/10/2019	51,2	12,6	6,6
8/10/2019	48,5	14,5	8,5
9/10/2019	47,4	12,6	6,6
10/10/2019	46,3	11,4	5,4
11/10/2019	42,6	10,6	4,6
14/10/2019	41,1	11,4	5,4
15/10/2019	44,5	13,6	7,6
16/10/2019	43,6	13,4	7,4
17/10/2019	46,3	12,6	6,6
18/10/2019	47,8	11,1	5,1
21/10/2019	50,1	10,5	4,5
22/10/2019	47,9	11,5	5,5
23/10/2019	46,8	11,5	5,5
24/10/2019	43,6	10,6	4,6
25/10/2019	44,6	14,7	8,7
28/10/2019	46,3	10,6	4,6
29/10/2019	48,7	11,5	5,5
30/10/2019	44,7	10,6	4,6
31/10/2019	43,5	11,5	5,1

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 15 se refleja la producción correspondiente al mes de octubre, en el que se sigue reflejando un aumento en la producción de carbón lavado, estos datos son suministrados por el personal de báscula y laboratorio de la empresa; por otro lado, se notan días en cero los cuales son tomados como días de mantenimiento y charlas de seguridad.

Figura 21. Producción mensual octubre 2019



Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Producción noviembre de 2019.

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
1/11/2019	40,1	12,3	6,3
2/11/2019	42,1	11,3	5,3
3/11/2019	42	10,3	4,3
4/11/2019	46,7	14	8
7/11/2019	55,2	12,6	6,6
8/11/2019	48,5	14,5	8,5
9/11/2019	47,4	12,6	6,6
10/11/2019	49,5	11,4	5,4
11/11/2019	43,6	10,6	4,6
14/11/2019	44,2	11,4	5,4
15/11/2019	44,5	13,6	7,6
16/11/2019	46,7	13,4	7,4
17/11/2019	51,7	12,6	6,6
18/11/2019	52,4	11,1	5,1
21/11/2019	50,1	10,5	4,5
22/11/2019	54,2	11,5	5,5
23/11/2019	51,2	11,5	5,5
24/11/2019	52,1	10,6	4,6

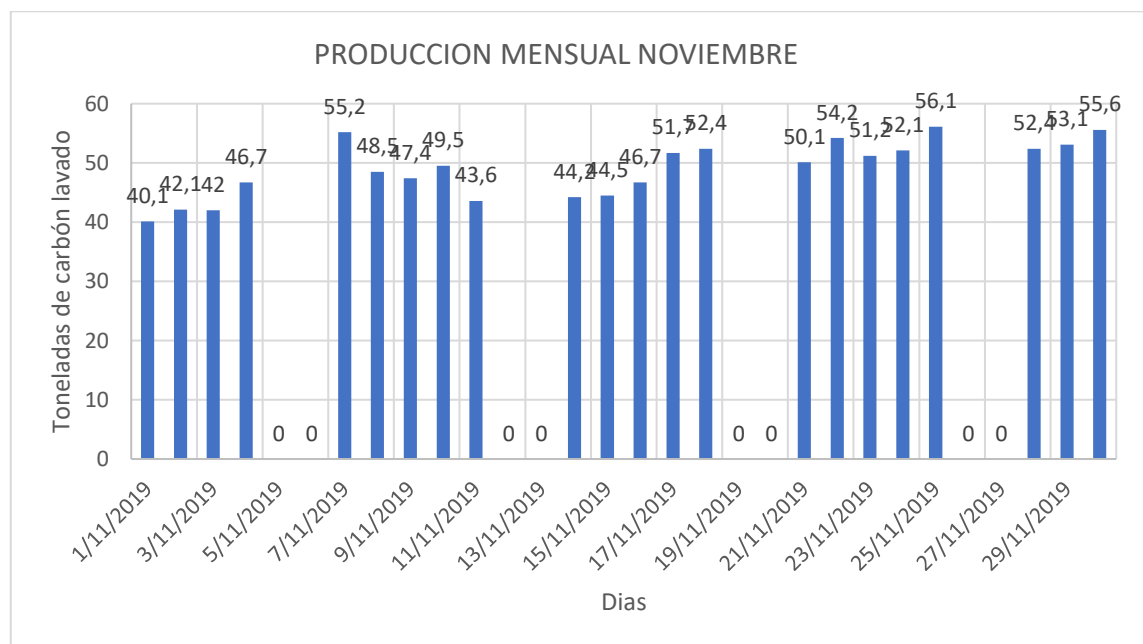
Tabla 16 (continuación)

FECHA	TONELADAS LAVADAS	% CENIZAS ENTRADA	% CENIZAS SALIDA
25/11/2019	56,1	14,7	8,7
28/11/2019	52,4	10,6	4,6
29/11/2019	53,1	11,5	5,5
30/11/2019	55,6	10,6	4,6

Fuente: elaboración propia.

La Tabla 16 muestra la producción del mes de noviembre, en el que se refleja el aumento de la producción diaria de la planta.

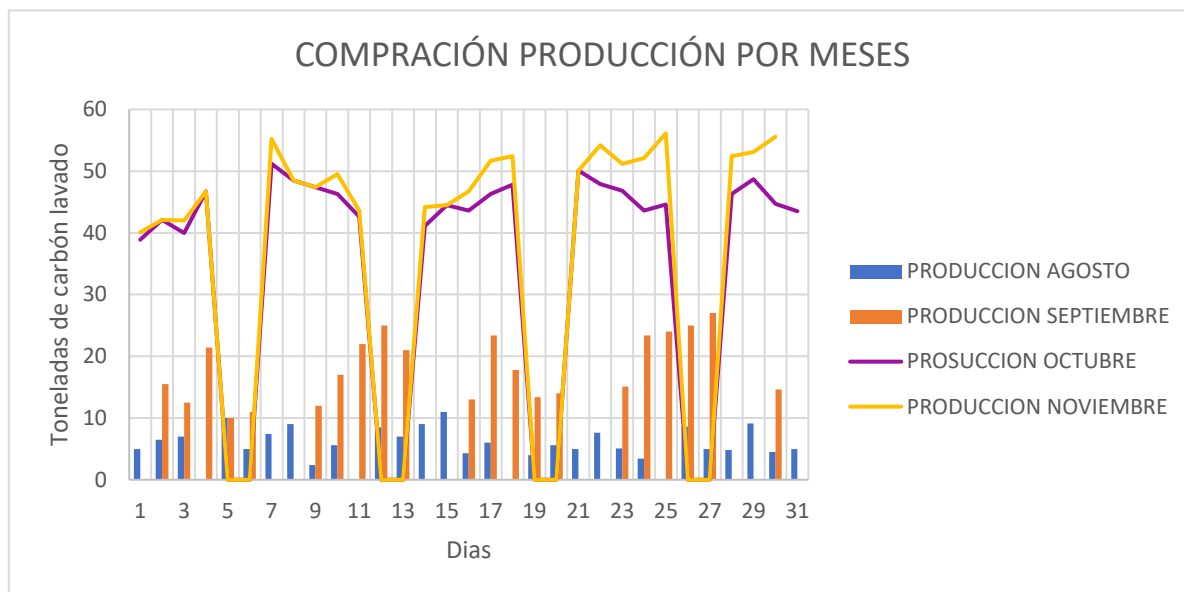
Figura 22. Producción mensual septiembre 2019



Fuente: elaboración propia.

En las Figuras 21 y 22, se representan las tablas de producción de los meses de octubre y de noviembre, en los que se ve un aumento significativo de la producción de la planta lavadora.

Figura 23. Comparación producción mensual planta lavadora



Fuente: elaboración propia.

La Figura 23 presenta la producción mes a mes, partiendo desde octubre en el cual se realizó la etapa de recolección de información, siguiendo con septiembre el mes en el que se puso en marcha los protocolos, el incremento de producción se logra gracias al acatamiento de los mismos y una buena relación del grupo de trabajo.

La generación de cultura de pertenecía hacia las labores desarrolladas. con el apoyo del jefe de área y el gerente general de la empresa, con quien semanalmente se impartían charlas de pertenencia hacia la empresa y hacia la labor desarrollada, asimismo la importancia de la planta lavadora en la empresa y lo crucial que es para el fortalecimiento de la empresa en el mercado.

CONCLUSIONES.

Durante la etapa de recolección de datos, se determinó que la gestión de mantenimiento que la planta lavadora poseía, se limitaba a mantenimientos correctivos que surgían a menudo, por lo tanto, no tenía definido ningún protocolo de mantenibilidad, por lo que se presentaban fallas en algunos equipos como: mala selección de correas, mala operación, mala sujeción de tornillos y falta de lubricación, las cuales influían técnicamente la producción de la planta lavadora.

El método de análisis de Pareto, permitió determinar que del 80 % de las fallas de los equipos es consecuencia de un 20 % de fallas no resueltas a tiempo, evidenciando en el resultado que la mayor falla de los equipos se debe a la mala operación del mismo, entonces es una tarea fundamental capacitar de la mejor manera al encargado de la máquina. igualmente, se determinó que la pausa más mínima en el flujo de producción de la planta implica un reinicio de operaciones que toma más de 2 horas.

Por medio del análisis de criticidad se pudo determinar que alrededor del 55,5% de los equipos poseen una criticidad alta, alrededor del 33,3 % de los equipos posee una criticidad media, y alrededor del 11,2 % restante de los equipos posee una criticidad baja, así mismo se determinó que los repuestos para algunos equipos no son comerciales, lo cual los hace demasiado críticos, ya que son equipos elaborados por una empresa del municipio que lleva muchos años en el sector; asimismo los equipos no son nuevos son reparados y puestos a punto para la operación, lo que implica que algunas de sus piezas son revisadas y reparadas por operarios de la misma empresa.

La generación de protocolos de mantenibilidad permitió llevar un control más eficaz en la planta. Dicho control se llevó a cabo con el fin de aumentar la producción de la planta lavadora. Cada protocolo tuvo que ser desarrollado teniendo en cuenta que solo tres operarios son los encargados de la planta y deben desarrollar todas las tareas en conjunto, las tareas de mantenimiento fueron determinadas teniendo en cuenta la experiencia de los operarios, las recomendaciones de los fabricantes y la disposición de las máquinas. Asimismo, se determinó que algunas tareas pueden ser realizadas con los equipos en funcionamiento como lo son: las inspecciones visuales de algunos equipos y las revisiones de amperajes en el tablero de control.

Con la implementación de los protocolos de mantenibilidad se logró incrementar la producción mes a mes, que incremento el número de toneladas lavadas paulatinamente hasta estabilizarse en el mes de octubre, pasando de un promedio diario de 6,3481 toneladas de carbón lavado en el mes de Agosto a un promedio diario de 45,3565

toneladas de carbón lavado en el mes de Octubre. La estabilización se logró con el seguimiento riguroso de los protocolos, lo que garantiza que los equipos operan en condiciones óptimas.

Para verificar y garantizar la implementación de los protocolos, se contó con la ayuda de los dueños de la empresa, en la realización de charlas acerca de la importancia de la producción de la planta, el incremento de la misma y lo fundamental que resulta la excelente operación de la planta, para el momento que atraviesa la empresa, ya que para los dueños la planta lavadora es la oportunidad de reingresar al mercado.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que deja el presente proyecto para la empresa CIPRODYSER S.A están centradas en dos aspectos claves los cuales son:

Establecer un departamento de mantenimiento para toda la compañía, ya que no se cuenta con información acerca de ningún tipo de mantenimiento de todo el patio carboneras, evidenciando que no hay control real de repuestos, costos de mantenimiento ni stock de almacén, lo cual es un problema gravísimo, porque los costos de mantenimiento y los tiempos de pausa son realmente altos, causando pérdidas monetarias para la empresa.

La extensión de los protocolos a las demás áreas de la planta como: molinos, solera, minas y criba puede resultar beneficioso para la empresa, pues es evidente que falta todo tipo de mantenimiento y control en los equipos que se encuentran en estas zonas; otro punto a resaltar es que el personal de estas áreas en algunas ocasiones no tiene claro cómo operan todos los equipos de sus áreas, situación que empeora aún más el funcionamiento y el cuidado de los equipos de la planta.

Por último, algunas recomendaciones que se deben tener en cuenta para continuar la implementación de los protocolos son:

- Revisión periódica del cumplimiento de tareas.
- Control de producción diaria para asegurar la calidad del carbón.
- Llevar a cabo mantenimientos en los días dispuestos para ello.

BIBLIOGRAFÍA

ARANGO SERNA, Martín y GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo y ÁLVAREZ URIBE, Karla. Identificación de oportunidades de mejora en la Gestión del transporte del carbón en Colombia con Six Sigma. En: Boletín de Ciencias de la Tierra. Vol.; 2. No 30 (Julio, 2011); p. 23-38.

CAVALCANTI Garay. Adaptación De Un Programa De Mantenimiento Productivo Total Y Aplicación De Un Sistema De Indicadores De Efectividad Global De Los Equipos Para Una Compañía Minera. Lima, 2006, 96p. Trabajo de grado (título ingeniero industrial). Universidad peruana de ciencias aplicadas. Facultad de ingeniería.

CHAU LAM, Joanna. Gestión Del Mantenimiento De Equipos En Proyectos De Movimiento De Tierras. Lima, 2010, 172p. Trabajo de grado (título de maestro en gestión y administración de la construcción). Universidad nacional de ingeniería. Facultad de ingeniería civil.

CORREA ESPINAL, Alexander y GÓMEZ MONTOYA, Rodrigo. Seguridad En la cadena de Suministro Basada En La Norma Iso 28001 Para el sector carbón, como estrategia para su competitividad. En: Boletín de Ciencias de la Tierra. Vol.; 2. No 28 (sep., 2010); p. 39-50.

GUTIÉRREZ BERNAL, Jesús Manuel; MORA PULIDO, William Fernando; RODRÍGUEZ VARELA, Luís Ignacio; RAMÍREZ, Javier; DÍAZ VELÁSQUEZ, José de Jesús Aprovechamiento de partículas de ultrafinos de carbón de una planta lavadora en la producción de coque metalúrgico Ingeniería e Investigación, vol. 31, núm. 1, abril, 2011, pp. 65-73 Universidad Nacional de Col

MESA GRAJALES, Dairo y ORTIZ SÁNCHEZ, Yesid y PINZÓN, Manuel. La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al Mantenimiento. En: Scientia et technica. Vol.; 1. No 30 (Mayo, 2006); p. 155-160.

MOUBRAY, John. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad (Rcm). Disponible en: (https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/35711506/MANTENIMIENTO_CENTRADO_EN.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3Dmantenimiento-centrado-en.pdf)

METZO MINERALS. Manual de trituración y cribado Metzo. Catalogo No. 2051-12.08-CBL/Tampere-Español. Finlandia: Metzo, 2008. 322p. Disponible en: (https://www.academia.edu/26051679/Manual_de_Trituraci%C3%B3n_y_Cribado)

NAVARRO, Luis, PASTOR, Ana y MUGABURU, Jaime. Gestión Integral De Mantenimiento. Barcelona: Marcombo, 1997.

PACHECO, Larissa. Propuesta de implementación de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en RCM para la reducción de fallas de la maquinaria de la Empresa Hydro Pátapo S.A.C. Chiclayo, 2018. Tesis pregrado. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.

RECALDE, Eduardo y MORANTE, Fernando. Metodología de planificación minera a corto plazo y diseño minero mediano plazo en la cantera Pifo. Guayaquil, 2007, 172p. Tesis de grado (título ingeniero de minas). Escuela superior politécnica del litoral. Facultad de ingeniería de ciencias de la tierra.

OLARTE, William, BOTERO, Marcela y CAÑON, Benhur. Importancia Del Mantenimiento Industrial Dentro De Los Procesos De Producción. En: Scientia et technica. Vol.; 16. No 44 (abril, 2010); p. 354-356.

ANEXOS

Anexo A. Certificación del cumplimiento y desarrollo del proyecto en la empresa

CIPRODYSER S.A.

CIPRODYSER S.A.

NIT. 830.125.529 - 2

CERTIFICACION LABORAL

Por medio de la presente me permito certificar que el señor **DIEGO FRANCISCO GONZALEZ BLANCO**, identificado con la cédula de ciudadanía No. 1.049.633.705 de Tunja, Realizo practica universitaria desarrollando proyecto de ANALISIS DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA PRODUCCION DE PLANTA LAVADORA , desde el 02 de Julio de 2019 al 29 de Noviembre de 2019, Tiempo en el demuestra responsabilidad y cumplimiento en las labores asignadas.

La presente se expide a solicitud del interesado, a los Siete (07) días de Diciembre del año dos mil diecinueve (2.019).

Atentamente,



MARTHA C. CARLOS ROJAS

Contadora

Calle 4 No. 5 - 13 • Telefax: 737 21 48 Celular: 310 814 2722 Samacá - Boyacá
Calle 63 No. 45 - 59 Of. 401 • Telefax: 221 00 18 • Bogotá, D.C.
E-mail: ciprodysera@yahoo.es

Anexo B. Análisis mezclador.

Equipo	funcion dentro de la planta	falla funcional	modo de falla	parte del equipo afectada	causa de falla	efecto de la falla y consecuencia	actividad de mantenimiento
mezclador	se encarga de realizar una mezcla homogénea de carbón y agua	sobrecarga del tanque	fallo en las correas	polea del motor	fuerza de cizallamiento sobre los tornillos	parada del 100% de la producción	cambio de tornillos por tornillo grado 8
				polea del eje	alineación incorrecta		desmontaje y alineado
				eje	rodamiento en mal estado		cambio de rodamiento
			fallo en paletas	paletas	desgaste por uso		desmonte y soldado de paletas nuevas
				eje de paletas	desgaste por horas de uso		desmonte y verificación en torno
							cambio por desgaste
		variaciones de voltaje	fallo en encendido	variador	cable de alimentación roto		cambio de cableado
				protección térmica	elevado voltaje		revisión de cableado y consumos
				contractor	elevado voltaje		revisión de cableado y consumos
				interruptor diferencial	elevado voltaje		revisión de cableado y consumos
			paro total de molino	botón encendido	cable de alimentación roto		desmonte y cambio
				botón paro	cable de alimentación roto		desmonte y cambio
				botón paro de emergencia	cable de alimentación roto		desmonte y cambio
		proporciones de la mezcla inadecuadas	sobrecarga en motor	eje de motor	desgaste por fricción		desmonte y revisión
				eje de paletas	desgaste por fricción		desmonte y torneado
				base de sujeción	desajuste por vibración		anclaje nuevo y sujeción
			sobrecarga en eje de mezcla	paletas	ruptura de paletas		desmonte y soldado de paletas nuevas
				rodamientos del eje de paletas	mala lubricación		desmonte y cambio

Anexo C. Análisis bombas centrífugas

Equipo	funcion dentro de la planta	falla funcional	modo de falla	parte del equipo afectada	causa de falla	efecto de la falla y consecuencia	actividad de mantenimiento
bombas centrífugas	encargadas de el transporte de la mezcla hacia las cribas	variaciones de voltaje	fallo en variador	variador	cable de alimentacion roto	parada del 100% de la produccion	cambio de cableado
				proteccion termica	variacion en voltaje		revision de cableado y consumos
				contractor	variacion en voltaje		revision de cableado y consumos
			paro de motor	polea	detencion inmediata		desmonte y revision
				placa de bornes	excesiva vibracion		limpieza y revision
		atascamientos	falla en impeller	impeller	desgaste por uso		desmonte y cambio
				carcasa	ruptura por atascamiento		desmonte y cambio
				carcasa de teflon	desgaste por uso		desmonte y cambio
			falla en tuberia	tubo de succion	ruptura por atascamiento		desmonte y cambio
				tubo de transtporte	ruptura por atascamiento		desmonte y cambio
			falla en acsesorios	valvulas de bola	atascamiento de material		desmonte y cambio
				uniones universales	atascamiento de material		desmonte y cambio

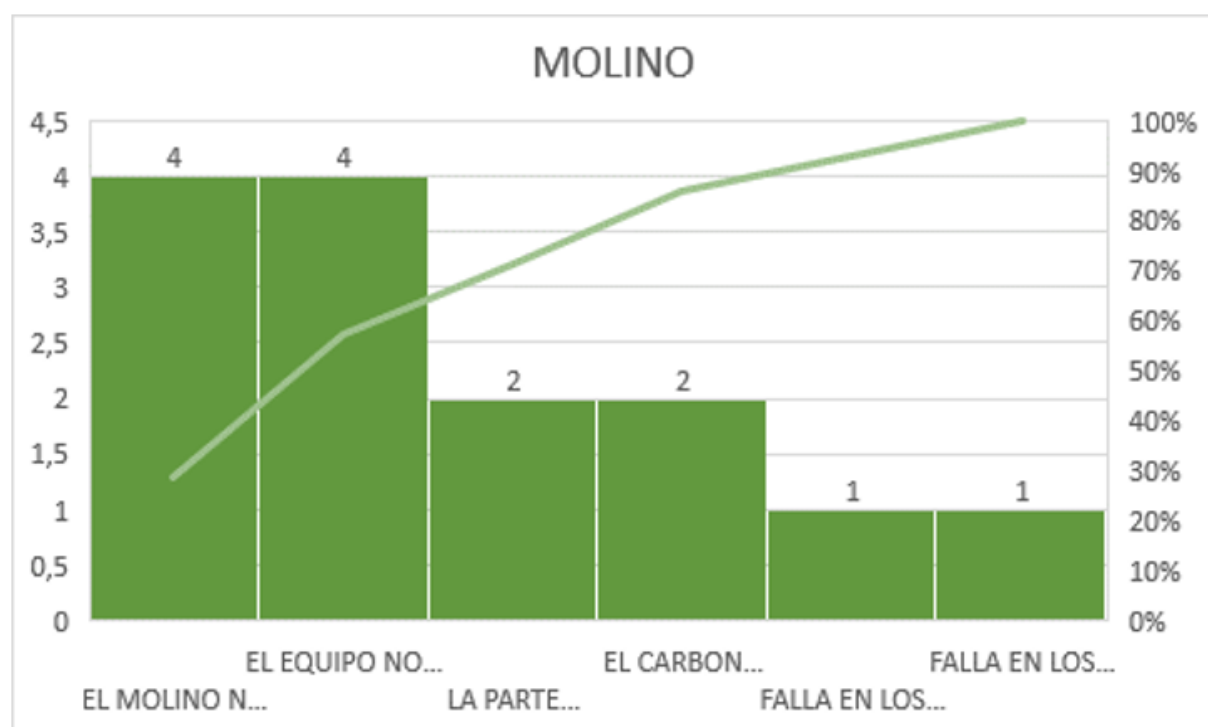
Anexo D. Análisis cribas.

Equipo	funcion dentro de la planta	falla funcional	modo de falla	parte del equipo afectada	causa de falla	efecto de la falla y consecuencia	actividad de mantenimiento
cribas	mesas vibratorias para el secado del carbon recién lavado	variaciones de voltaje	fallo en variador	variador	cable de alimentacion roto	parada del 100% de la produccion	cambio de cableado
				proteccion termica	variacion en voltaje		revison de cableado y consumos
				contractor	variacion en voltaje		revison de cableado y consumos
			paro de motor	polea	detencion inmediata		desmonte y revision
				placa de bornes	excesiva vibracion		limpieza y revision
		vibraciones excecivas	falla en caja vibratoria	rodamientos internos	falta de lubricacion		desmonte y cambio
				martillos internos	falta de lubricacion		desmonte y cambio
				polea	vibracion excesiva por falta de lubricacion		desmonte y cambio
			falla en mallas de cribado	tornillos de sujecion	fuerza de cizallamiento		desmonte y cambio por tornillos grado 8
				malla	desgaste por uso		desmonte y cambio
				templetes	fuerza de cizallamiento		desmonte y cambio
			falla en camillas	camilla	desoldamiento por vibracion exceciva		desmonte y cambio
				tornillos de sujecion	fuerza de cizallamiento		desmonte y cambio por tornillos grado 8

Anexo E. Análisis de Pareto para el mezclador.

MEZCLADOR			
POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/ DIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
MALA OPERACIÓN	1	8%	8%
MEZCLA CARBON + AGUA MAL ECHA	5	42%	50%
SOBRECARGA EN EL SISTEMA ELECTRICO	2	17%	67%
FALLA EN EL MOTOR ELECTRICO	1	8%	75%
FALLA EN LOS RODAMIENTOS	0	0%	75%
FALLA POR RUPTURA DE CORREAS	3	25%	100%
TOTAL	12	100%	

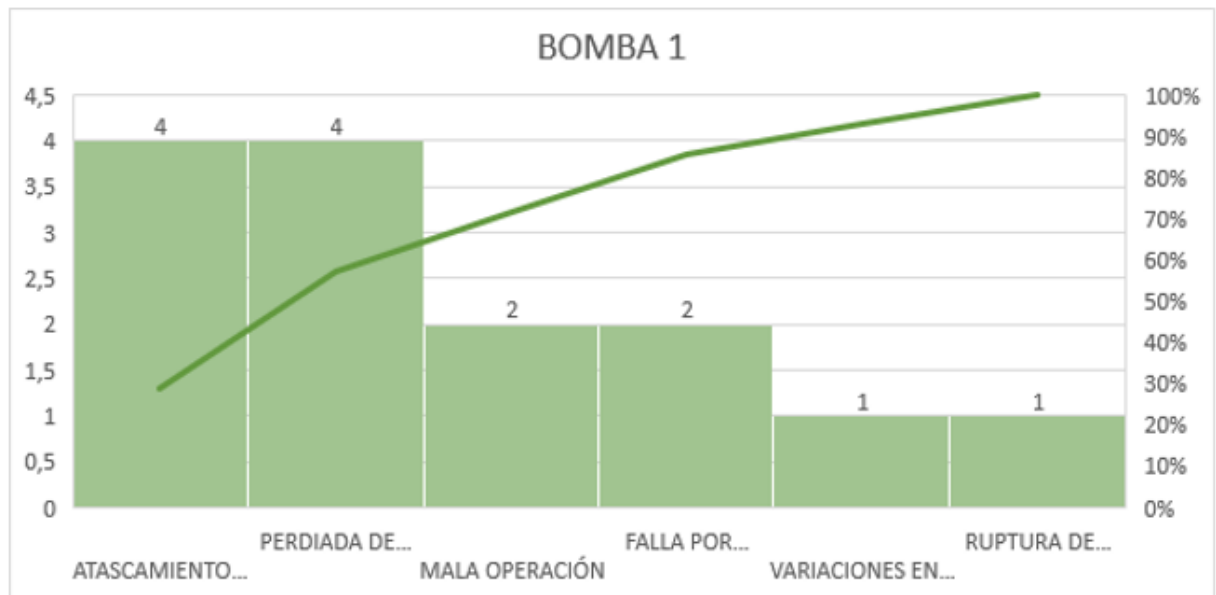
Anexo F. Gráfica análisis de Pareto del mezclador.



Anexo G. Análisis de Pareto para la bomba 1.

BOMBA 1			
POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/DÍA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
MALA OPERACIÓN	2	14%	14%
ATASCAMIENTO POR MEZCLA MAL ECHA	4	29%	43%
PERDIADA DE PRESION POR ATASCAMIENTO DE ROCAS	4	29%	71%
VARIACIONES EN EL FLUIDO ELECTRICO	1	7%	78%
RUPTURA DE ACCESORIOS	1	7%	86%
FALLA POR RUPTURA DE CORREAS	2	14%	100%
TOTAL	14	100%	

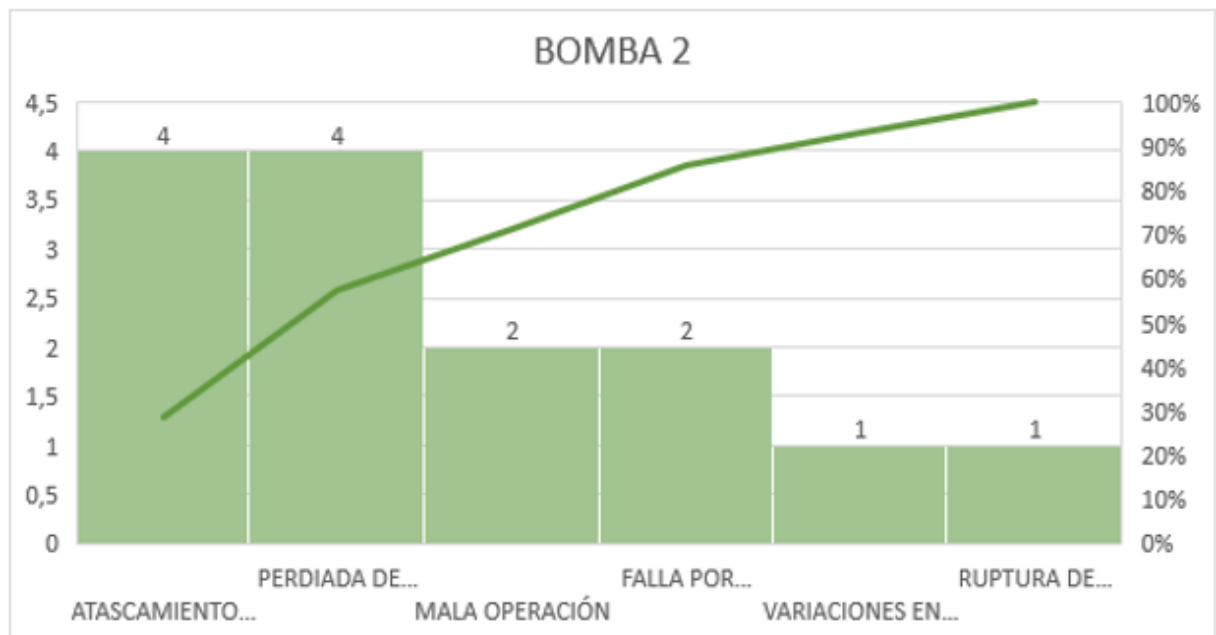
Anexo H. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 1.



Anexo I. Análisis de Pareto para la bomba 2.

BOMBA 2			
POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/DIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
MALA OPERACIÓN	2	14%	14%
ATASCAMIENTO POR MEZCLA MAL ECHA	4	29%	43%
PERDIADA DE PRESION POR ATASCAMIENTO DE ROCAS	4	29%	71%
VARIACIONES EN EL FLUIDO ELECTRICO	1	7%	78%
RUPTURA DE ACCESORIOS	1	7%	86%
FALLA POR RUPTURA EN EL EMPAQUE DEL CARDAN	2	14%	100%
TOTAL	14	100%	

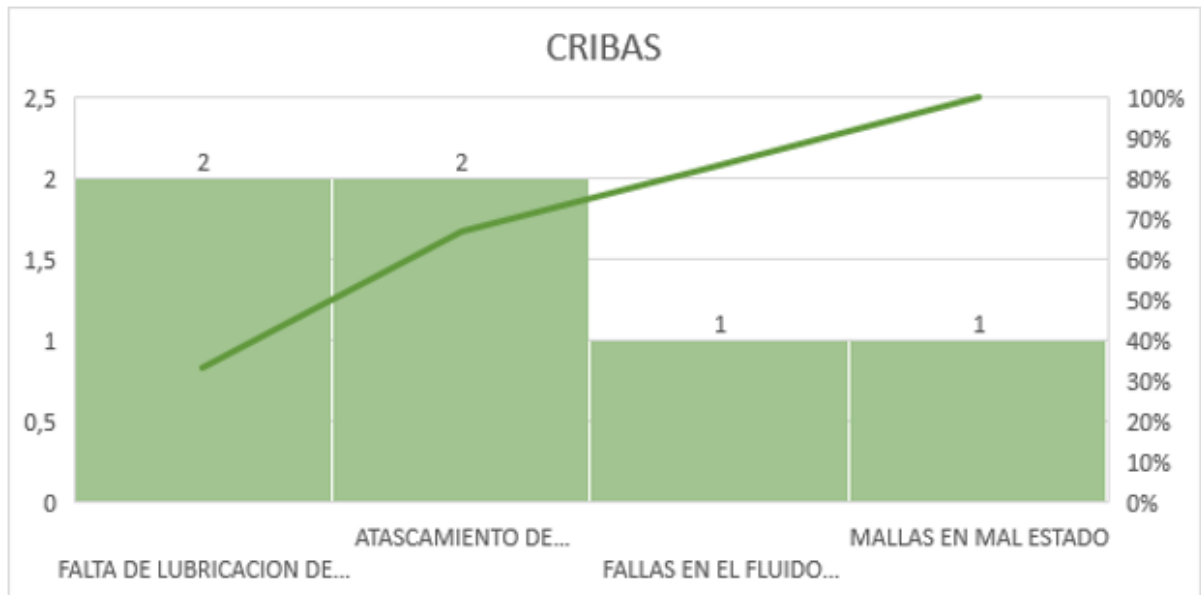
Anexo J. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 2.



Anexo K. Análisis de Pareto para las cribas.

CRIBAS			
POSIBLES CAUSAS DE PROBLEMAS	FRECUENCIA EN LA QUE OCURRE/DIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE ACUMULADO
FALLAS EN EL FLUIDO ELECTRICO	1	17%	17%
FALTA DE LUBRICACION DE COMPONENTES	2	33%	50%
MALLAS EN MAL ESTADO	1	17%	67%
ATASCAMIENTO DE TANQUES DE EVACUACION	2	33%	100%
			100%
			100%
TOTAL	6	100%	

Anexo L. Gráfica análisis de Pareto de la bomba 2.



Anexo M. Análisis de criticidad mezclador.

MEZCLADOR			
FRECUENCIA DE FALLAS:		COSTO DE MTO	
4. Pobre mayor a 10 fallas/año	x	Mayor o igual a \$200.000	x
3. Promedio 5-10 fallas /año		Inferior a \$200.000	
2. Buena 1-3 fallas /año			
1. Excelente menor a 1 fallas año			
IMPACTO OPERACIONAL:		IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE(SAH)	
4. Perdida de la operación		5. Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación entes externos de la organización	
3. Parada del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas	x	4. Afecta el ambiente/instalaciones	
2. Impacta en niveles de inventario o calidad		3. Afecta las instalaciones causando daños severos	
1.No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y producción		2.Provoca daños menores(ambiente-seguridad)	x
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		1. No provoca ningun tipo de daño a personas instalaciones o al ambiente	
3. No existe opción de producción y no hay funcion de repuesto	x		
2. Hay opción de repuesto compartido/almacén			
1. Funcion de repuesto disponible			

Anexo N. Matriz de criticidad mezclador.

frecuencia	5	MC	MC	AC	MAC	MAC	BC= Baja criticidad
	4	MC	MC	AC	AC	MAC	MC=media criticidad
	3	BC	MC	X	AC	MAC	AC=alta criticidad
	2	BC	BC	MC	AC	MAC	MAC=muy alta criticidad
	1	BC	BC	MC	AC	MAC	
		1	2	3	4	5	

Anexo O. Matriz de criticidad bombas

criticidad			
FRECUENCIA DE FALLAS:		COSTO DE MTO	
4. Pobre mayor a 10 fallas/año	x	Mayor o igual a \$200.000	x
3. Promedio 5-10 fallas /año		Inferior a \$200.000	
2. Buena 1-3 fallas /año			
1. Excelente menor a 1 fallas año			
IMPACTO OPERACIONAL:		IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE(SAH)	
4. Perdida de la operación	X	5. Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación entes externos de la organización	
3. Parada del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas		4. Afecta el ambiente/instalaciones	X
2. Impacta en niveles de inventario o calidad		3. Afecta las instalaciones causando daños severos	
1.No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y producción		2. Provoca daños menores(ambiente-seguridad)	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		1. No provoca ningun tipo de daño a personas instalaciones o al ambiente	
3. No existe opción de producción y no hay funcion de repuesto	x		
2. Hay opción de repuesto compartido/almacén			
1. Funcion de repuesto disponible			

Anexo P. Matriz de criticidad bombas

frecuencia	5	MC	MC	AC	MAC	X	BC= Baja criticidad
	4	MC	MC	AC	AC	MAC	MC=media criticidad
	3	BC	MC	X	AC	MAC	AC=alta criticidad
	2	BC	BC	MC	AC	MAC	MAC=muy alta criticidad
	1	BC	BC	MC	AC	MAC	
		1	2	3	4	5	

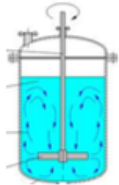
Anexo Q. Matriz de criticidad cribas de secado.

criticidad			
FRECUENCIA DE FALLAS:		COSTO DE MTO	
4. Pobre mayor a 10 fallas/año		Mayor o igual a \$200.000	x
3. Promedio 5-10 fallas /año		Inferior a \$200.000	
2. Buena 1-3 fallas /año			
1. Excelente menor a 1 fallas año	X		
IMPACTO OPERACIONAL:		IMPACTO EN SEGURIDAD AMBIENTE HIGIENE(SAH)	
4. Perdida de la operación		5. Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación entes externos de la organización	
3. Parada del sistema o subsistema y tiene repercucion en otros sistemas	X	4. Afecta el ambiente/instalaciones	X
2. Impacta en niveles de inventario o calidad		3. Afecta las instalaciones causando daños severos	
1.No genera ningun efecto significativo sobre operaciones y producción		2. Provoca daños menores(ambiente-seguridad)	
FLEXIBILIDAD OPERACIONAL		1. No provoca ningun tipo de daño a personas instalaciones o al ambiente	
3. No existe opción de producción y no hay funcion de repuesto	x		
2. Hay opción de repuesto compartido/almacén			
1. Funcion de repuesto disponible			

Anexo R. Matriz de criticidad cribas de secado.

frecuencia	5	MC	MC	AC	MAC	X		BC= Baja criticidad
	4	MC	MC	AC	AC	MAC		MC=media criticidad
	3	BC	MC	MC	AC	MAC		AC=alta criticidad
	2	BC	BC	MC	AC	MAC		MAC=muy alta criticidad
	1	BC	BC	X	AC	MAC		
		1	2	3	4	5		
		consecuencia						

Anexo S. Protocolo de mantenibilidad mezclador.

	PROTOCOLO DE MANTENIBILIDAD				FECHA:	15/10/2019
					REFERENCIA:	CYP002
	MEZCLADOR				REVISION:	1
					LINEAS:	9
PARAMETROS CARACTERISTICOS						
Nº	PARAMETRO				VALOR	UNIDAD
1	MARCA	MEZCLADOR				-
2	MODELO	MOTOR SIEMENS 20HP				-
3	POTENCIA	20			-	HP
4	CAPACIDAD	2000			-	LT
OBSERVACIONES						
el equipo de encuentra recién reparado, la inspección visual se debe centrar en la revisión de correas y su desgaste.						
INSTRUCCIONES TECNICAS						
Nº	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	ON/OFF	PT	
1	realizar inspección visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO	
2	anotar el caudal de agua de entrada al tanque	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO	
3	anotar el caudal de carbon de entrada al tanque	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO	
4	verificación del estado de las correas	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO	
5	comprobación de fijación de componentes	DIARIO	MECANICO	OFF	NO	
6	verificación de funcionamiento de registros entrada y salida	DIARIO	MECANICO	OFF	NO	
7	verificación de amperaje en el variador	DIARIO	MECANICO	OFF	NO	
8	verificación de la lubricación de rodamientos	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	NO	
9	limpieza del equipo y área de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	NO	
OBSERVACIONES						
ELABORO: DIEGO GONZALEZ		REVISO: ING. DIEGO NEIZA		APROBO: CESAR NEIZA		

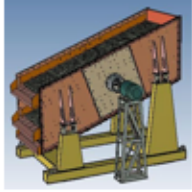
Anexo T. Protocolo de mantenibilidad bomba 1.

	PROTOCOLO DE MANTENIBILIDAD		FECHA:	15/10/2019	
			REFERENCIA:	CYP003	
	BOMBA 1		REVISION:	1	
			LINEAS:	9	
PARAMETROS CARACTERISTICOS					
N°	PARAMETRO		VALOR	UNIDAD	
1	MARCA	SIEMENS		-	
2	MODELO	SIEMENS 7,5 HP		-	
3	POTENCIA	7,5	-	HP	
4	CAPACIDAD	450	-	lpm	
OBSERVACIONES					
la bomba presenta desgaste en el cardan y rodamientos, se realiza una inspeccion visual diaria para verificar el correcto funcionamiento, de el area de transmision de la misma.					
INSTRUCCIONES TECNICAS					
N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	ON/OFF	PT
1	realizar inspeccion visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
2	verificacion de el caudal de salida de la bomba	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
3	verificaion del desgaste del empaque del cardan	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
4	verificacion del nivel de valvulina	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
5	verificacion del funcionamiento de registros	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
6	verificacion de fugas en el caracol	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
7	verificacion de amperaje en el variador	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
8	verificacion de la lubricacion de rodamientos	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	NO
9	limpeza del equipo y area de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	NO
OBSERVACIONES					
ELABORO: DIEGO GONZALEZ		REVISO: ING. DIEGO NEIZA		APROBO: CESAR NEIZA	

Anexo U. Protocolo de mantenibilidad bomba 2.

	PROTOCOLO DE MANTENIBILIDAD			FECHA:	#####
				REFERENCIA:	CYP004
	BOMBA 2			REVISION:	1
				LINEAS:	9
PARAMETROS CARACTERISTICOS					
N°	PARAMETRO			VALOR	UNIDAD
1	MARCA	SIEMENS			-
2	MODELO	SIEMENS 7,5 HP			-
3	POTENCIA	7,5		-	HP
4	CAPACIDAD	450		-	lpm
OBSERVACIONES					
INSTRUCCIONES TECNICAS					
N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA	TIPO DE TRABAJO	ON/OFF	PT
1	realizar inspeccion visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
2	verificacion de el caudal de salida de la bomba	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
3	verificaion del desgaste de las correas	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
4	verificacion del estado de los tornillos	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
5	verificacion del funcionamiento de registros	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
6	verificacion de fugas en el caracol	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
7	verificacion de amperaje en el variador	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
8	verificacion de la lubricacion de rodamientos	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	NO
9	limpeza del equipo y area de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	NO
OBSERVACIONES					
ELABORO: DIEGO GONZALEZ		REVISO: ING. DIEGO NEIZA		APROBO: CESAR NEIZA	

Anexo V. Protocolo de mantenibilidad bomba 2.

		PROTOCOLO DE MANTENIBILIDAD		FECHA:	15/10/2019
		CRIBAS		REFERENCIA:	CYP005
				REVISION:	1
				LINEAS:	9
PARAMETROS CARACTERISTICOS					
N°	PARAMETRO			VALOR	UNIDAD
1	MARCA	-		-	-
2	MODELO	CRIBA 1		-	-
3	POTENCIA	4		-	HP
4	CAPACIDAD	-		-	
OBSERVACIONES					
INSTRUCCIONES TECNICAS					
N°	TAREA DE MANTENIMIENTO	RECUENCIA	PO DE TRABAJO	ON/OFF	PT
1	realizar inspeccion visual	DIARIO	OPERACIONAL	ON	NO
2	verificacion del nivel de valvulina de la caja reductor	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	NO
3	revisión del estado de los tornillos	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	NO
4	revisión del estado de las mallas	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	NO
5	revisión de la corrosión de los componentes	DIARIO	OPERACIONAL	OFF	NO
6	verificación del estado de las correas	DIARIO	MECANICO	OFF	NO
7	verificación de los rodamientos internos	MENSUAL	MECANICO	OFF	NO
8	revisión del arrancador y autosostenido	SEMANAL	ELECTRICO	OFF	NO
9	limpeza del equipo y area de trabajo	SEMANAL	OPERACIONAL	OFF	NO
OBSERVACIONES					
ELABORO: DIEGO GONZALEZ		REVISO: ING. DIEGO NEIZA		APROBO: CESAR NEIZA	