

Diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total para el área de producción de la Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN.

Leonardo Giraldo Santos

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial

Director:

William Hoyos Torres

Magister en Ingeniería Industrial

Tutor:

Alicia del Pilar Bonilla

Ingeniera de Alimentos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico mecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2019.

Agradecimientos

A la *Universidad Industrial de Santander* por la formación como persona y profesional, por su compromiso con la educación de alta calidad, a la *Escuela de Estudios Industriales y Empresariales* y su grupo de profesores que día a día aportan sus esfuerzos transmitiendo conocimiento a lo largo de la carrera, mi segundo hogar, mi alma mater.

A la *Cooperativa de Panificadores de Santander COOPASAN* por abrir sus puertas, por permitir el crecimiento profesional del Ingeniero Industrial UIS y estar dispuesta al cambio cultural, a la mejora continua de sus sistemas.

A mi director *Ing. William Hoyos* por su confianza, disposición y orientación brindada a lo largo del proyecto.

A todo el grupo de trabajo de *La Planta de Producción El Molino COOPASAN* por el aporte al crecimiento profesional del estudiante, especialmente al Ingeniero Gonzalo Graterón y al Jefe del Molino Mario Acosta por compartir su conocimiento, por la colaboración en el desarrollo del proyecto.

Dedicatoria

A Dios por brindarme la sabiduría necesaria y la guía que siempre necesito, por colocar en mi camino a las personas y momentos necesarios que día a día me hacen ser mejor persona, por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante en mi formación profesional.

A mi Madre aguerrida, abnegada, virtuosa, amorosa y sabia, por ser mi inspiración, mi apoyo incondicional y brindarme el consejo que siempre necesito con coraje y templanza, por luchar conmigo de la mano en este camino complejo de descensos y ascensos, este logro es por ella y para ella.

A mi ángel de la guarda Julia Dueñez Becerra quien siempre estará presente en mi mente, en mi corazón y hoy me sonríe desde el cielo.

A mis hermanos por siempre confiar en mí, por ser mi guía, mi fortaleza y mi ejemplo de vida, por crear en mi la conciencia de la lucha en la vida y el cuidado de lo nuestro, por ser mi guía como profesional.

A mi pareja por su apoyo incondicional en los momentos que más lo necesité, por darme fortaleza en la culminación de esta etapa de mi vida, por creer en mí, por ser mi fiel compañera y socia ideal.

Tabla de contenido

1. Generalidades del proyecto	20
1.1. Alcance.....	20
1.2. Problemática	20
1.3. Objetivos	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivos específicos.....	22
2. Generalidades de la empresa	23
2.1. Descripción de la empresa.....	23
2.2. Objeto social.....	23
2.3. Reseña histórica	23
2.4. Misión	25
2.5. Visión	25
2.6. Mapa de procesos.....	25
2.7. Portafolio de productos	26
2.8. Organigrama	27
2.9. Proceso productivo.....	27
2.10. Maquinaria y equipo	33
3. Marco de referencia.	34
3.1. Marco de antecedentes.	34
3.2. Marco teórico.....	36
3.2.1. Mejoramiento de procesos.....	36
3.2.2. Diagrama de flujo.....	36
3.2.3. Diagrama de causa y efecto.	36
3.2.4. Definición de mantenimiento.....	37

3.2.5. Evolución histórica del mantenimiento.	37
3.2.6. Objetivos del mantenimiento.	39
3.2.7. Tipos de mantenimiento.	39
3.2.8. Mantenimiento Productivo Total (MPT).	41
3.2.9. 9 S's.	47
3.2.10. Análisis de criticidad.	50
3.2.11. Indicadores.	51
3.2.12. Programa de Mantenimiento Preventivo.	54
4. Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento en el área de producción.	58
4.1. Cuestionarios aplicados para evaluar la filosofía de mantenimiento.	58
4.2. Resultados obtenidos.	58
4.2.1. Análisis Estadístico.	58
4.2.2. Diagrama de Pareto.	61
4.3. Entrevistas con el personal de producción.	66
4.4. Diagrama de Causa y efecto – Ishikawa.	68
4.5. Recopilación de información de las órdenes de producción.	72
4.6. Análisis de maquinaria y equipo – Infraestructura.	74
4.7. Diagrama de flujo del proceso productivo de harina de trigo.	75
5. Análisis de Criticidad.	76
5.1. Método de determinación de equipos críticos.	76
5.2. Criterios y parámetros para la selección de maquinaria y equipos.	77
5.3. Niveles de criticidad según parámetros establecidos.	79
5.4. Metodología para establecer la criticidad.	79
5.5. Resultados obtenidos.	80
5.6. Codificación para la maquinaria y equipos del proceso productivo.	81

5.6.1. Listado de maquinaria.	81
5.6.2. Parámetros de codificación.	82
5.6.3. Código.	84
6. Programa de Mantenimiento Autónomo.	85
6.1. Etapa 1: Inducción al Programa de Mantenimiento Autónomo.	86
6.1.1. Objetivos del programa.	86
6.1.2. Determinación del área piloto del programa.	87
6.2. Etapa 2: Limpieza Inicial.	87
6.2.1. Metodología de las 5S's.	87
6.2.2. Resultados obtenidos 5S's.	89
6.2.3. Limpieza inicial formato JIPM.	90
6.2.4. Resultados Obtenidos JIPM.	91
6.2.5. Tareas de Mantenimiento Autónomo.	93
6.3. Etapa 3: Acciones correctivas.	94
6.4. Etapa 4: Preparación de estándares de inspección.	96
6.5. Etapa 5: Inspección general orientada.	97
6.5.1. Programa de 5S's en el área de molienda y taller de mantenimiento.	98
6.5.1.3. Disposición de herramientas por piso.	101
6.5.1.4. Referencia de Bancos.	103
6.5.1.5. 5S's en el área de molienda.	103
6.5.1.6. 5S's en el taller de mantenimiento.	104
6.6. Etapa 6: Inspección autónoma.	106
6.7. Etapa 7: Estandarización.	107
6.8. Etapa 8: Control autónomo pleno – Control autónomo total.	108
7. Programa de Mantenimiento Preventivo.	108

7.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. MCC – Reliability Centred Maintenance RCM.	108
7.2. Hojas de información RCM. Fase 1. Fase 2. Fase 3.	110
7.2.1. Función.	110
7.2.2. Fallas funcionales.	110
7.2.3. Modos de falla.	110
7.2.4. Efecto de falla.	110
7.2.5. Consecuencias.	110
7.2.6. Código.	111
7.2.7. Hojas RCM.	111
7.2.8. Análisis de las hojas RCM.	112
7.3. Determinación de actividades preventivas. Fase 4.	113
7.3.1. Definición de tareas de mantenimiento.	113
7.3.2. Creación de estándares, instructivos de operación de equipos y mantenimiento.	114
7.4. Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento. PMM. Fase 5.	115
7.4.1. Fichas técnicas.	115
7.4.2. Hojas de vida.	116
7.4.2. Formatos de control.	119
7.4.3. Creación de fichas de inspección.	119
7.4.4. Codificación de actividades de mantenimiento preventivo.	121
7.4.5 Cronograma de Mantenimiento Preventivo.	123
8. Sistema de indicadores para el área de Mantenimiento – COOPASAN.	126
8.1. Contexto.	126
8.2. Lineamientos para el área de mantenimiento.	127
8.2.1. Indicadores de seguimiento y control de quipos.	127

8.2.2. Indicadores de seguimiento para planificación de actividades.	128
8.2.3. Fichas técnicas de indicadores.	129
8.2.3. Excel como apoyo.	129
9. Resultados obtenidos.	131
9.1 Seguimiento del cambio cultural.	131
9.2. Seguimiento y control de equipos.	134
9.3. Seguimiento de planificación de actividades.	139
10. Conclusiones.	142
11. Recomendaciones.	144
Referencias bibliográficas.	146

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Cumplimiento de Objetivos.</i>	19
Tabla 2. <i>Guía de mantenimiento autónomo.</i>	45
Tabla 3. <i>Overall Equipment Effectiveness - OEE</i>	54
Tabla 4. <i>Datos de Pareto – Personal y administración.</i>	62
Tabla 5. <i>Datos de Pareto – Programas y planeación.</i>	64
Tabla 6. <i>Datos Pareto – Control.</i>	65
Tabla 7. <i>Procesos y cantidad de maquinaria.</i>	80
Tabla 8. <i>Parámetro Sección.</i>	82
Tabla 9. <i>Parámetro - Proceso.</i>	82
Tabla 10. <i>Parámetro – Tipo de equipos.</i>	83
Tabla 11. <i>Guía del programa de Mantenimiento Autónomo.</i>	86
Tabla 12. <i>RCM - Mantenimiento Preventivo COOPASAN.</i>	109

Lista de figuras

Figura 1. Sede principal Bucaramanga - Multiservicio COOPASAN.	24
Figura 2. Planta de producción - Molino COOPASAN.	24
Figura 3. Mapa de Procesos - Cooperativa de Panificadores de Santander - COOPASAN.	25
Figura 4. Portafolio de productos.	26
Figura 5. Organigrama - COOPASAN.	27
Figura 6. Diagrama de flujo del proceso.	28
Figura 7. Proceso de recepción de materia prima.	29
Figura 8. Trigo procesado primera Limpia	30
Figura 9. Trigo procesado segunda limpia.	31
Figura 10. Producto en proceso.	32
Figura 11. Productos terminados.	33
Figura 12. Empaque – Almacenamiento.	33
Figura 13. Maquinaria del proceso productivo.	34
Figura 14. Historia del mantenimiento.	39
Figura 15. logo TPM - COOPASAN.	42
Figura 16. Ciclo PHVA	43
Figura 17. Siete pasos de las mejoras enfocadas.	44
Figura 18. 9S's clasificación.	48
Figura 19. Sistema Japones de las 9S's	50
Figura 20. Encuestas personal y administración.	59
Figura 21. Resultados del enfoque personal y administración.	60
Figura 22. Diagrama de resultados - Personal y administración.	60
Figura 23. Resultado del enfoque programas y planeación.	60
Figura 24. Diagrama de resultados - Programas.	61
Figura 25. Resultados del enfoque control.	61
Figura 26. Diagrama de resultados - Control.	61
Figura 27. Diagrama de Pareto – Personal y administración.	63
Figura 28. Diagrama de Pareto – Programas y planeación.	65
Figura 29. Diagrama de Pareto – Control.	66

Figura 30. Diagrama de Ishikawa.....	71
Figura 31. Órdenes de producción 1.....	73
Figura 32. Órdenes de producción 2.....	73
Figura 33. Maquinaria y equipos - Molino COOPASAN	74
Figura 34. Diagrama de flujo del proceso productivo	75
Figura 35. Niveles y parámetros de criticidad.	78
Figura 36. Diagrama de criterios de prioridad.	78
Figura 37. Posibles combinaciones para establecer criticidad.	79
Figura 38. Niveles de criticidad.	80
Figura 39. Codificación de maquinaria.	84
Figura 40. Ejemplo de codificación del Motor de arrastre del Proceso de descargue.....	84
Figura 41. Campaña TPM - COOPASAN.....	85
Figura 42. Resultados de la Metodología 5S's.....	89
Figura 43. Resultados JIPM.	92
Figura 44. Plagas - Proceso de molienda.	95
Figura 45. Jornada de Limpieza y desinfección de máquinas.....	95
Figura 46. 5S's.	98
Figura 47. Ejemplo de Instructivo de limpieza y desinfección.	99
Figura 48. Significado general de los códigos de seguridad.	101
Figura 49. Mejora - Demarcación de maquinaria piso 2.	101
Figura 50. Mejora - Gabinetes para herramientas.	102
Figura 51. Mejora - Referencia de Bancos de Molienda.	103
Figura 52. Mejora - 5S's área de molienda.....	104
Figura 53. Mejora - 5S's taller de mantenimiento.....	105
Figura 54. Ejemplo Hoja de información RCM.	112
Figura 55. Ficha técnica del Banco T1.	117
Figura 56. Hoja de vida para equipos de producción.	118
Figura 57. Ficha de inspección semanal para Bancos de Molienda.	120
Figura 58. Tareas preventivas del Programa TPM.....	121
Figura 59. Codificación de tareas preventivas. Parte 1.	122
Figura 60. Codificación de tareas preventivas. Parte 2.	123

Figura 61. Cronograma de Mantenimiento Preventivo. Parte 1.....	124
Figura 62. Cronograma de Mantenimiento Preventivo. Parte	125
Figura 63. Excel - Procesamiento del indicador TPPR.	129
Figura 64. Fichas técnica de indicadores de gestión.	130
Figura 65. Evaluación de las 5S's área de molienda.	132
Figura 66. Evaluación 5S's taller de mantenimiento.....	132
Figura 67. Evaluación de la Lista de chequeo JIPM.	133
Figura 68. Evolución del TPPR.....	135
Figura 69. Evolución del TMEF.....	135
Figura 70. Evolución del indicador Disponibilidad.	136
Figura 71. Evolución del indicador Tasa de Desempeño.	137
Figura 72. Evolución del indicador Tasa de Calidad.....	138
Figura 73. Evolución del indicador OEE.....	139
Figura 74. Evolución del indicador % de cumplimiento de actividades.	140
Figura 75. Evolución del indicador MPvsMC.	141

Lista de Apéndices

Apéndice A. Listado de maquinaria – Planta El Molino COOPASAN

Apéndice B. Encuestas – Estudio de la filosofía de mantenimiento

Apéndice C. Análisis de las órdenes de producción O.P

Apéndice D. Análisis de criticidad

Apéndice E. Codificación de equipos

Apéndice F. Lista de chequeo 5S's

Apéndice G. Lista de chequeo JIPM

Apéndice H. Formatos del Programa de Mantenimiento Autónomo

Apéndice I. Fichas técnicas de equipos

Apéndice J. Demarcación de maquinaria

Apéndice K. Gabinetes para el manejo de herramientas

Apéndice L. 5S's Mejora, área de molienda

Apéndice M. 5S's Mejora, Taller de mantenimiento

Apéndice N. Hojas de información RCM para Mantenimiento Preventivo

Apéndice O. Instructivos del Programa de Mantenimiento Preventivo

Apéndice P. Formatos del programa de Mantenimiento Preventivo

Apéndice Q. Fichas de inspección para equipos críticos

(Los apéndices están adjuntos en el CD y pueden ser visualizados en la base de datos de la biblioteca UIS)

Resumen

Título: Diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total para el área de producción de la Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN.

Autor: Leonardo Giraldo Santos.

Palabras claves: Mejoramiento, mantenimiento, autónomo, preventivo, gestión, indicadores.

El presente trabajo de grado está basado en el diseño y la implementación del programa de Mantenimiento Productivo total para la maquinaria crítica del área de producción, haciendo énfasis en dos pilares claves de la metodología, como lo son el Mantenimiento Autónomo y el Mantenimiento preventivo, las propuestas de mejora fueron acompañadas por el sistema de indicadores de gestión.

Inicialmente se realizó un diagnóstico del área de mantenimiento de la planta, el cual permitió conocer la situación actual de la gestión del mantenimiento y la cultura organizacional del área, se creando las bases de estudio del trabajo. Con el fin de establecer el alcance del proyecto de grado se realizó un análisis de criticidad garantizando la prioridad de los equipos de la planta, el programa direcciona los recursos y esfuerzos de manera óptima al proceso clave de molienda. El desarrollo del pilar mantenimiento autónomo fue posible gracias a la culturización del personal con la temática y la implementación de la ruta del programa de la mano del programa 5S's, se diseñaron estándares de inspección y limpieza, creando un control autónomo pleno sobre las necesidades de mantenimiento de la empresa. La metodología RCM como herramienta sistemática de análisis permitió estudiar las fallas y sus efectos dando a conocer las necesidades de la maquinaria y así establecer las bases para la implementación del programa de Mantenimiento Preventivo con su respectiva periodicidad, permitiendo reducir la probabilidad de ocurrencia de las fallas estudiadas.

El sistema de medición establece indicadores de control sobre el programa, lo que permite observar el comportamiento del trabajo en el periodo abordado, el programa de Mantenimiento Productivo Total en la planta de producción COOPASAN mejoró considerablemente la gestión del mantenimiento e incrementó la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, la tasa de calidad y la tasa de desempeño, impactando positivamente la eficiencia global del sistema (OEE).

* Proyecto de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director: William Hoyos Torres, Magister en Ingeniería Industrial.

Abstract

Title: Desing and implementation of a Total Productive Maintenance program for the production area of the Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN.

Author: Leonardo Giraldo Santos.

Keywords: Improvement, maintenance, autonomous, preventive, management, indicators.

The present degree work is based on the design and implementation of the Total Productive Maintenance program for the critical machinery of the production area, emphasizing two key pillars of the methodology, such as Autonomous Maintenance and Preventive Maintenance, improvement proposals were accompanied by the management indicators system.

Initially a diagnosis was made of the maintenance area of the plant, wich allowed to know the current situation of maintenance management and the organizational culture of the área, creating the bases of work study. In order to establish the scope of the degree Project, a criticality analysis was carried out guaranteeing the priority of the plant's equipment, the program directs the resources and efforts optimally to the key grinding process. The development of the autonomous maintenance pillar was posible thanks to the culturization of the personnel with the theme and the implementation of the program route of the 5S's program, standards of inspection and cleaning were designed, creating a full autonomous control over the need of maintenance of the company. The RCM methodology as a systematic analysis tool allowed us to study the failures and their effects, making known the need of the machinery and thus establishing the bases for the implementation of the Preventive Maintenance program with its respective periodicity, allowing to reduce the probability of failure occurrence studied.

The measurement system establishes control indicators on the program, wich allows to observe the behavior of the work in the period addressed, the Total Productive Maintenance program at the COOPASAN production plant significantly improved maintenance management and increased the availability and reliability of the machinery, t)he quality rate and the performance rate, positively impacting the overall efficiency of the system (OEE).

* Degree proyect

** Physical-Mechanical Engineering Faculty. School of Industrial an Business. Studies. Industrial Engineering; Director. William Hoyos Torres, Master in Industrial Engineering

Introducción

El área de producción en las últimas décadas ha experimentado profundos cambios a nivel tecnológico, organizacional, económico, social y humano. Dichos cambios son causados directamente por la competitividad y globalización del mercado, es por esto que para adaptarse a estos cambios las empresas deben mantener instalaciones automatizadas, en óptimas condiciones de utilización mejorando la productividad de las máquinas y el flujo continuo de la producción, como profesionales de ingeniería industrial es nuestro propósito contribuir al mejoramiento continuo de sistemas productivos de bienes y servicios. Una de las formas de contribuir a dicho mejoramiento es asegurando la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante un óptimo mantenimiento.

En la actualidad, es de vital importancia para las industrias el manejo adecuado de sistemas de mantenimiento confiable que brinden no solo disponibilidad de máquina si no también herramientas de mejoramiento continuo. Las empresas hoy en día buscan la mejor forma de ser productivos y el mantenimiento de sus activos es una herramienta clave para alcanzar este objetivo, el mantenimiento es definido como el conjunto de normas y técnicas establecidas para la conservación de la maquinaria e instalaciones de una planta industrial proporcionando rendimiento en el mayor tiempo posible.

El siguiente proyecto se enfoca en dar a conocer los programas de mantenimiento productivo total (MPT), marcando un antes y un después en la batalla contra gastos, vida útil, eficiencia y productividad de los activos de la empresa. El TPM por sus siglas en inglés Total Productive Maintenance es en la actualidad uno de los sistemas de soporte gerencial fundamental para lograr el desarrollo y crecimiento empresarial, el mejoramiento de la calidad, mejoramiento de la productividad, enfoque hacia flujos continuos de producción, la reducción de gastos de mantenimiento correctivo y la reducción de costos operativos, este enfoque organizacional busca mantener siempre listos los equipos mediante el máximo aprovechamiento del capital humano de la empresa, pretendiendo el entrenamiento personal mediante pilares fundamentales del TPM como lo son el Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento preventivo o programado el cual es más técnico, ya que se crean nuevos diseños de planeación, información y operación.

Cumplimiento de Objetivos

Tabla 1.

Cumplimiento de Objetivos.

Descripción	Cumplimiento
Realizar un diagnóstico de la situación actual de mantenimiento en el área de producción de la empresa.	Capítulo 4
Realizar un análisis de criticidad para determinar los niveles de prioridad de la maquinaria y así definir el plan de mantenimiento	Capítulo 5
Diseñar e implementar un programa de mantenimiento autónomo fundamentado en el autocontrol rutinario que promueva herramientas para fortalecer procesos de trabajo en equipo y mejora continua (Limpieza, lubricación, ajustes y cambios, roles, responsabilidades, planes de entrenamiento a personal).	Capítulo 6
Elaborar un programa de mantenimiento preventivo que especifique las actividades necesaria periódicas que contribuyan a conservar la vida útil de la maquinaria y prever fallas en el sistema.	Capítulo 7
Diseñar un sistema de indicadores de gestión que permitan evaluar los resultados del programa de mantenimiento, enfocados a las mejoras, desempeño, confiabilidad, confiabilidad y disponibilidad de las máquinas y equipos (OEE – Overall Equipment Effectiveness)	Capítulo 8

1. Generalidades del proyecto

1.1. Alcance.

Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total para el área de producción, dirigido a los equipos críticos de la planta.

El trabajo está fundamentado en la óptima gestión de recursos necesarios que tendrán como fin aumentar la confiabilidad del sistema de molienda mediante buenas prácticas de mantenimiento, la metodología de mejora TPM, involucra al personal de la planta para la ejecución de labores previstas por dos pilares fundamentales del TPM:

- Mantenimiento Autónomo.
- Mantenimiento Preventivo.

El análisis de criticidad permitió enfocar los recursos del proyecto en el 50,82% de los equipos críticos los cuales pertenecen al proceso de molienda el cual representa el 49% del total de la maquinaria de la planta. Como mejoramiento de la gestión del área de mantenimiento en COOPASAN se incluye toda la documentación e instructivos necesarios para el programa, junto al sistema de indicadores que miden el impacto de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM – Total Productive Maintenance).

1.2. Problemática

La Cooperativa de Panificadores de Santander COOPASAN con más de 50 años en el mercado, es una empresa industrial, comercial y gremial, especializada en ofrecer productos, servicios y soluciones integrales al sector alimentario del país y del exterior. Cuenta con variedad de insumos y materias primas las cuales se producen y comercializan, como lo son: harina panificable, harina pastelera, harina intermedia, subproductos como: salvado, harina de tercera (H3) y germen de trigo. Además, en sus puntos de venta comercializan todos los insumos relacionados con la

panadería y pastelería. En 1980 se inauguró la planta de producción, Ubicada en el Kilómetro 7 Autopista Palenque, Girón Santander, una planta con todos los avances de la tecnología suiza marca Bühler, en la cual se procesa el grano de trigo y es convertido en su producto líder del mercado “Harina de trigo Coopasan”. El proceso productivo se caracteriza por ser en un 75% automatizado, es decir guiado por maquinas especializadas en cada fase del proceso, produciendo aproximadamente 70 toneladas, en turnos de 24 horas con personal de planta constituido por 12 personas, 2 auxiliares de molienda, un molinero, uno de mantenimiento y un bodeguero.

La Cooperativa presenta dificultad con la gestión del mantenimiento ya que en su mayoría es correctivo, desatendiendo la importancia de la gestión de sus activos. COOPASAN entiende que esta problemática afecta directamente la imagen interna y externa de la organización, es consciente de la necesidad que tiene de mejorar día a día, de prever fallas en el proceso, daños de maquinaria, paradas, tiempos de reparación elevados y sobrecostos de mantenimiento, de determinar y establecer un enfoque estratégico orientado a fortalecer la función del mantenimiento en sus equipos. En la actualidad las empresas que logran productividad y competitividad son aquellas que con la información y herramientas adecuadas toman decisiones acertadas, por tal motivo apoya el desarrollo de este proyecto. Durante el proyecto se plantearán y desarrollarán estrategias que estén enfocada al progreso de la empresa, las cuales serán controladas mediante un sistema de indicadores; la Cooperativa de panificadores de Santander COOPASAN, se ha destacado por ser una empresa líder en el oriente colombiano con una larga trayectoria en la fabricación y comercialización de productos panaderos y pasteleros; para seguir esta trayectoria es necesario crear una filosofía de mejora continua, permitiendo planificar la administración del mantenimiento de maquinaria y equipos, de tal forma que aumente la calidad, confiabilidad y disponibilidad de los mismos.

El Diseño e implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en una compañía con las características mencionadas permite tener plantas, equipos e instalaciones, confiables, continuas y seguras, garantiza a la empresa resultados en cuanto a la mejora de la productividad de los equipos, mejoras corporativas, mayor capacitación del personal y transformación del puesto de trabajo. Es así como este proyecto aporta significativamente el continuo crecimiento empresarial, los beneficios para sus socios y clientes, crea una imagen de

empresa confiable y responsable, comprometida con el crecimiento empresarial permitiéndole seguir mejorando el posicionamiento en el mercado como una empresa altamente competitiva y reconocida en el país.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general. Diseñar e Implementar un programa de Mantenimiento Productivo Total para el área de producción de la Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de mantenimiento en el área de producción de la empresa.
- Realizar un análisis de criticidad para determinar los niveles de prioridad de la maquinaria y así definir el plan de mantenimiento.
- Diseñar e implementar un programa de mantenimiento autónomo fundamentado en el autocontrol rutinario que promueva herramientas para fortalecer procesos de trabajo en equipo y mejora continua (Limpieza, lubricación, ajustes y cambios, roles, responsabilidades, planes de entrenamiento a personal).
- Elaborar un programa de mantenimiento preventivo que especifique las actividades necesarias periódicas que contribuyan a conservar la vida útil de la maquinaria y prever fallas en el sistema.
- Diseñar un sistema de indicadores de gestión que permitan evaluar los resultados del programa de mantenimiento, enfocados a las mejoras, desempeño, confiabilidad y disponibilidad de las máquinas y equipos. (OEE-Overall Equipment Effectiveness).

2. Generalidades de la empresa

2.1. Descripción de la empresa

COOPASAN, con más de 56 años de trayectoria, consolidada como la más importante Cooperativa del sector alimentario, suministra de materias primas e insumos a todo el Oriente Colombiano, apoyando y aportando crecimiento a todos sus Asociados y Clientes.

2.2. Objeto social

La Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN, fundada en 1963. Dentro de nuestras labores principales están la Molinería (harinas panificables, pasteleras y sus derivados) y la comercialización de insumos y materias primas para el sector alimentario.

2.3. Reseña histórica

En el año 1.963 en la ciudad de BUCARAMANGA, 34 panificadores decidieron constituir la COOPERATIVA DE PANIFICADORES DE SANTANDER “COOPASAN”

Su objetivo inmediato fue el de proveer los insumos necesarios para el normal funcionamiento de las industrias asociadas, dentro de un marco cooperativo con sus consecuentes beneficios sociales.

En el año de 1.972 se plateó por primera vez la posibilidad de inversión para un molino de trigo.

Su acta de constitución se elaboró el 9 de Julio de 1.963 firmada por 34 miembros suscribiendo un capital de \$100.000= representados en 1.000 certificados de aportación con un valor de \$100= cada uno.

En el año 1972 con el ánimo de hacer presencia a nivel departamental se funda nuestro punto de venta en la ciudad de BARRANCABERMEJA, Carrera 18 No 49-36 Barrio Colombia

En el año 1974 con el ánimo de hacer presencia a nivel departamental fundamos un nuevo punto de venta en la ciudad de: SAN GIL, Carrera 9 # 9-20 Barrio San Antonio

En el año de 1.977 en Asamblea extraordinaria cuando se presentó el proyecto y se aprobó un recargo del 2% sobre las compras que realizara el asociado, llevándose estos valores a un fondo llamado FONDO PRO MOLINO.

Se decidió negociar con la firma BUHLER de Suiza para compra de la maquinaria del Molino; desarrollando el proyecto de construcción y montura en el palenque, Girón; iniciando su proceso de producción el 16 de agosto de 1 .980.

Actualmente cuenta con 3 sedes y puntos de ventas, la principal sede se encuentra ubicada en Bucaramanga y las otras en san Gil y Barrancabermeja. Su planta de producción se encuentra en Girón- Santander.



Figura 1. Sede principal Bucaramanga - Multiservicio COOPASAN.



Figura 2. Planta de producción - Molino COOPASAN.

2.4. Misión

Somos la cooperativa líder especializada en desarrollar y ofrecer soluciones integrales al sector alimentario del país, con proyección internacional sobre las bases esenciales de la cooperación, ofreciendo a todos sus públicos objetivos el bienestar y progreso sostenible para la construcción de un mejor país.

2.5. Visión

COOPASAN será para el año 2025 líder en la transformación radical del sector alimenticio nacional, integrando producción, comercialización, educación y siendo el gestor de actividades sólidas y sostenibles para la Cooperativa y sus asociados.

2.6. Mapa de procesos

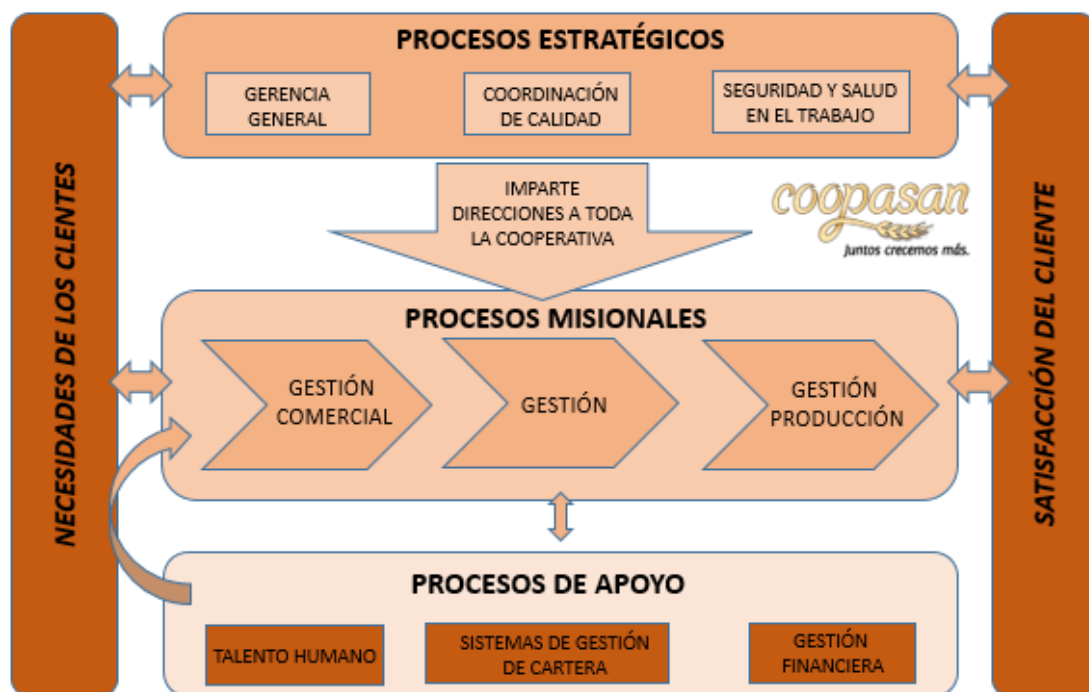


Figura 3. Mapa de Procesos - Cooperativa de Panificadores de Santander - COOPASAN.

2.7. Portafolio de productos

La empresa en la actualidad cuenta con la producción de harinas blancas entre ellas:

Harina Panificable:

- Harina tradicional.
- Harina de fuerza.
- Harina Industrial.
- Harina de hamburguesa.

Harina Pastelera:

- Harina para congelados.
- Harina refinada.
- Harina intermedia.
- Harina de empanadas.

Como sub productos:

- Germen.
- Salvado.
- Harina de tercera (H3).



Figura 4. Portafolio de productos.

2.8. Organigrama

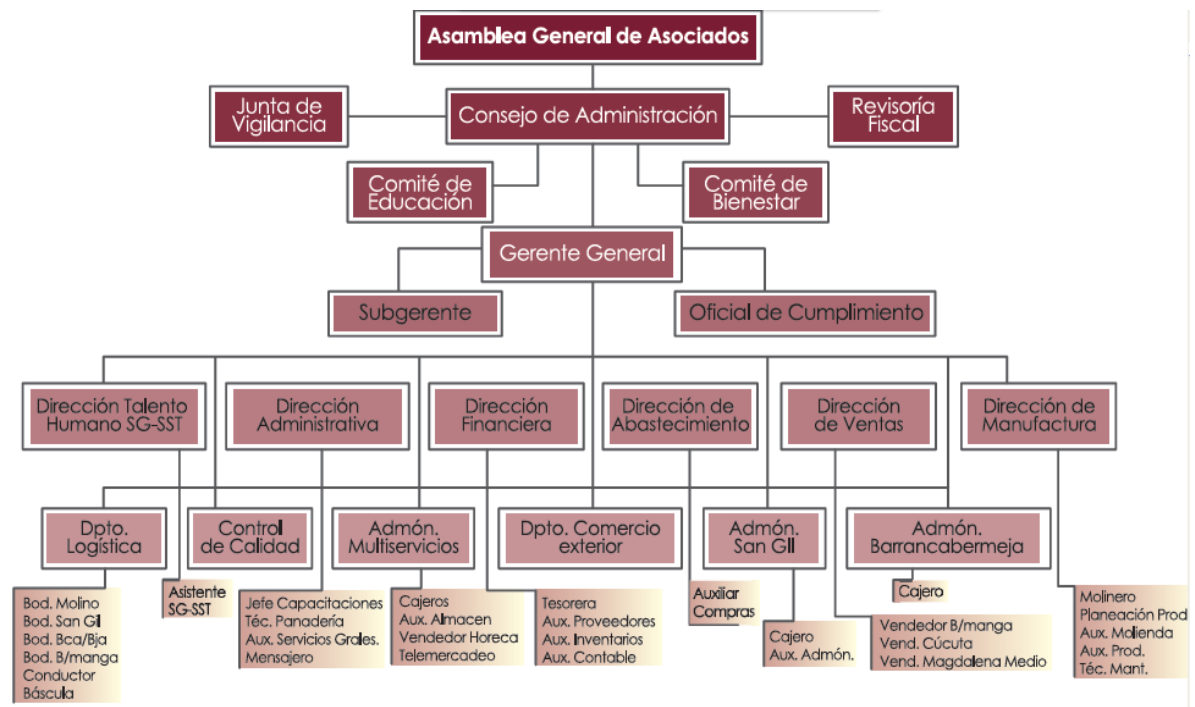


Figura 5. Organigrama - COOPASAN.

2.9. Proceso productivo

COOPASAN es una empresa que pertenece al sector alimentario del país, encargada de procesar trigo y convertirlo en producto final, Harina de trigo COOPASAN (Harina panificable, harina pastelera) y a su vez, subproductos como lo son salvado, germen y harina de tercera (h3) de consumo animal.

El proceso productivo se describe a continuación: *ver Figura 6.*

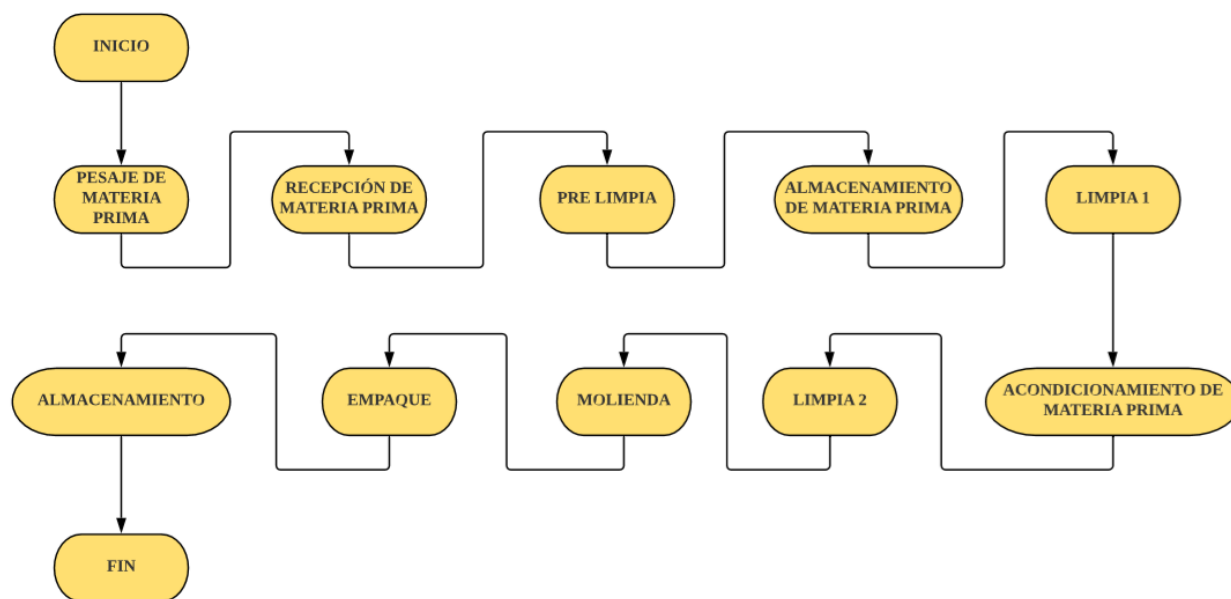


Figura 6. Diagrama de flujo del proceso.

Pesaje de Materia Prima: En primera instancia se realiza la verificación de la cantidad de materia prima a granel(trigo) que llega a la planta, mediante un sistema de báscula el cual se pesa el tracto camiones y verifica el peso con el dato del puerto(exportación).

Recepción de materia prima: Consta del descargue de trigo sobre la rejilla de recepción, es el primer paso del proceso productivo dentro de la planta de producción, dos operarios se encargan de ejecutarlo, uno acciona el motor de descargue que va enlazado a una tabla de arrastre y el otro dentro del tracto camión empuja el producto a la rejilla de recepción en la cual se encuentra una cadena de arrastre mecánico la cual transporta el producto. A continuación, observamos una muestra de la materia prima con todas sus impurezas. Ver Figura 7.



Figura 7. Proceso de recepción de materia prima.

Pre Limpia: Los elevadores de cangilones se encargan de subir al quinto piso el producto y así pasarlo a la criba de tambor la cual separa los materiales más gruesos del trigo como lo son maíz, piedras, palos, y partículas grandes.

Almacenamiento de Materia Prima: La rosca de transporte se encarga de mover el trigo a los silos de almacenamiento, cuando estos están llenos sigue el flujo a la bodega de almacenamiento, la planta cuenta con 8 silos de almacenamiento de materia prima con capacidad de 60 Toneladas y una bodega de 1200 Toneladas.

Proceso de limpia 1: Ya con la materia prima lista para procesar, los elevadores de cangilones suben el producto al cuarto piso para que este sea limpiado por tres máquinas las cuales son el separador de granos encargado de separar el trigo de desperdicios gruesos como la soya, el maíz y partes livianas como la pajilla, conjuntamente trabaja un canal de aspiración encargado de extraer micro partículas como lo son polvillos y granos partidos, por gravedad el trigo desciende al tercer piso de la planta para que la deschinadora separe partículas extrañas como piedras, metales y vidrios, seguido en el segundo piso la despuntadora horizontal retira las puntas del trigo por fricción contra una malla, a continuación se observa el trigo después de su primer limpia. Ver Figura 8.



Figura 8. Trigo procesado primera Limpia

Acondicionamiento de materia prima: Dos máquinas con tarjeta electrónica inteligente se encargan de este proceso; la primera es el MYFD la cual toma los datos iniciales del trigo como lo son humedad inicial y carga a procesar, con el fin de enviar una señal a la segunda, el MOZG que dependiendo de los datos iniciales suministra agua al grano para crear una humedad ideal final; una vez mezclado el grano de trigo con agua, este reposa de 18 a 24 horas en los silos de almacenamiento de moje que son 3, cada uno con capacidad de 40 toneladas.

Proceso de limpia 2: Una vez reposado el grano, éste pasa por su segunda fase de limpieza, en el quinto piso de la planta la pulidora de trigo y la tarara se encargan de descascarillar los granos, retirar cascarillas y partículas pequeñas, con el fin de dejarlo listo para el proceso de molienda. A continuación, se puede observar el grano totalmente limpio, listo para molturación y la obtención del producto terminado. *Ver Figura 9.*



Figura 9. Trigo procesado segunda limpia.

Proceso de molienda: El proceso de molienda es un conjunto de etapas cíclicas por las cuales fluye el trigo, este es triturado y clasificado para obtener los diferentes productos terminados. En primera instancia el trigo acondicionado entra a la máquina conocida como bancos de molienda que son 6 con 12 pasos diferentes, los cuales se encargan de triturar y comprimir el grano haciendo cada vez más pequeño el producto, en la *Figura 10* se puede observar el cambio del producto en proceso, una vez triturado y comprimido el grano, gracias a la fuerza neumática por tuberías el producto sube al quinto piso para entrar a las esclusas, luego al cuarto piso para la clasificación por granulometría en el cernedor y el TurboStar, luego al tercer piso con el Sasor que sigue clasificando las sémolas de producto en proceso para obtener producto terminado el cual mediante la rosca de harina es fortificado, se agregan las vitaminas y los mejorantes correspondientes, esta rosca lleva el producto a las tolvas de almacenamiento para finalmente ser empacado. El proceso de molienda se da en los cinco pisos de la planta de producción siendo este el más importante de todo el proceso, es importante mencionar que la descripción anterior se repite cíclicamente con el fin de lograr el mayor porcentaje de extracción del núcleo del grano de trigo, que es el encargado de generar harinas blancas, las diferentes capas del trigo crean sub productos como lo son le salvado, germen y harina de tercera de consumo animal.



Figura 10. Producto en proceso.

Empaque: Una vez procesado todo el grano de trigo se obtienen harinas blancas y sub productos ver *Figura 11* los cuales serán empacados manualmente, se descarga el producto de la respectiva tolva según referencia al empaque, el operario inspecciona el peso correcto, sella y arruma por 10 bultos sobre el carro zorra. Ver *Figura 12*.



Figura 11. Productos terminados.

Almacenamiento: Una vez empacado el producto final, con el carro zorra se desplaza la referencia producida a la respectiva bodega, la planta de producción cuenta con bodegas de almacenamiento por secciones para cada referencia, la forma de almacenaje es sobre estibas de plástico con arrumes de 14 bultos. Ver Figura 12.



Figura 12. Empaque – Almacenamiento.

2.10. Maquinaria y equipo

La planta de producción COOPASAN se caracteriza por tener aproximadamente un 80% de su proceso productivo guiado por máquinas especializadas en cada fase del proceso, es aquí en donde entendemos la importancia del programa TPM. El molino cuenta con capacidad máxima de producción en aproximadamente 70 Toneladas en un turno de 24 horas, en 1980 se inauguró la planta de producción, la cual cuenta con todos los avances de la tecnología suiza marca Bühler,

reconocida a nivel mundial por suministrar tecnologías de proceso y enfoques de ingeniería para el procesamiento de granos. En el *Apéndice A*, se puede observar el listado de la maquinaria.



Figura 13. Maquinaria del proceso productivo.

3. Marco de referencia.

3.1. Marco de antecedentes.

Johanna Carolina Amaya Martínez, 2010, autora del proyecto “Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total para las máquinas y equipos críticos del proceso de producción de planta de alimentos balanceados de Itacol Girón” plantea como metodología de mejora un enfoque hacia los activos principales de la empresa como lo son la maquinaria y equipo en función de la cultura organizacional de la empresa, este proyecto logra unificar estos dos enfoques, logrando aumentar la disponibilidad de los equipos y a su vez disminuir las paradas no programadas del mantenimiento en la planta. El proyecto fue clave en la organización ya que permitió la óptima gestión del mantenimiento logrando impactos en la productividad de la

empresa, este es ejecutado teniendo como base los pilares del TPM, dicha implementación se dividió en 4 enfoques, en primera instancia se realizó un análisis de criticidad con el fin de enfocar el proyecto, se estudió la cultura organizacional con el fin de implementar el mantenimiento autónomo teniendo en cuenta herramientas claves como lo fueron las cinco S's, se desarrolla el mantenimiento planificado y preventivo para establecer las diferentes actividades de mantenimiento por periodos, la oportuna toma de datos de la organización permitió la evaluación de estos programas mediante el índice EGE, reflejando el impacto del proyecto en la organización. El proyecto enfoca sus recursos en pilares fundamentales del TPM, lo cual se comporta como gran referente al proyecto del estudiante.

Diana Carolina Neira Velasco, 2013 autora del proyecto “Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total para la empresa ALPA construcciones LTDA” se enfoca en la necesidad que tiene la organización de adoptar la filosofía de mantenimiento productivo total debido a los inconvenientes que se han tenido respecto a las prácticas de mantenimiento debido que en su mayoría es correctiva, a partir del diagnóstico inicial se diseñan métodos y procedimientos que contribuyen a disminuir las fallas generadas por las ineficientes prácticas de mantenimiento, en cuanto a la implementación de mejoras en un primer momento se hizo énfasis en el concepto de mantenimiento autónomo, seguido de uno más técnico como lo es el mantenimiento programado, se proponen un sistema de indicadores con el fin de controlar las nuevas prácticas en la gestión de mantenimiento de la organización. Se referencia este proyecto debido dos razones principales, la primera es la situación similar por la que pasó la empresa, esto se vio en el estudio del diagnóstico y segunda, al estudio técnico que se realizó para la maquinaria y equipo, estudio que fue base para el enfoque del mantenimiento preventivo.

Cesar Ignacio Ariza González, Carlos Alberto Jaimes Hernández, 2014, autores del proyecto “Plan de gestión de activos para la empresa Proyectos Colombianos PROCOL S.A.S.” orientado a generar las herramientas necesarias para brindar soluciones integrales en la organización las cuales llevaron a la planificación y programación sistemática de los activos a lo largo de su vida útil, la estructura de este proyecto comprende un diagnóstico inicial general de la organización permitiendo generar un plan de acción, el cual logra dar solución a cada necesidad presentada, con herramientas como lo son el mantenimiento autónomo y el mantenimiento preventivo en función

del análisis de criticidad cuantitativo ya establecido, todo esto fundamentado y controlado por un sistema de indicadores de gestión. Es referente este proyecto debido al uso óptimo de las herramientas de mantenimiento y la ejecución de las mismas.

3.2. Marco teórico.

A continuación, se presentan los conceptos básicos de las herramientas utilizadas y la teoría empleada en el desarrollo de este proyecto.

3.2.1. Mejoramiento de procesos. El mejoramiento de procesos significa hacer efectivo el funcionamiento de un conjunto de actividades que crean un producto o servicios, empleando de manera óptima los recursos, obteniendo mejores resultados. La ingeniería industrial tiene como enfoque principal la mejora constante de los procesos de las empresas reduciendo todo tipo de despilfarros, logrando grados de conformidad y satisfacción elevados en el cliente final.

3.2.2. Diagrama de flujo. Es una representación gráfica que describe un proceso, sistema o algoritmo informático. Se usan ampliamente en numerosos campos para documentar, estudiar, planificar, mejorar y comunicar procesos que suelen ser complejos en diagramas claros y fáciles de comprender. Este diagrama identifica la secuencia de actividades e información en un proceso, ayudan a que la gente que participa en el proceso a entenderlo mucho mejor y con mayor objetividad al ofrecer un panorama de los pasos necesarios para realizar una tarea.

Los diagramas de flujo emplean rectángulos, óvalos, diamantes y otras numerosas figuras para definir el tipo de paso en el proceso, junto con flechas conectoras que establecen el flujo y la secuencia.

Se utiliza en el proceso de Mejora Continua, sobre todo en la definición de proyectos, diagnóstico, diseño e implementación de soluciones y mantenimiento de las mejoras.

3.2.3. Diagrama de causa y efecto. Kaoru Ishikawa introdujo el diagrama causa-efecto en Japón, por esto también se le conoce como diagrama de Ishikawa o por su estructura diagrama de espina de pescado, la estructura general del diagrama está compuesta por, una la línea horizontal en la que al final de esta se menciona el problema, cada ramificación que se dirige al tronco

principal representa una posible causa. Este diagrama es una herramienta importante en la búsqueda de problemas, permite identificar sus causas para corregirlas, ayuda a la generación de ideas sobre las causas de los problemas y esto a su vez, sirve como base para encontrar las soluciones.

En este caso se identifican las causas a partir de las 6M: Mano de obra, Maquinaria, Medio ambiente, Medición, Método, Materia Prima.

3.2.4. Definición de mantenimiento. El mantenimiento es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible con el máximo rendimiento. Su objetivo principal es asegurar la disponibilidad de máquinas, edificios y servicios que se necesiten para lograr con éxito las labores encomendadas a las diferentes áreas de una organización. (Pérez J, Carlos, Pág. 33).

3.2.5. Evolución histórica del mantenimiento. Desde hace mucho tiempo el hombre ha utilizado la idea del mantenimiento, tanto para ahorrar costos como para maximizar la vida útil de las herramientas y maquinarias, en el tiempo actual el hombre ha transitado por grandes cambios y avances en el mantenimiento, la historia del mantenimiento ha revolucionado a través de cuatro generaciones: (García Garrido, 2003: pág.1)

- Primera generación: 1940 – 1950.

Esta generación cubre el periodo hasta la II guerra mundial. En esos días la industria no estaba muy mecanizada, por lo que los periodos de paradas no importaban mucho, La maquinaria era sencilla y en la mayoría de los casos diseñada para un propósito determinado. Esto hacía que fuera fiable y fácil de reparar, como resultado, no se necesitaban sistemas de mantenimiento complicados y la necesidad de personal calificado era menos que ahora, era necesario la gestión hacia las máquinas.

- Segunda generación: 1960 – 1980.

Durante la segunda guerra mundial las cosas cambiaron drásticamente, Aumentaron la necesidad de productos de toda clase mientras la mano de obra industrial bajó de forma considerable, lo que generó aumento en la mecanización, la industria empezó a depender más de la maquinaria, lo que generó tiempos improductivos, esto llevó a la idea de que los fallos se debían prevenir, lo que dio como resultado el concepto del mantenimiento preventivo.

El costo del mantenimiento comenzó también a elevarse mucho en relación con los otros costes de funcionamiento, como resultado se empezaron a implantar sistemas de control y planificación del mantenimiento, es decir gestión hacia la producción.

- Tercera Generación: 1990-2000.

Desde mediados de los setenta, el proceso de cambio en la industria ha cobrado fuerza a velocidades muy altas, estos cambios pueden clasificarse en:

Nuevas expectativas: causadas por el crecimiento continuo de la mecanización, en donde los periodos improductivos tienen un efecto más importante en la producción, costo total y servicio al cliente.

Nueva investigación: Las cuales cambiaron las creencias básicas acerca del mantenimiento, permitiendo mejorar la conexión entre el funcionamiento de la máquina y la posibilidad de falla.

Nuevas técnicas: Las cuales hacen parte de la cuarta generación, creando un aumento explosivo en los nuevos conceptos y técnicas del mantenimiento, se cuentan centenares de ellas y surgen más cada vez, estas incluyen:

- Técnicas de “Condition Monitoring”
- Sistemas Expertos
- Técnicas de Gestión de Riesgos
- Modos de fallos y análisis de efectos
- Fiabilidad y Mantenibilidad.

- Cuarta Generación: 2000 en adelante.

Gestión del mantenimiento hacia la competitividad, la organización y la innovación tecnológica. Con nuevos conceptos como lo son:

- Sistemas de mejora continua
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento proactivo
- Grupos de mejora y seguimiento de acciones
- Polivalencia y trabajo en equipo – mantenimiento autónomo



Figura 14. Historia del mantenimiento.

Para los años 70 Seichi Nakajima, un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta (JIPM) desarrolló el Mantenimiento Productivo Total (MPT) enfocado en la gestión de los equipos y también hacia la gestión del talento humano, haciendo hincapié en lo importante que resulta involucrar al personal de producción y al de mantenimiento en las actividades de mantenimiento productivo, ya que ha dado resultados satisfactorios en las industrias de punta.

3.2.6. Objetivos del mantenimiento. El mantenimiento está enfocado principalmente a mantener en adecuadas condiciones los equipos para operar dentro de unos límites de falla y efectividad específicos para cada organización, con tendencia a prolongar y aumentar la vida útil de la maquinaria. Por ello la gestión del mantenimiento debe estar encaminada a conseguir los siguientes objetivos:

- Reducir, evitar y solo en determinados casos reparar fallas.
- Reducir el porcentaje de gravedad o importancia de los daños causados por aquellas fallas que no se lograron evitar.
- Evitar retrasos inútiles o paradas de las máquinas.
- Evitar accidentes e incidentes aumentando la seguridad para quienes operan las máquinas y el proceso de producción.
- Conservar los equipos y máquinas en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
- Equilibrar los costos de mantenimiento.
- Mantener o alargar la vida útil de los equipos bajo ajustes y cambios adecuados y oportunos.

3.2.7. Tipos de mantenimiento. (Botero, 1991, pág. 9) Existen diferentes formas de hacer mantenimiento a un equipo de producción ya que cada uno tiene sus propias características, a continuación, se presentan los diferentes conceptos de mantenimiento.

3.2.7.1. Mantenimiento correctivo. Este mantenimiento consiste en la ejecución de labores cuando el equipo ya ha fallado, es decir cuando deja de proporcionar el servicio para el cual fueron diseñados. Según Botero es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presenta en un determinado momento, su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido posible y con el mínimo costo posible, se presenta generalmente en empresas pequeñas, las etapas a seguir son:

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con el personal y equipos disponibles.
- Supervisar las actividades por desarrollar.
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personas, y repuestos de la labor realizada.

3.2.7.2. Mantenimiento programado. Se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo periodo de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes, se lleva a cabo un estudio detallado de los equipos de la fábrica y a través de él se determina, con ayuda de datos estadísticos e información del fabricante, las partes que se deben cambiar, así como la periodicidad con que se deben hacer los cambios.

3.2.7.3. Mantenimiento preventivo. Este tipo de mantenimiento se hace mediante un programa de actividades, previamente establecidas, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos. Se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo:

- Actividades con el equipo detenido y con el equipo en marcha
- El tiempo de operación y la periodicidad con que se efectúa
- Determinar las horas hombre que requiere una operación
- Personal a emplear en determinado momento.
- El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, está en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y el cumplimiento estricto de actividades para cuyo efecto se debe realizar un buen control.

3.2.7.4. Mantenimiento predictivo. Consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados, a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les puede permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía, las mayorías de las inspecciones se realizan con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción, los más frecuentes son:

- Desgaste: Con espectrofotómetro de absorción atómica.
- Espesor: Con ultrasonido.
- Fracturas: Con rayos X, partículas magnéticas, tintas reveladoras o corrientes parásitas.
- Ruido: Con medidores de nivel de ruido o decibelímetro.
- Temperatura: Con rayos infrarrojos (termografía).

El mantenimiento predictivo solo informa y sirve de base para un buen programa de mantenimiento preventivo.

3.2.8. Mantenimiento Productivo Total (MPT). (Salazar, B. *Mantenimiento Productivo Total ¿Qué es TPM?* [Online] : <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>)

3.2.8.1. Definición TPM. El Mantenimiento Productivo Total (TPM – Total Productive Maintenance) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes y participación total de las personas, esto quiere decir que las actividades de mantenimiento preventivo tradicional, pueden efectuarse no solo por parte del personal de mantenimiento, sino también por el personal de producción, un personal capacitado y polivalente. El TPM es una metodología desarrollada por la organización japonesa JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance) dirigida a eliminar las seis pérdidas de los equipos logrando la mejorar la efectividad, confiabilidad y disponibilidad de los equipos, de tal manera que estos cumplan con las funciones requeridas, bajo condiciones específicas de calidad en un periodo de tiempo determinado generando ventajas como:

- Mejoramiento de la calidad: Los equipos en buen estado producen menos unidades no conformes.
- Mejoramiento de la productividad: Mediante el aumento del tiempo disponible.

- Flujos de producción continuos: El balance y la continuidad del sistema no solo beneficia a la organización en función a la disponibilidad del tiempo sino también reduce la incertidumbre de la planeación.

- Aprovechamiento del capital humano.
- Reducción de gastos de mantenimiento correctivo: Las averías son menores, así mismo se reduce el rubro de compras urgentes.
- Reducción de costos operativos.

3.2.8.2. *Objetivos del TPM según The Japan Institute of Plant Maintenance.* (Duffuaa, 2002)

- Maximizar la eficacia global del equipo, que incluye disponibilidad, eficiencia en el proceso y calidad en el producto.
- Aplicar un enfoque sistemático para la confiabilidad, la factibilidad del mantenimiento y los costos del ciclo de vida.
- Hacer participar a operaciones, administración de materiales, mantenimiento, ingeniería y administración en el control del equipo.
- Involucrar a todos los niveles gerenciales y a los trabajadores.
- Mejorar el rendimiento del equipo mediante actividades de grupos pequeños y el desempeño del equipo de trabajadores.



Figura 15. logo TPM - COOPASAN

3.2.8.3. Pilares del Mantenimiento Productivo Total. Esta metodología de mejoramiento está fundamentada sobre 6 pilares importantes.

3.2.8.3.1. *Mejoras enfocadas: (Kobetsu Kaizen)*. Las mejoras enfocadas son actividades desarrolladas con el propósito de mejorar la eficiencia global de los equipos, operaciones y del sistema en general. Dichas mejoras, incrementales y sostenibles, se llevan a cabo a través de una metodología específica, orientada al mantenimiento y a la eliminación de las limitantes de los equipos.

El planteamiento de los objetivos de mejora y sus correspondientes indicadores de rendimiento, son establecidos por la dirección de mejoramiento y ejecutados de forma individual o colectiva, según la complejidad y criticidad del planteamiento.

La naturaleza incremental y sostenible de las mejoras enfocadas hace que se adopten ciclos de mejora continua tales como el PHVA (Planear – Hacer – Verificar -Actuar) en español o en inglés PDCA (Plan, Do, Check and Act) como modelos transversales de la metodología de mejora que adopte la organización, para esto se sugieren el método de los siete pasos:

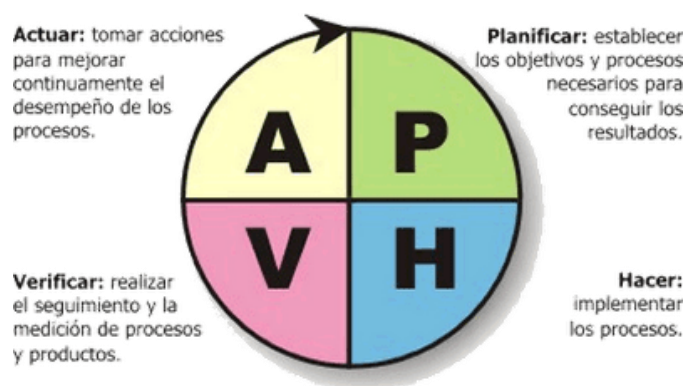


Figura 16. Ciclo PHVA. Tomado de <http://www.blog-top.com/el-ciclo-phva-ejemplo-de-aplicacion-de-esta-herramienta-de-calidad/>

1. Selección del tema de estudio
2. Crear estructura del proyecto
3. Identificar situación actual y establecer objetivos de mejora
4. Diagnóstico del problema de estudio
5. Formulación de un plan de acción
6. Implantar mejoras
7. Evaluación de resultados

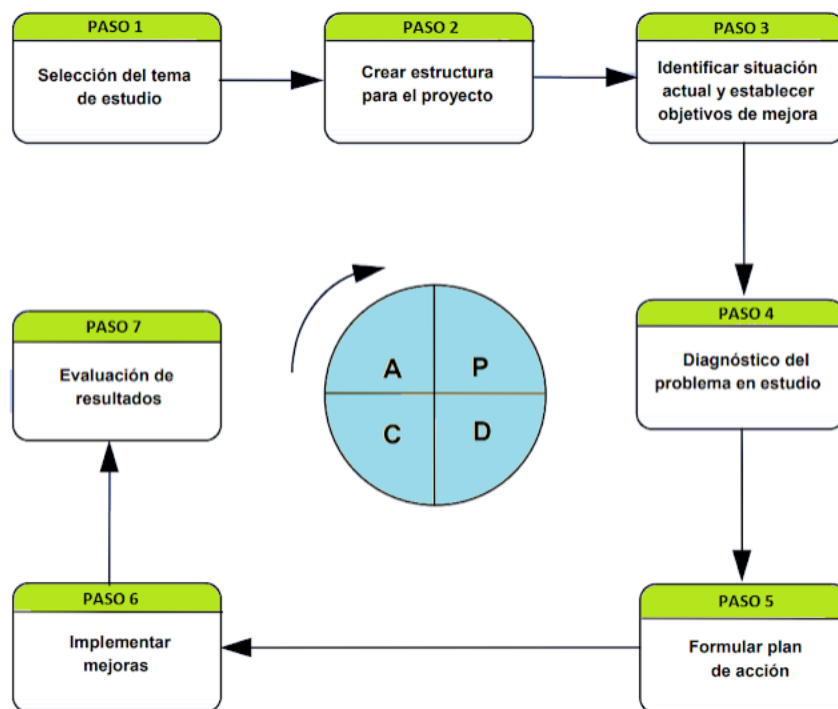


Figura 17. Siete pasos de las mejoras enfocadas. Tomado de <http://ctcalidad.blogspot.com/2019/01/kobetsu-kaizen-que-son-las-mejoras.html>

3.2.8.3.2. *Mantenimiento autónomo (JISHU HOZEN)*. Consiste en realizar en tiempos establecidos actividades especializadas tales como inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudio de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones. Ver Tabla 2

Los objetivos del mantenimiento autónomo son claros y contribuyen a la preservación de los equipos mediante la prevención. Además, el mantenimiento autónomo permite:

- Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo
- Desarrollar habilidades para el análisis y solución de problemas. Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.
- Mejorar las funciones del equipo.
- Mejorar las condiciones de seguridad y eficiencia (Productividad y energía) del equipo.

Como metodología específica de mantenimiento autónomo, el Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) recomienda el siguiente procedimiento:

Tabla 2.
Guía de mantenimiento autónomo.

<i>Mantenimiento Autónomo</i>		
<i>ETAPA</i>	<i>NOMBRE</i>	<i>DESCRIPCIÓN</i>
1	Limpieza inicial (limpieza profunda).	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "fugui"; ajustes menores.
2	Acciones correctivas en la fuente.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
3	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
4	Inspección general.	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.
5	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
6	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares
7	Control autónomo pleno.	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa.

3.2.8.3.3. *Mantenimiento preventivo (KEIKAKU HOZEN)*. El mantenimiento planificado, también conocido con el nombre de mantenimiento programado o preventivo, es el tercer pilar del TPM, y corresponde al mejoramiento incremental y sostenible de los equipos, instalaciones y el sistema en general, con el propósito de lograr el objetivo de "cero averías".

El enfoque del mantenimiento planificado, como pilar del TPM, aporta una metodología estratégica de mejora basada en:

1. Actividades para prevenir y corregir averías en equipos e instalaciones a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas.
2. Evento Kaizen orientados a mejorar las características de los equipos, para eliminar acciones de mantenimiento, actualizar órdenes de trabajo, actualizar listado de repuestos, crear actividades de mantenimiento centradas en confiabilidad (RCM).

3. Eventos Kaizen para el mejoramiento de la gestión administrativa y técnica del mantenimiento.

El principal aporte del enfoque TPM consiste en priorizar la información histórica necesaria para establecer las acciones específicas requeridas por equipo, de manera que se establezcan tiempos adecuados de mantenimiento, actividades precisas de alistamiento (mantenimiento/almacén de repuestos), acciones específicas de prevención a equipos con alto deterioro, se definan rutas de mantenimiento preventivo preciso teniendo en cuenta la criticidad y complejidad de los equipos e instalaciones, e incluso procedimientos operativos estándar por actividad de mantenimiento, en los cuales se establezcan las condiciones específicas de mantenimiento, calidad, seguridad, registro, herramientas, entre otros factores de suma importancia para realizar las actividades de inspección.

Vale la pena considerar que la cultura organizacional, la gestión colaborativa y la aplicación de las estrategias TPM, son claves para el correcto funcionamiento del mantenimiento planificado; incluso en organizaciones multinacionales con sistemas de gestión del mantenimiento implementados, pueden observarse limitaciones del enfoque tradicional de mantenimiento, como, por ejemplo:

- Rutinas comunes de mantenimiento a equipos con niveles de deterioro diferentes.
- Listado de repuestos por equipo, y sus respectivas órdenes de trabajo, desactualizados.
- Instrucciones imprecisas de mantenimiento, sin nivel de detalle.

3.2.8.3.4. *Mantenimiento de calidad (HINSHITSU HOZEN)*. El mantenimiento de calidad es uno de los pilares del TPM y tiene como principal objetivo mejorar y mantener las condiciones de los equipos y las instalaciones en un punto óptimo donde sea posible alcanzar la meta de "cero defectos", es decir "cero no conformidades de calidad".

El mantenimiento de calidad tiene una serie de principios sistemáticos que lo fundamentan.

1. Clasificación de defectos e identificación del contexto, frecuencia, causas, efectos, y relaciones con las condiciones de los equipos.
2. Análisis de mantenimiento preventivo para identificar los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad.
3. Establecer rangos estándar para los factores del equipo que pueden generar defectos de calidad, y determinar sus respectivos procesos de medición.
4. Establecer un programa de inspección periódico de los factores críticos.

5. Preparar matrices de mantenimiento y mejora. Además de valorar periódicamente los estándares.

3.2.8.3.5. *Educación y entrenamiento.* Es importante mejorar las capacidades y habilidades operativas de los trabajadores tanto del área de mantenimiento como del área de producción para obtener los resultados esperados en la aplicación del mantenimiento autónomo y preventivo, se debe definir lo que cada quien realiza, el cómo, el cuándo y el qué se hace.

Este pilar pretende eliminar las pérdidas producidas por la falta de habilidades de los empleados para desarrollar sus actividades, para poder eliminar estas pérdidas es necesario conocerlas y poderlas medir de tal forma que se vea el progreso.

3.2.8.3.6. *Seguridad y medio ambiente.* Este pilar tiene como propósito establecer un sistema de gestión integral de seguridad para lograr “Cero accidentes y cero contaminaciones”. Las metodologías del TPM se pueden implementar para hacer del sitio de trabajo un lugar seguro y agradable, contribuyendo significativamente a prevenir riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y los efectos negativos al medio ambiente, inclusive diseñar equipos que funcionen con seguridad, aunque el personal no tome las precauciones necesarias.

3.2.9. 9 S's. Una metodología clave para la implementación de un programa de Mantenimiento Productivo Total son las 9 S's, es necesario formar un ambiente de trabajo de organización, orden y limpieza. En los pilares del TPM se habla del mantenimiento autónomo, este, de la mano de la metodología de las 9 S's logran brindar al personal de trabajo la oportunidad de ser efectivo.

9 S's es una metodología que busca un ambiente de trabajo coherente con la filosofía de Calidad Total, destacando la participación de los empleados conjuntamente con la empresa (Hoyos, 2010). Ver Figura 19.

3.2.9.1. Objetivos.

- Mejorar la limpieza y organización de los puntos de trabajo.
- Facilitar y asegurar las actividades en las plantas y oficinas.
- Generar ideas orientadas a mejorar los resultados.
- Fomentar la disciplina.
- Crear buenos hábitos de manufactura.
- Crear un ambiente adecuado de trabajo.
- Eliminar los accidentes de trabajo.

Las 9 S's deben su nombre a la primera letra de la palabra de origen japonés:

3.2.9.2. Clasificación – Seiri. Es separar y ordenar por clases, tipos, tamaños, categorías o frecuencia de uso, es común en las organizaciones encontrar exceso de ciertos artículos, papelería, inventario de materia prima, producto en proceso o producto terminado, estos excesos implican un costo alto, ya sea por almacenamiento o por pérdida del material.

La clasificación de elementos en el puesto de trabajo conlleva beneficios como:

- Óptimo uso del espacio despejado.
- Elimina el exceso de herramientas, gavetas, estantes, archivadores y similares.

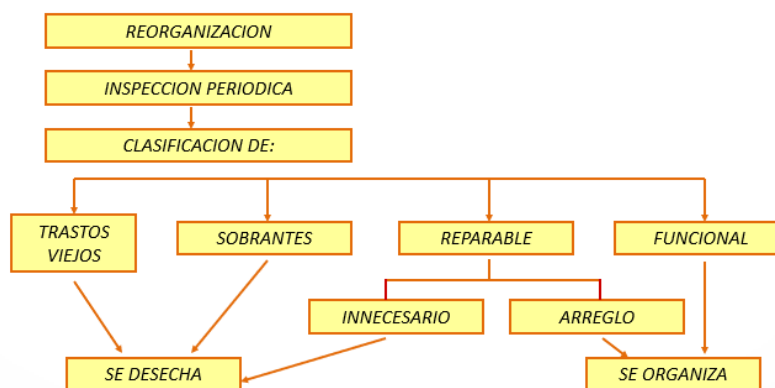


Figura 18. 9S's clasificación.

3.2.9.3. Organización – Seiton. Es tener una disposición y una ubicación de todos los elementos ya sean herramientas, materiales, equipos etc. De tal manera que estén listos para su uso en el momento en que se necesiten, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.

3.2.9.4. Limpieza – Seiso. El trabajar en un sitio sucio y desordenado además de ser desagradable, es peligroso, atentando con la salud física y mental de los trabajadores e incide en la calidad del producto. La limpieza en general de las instalaciones de trabajo es responsabilidad de la empresa, pero gran parte del éxito en estos aspectos reposa sobre la actitud de los empleados, si cada quien se ocupa de mantener limpio su puesto de trabajo, la suma del esfuerzo de todos, más el cumplimiento de los deberes del departamento de aseo, se logrará un ambiente higiénico y agradable para laborar.

3.2.9.5. Bienestar personal - Seiketsu. El bienestar personal es un estado en que la persona puede desarrollar de manera fácil y cómoda todas sus funciones. Consiste en mantener la limpieza mental y física de cada uno. La empresa debe cuidar que las condiciones de trabajo para los empleados sean las adecuadas y mantener los servicios comunes en condiciones tales que propicie un ambiente sano.

3.2.9.6. Disciplina – Shitsuke. La disciplina es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que se rigen ya sea a una comunidad, a la empresa o a nuestra propia vida, la disciplina es *orden y control* personal que se logra a través de un entrenamiento de las facultades mentales, físicas o morales. Su práctica sostenida desarrolla en la persona un comportamiento confiable.

- Continuidad y seguimiento hasta generar un hábito
- Conocimiento que no se aplica, no sirve.

3.2.9.7. Constancia – Shikari. La constancia es la capacidad de permanecer en algo de manera firme e inquebrantable. Es valioso para la persona y para la empresa insistir e insistir y no suspender las prácticas de mejora, es así como se verán los resultados, el ambiente será agradable y más sano, tendremos mejores hábitos de trabajo y de vida, los productos y servicios serán de mejor calidad, la imagen de la empresa mejorará, los rendimientos serán mayores, la empresa permanecerá en el mercado, etc. La constancia hace que el esfuerzo se convierta en una espiral ascendente incontenible.

3.2.9.8. Compromiso – Shitsukoku. El compromiso es una obligación contraída, es una palabra dada o empeñada con una idea, con alguna tarea, con alguien o con algo. Se puede ser disciplinado y constante en una tarea más sin embargo no estar comprometido con ella, no estar realmente convencido de sus bondades y de su necesidad de este modo se obtendrán algunos resultados, pero no existirá el entusiasmo evidente ni el ejemplo claro para imitar.

3.2.9.9. Coordinación – Seishoo. Significa realizar las cosas de una manera metódica, ordenada y de común acuerdo con los demás involucrados en la misma. Es reunir esfuerzos en función del logro de un objetivo determinado.

3.2.9.10. Estandarización – Seido. Es regularizar, normalizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos.

	ESPAÑOL	JAPONES	
CON LAS COSAS	CLASIFICACION ORGANIZACIÓN LIMPIEZA	SEIRI SEITON SEISO	<i>Comience en su sitio de trabajo</i> 1. Mantenga sólo lo necesario 2. Mantenga todo en orden 3. Mantenga todo limpio
CON USTED MISMO	BIENESTAR PERSONAL DISCIPLINA CONSTANCIA COMPROMISO	SEIKETSU SHITSUKE SHIKARI SHIRUKOKU	<i>Y ahora...¿Cómo está usted?</i> 4. Cuide su salud física y mental 5. Mantenga un comportamiento confiable 6. Persevere en los buenos hábitos 7. Vaya hasta el final en las tareas
CON LA EMPRESA	COORDINACION ESTANDARIZACIÓN	SEISHOO SEIDO	<i>Pero...¡no lo haga solo!</i> 8. Actúe en equipo con sus compañeros 9. Unifique a través de normas

Figura 19. Sistema Japonés de las 9S's. Tomado de <https://es.scribd.com/doc/83611595/El-Sistema-Japones-de-las-9-s>

3.2.10. Análisis de criticidad. En todas las empresas existen procesos de toma de decisiones que involucren una gran cantidad de recursos, productos y servicios. Es indispensable en toda organización enfocar los recursos de forma óptima, es por esto que el análisis de criticidad pretende establecer cuáles son los componentes de un sistema que se consideran indispensables, buscando la intervención, inversión y en general el enfoque oportuno en los mismos.

El método de Clasificación multicriterio de Equipos críticos, desarrollado por Félix Cesáreo Gómez de León y J.J. Ruiz Cartagena, es un método sencillo de adaptación cualitativa a cualquier problemática, el cual pretende clasificar los activos de la organización teniendo en cuenta parámetros de calificación, este método es ideal para organizaciones en donde no hay una base de datos ordenada. (Gómez, 2004).

El nivel de criticidad de los activos estudiados según el método, se clasifican en 3 niveles, A B o C, en donde A: Alta Criticidad, B: Mediana Criticidad, C: Baja Criticidad, estos niveles reflejan

la importancia de la maquinaria, con el fin de poder distribuir de forma óptima los recursos necesarios de mantenimiento, la criticidad depende de los siguientes parámetros de calificación:

- Producción: Califica el impacto que tienen los activos cuando fallan en todo el proceso productivo, pueden ser muy importantes causando paradas en todo el proceso, medianamente importantes, creando paradas en sub procesos, o poco importantes para la producción generando un nulo efecto en el proceso productivo cuando el activo falla.

- Calidad: Califica el grado de intensidad con el que se afecta el producto final debido a las fallas que el equipo puede presentar, este ítem es de gran importancia ya que es el percibido por el cliente final, generando grandes efectos para la organización en general.

- Seguridad y Medio ambiente: Hace referencia al riesgo que puede crear un equipo sobre el personal o el medio ambiente, causando daños, accidentes o algún tipo de contaminación.

- Mantenimiento: Califica el grado de complejidad del mantenimiento en cuanto a mano de obra calificada, costos de mantenimiento o complejidad en la adquisición de repuestos.

La metodología a aplicar para este análisis se resume en:

- Mediante un equipo de trabajo elaborar una Tabla de ponderación, en la que dependiendo de las variables de estudio se especifique cuáles serán los parámetros que servirán como filtro en la evaluación de la lista de activos o recursos a clasificar.

- Elaborar un Diagrama de criterios de prioridad, el cual permite encontrar todos los posibles caminos para clasificar los equipos en los diferentes niveles A, B, o C.

- Elaborar la tabla de criticidad, la cual muestra todas las posibles combinaciones de parámetros para poder clasificar los equipos.

- Mediante un equipo de trabajo capacitado, el cual conozca la maquinaria y la interacción de la misma con el proceso productivo, evaluar la tabla de ponderación en la lista de equipos de la empresa, con el fin de realizar la respectiva clasificación de criticidad, teniendo en cuenta las posibles combinaciones.

- Listar maquinaria según su criticidad.

3.2.11. Indicadores. Los indicadores de gestión son expresiones cuantitativas del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

Un indicador se define como “la relación entre las variables cuantitativas o cualitativas, que permite observar la situación y las tendencias de cambio generadas en el objeto o fenómeno observado, respecto de objetivos y metas previstos en influencias esperadas (Beltrán, 2014).

Importancia de los indicadores:

- Permiten medir cambios en una condición o situación a través del tiempo.
- Facilitan mirar de cerca los resultados de iniciativas o acciones.
- Son instrumentos muy importantes para evaluar y dar surgimiento al proceso de desarrollo
- Son instrumentos valiosos para orientar acerca de cómo se pueden alcanzar mejores resultados en proyectos de desarrollo.

Características de los indicadores:

- Deben tener validez en el tiempo, ser permanentes en un periodo establecido.
- Están orientados a buscar las causas de un resultado en particular.
- La simplicidad debe reflejarse, tienen la capacidad de medir de forma óptima, poco uso de recursos monetarios, físicos y en tiempo.
- Permite la participación de usuarios en el diseño y toma de datos.
- Herramienta analítica y de toma de decisiones.

Las organizaciones diseñan e implementan sistemas de indicadores de gestión mediante los cuales ejercen un control particular de su administración. Es lógico encontrar múltiples indicadores que persiguen fines muy particulares, todo en función del control de la necesidad creada.

Algunos indicadores de gestión de mantenimiento son: (Mora, 2009, p13 a 40).

- Indicadores estratégicos.
- Indicadores operativos.
- Indicadores sobre procesos y actividades.
- Indicadores de resultados. (Fallas – reparaciones)
- Indicadores de factores productivos.

Cabe recalcar que se deben diseñar indicadores verdaderamente útiles, que no sean una sobrecarga tanto para el personal que alimenta el sistema, como para los analistas, así mismo cada periodo de tiempo ser evaluados.

3.2.11.1. La medición. Es un medio o mecanismo que permite a las organizaciones determinar cuáles son sus fortalezas y debilidades, que va desde su recurso humano hasta su producción, enfocado en la mejora continua de toda la empresa de manera armónica y activa, con el propósito de mejorar la calidad y la productividad de la misma. (Koontz. H, Weihrich. H, 1992)

3.2.11.2. Importancia de la medición en las empresas. Actualmente las empresas enfrentan desafíos que las obliga a mejorar día tras día, entre ellos están los diferentes tratados comerciales, la caída de las barreras comerciales, los cambios políticos y culturales entre otros, que hacen de la economía aún más globalizada. Las empresas deben satisfacer constantemente y plenamente a los consumidores a través de sus productos y servicios, y es allí donde la innovación, la calidad y el bajo costo, son los principales objetivos que debe lograr para mantenerse en un mercado competitivo, pero para que una empresa pueda lograrlo, es necesario medir e interpretar los resultados de esa medición para la toma de decisiones adecuadas, un correcto sistema de medición crea control sobre las áreas participantes, he aquí lo relevante de un sistema de medición, el control como parte de las estrategias que tenga una organización lo que permite planificar con mayor autenticidad, seguridad y certeza, conocer el grado de competitividad del proceso, producto o servicio y a si mismo ser la base de la corrección y mejora continua de los sistemas.

3.2.11.3. OEE (Overall Equipment Effectiveness). La Efectividad Global de Equipos conocida como OEE, por sus siglas en inglés, es un indicador vital que representa la capacidad real para producir sin defectos, el rendimiento del proceso y la disponibilidad de los equipos.

El indicador OEE es una herramienta integral de evaluación comparativa, esto quiere decir que puede ser utilizado para evaluar los diferentes componentes del proceso de producción, por ejemplo: disponibilidad, rendimiento y calidad. Del mismo modo, es un indicador apropiado al momento de medir los avances reales de programas enfocados a la mejora continua como lo son, 5S's, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM (Total Productive Maintenance) y Six Sigma.

La eficiencia global de los equipos es considerada por muchos especialistas como una de las herramientas de evaluación, más eficaz para la toma de decisiones referentes al sistema productivo.

La forma de interpretar el valor obtenido en el indicador OEE tiene una valoración cualitativa, muchos expertos coinciden en la siguiente relación. Ver *Tabla 3*.

Tabla 3.
Overall Equipment Effectiveness - OEE

SISTEMA DE EVALUACIÓN OEE		
OEE	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN
0% - 64%	Deficiente (Inaceptable)	Se producen importantes pérdidas económicas. Existe muy baja competitividad
65% - 74%	Regular.	Es aceptable solo si se está en proceso de mejora. Se producen pérdidas económicas. Existe baja competitividad.
75% - 84%	Aceptable.	Debe continuar la mejora para alcanzar una buena valoración. Ligeras pérdidas económicas. competitividad ligeramente baja.
85% - 94%	Buena.	Entra en valores de clase mundial. Buena competitividad.
95% - 100%	Excelente	Valores de clase mundial. Alta competitividad

3.2.12. Programa de Mantenimiento Preventivo.

3.2.12.1. RCM – Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. El Mantenimiento Centrado en confiabilidad (MCC) o Reliability Centred Maintenance (RCM) es un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo sistema o bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo. (MOUBRAY. Jhon, 2004)

Una definición más amplia de RCM podría ser, un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente.

El proceso RCM incita a responder las siguientes siete preguntas sobre el bien o sistema bajo revisión.

1. ¿Cuál es la función? Lo que se desea que la máquina haga.
2. ¿Cuál es la falla funcional? Razones por las cuales deja de funcionar.
3. ¿Cuál es el modo de falla? Causas de la falla funcional.
4. ¿Cuál es el efecto de falla? Lo que ocurre cuando la falla se produce.
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla? Resultado de la falla, forma en que afecta.
6. ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7. ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

Hablamos de la definición de mantenimiento tomada como “La forma de asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas” (PEREZ. Jaramillo, 2005). El RCM es llamado mantenimiento centrado en confiabilidad porque reconoce que el mantenimiento no puede hacer más que asegurar la funcionalidad de los elementos, RCM determina requerimientos según las necesidades del sistema. Observemos de cerca los elementos básicos que se abordan en las siete preguntas mencionadas.

3.2.12.1.1. Funciones: Son los estándares de funcionamiento sobre los cuales el bien o el sistema se encamina, actividad en particular para la que fue creado, como puede ser, transportar, bombear, triturar, entre otras.

Implica el estudio apropiado del sistema, mediante un equipo de trabajo el cual lleva a cabo el análisis adecuado para conocer el trabajo real del mismo.

3.2.12.1.2. Fallas funcionales: Se trata de la pérdida parcial o total de un o más funciones, disminución o falla total de la capacidad estándar del bien o sistema.

El único suceso que puede hacer que un bien deje de funcionar al nivel requerido es algún tipo de falla. Esto sugiere que el departamento de mantenimiento alcanza sus objetivos, al adoptar un acercamiento acertado al manejo de las fallas. Sin embargo, antes de que podamos aplicar la conjunción de herramientas apropiadas, necesitamos identificar el tipo de fallas que pueden presentarse. En el mundo de RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales, por que ocurren cuando un bien es incapaz de cumplir una función a un nivel de desempeño que sea aceptable.

3.2.12.1.3. *Modos de falla*: Son las causas de la falla funcional. Una vez identificada cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todas las posibles causas de este estado de error. Es también de suma importancia identificar la causa en detalle de modo que no se desperdicien tiempo ni esfuerzo en tratar síntomas en lugar de causas, es por esto que es de suma importancia asegurar que el tiempo no se desperdicia en el análisis mismo, por concentrarse en demasiados detalles.

3.2.12.1.4. *Efectos de fallas*: Descripción de lo que sucede cuando se presenta cada modo de falla, debe incluir la información necesaria para respaldar el análisis de las consecuencias que pueden causar las fallas en el sistema, teniendo en cuenta las evidencias (si las hubiera) de lo que ocurrió, en qué manera (si la hubiera) representa una amenaza para la seguridad y de qué modo (si lo hubiera) afecta la producción u operaciones del sistema.

“El proceso de identificar funciones, fallas funcionales, modos y efectos de las fallas trae aparejadas oportunidades sorprendentes de mejora en el desempeño y seguridad para así eliminar lo innecesario” (MOUBRAY. Jhon, 2004).

3.2.12.1.5. *Consecuencias de las fallas*: Un análisis detallado de una empresa industrial promedio, tiende a arrojar entre tres y diez mil posibles modos de falla, cada una de estas afectan a la organización en alguna escala, pero en cada caso los efectos son diferentes. Pueden afectar la operatividad, el producto, el servicio al cliente, la seguridad del personal, el medio ambiente y todas significan el gasto de tiempo y dinero para repararlas. Uno de los puntos fuertes de RCM es que este reconoce que las consecuencias de las fallas son mucho más importantes que sus características técnicas.

- *Consecuencias medio ambientales y de seguridad*: Una falla trae consecuencias de seguridad si potencialmente puede dañar o causar la muerte. Tiene consecuencias medioambientales si provoca la violación de cualquier norma medio ambiental corporativa, regional, nacional o internacional.
- *Consecuencias operativas*: Una falla trae consecuencias operativas cuando afecta la producción (rendimiento, calidad del producto, servicio al cliente o costos operativos, además del costo directo de reparación)
- *Consecuencias no operativas*: Las fallas evidentes que conforman esta categoría, no tienen consecuencias ni de seguridad, ni de protección, de modo que solo implican el costo de reparación.

Los conceptos anteriormente descritos se enfatizan con un fin, el de crear las acciones necesarias en el programa de mantenimiento preventivo para evitar este flujo (las fallas funcionales, los efectos, las causas de las mismas y sus consecuencias).

3.2.12.2. Tareas proactivas: Son trabajos realizados antes de que la falla ocurra, para prevenir que el equipo llegue a un estado de falla. Esto abarca lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento preventivo o en la metodología RCM conocido como mantenimiento en condición. RCM divide las tareas proactivas en dos categorías:

- *Tareas de restauración programadas y tareas de descarte programadas:* Las tareas de restauración abarcan la re fabricación de un componente, o la restauración de un montaje antes de que termine su vida útil programada, sin tener en cuenta su condición en ese momento. Del mismo modo, el descarte programado implica deshacerse de un ítem al, o antes del tiempo programado, sin importar su condición.
- *Tareas en condición programadas:* La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de fallas, y la creciente incapacidad de las técnicas clásicas para lograrlo, están muy por detrás del crecimiento de nuevos tipos de manejo de fallas. La mayoría de estas técnicas se basan en que gran parte las fallas, dan algún tipo de aviso de que están por ocurrir. Estos avisos se conocen como fallas potenciales, y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional, está por ocurrir o está en proceso de ocurrir. Se les domina tareas en condición por que los ítems son controlados bajo la condición de que estén dentro de sus patrones normales de funcionamiento. (El mantenimiento en condición o preventivo incluye el mantenimiento preventivo, mantenimiento basado en la condición y monitoreo de condición) Si se usan apropiadamente, las tareas en condición son una muy buena forma de manejar las fallas, pero también pueden ser un gasto de tiempo muy costoso. RCM permite que se tomen decisiones en esta área con confianza particular.

4. Diagnóstico de la situación actual de mantenimiento en el área de producción.

4.1. Cuestionarios aplicados para evaluar la filosofía de mantenimiento.

Se diseñaron cuestionarios enfocados a evaluar la gestión del mantenimiento teniendo en cuenta 3 focos esenciales, como lo son el personal y la administración, la gestión de programas y planeación de actividades de mantenimiento; por último, el control y supervisión que se lleve a cabo desde el departamento de manufactura, se logró abordando personal de diferentes niveles jerárquicos, todo esto en función de la disponibilidad de los recursos físicos, económicos y humanos con los que cuenta COOPASAN.

Este instrumento de interacción con el personal permitió obtener resultados que con herramientas estadísticas de ingeniería fueron procesados y cuantificados para un mejor análisis y un diagnóstico puntual de los principales problemas presentados en la gestión de mantenimiento de la Cooperativa de Panificadores de Santander.

Dicha conversión cuantitativa arrojó resultados, los cuales permiten priorizar los recursos para fortalecer y potenciar la gestión del mantenimiento, se estableció una escala de 1 a 4 para calificar el nivel de cumplimiento de los enfoques evaluados, en donde 1: No se cumple y 4: Máximo nivel de cumplimiento. Los cuestionarios se encuentran en el *Apéndice B*.

4.2. Resultados obtenidos.

Se realizaron los cuestionarios en función de los tres enfoques mencionados, la administración y personal, los programas y el control, dichos cuestionarios fueron aplicados a:

Jefe de Manufactura, jefe de Calidad, asistente de manufactura, coordinador de SST, jefe del molino, auxiliar del molino, jefe de mantenimiento, almacenista, operarios de producción.

4.2.1. Análisis Estadístico. El personal entrevistado hace parte de todo el proceso productivo de harina de trigo COOPASAN, siendo en total 17 personas que agregan valor al producto final.

En la evaluación del enfoque PERSONAL – ADMINISTRACIÓN *Figura 21* se concluye que el estudio tiene una calificación por cumplimiento de 1,87 sobre 4. En la *Figura 22* se puede

observar que el 78% del personal entrevistado cree que este enfoque se encuentra en un rango de cumplimiento de 1 y 2, solo el 5% cree que se cumple al máximo.

Aplicando esta metodología para los siguientes focos de estudio, se pudo observar en la *Figura 23* que para los PROGRAMAS Y PLANEACIÓN se obtiene una calificación por cumplimiento de 1,64 sobre 4. En la *Figura 24* el 56% del personal entrevistado cree que este enfoque no se cumple en la organización, es decir no existe ningún tipo de organización y proyección de labores para la conservación de la maquinaria y equipo, tan solo el 3% cree que el cumplimiento es total.

En el enfoque CONTROL se observa la *Figura 25* que este obtiene una calificación de cumplimiento de 2,35 sobre 4, la más alta hasta ahora, pero a pesar de eso sigue presentando un bajo puntaje de cumplimiento, en la *Figura 26* se puede observar que del personal entrevistado se encuentra más disperso en esta opinión, para el 25% del personal el enfoque recibe una calificación de 1: No se cumple, para el 29% es 2, para el 31% es 3 y para el 15% es 4: Máximo cumplimiento, se puede concluir que hay una discrepancia entre los rangos 1 y 2 de bajo cumplimiento con el 54% y un 46% de alto cumplimiento.

CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO DE LA FILOSOFÍA DE MTTO DE COOPASAN	1: No se cumple -> 4: Máximo puntaje de calificación.																
PERSONAL - ADMINISTRACIÓN	PUNTUACIÓN																
1. Existe un equipo de trabajo definido para realizar las actividades de mantenimiento de la empresa.																	
2. El personal de mantenimiento es tomado en cuenta en la toma de decisiones de la empresa.																	
3. El personal de mantenimiento está capacitado para desarrollar todas las actividades del mantenimiento.																	
4. El personal de mantenimiento cuenta con apoyo en inventarios, repuestos y herramientas para la																	
5. Existen indicadores o métodos para evaluar el desempeño del personal de mantenimiento.																	
6. El equipo de trabajo del molino (Producción) está capacitado para ejecutar labores de mantenimiento.																	
7. El personal con el que cuenta mantenimiento a nivel de supervisión, coordinación y ejecución de																	
8. El personal operativo tiene conocimiento de la ubicación y operación de la maquinaria en función del																	
9. Existen programas de capacitación, actualización y adiestramiento para el personal de mantenimiento.																	
10. El personal de mantenimiento siempre sabe que hacer, cuando hacerlo y cómo hacerlo.																	
11. Cuando se contrata apoyo externo de mantenimiento este es oportuno, eficaz y costeable.																	
12. Se cuenta con asesoría oportuna de proveedores de los equipos y maquinaria.																	
	Ing Alicia	Ing Gina	Johana	Ferney	Mario Acosta	Eli	Ricardo	Pablo	Mario Vargas	Marcelino	Carlos	Alejandro	Jan Sebastian	Kevin	Serafin	Jorge Andres	Elkin

Figura 20. Encuestas personal y administración.

1. Resultados obtenidos. Aplicación del cuestionario enfoque al personal y administración																			
ENFOQUE / CARGO	Pregunta #	Jefe de Producción	Ingeniera de Calidad	Asistente de Producción	Coordinador SST	Jefe de molino	Auxiliar de molino	Auxiliar de molino	Jefe de Mto	Almacenista	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	PUNTAJE PROMEDIO POR PREGUNTA
PERSONAL & ADMINISTRACIÓN	1	1	2	3	1	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1,41
	2	3	2	2	1	2	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	2,29
	3	1	1	3	1	1	1	1	3	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1,41
	4	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	4	1,47
	5	3	2	2	2	2	1	4	2	2	3	4	2	1	3	2	4	2	2,41
	6	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1,47
	7	3	2	2	3	3	2	3	2	1	1	1	1	1	2	2	3	3	2,06
	8	4	3	2	3	2	4	2	1	2	3	3	1	3	3	2	4	1	2,53
	9	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1,18
	10	1	1	1	2	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1	2	1	1	1,47
	11	3	2	1	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	3	1,94
	12	4	3	1	3	3	3	4	3	2	3	2	2	2	3	2	4	3	2,76
PROMEDIO PUNTAJE POR CARGO	N/A	2,17	1,83	1,83	1,83	1,83	2,00	2,08	2,08	1,58	2,00	1,75	1,33	1,67	2,00	1,50	2,25	2,00	1,87

Figura 21. Resultados del enfoque personal y administración.

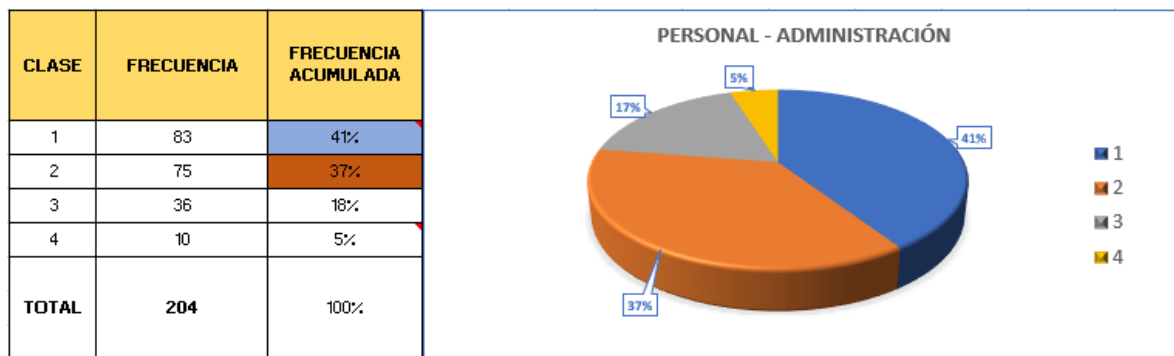


Figura 22. Diagrama de resultados - Personal y administración.

1. Resultados obtenidos. Aplicación del cuestionario enfoque Programas y planeación																			
ENFOQUE / CARGO	Pregunta #	Jefe de Producción	Ingeniera de Calidad	Asistente de Producción	Coordinador SST	Jefe de molino	Auxiliar de molino	Auxiliar de molino	Jefe de mto	Almacenista	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	PUNTAJE PROMEDIO POR PREGUNTA
PROGRAMAS Y PLANEACIÓN	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	3	1	2	2	1	2	1	1,47
	2	1	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	3	2	1,47
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1,18
	4	3	2	3	2	4	3	2	1	2	2	3	1	3	3	3	4	1	2,47
	5	3	2	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	2,00
	6	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	4	1,35
	7	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	3	2	1,41
	8	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	1	3	1	2	1	4	1,53
	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1	1	3	1,29
	10	1	1	3	2	1	1	1	2	1	2	2	1	3	1	1	2	1	1,53
	11	2	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	2	1	3	2	1,59
	12	4	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	2	3	1	1	4	3	1,82
	13	4	3	1	3	3	2	2	3	3	1	2	2	3	2	2	4	1	2,41
	14	2	2	1	3	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	1	3	1	1,76
	15	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1		2	1	1	2	1,25
PROMEDIO PUNTAJE POR CARGO	N/A	1,80	1,33	1,67	1,47	1,80	1,33	1,20	1,60	1,40	1,40	1,73	1,33	2,21	1,60	1,47	2,40	2,13	1,64

Figura 23. Resultado del enfoque programas y planeación.

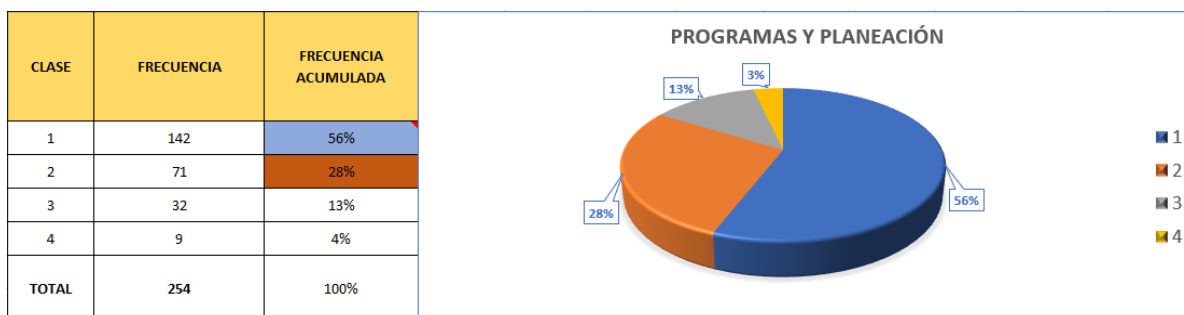


Figura 24. Diagrama de resultados - Programas.

1. Resultados obtenidos. Aplicación del cuestionario enfoque control																			
ENFOQUE/CARGO	Pregunta #	Jefe de Producción	Ingeniera de Calidad	Asistente de Producción	Coordinador SST	Jefe de molino	Auxiliar de molino	Auxiliar de molino	Jefe de mto	Almacenista	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	Operario de producción	PUNTAJE PROMEDIO POR PREGUNTA
CONTROL	1	1	1	2	1	1	2	1	2	1	3	1	1	2	2	1	1	2	1,47
	2	4	3	3	3	3	3	1	2	2	1	3	2	2	1	2	4	2	2,41
	3	1	1	2	1	1	1	2	1	3	1	2	3	3	2	2	1	3	1,76
	4	4	3	2	3	1	3	2	3	3	2	3	3	2	1	2	4	4	2,65
	5	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1,35
	6	4	3	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	4	2	2,76
	7	3	3	2	3	4	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	3	3	2,71
	8	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3,71
PROMEDIO PUNTAJE POR	N/A	2,63	2,25	2,25	2,38	2,25	2,13	1,88	2,38	2,25	2,25	2,50	2,38	2,63	2,25	2,25	2,75	2,63	2,35

Figura 25. Resultados del enfoque control.

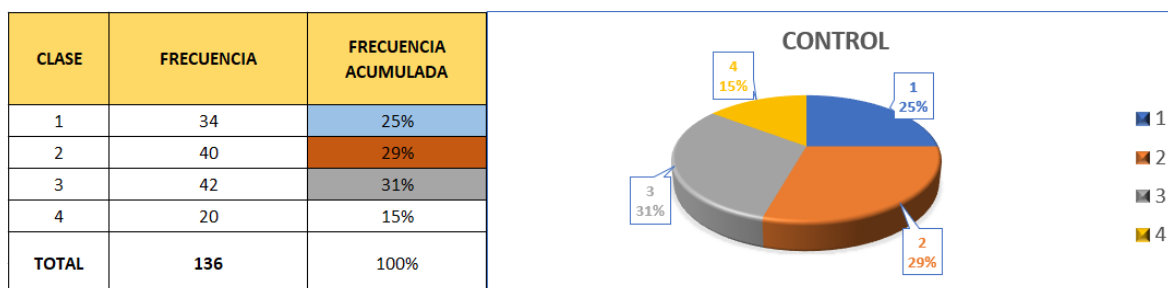


Figura 26. Diagrama de resultados - Control.

4.2.2. Diagrama de Pareto. Con el fin de indagar y estudiar con más profundidad la información obtenida se hace uso de una herramienta cuantitativa conocida como el diagrama de Pareto que tiene como fin en este caso filtrar aún más el análisis de las encuestas y encontrar con más exactitud las causas de la calificación de cada enfoque, según la *Tabla 4* se pudo conocer cuales preguntas fueron las que generaron un impacto significativo en el bajo cumplimiento del ítem PERSONAL – ADMINISTRACIÓN. Teniendo en cuenta este principio que permite discriminar entre los pocos vitales y los muchos triviales, según la *Figura 27* se puede concluir que las preguntas con mayor incidencia, es decir los pocos vitales que representan el 80% en la calificación 1: No se cumple, fueron:

- #9: Existen programas de capacitación, actualización y adiestramiento para el personal de mantenimiento.
- #3: El personal de mantenimiento está capacitado para desarrollar todas las actividades de mantenimiento.
- #1: Existe un equipo de trabajo para realizar las actividades de mantenimiento de la empresa.
- #4: El personal de mantenimiento cuenta con apoyo en inventarios, repuestos y herramientas para la ejecución de sus labores.
- #10: El personal de mantenimiento siempre sabe qué hace, como hacerlo y cuando hacerlo.
- #6: El equipo de trabajo del molino (Producción) está capacitado para ejecutar labores de mantenimiento.

Tabla 4.

Datos de Pareto – Personal y administración.

PERSONAL Y ADMINISTRACIÓN				
Pregunta #	DE MAYOR A MENOR (Frecuencia - Cantidad de calificaciones con 1)	% frecuencia	Frecuencia acumulada	% frecuencia acumulada
9	14	17%	14	17%
3	12	14%	26	31%
1	11	13%	37	45%
4	11	13%	48	58%
10	10	12%	58	70%
6	9	11%	67	81%
7	5	6%	72	87%
8	3	4%	75	90%
11	3	4%	78	94%
2	2	2%	80	96%
5	2	2%	82	99%
12	1	1%	83	100%
TOTAL	83	100%		

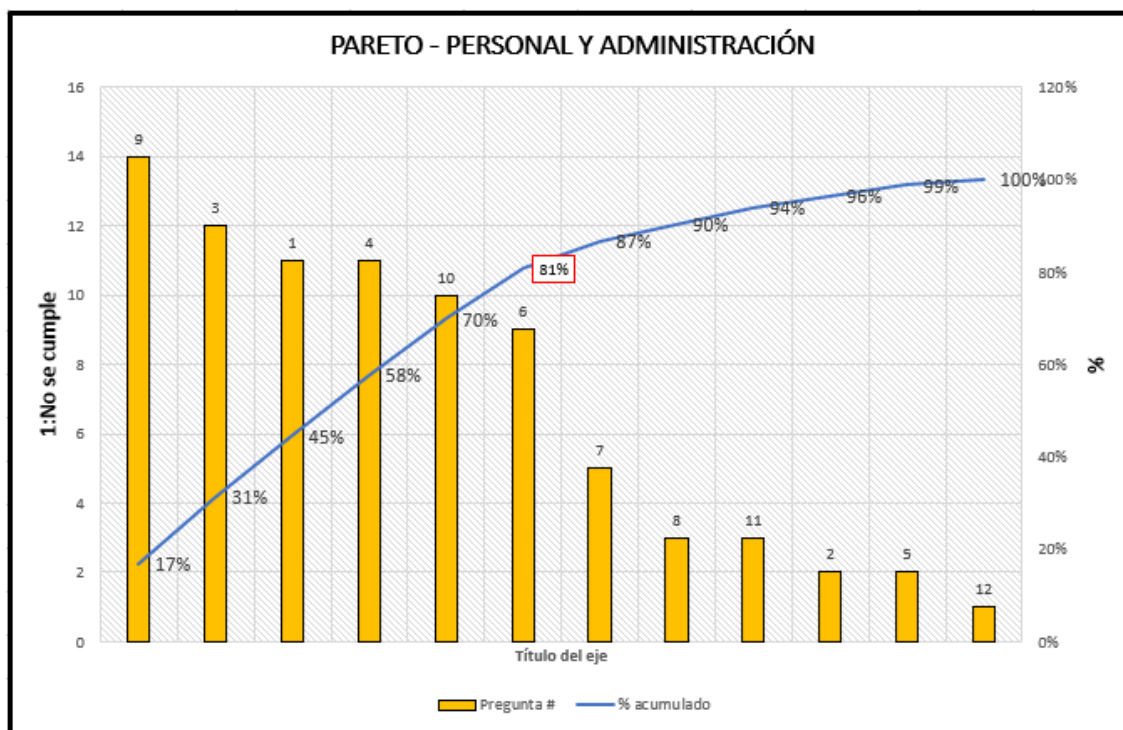


Figura 27. Diagrama de Pareto – Personal y administración.

Aplicando este principio para el siguiente enfoque PROGRAMAS Y PLANEACIÓN, podemos encontrar las causas de mayor relevancia Tabla 5 , graficando podemos observar que los pocos vitales fueron mayores en cantidad que los muchos triviales, lo cual nos indica que hay situaciones a mejorar para que este ítem tenga una mejor calificación, *Figura 28*, a continuación, listamos las situaciones tribales para el personal:

- #3: Existe un cronograma de mantenimiento
- #9: Existen programas para capacitar a los operarios sobre el mantenimiento del molino
- #6: Existe algún sistema de información que detecte fallas, genere alertas
- #7: El personal con el que cuenta mantenimiento a nivel de supervisión, coordinación y ejecución de tareas es el adecuado.
- #15: Se tienen definidos los Objetivos de Mantenimiento.
- #8: Se cuenta con los repuestos necesarios para maquinaria y equipo.
- #1: La planeación de actividades de mantenimiento es permanente y controlada.
- #2: Se planea a corto, mediano y largo plazo el mantenimiento.
- #10: Los programas de mantenimiento describen el tiempo de ejecución de cada trabajo.
- #12: Se apoya en algún paquete computacional, sistema de información para la coordinación del mantenimiento.

Tabla 5.
 Datos de Pareto – Programas y planeación.

PROGRAMAS Y PLANEACIÓN				
Pregunta #	De mayor a menor (Frecuencia)	% frecuencia	Frecuencia acumulada	% frecuencia acumulada
3	14	9,9%	14	9,9%
9	14	9,9%	28	19,7%
6	13	9,2%	41	28,9%
7	12	8,5%	53	37,3%
15	12	8,5%	65	45,8%
8	11	7,7%	76	53,5%
1	10	7,0%	86	60,6%
2	10	7,0%	96	67,6%
10	10	7,0%	106	74,6%
12	9	6,3%	115	81,0%
11	8	5,6%	123	86,6%
5	7	4,9%	130	91,5%
14	6	4,2%	136	95,8%
4	3	2,1%	139	97,9%
13	3	2,1%	142	100,0%
TOTAL	142	100%		

Analizando el enfoque de CONTROL podemos observar que los pocos vitales están caracterizados por aproximadamente 3 situaciones de 8 posibles ver Tabla 6 , observamos que las causas que dan como problema la calificación 1: No se cumple están representadas por *Figura 29*

- #5: Existe una clasificación por importancia de los equipos.
- #1: El mantenimiento es una norma respetada y establecida.
- #3: Existen indicadores para medir los trabajos de mantenimiento.

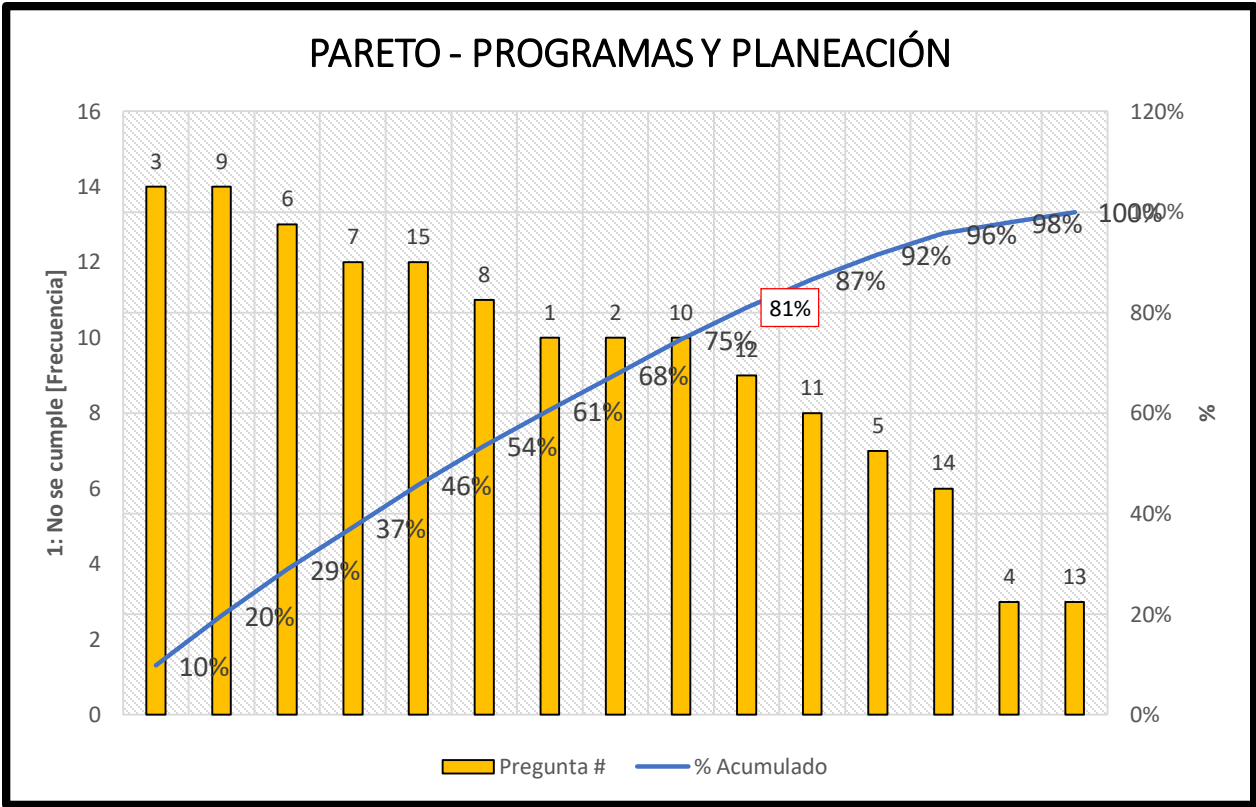


Figura 28. Diagrama de Pareto – Programas y planeación.

Tabla 6.
Datos Pareto – Control.

CONTROL				
Pregunta #	De mayor a menor (Frecuencia)	% frecuencia	Frecuencia acumulada	% frecuencia acumulada
5	11	32,4%	11	32,4%
1	10	29,4%	21	61,8%
3	8	23,5%	29	85,3%
2	3	8,8%	32	94,1%
4	2	5,9%	34	100,0%
6	0	0,0%	34	100,0%
7	0	0,0%	34	100,0%
8	0	0,0%	34	100,0%
TOTAL	34	100,0%		

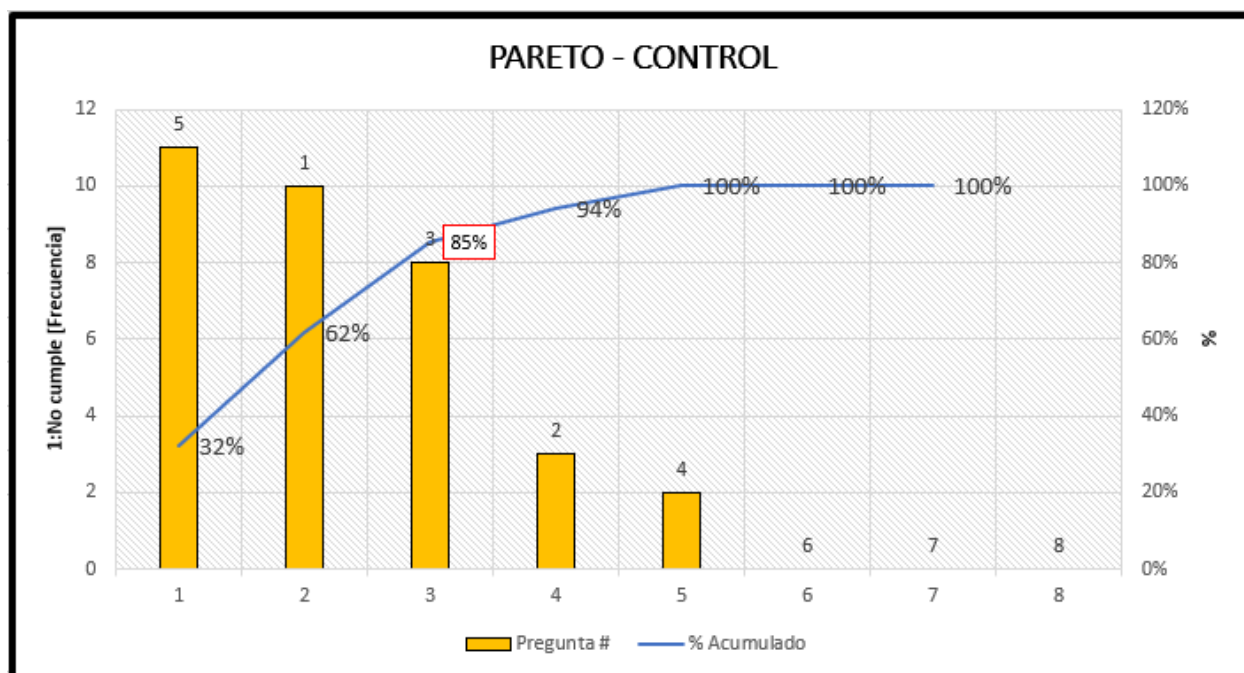


Figura 29. Diagrama de Pareto – Control.

4.3. Entrevistas con el personal de producción.

Es importante diagnosticar la filosofía de mantenimiento desde la perspectiva del personal, ya que es éste quien interactúa día a día con las actividades necesarias para desarrollar la producción de harina, es quien posee la verdadera propiedad intelectual del proceso de molienda, paradas, fallas, gestión, interacción con maquinaria y equipo etc. Se estudiaron diferentes caminos de conocimiento con personal que lleva alrededor de 26 años en la empresa, así como operarios que cuentan con experiencia de tan solo unos meses en producción, la información que alimenta esta parte del diagnóstico viene directamente del Jefe del molino, el Jefe de mantenimiento, auxiliares de producción (Mano derecha del jefe de molino), operarios de producción, almacenista, e ingenieros administrativos de manufactura, según los comentarios y respuestas del personal involucrado se concluyó:

- El mantenimiento de la maquinaria se realiza de forma correctiva, es decir justo en el momento de la falla, no existe ningún tipo de planificación que brinde las mejores herramientas para el cuidado de la maquinaria.

- Las áreas de producción están interconectadas, lo que indica que las paradas en cualquier fase del proceso generarían pérdidas en producción significativas.

- La detección de fallos en la maquinaria se da de la mano del jefe del molino, y se detectan básicamente por su experiencia de alrededor de 26 años trabajando para la cooperativa, es decir empíricamente, lo que refleja la falta de capacitación del personal a la hora de conocer el proceso, su maquinaria y cómo interactuar con ella pretendiendo el óptimo funcionamiento y el adecuado cuidado.

- No existe un departamento de mantenimiento, ni un equipo de trabajo que vele por la seguridad de las máquinas, en todo el personal existe un trabajador encargado del mantenimiento correctivo básico de la maquinaria, ya que su falta de conocimiento le hace imposible la interacción con máquinas de mayor complejidad.

- Dada alguna eventualidad compleja con la maquinaria se hacen llamadas de emergencia a empresas terceras, las cuales prestan sus servicios de emergencia lo que genera sobrecostos de mantenimiento para la empresa.

- Los equipos trabajan intensamente 24 horas los 7 días a la semana, en términos generales el proceso se divide en recepción de materia prima (pre limpia), limpia y molienda, estas tres fases funcionan en una sola línea de producción, pero a su vez son independientes, una de la otra, es decir el departamento de producción planifica que parte del proceso se puede ejecutar por día. Lo que permitiría mantenimientos de unas áreas mientras la otra funciona.

- La falta de planeación y ejecución del mantenimiento hace que la compra de repuestos no sea óptima en términos de tiempo; la falta de planificación hace que la llegada de repuestos de difícil acceso sea significativamente demorada. Existe un inventario de repuestos básico.

- Existen Mejoras tipo parche, esto ya que muchas veces no se cuenta con los recursos ni la experiencia necesarios para reparar la maquinaria.

- Se tiene una visión de mantenimiento preventivo errónea, ya que este no se hace planificado y con una secuencia; se hace de forma empírica en tiempos no coordinados. Estas actividades se hacen “Cuando se cree prudente”.

- La recopilación de información en los diferentes mantenimientos es nula, existen carpetas con formatos de Hojas de vida en las cuales no se llena la información; se crearon los archivos, pero no se alimentan, lo que refleja que no hay una cultura de cuidado y recolección de información en la intervención de maquinaria y equipos, no existen fichas técnicas de la maquinaria.

- El jefe del molino debe todos los días hacer rondas, y debido a su conocimiento empírico detectar posibles fallas, velar por el cuidado y buen funcionamiento de la maquinaria.
- No existe un sistema de información que ayude en la gestión de información de las diferentes actividades de mantenimiento.
- No existen indicadores de gestión para evaluar el desempeño y comportamiento de los procesos que permitan tomar acciones preventivas.
- No existe un presupuesto de mantenimiento, debido a la nula planeación de programas de mantenimiento; se establece una cuota promedio mensual de gasto, lo que genera un problema económico cuando ocurren sobre costos por mantenimiento correctivo, fallas, daños.
- No existe un inventario de maquinaria y equipo claro, el personal dice que “Se cuenta con lo justo y necesario”
- Existe un registro de anomalías en las planillas de producción, conocidas como órdenes de producción en la que se reportan paradas, fallos, de forma inadecuada e incompleta, “Se coloca por registrar, pero con eso no se hace nada”, existe una forma ineficiente de recopilar información. (Ver Apéndice C).

4.4. Diagrama de Causa y efecto – Ishikawa.

Esta herramienta es de gran ayuda, más en COOPASAN la cual tiene una deficiente gestión del mantenimiento. *Figura 30.*

Se crea un gran aporte en el diagnóstico de la cultura organizacional con el diagrama de Ishikawa o causa y efecto, mediante el análisis de las 6M las cuales son: Mano de obra, Maquinaria, Medio ambiente, Materia Prima, Método y Medición. Mediante la conformación de un grupo de trabajo se estudiaron estos 6 aspectos claves enfocados en la búsqueda de las causas de la problemática, las cuales nos reflejan oportunidades de mejoras enfocadas a la óptima gestión del mantenimiento en la organización.

- Mano de obra: La cooperativa de panificadores de Santander cuenta con personal capacitado en toda la organización, la parte administrativa conformada por la jefa de manufactura, la ingeniera de calidad y el jefe del molino, secretaria y coordinador de SST, la parte operativa conformada por

dos auxiliares de molienda, 9 operarios de producción, el jefe de mantenimiento y el personal encargado de oficios varios. El personal administrativo y operativo fue claves para indagar las principales causas que llevan a las deficiencias en la gestión del mantenimiento. Es evidente la falta de personal capacitado en el molino, ya que no existe un grupo de trabajo enfocado a ejecutar labores preventivas, solo una persona representa la cabeza del área siendo ésta insuficiente para complementar las necesidades de mantenimiento lo que genera sobrecostos con terceros cuando es necesaria la mano de obra calificada.

- Maquinaria: Las máquinas que componen el proceso productivo están interconectadas entre sí para procesar el trigo e ir agregando valor al producto final. La maquinaria principal es marca Bühler, una marca suiza que brinda soluciones y tecnologías de procesos industriales teniendo en cuenta la seguridad y sanidad de los alimentos, lo que brinda calidad en el producto final. No se conoce con certeza un inventario apropiado de la cantidad de equipos en planta, no hay una codificación ordenada que permita la fácil identificación de equipos y estos equipos debido a la falta de medidas preventivas presentan fallas, generando paradas en el proceso, pérdidas en producción y daños en los activos de la empresa. Es esta maquinaria el foco principal del proyecto, ya que, siendo una metodología de gestión e impacto organizacional, serán estos activos los de principal interacción con la medición y mejora, los cuales contribuirán al incremento de la productividad de la organización.

- Medio Ambiente: El área de la empresa es aproximadamente de 10,000 metros cuadrados, en la cual se desarrolla todo el proceso, desde la entrada de materia prima a granel sobre vehículos de carga pesada, hasta el cargue de producto terminado, la planta contempla en estos momentos la posibilidad de pavimentación de las vías ya que ésta genera alta contaminación, levantando impurezas, polvo y tierra. El diagrama en este análisis tiene como causa las prácticas peligrosas de mantenimiento ya que al haber poca gestión en el mismo muchas veces este se hace con la maquinaria en funcionamiento implicando grandes riesgos, a su vez en toda la estructura del Molino no se cuenta con un taller de mantenimiento ni un área idónea para ejecutar tareas de mantenimiento.

- Materia prima: La empresa busca día a día crear productos de calidad lo que implica el uso de materia prima e insumos de calidad, actualmente la empresa maneja dos tipos de trigo, el trigo canadiense y el trigo americano, las cuales manejan diferentes parámetros de humedad y rendimiento, lo que implica diferentes esfuerzos de la maquinaria y equipo en el proceso productivo. Además el producto final debe cumplir con la normatividad legal de productos alimenticios, este proceso es regido por la NTC la cual mide características microbiológicas fisicoquímicas, es de vital importancia la adición de pre mezclas vitamínicas y aditivos necesarios para la elaboración de un producto de calidad como lo es la harina de trigo COOPASAN, las vitaminas y aditivos usados son: Ácido ascórbico, Azodicarbonamida, Premezcla, BR 5, BEL ASE C, BEL ASE A10, BEL ASE, PG, 2939 entre otros.

- Método: Con la llegada de la nueva gerencia la cooperativa está proyectada a la ejecución de diferentes proyectos enfocados en la mejora continua permitiendo crear una óptima ejecución del proceso productivo. Hoy en día está en ejecución el proyecto de infraestructura de los silos de almacenaje de materia prima, en el cual se ejecutó el levantamiento de planos y está en proceso el acondicionamiento de terreno para empezar la obra civil. Por otro lado, la cooperativa se ha encargado con el paso de los años de actualizar cada una de las máquinas según su necesidad, recientemente llegaron a las instalaciones maquinaria de última generación, como lo fueron las básculas de pesaje eléctricas, el MYFD Y MOGZ las cuales acondicionan el trigo, y el MOZL que es un humidificador de trigo. En cuanto a la gestión del mantenimiento existen pocas prácticas que conlleven al control y planeación de estas actividades lo que genera fallos inesperados de esta maquinaria, la información en tiempo real no existe, hay deficiencia de formatos para la recopilación de información y a su vez el procesamiento mediante indicadores de gestión lo que hace más complicada aún la gestión y toma de decisiones en el área, la planeación no es parte de las labores ejecutables en el área, generándose una gran oportunidad de mejora en el área y en general en la gestión del mantenimiento dentro de la planta de producción de COOPASAN.



Figura 30. Diagrama de Ishikawa

4.5. Recopilación de información de las órdenes de producción.

Parte importante del diagnóstico fue el análisis de información que se recopila día a día durante todo el año en los formularios O.P (Órdenes de producción) *Figura 31*, se puede encontrar información de la cantidad de harina producida por lotes y referencias, el personal encargado de gestionar dicha producción junto a operarios que intervienen en el empaque de producto terminado, el % de extracción de harina, que es un indicador de rendimiento del grano de trigo con respecto a la conversión del proceso productivo para la obtención del producto final harina de trigo, el total de la producción en peso (KG), entre otros, en la parte de observaciones los operarios informan eventos a tener en cuenta en cada producción de lotes de harina, es aquí en donde se registran las anomalías de la maquinaria y equipo, paros, fallas, daños entre otros, se observó que estos documentos entran a archivo, por lo cual no son aprovechados para el control y cuidado de la maquinaria, todas las anomalías presentadas se atienden con mantenimientos correctivos, paradas de emergencia para revisión de maquinaria y en muchas ocasiones mejoras tipo parche.

Las ordenes de producción que se recopilaron y estudiaron fueron por un periodo aproximado de un año (2 enero 2018 al 20 febrero de 2019), se tabuló y cuantificó (*Ver Apéndice C*) con el fin de analizar los principales fallos, daños, intervenciones y paradas del proceso productivo presentadas por la maquinaria, todo esto en función de las anomalías registradas, es decir en la información actual, el procesamiento de información de órdenes de producción fue de gran importancia ya que nos permitió hacer un diagnóstico logrando identificar:

- La maquinaria que presentó mayor deficiencia en su funcionamiento durante el último año.
- Refleja también la falta de control que hay en la toma de datos y documentación necesaria para llevar a cabo una gestión del mantenimiento adecuada, el proceso no está estandarizado, algunas veces se hace incompleto, otras mal y en otras ocasiones no se hace el registro de anomalías o tomas de tiempos que permiten llevar un control más riguroso del funcionamiento de la maquinaria, lo que genera poca confiabilidad en la información.
- La *tabla: porcentaje de fallas en Apéndice C*. nos muestra que la maquinaria con mayor número de anomalías fue el molino de martillos con un 32,53% de fallas, seguido del cernedor con un 18,07%, el TurboStar con un 7,23% del total de anomalías registradas.
- Este diagnóstico inicial fue importante ya que nos dio a conocer como es la cultura del mantenimiento en la empresa en función de la recolección de información, es cierto que estas

actividades alertan a la organización sobre cuál es la maquinaria que más falla, con el fin de ejecutar mantenimientos correctivos, aun así, se puede concluir que la forma de gestionar la información se debe mejorar.

COOPASAN

FECHA: 23 MAY 2010

LECTURA BANCILA TRIGO INICIAL: 27525768

LECTURA BANCILA TRIGO FINAL: 27525768

LECTURA BANCILA TRIGO INICIAL: 1871.4

LECTURA BANCILA TRIGO FINAL: 1875.0

MOTIVADO: COOPASAN

TIPO DE TRIGO: ANDES 1000 1007

PRODUCTO: HARINA PANIFICABLE

PROCESO: HARINA PANIFICABLE

LISTA:

HORA	TRIGO	HARINA	CELESTIN	SALINADO
10:00	1000	1000	1000	1000
10:05	1000	1000	1000	1000
10:10	1000	1000	1000	1000
10:15	1000	1000	1000	1000
10:20	1000	1000	1000	1000
10:25	1000	1000	1000	1000
10:30	1000	1000	1000	1000
10:35	1000	1000	1000	1000
10:40	1000	1000	1000	1000
10:45	1000	1000	1000	1000
10:50	1000	1000	1000	1000
10:55	1000	1000	1000	1000
11:00	1000	1000	1000	1000
11:05	1000	1000	1000	1000
11:10	1000	1000	1000	1000
11:15	1000	1000	1000	1000
11:20	1000	1000	1000	1000
11:25	1000	1000	1000	1000
11:30	1000	1000	1000	1000
11:35	1000	1000	1000	1000
11:40	1000	1000	1000	1000
11:45	1000	1000	1000	1000
11:50	1000	1000	1000	1000
11:55	1000	1000	1000	1000
12:00	1000	1000	1000	1000
12:05	1000	1000	1000	1000
12:10	1000	1000	1000	1000
12:15	1000	1000	1000	1000
12:20	1000	1000	1000	1000
12:25	1000	1000	1000	1000
12:30	1000	1000	1000	1000
12:35	1000	1000	1000	1000
12:40	1000	1000	1000	1000
12:45	1000	1000	1000	1000
12:50	1000	1000	1000	1000
12:55	1000	1000	1000	1000
13:00	1000	1000	1000	1000
13:05	1000	1000	1000	1000
13:10	1000	1000	1000	1000
13:15	1000	1000	1000	1000
13:20	1000	1000	1000	1000
13:25	1000	1000	1000	1000
13:30	1000	1000	1000	1000
13:35	1000	1000	1000	1000
13:40	1000	1000	1000	1000
13:45	1000	1000	1000	1000
13:50	1000	1000	1000	1000
13:55	1000	1000	1000	1000
14:00	1000	1000	1000	1000
14:05	1000	1000	1000	1000
14:10	1000	1000	1000	1000
14:15	1000	1000	1000	1000
14:20	1000	1000	1000	1000
14:25	1000	1000	1000	1000
14:30	1000	1000	1000	1000
14:35	1000	1000	1000	1000
14:40	1000	1000	1000	1000
14:45	1000	1000	1000	1000
14:50	1000	1000	1000	1000
14:55	1000	1000	1000	1000
15:00	1000	1000	1000	1000
15:05	1000	1000	1000	1000
15:10	1000	1000	1000	1000
15:15	1000	1000	1000	1000
15:20	1000	1000	1000	1000
15:25	1000	1000	1000	1000
15:30	1000	1000	1000	1000
15:35	1000	1000	1000	1000
15:40	1000	1000	1000	1000
15:45	1000	1000	1000	1000
15:50	1000	1000	1000	1000
15:55	1000	1000	1000	1000
16:00	1000	1000	1000	1000
16:05	1000	1000	1000	1000
16:10	1000	1000	1000	1000
16:15	1000	1000	1000	1000
16:20	1000	1000	1000	1000
16:25	1000	1000	1000	1000
16:30	1000	1000	1000	1000
16:35	1000	1000	1000	1000
16:40	1000	1000	1000	1000
16:45	1000	1000	1000	1000
16:50	1000	1000	1000	1000
16:55	1000	1000	1000	1000
17:00	1000	1000	1000	1000

TOTAL: 38600

OBSERVACIONES: SE SACO EN BULO PARA VITAMINAS + SO

CONTENIDO DE ANILLO: 1000

CONTENIDO DE BLOQUE DE BANCILA: 1000

Figura 31. Órdenes de producción 1

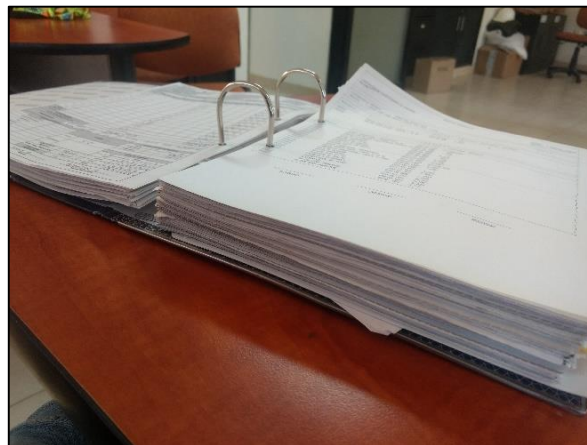


Figura 32. Órdenes de producción 2

4.6. Análisis de maquinaria y equipo – Infraestructura.

La planta de producción de harina de trigo El molino Coopasan, ubicada en el casco urbano de Girón Santander cuenta con instalaciones de planta que incluyen el área de pesaje, el molino de producción, laboratorio de calidad, área de descargue y el área administrativa y zonas de descanso como cafetería y cocina, el estudio de este proyecto hace énfasis en el área de producción, la cual consta de una planta de 5 niveles en los que se encuentran distribuidos los procesos que transforman la materia prima y agregan valor al producto final.

En el primer nivel encontramos el área de descargue, la bodega de trigo, los silos de almacenaje, la zona de empaque y almacenaje de producto terminado, a modo general se puede observar el proceso productivo en la *Figura 34*.

En cuanto a la maquinaria y equipo el molino fue inaugurado en 1980, es una planta de producción con todos los avances de la tecnología suiza marca Bühler, en la cual se procesa el grano de trigo y es convertido en su producto líder en el mercado, Harina de trigo COOPASAN. Cada etapa del proceso productivo está caracterizada por un conjunto de máquinas que interconectadas entre sí agregan valor al producto final. Parte del diagnóstico del proceso productivo fue el levantamiento de información de maquinaria y equipo por cada proceso, dicha información es presentada en el *Apéndice A*. En donde se presenta el listado de maquinaria al que se le hará el análisis de criticidad de los equipos para dar enfoque al proyecto de implementación de la metodología de mejora TPM.



Figura 33. Maquinaria y equipos - Molino COOPASAN

4.7. Diagrama de flujo del proceso productivo de harina de trigo.

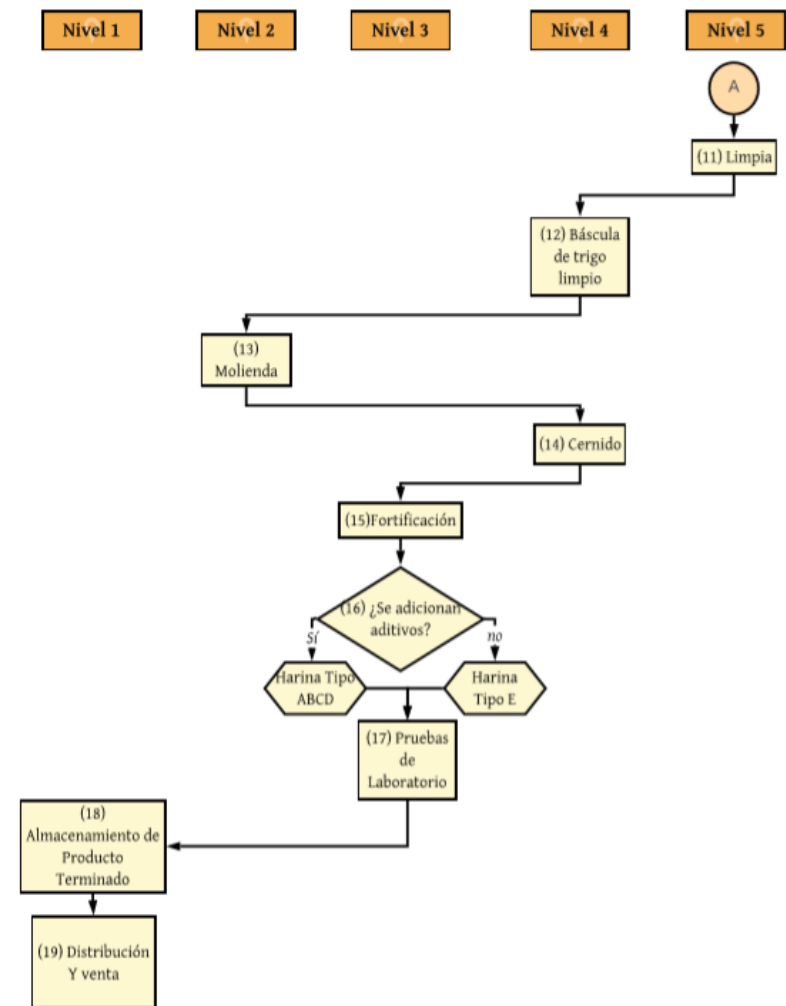
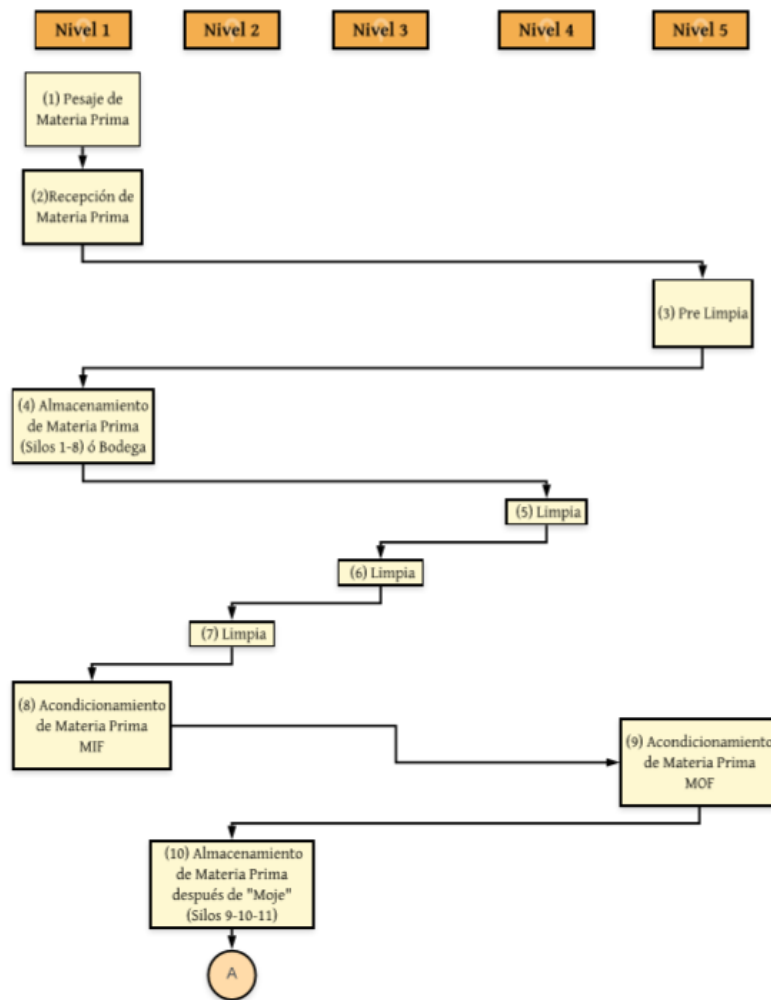


Figura 34. Diagrama de flujo del proceso productivo

5. Análisis de Criticidad.

Una parte clave de este proyecto es esta metodología, la cual permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando todos los recursos y esfuerzos de manera óptima a las áreas o maquinaria en donde sea más importante y/o necesaria mejorar la fiabilidad operacional mediante la ejecución de los diferentes programas de mantenimiento planteados en la metodología TPM.

Con el fin de establecer el foco de análisis y el alcance de la propuesta se pretende establecer cuáles son los equipos críticos de la planta de producción, como base fundamental se utilizará como soporte estratégico el método de Clasificación Multicriterio de equipos críticos, desarrollado por Félix Cesáreo Gómez de León y J.J Ruiz Cartagena (Gómez. Félix, Ruiz, J. Pg40), la elección de este método para dicho estudio se da debido a la situación actual de la empresa, que es básicamente la falta de toma de información cuantitativa, en su mayoría esta información es cualitativa, es por esto que la adaptabilidad del método al contexto operacional de COOPASAN es el adecuado ya que no existe una base de datos ordenada y coherente, que permita obtener información para establecer un método de análisis de criticidad cuantitativo, esto de la mano de herramientas de ingeniería como ponderación y cuantificación de parámetros.

Se recopiló y presentó la totalidad de maquinaria y equipos de la Planta de producción el molino COOPASAN, segmentándolos de acuerdo al proceso que hacen parte y la ubicación según el nivel de la planta.

5.1. Método de determinación de equipos críticos.

Para la ejecución de esta propuesta es necesario clasificar y establecer la importancia de los equipos, para más adelante estudiar los sistemas y subsistemas con metodologías del TPM (RCM) y así enfocar los recursos y políticas de mantenimiento a los equipos que conforman la línea de producción.

El criterio de Clasificación Multicriterio de Equipos Críticos, establece básicamente grados o niveles ABC de criticidad para los equipos, en donde el GRADO A representa los equipos de ALTA CRITICIDAD y son los equipos que requieren el máximo foco de aplicación de los recursos

de mantenimiento, GRADO B representa los equipos MEDIANA CRITICIDAD y el GRADO C que son los equipos de BAJA CRITICIDAD.

El cálculo del grado de criticidad está en función de parámetros importantes para el proceso productivo, los cuales se definen a continuación:

Producción: Este factor enmarca la relación que tiene los equipos con el proceso productivo y su impacto en la producción si este llegara a fallar.

Calidad: Es uno de los factores más importantes de competitividad, su logro y sostenimiento están regidos por las normas internacionales ISO, en este caso este factor está en función del impacto que genera la maquinaria en la calidad del producto terminado.

Seguridad y medio ambiente: Se relaciona con los efectos de seguridad tanto en el personal, las instalaciones y el medio ambiente en relación a la contaminación ambiental y de la empresa.

Mantenimiento: Este factor está relacionado con la complejidad técnica de los equipos, costos de mantenimiento y tiempos de intervención.

La aplicación de estos criterios está en función de la Misión, “Somos la cooperativa líder en el sector alimentario, especializada en desarrollar y ofrecer soluciones integrales al sector alimentario del país, con proyección internacional sobre las bases esenciales de la cooperación, ofreciendo a todos sus públicos objetivos el bienestar y progreso sostenible para la construcción de un mejor país”, y su Visión “Coopasan será para el año 2025 líder en la transformación radical del sector alimentario nacional, integrando producción, comercialización y educación, gestionando una actividad sólida y sostenible para la cooperativa y sus asociados”.

5.2. Criterios y parámetros para la selección de maquinaria y equipos.

En la *Figura 35* se puede observar los criterios de priorización, los cuales serán la base del estudio y clasificación del total de la maquinaria en alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad, esta tabla fue creada por el autor del proyecto y adaptada en conjunto con un equipo de trabajo de la planta de producción, el Jefe del Molino y el Jefe de mantenimiento quienes son el personal que tiene mayor conocimiento sobre el funcionamiento de la maquinaria y equipo y su relación con el proceso productivo.

Parámetros				
Nivel de criticidad	Producción	Calidad	Seguridad y medio ambiente	Mantenimiento
A	Detiene el proceso productivo, no existe equipo de reemplazo, genera atrasos considerables en la producción.	Perjudica directamente la calidad del producto terminado, origina insatisfacción en el cliente, afecta la calidad del producto en proceso, genera rechazos de producto.	Existe alto riesgo en la manipulación del equipo, ya sea eléctrico, mecánico, hidráulico, térmico, de ruido, incendio, derrames, manipulación de herramientas peligrosas. Crea efectos graves sobre personal y medio ambiente.	Genera costos de reparación altos, sorpresivos para el presupuesto, complejidad técnica de equipos, repuestos de difícil adquisición, personal con alta capacitación.
B	Detiene parcialmente el proceso productivo, existen alternativas, no impacta significativamente	Perjudica moderadamente la calidad final del producto terminado dentro de tolerancias admitidas, si afecta el producto en proceso existe la posibilidad de corregirlo.	Existen riesgos normales, previsibles o contemplados a personas y equipos, crea efectos moderados sobre personal y medio ambiente.	Genera costos de reparación moderados, contemplados en el presupuesto, complejidad técnica media de equipos, existe inventario de repuestos, personal con conocimiento básico de maquinaria o intervención dentro del área metropolitana.
C	Al detenerse no impacta el proceso productivo.	Afecta de forma mínima la calidad del producto o de un proceso.	Genera baja influencia de riesgo e inseguridad al personal y medio ambiente.	Bajos costos de reparación, contemplados en el presupuesto, la complejidad técnica de los equipos es baja, personal puede interactuar con la maquinaria teniendo en cuenta conceptos básicos de mantenimiento, repuestos de fácil adquisición.

Figura 35. Niveles y parámetros de criticidad.

Diagramas de criterios de prioridad: Se ha creado el diagrama Figura 36 el cual nos indica la ruta a seguir en la clasificación de maquinaria teniendo en cuenta los parámetros establecidos para identificar el grado o nivel de criticidad.

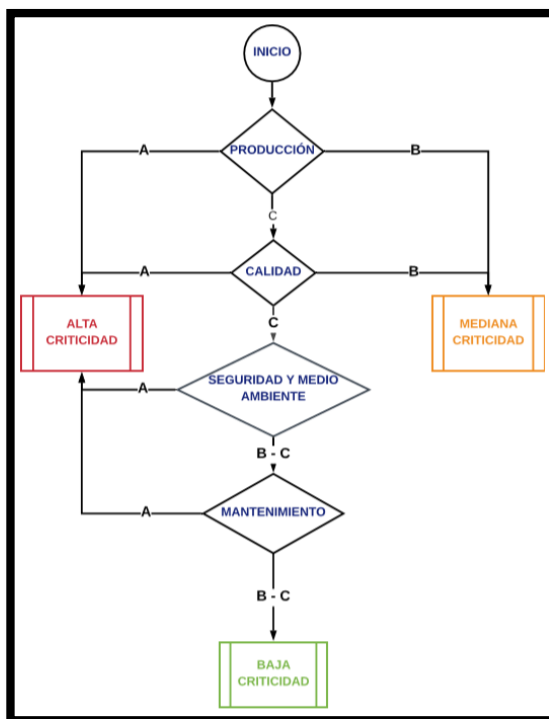


Figura 36. Diagrama de criterios de prioridad.

5.3. Niveles de criticidad según parámetros establecidos.

Siguiendo la ruta del diagrama de criterios de prioridad observamos las posibles combinaciones para establecer la criticidad *Figura 37*, la cual será la referencia para filtrar los equipos de la empresa y clasificarlos como altamente críticos, medianamente críticos y bajo nivel de criticidad.

PARÁMETRO	PRODUCCIÓN	CALIDAD	SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	MANTENIMIENTO
CRITICIDAD				
NIVEL [A] -> ALTA CRITICIDAD	A	A	A	A
	A	ABC	ABC	ABC
	ABC	A	ABC	ABC
	ABC	ABC	A	ABC
	ABC	ABC	ABC	A
NIVEL [B] -> MEDIANA CRITICIDAD	B	B	B	B
	B	BC	BC	BC
	BC	B	BC	BC
NIVEL [C] -> BAJA CRITICIDAD	C	C	C	C
	C	C	BC	BC

Figura 37. Posibles combinaciones para establecer criticidad.

5.4. Metodología para establecer la criticidad.

Para aplicar el análisis de criticidad en la planta de producción el molino de COOPASAN se aplicaron los siguientes pasos:

1. Levantamiento de información de maquinaria y equipos a estudiar, listado de maquinaria y equipos actuales que interactúan en el proceso.
2. Selección de un equipo de trabajo calificado para el estudio de este análisis, se tuvo en cuenta el personal que tiene mayor experiencia y conoce el proceso productivo de inicio a fin junto con la maquinaria que interactúa en el proceso, se interactuó con personal que tiene más de 20 años en la empresa.
 - Jefe de Molino: Mario Acosta
 - Jefe de Mantenimiento: Pablo Mogollón
 - Auxiliar del Molino: Elí Marín
3. Informar al personal de la importancia del estudio
4. Aplicación o clasificación de los equipos de acuerdo a la metodología establecida.

5.5. Resultados obtenidos.

La aplicación mediante el método multicriterio, permitió crear una lista de equipos ya clasificados según los parámetros establecidos y así segmentarlos según su nivel de criticidad, *Figura 38*.

	<i>Nivel de criticidad A</i>
	<i>Nivel de criticidad B</i>
	<i>Nivel de criticidad C</i>

Figura 38. Niveles de criticidad.

El porcentaje de equipos críticos es 60,40% sobre el total de maquinaria estudiada, el porcentaje de equipos con mediana criticidad es 16,83% de la totalidad de la maquinaria estudiada y el porcentaje de equipos con baja criticidad es de 22,77% de la totalidad de maquinaria.

De acuerdo al alcance del proyecto se estableció que este se enfocará en un 50,82% del total de equipos críticos (*Ver Apéndice D*), principalmente por decisiones administrativas de la planta, la jefe de Manufactura, jefe de molino, jefe de mantenimiento y Gerencia, se escogió parte de la maquinaria que pertenece al proceso de Molienda la cual representada en el 48,51% del total de la maquinaria del proceso productivo Tabla 7.

Tabla 7.

Procesos y cantidad de maquinaria.

<i>PROCESO</i>	<i>CANTIDAD MAQUINARIA</i>	<i>% PROCESO</i>
<i>Pesaje</i>	1	0,99%
<i>Descargue</i>	2	1,98%
<i>Pre-Limpia</i>	4	3,96%
<i>Almacenamiento de trigo</i>	11	10,89%
<i>Almacenamiento en bodega</i>	2	1,98%
<i>Limpia 1</i>	8	7,92%
<i>Acondicionamiento</i>	5	4,95%
<i>Almacenamiento moje</i>	4	3,96%
<i>Limpia 2</i>	4	3,96%
<i>Molienda</i>	49	48,51%
<i>Aditivación y fortificación</i>	4	3,96%
<i>Cuarto Mejorantes</i>	2	1,98%
<i>Empaque PT</i>	4	3,96%
<i>Planta</i>	1	0,99%
<i>TOTAL, MAQUINARIA</i>	101	

Es necesario entender que el proceso de Molienda es un proceso fundamental en toda la cadena de valor del proceso productivo de harina de trigo, en este proceso se agregan las diferentes características nutricionales, se tritura y comprime el grano de trigo, también se seleccionan las diferentes referencias y se empaca el producto terminado de la cooperativa de panificadores de Santander, es por esto que es de vital importancia garantizar el correcto funcionamiento, confiabilidad y mantenibilidad de la maquinaria.

5.6. Codificación para la maquinaria y equipos del proceso productivo.

Para iniciar con las prácticas de mantenimiento preventivo y mantenimiento autónomo es necesario prever posibles confusiones y errores dentro del proceso, se hace necesario el orden y clasificación de información por máquinas debido a la variedad de las mismas, se planteó una codificación de las máquinas que pertenecen a todo el proceso productivo de la planta. El método aplicado permite convertir un carácter de un lenguaje natural en un símbolo de otro sistema de representación. Los códigos se unen para referenciar bienes que tienen características diferentes entre sí.

La codificación se hace con el objetivo de facilitar la organización de datos históricos, formatos y fichas representativas del proceso contribuyendo con valores importante en el momento de calcular un indicador de gestión, adicionalmente se crean con el objetivo de incorporarse a las actividades que conllevan la adopción futura de sistemas de información. Cabe resaltar que la codificación se debe acoplar a la caracterización del proceso productivo de la empresa, esta debe ser lógica fomentando la relación de las diferentes variables acordes al programa reduciendo la confusión. El paso a paso implementado se describe a continuación.

5.6.1. Listado de maquinaria. En primera instancia fue necesario conocer el proceso productivo e identificar toda la maquinaria que agrega valor al producto final en cada fase, se estableció la cantidad de máquinas haciendo un inventario total de los equipos de forma ordenada, clasificándolos por cada parte del proceso productivo. El trabajo de grado enfoca sus recursos en los equipos críticos de la planta mencionados en el ítem anterior 5.5.

5.6.2. Parámetros de codificación. El código está caracterizado por la estandarización de cinco parámetros claves, que clasifican los equipos en planta: *Ver Tabla 8.*

- Sección: Considera todas las áreas de la infraestructura de la planta.

Tabla 8.

Parámetro Sección.

CÓDIGO	NOMBRE SECCIÓN
OF	Oficinas (Administrativas, calidad, báscula)
PR	Producción (Molino de la planta)
AL	Almacén
PF	Planta física

- Proceso: Hace referencia al conjunto de actividades a lo largo de la planta que agregan valor al producto terminado. *Ver Tabla 9.*

Tabla 9.

Parámetro - Proceso.

CÓDIGO	PROCESO
PES	Pesaje de Materia Prima
DES	Descargue de Materia Prima
PREL	Pre-Limpia
ALM1	Almacenamiento trigo (silos 1-8)
ALM2	Almacenamiento (Bodega)
LIM1	Limpia 1
ACO	Acondicionamiento
ALM3	Almacenamiento Moje (silos 9->11)
LIM2	Limpia 2
MOL	Molienda
A&F	Aditivación y fortificación
CM	Cuarto Mejorantes
EMP	Empaque PT

- Tipo de equipo: Caracterización mediante tres letras del nombre de la máquina que interviene en el proceso, existe más de una unidad por tipo de máquina. *Ver Tabla 10.*

Tabla 10.

Parámetro – Tipo de equipos.

#	CÓDIGO	EQUIPO	CANTIDAD
1	RGC	Reguladores de carga	11
2	BAT	Bancos de trituración	4
3	BAC	Bancos de compresión	8
4	EDB	Esclusa de molienda	13
5	EDC	Elevadores de cangilones	4
6	DES	Desatador	4
7	DEG	Degregador	2
8	TOL	Tolva PT	3
9	DOS	Dosificadora	3
10	ROS	Rosca	7
11	BAS	Báscula	4
12	TRA	Transformador	1
13	MEZ	Mezcladora	2
14	CAN	Canal de aspiración	2
15	PUL	Pulidora de salvado	2
16	VIB	Vibrador	2
17	MOT	Motor de arrastre	1
18	CAD	Cadena de arrastre	1
19	CRI	Criba tambor	1
20	CIC	Ciclón	2
21	SEP	Separador de granos	1
22	MAN	Separador intermedio -Mana	1
23	DSC	Deschinadora	1
24	DSP	Despuntadora horizontal	1
25	MYF	MYFD	1
26	MOJ	Mojadora	1
27	MOF	MOZG	1
28	PUT	Pulidor de trigo	1
29	TAR	Tarara	1
30	FIL	Filtro Molienda-Esc-Neum	1
31	SOB	Soplante de barrido	1
32	SAS	Sasor	1
33	VEN	Ventilador	3
34	CER	Cernedor	1
35	TUR	Máquina de tamizado-TurboSatr	1
36	MOL	Molino de martillos	1
37	FBS	Filtro de baja del sasor	1
38	TUR	Turbina del filtro neumático	1
39	MIC	Micro ciclón-esclusa	2
40	TOE	Tolva-esclusa h3	2
TOTAL			101

- Número de equipo: Es el número en orden que le corresponde a las máquinas con cantidades mayores a una unidad.
- Piso: Nivel de la planta en la que se encuentra ubicada la máquina, la planta de producción cuenta con cinco niveles enumerados en orden ascendente de uno a cinco (1,2,3,4,5).

5.6.3. Código. El código final es la unión de los parámetros establecidos anteriormente *ver Figura 39*, una vez creado el código este se debe asignar a toda la maquinaria y equipo de la planta para garantizar la caracterización de los mismos y el control de información.

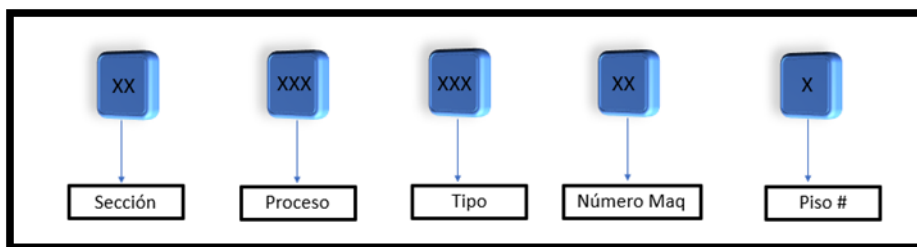


Figura 39. Codificación de maquinaria.

De la siguiente forma se codificarán los equipos de la planta *ver Figura 40*, a su vez se han enlistado todos los equipos con su respectivo código (*Ver Apéndice E*).

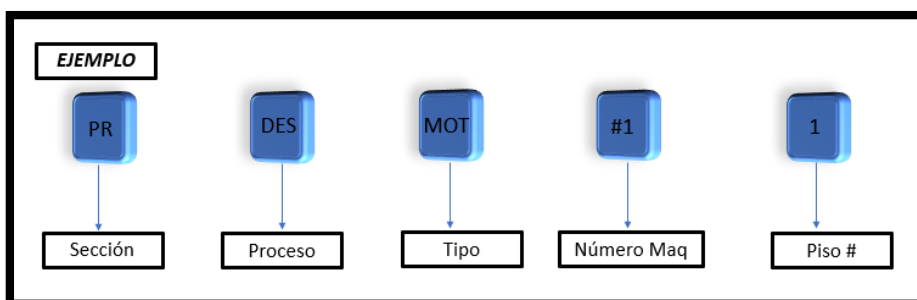


Figura 40. Ejemplo de codificación del Motor de arrastre del Proceso de descargue.

6. Programa de Mantenimiento Autónomo.

La planta de producción a lo largo de los años ha venido manejando una cultura errónea con respecto al área de mantenimiento como se pudo evidenciar en el capítulo 4. El programa de mantenimiento autónomo es para la empresa un paso en la mejora del área, prácticas simples de cuidado personal, en el área de trabajo y ajustes menores de la maquinaria permiten crear un cambio de cultura en las buenas prácticas de mantenimiento. Para lograr este cambio fueron necesarias en primera instancia capacitaciones por parte del estudiante mediante la campaña TPM-COOPASAN (ver *Figura 41*) con el personal y así crear polivalencia en los mismos, fue importante generar conciencia sobre la situación por la que el área estaba pasando, lo que como ficha clave creó un sentido de pertenencia en el personal y así mismo disposición en la implementación del programa de mantenimiento autónomo.



Figura 41. Campaña TPM - COOPASAN.

El desarrollo del programa fue posible gracias al seguimiento de una serie de pasos recomendados por el Instituto Japonés de Mantenimiento de plantas (JIPM – Japan Institute of Plant Maintenance) los cuales se observan en la Tabla 11 con el objetivo de llevar progresivamente el programa en el periodo de ejecución del proyecto. Las etapas permitieron:

- Establecimiento de tareas necesarias para el programa.
- Metodología de las 5S's para el área de la molienda y el taller de mantenimiento.
- Evaluación del área y mejoras mediante la lista de chequeo JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance).

- Estandarización y documentación del programa de Mantenimiento Autónomo.

Tabla 11.

Guía del programa de Mantenimiento Autónomo.

MANTENIMIENTO AUTÓNOMO		
ETAPA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
1	Inducción al programa de Mantenimiento Autónomo	Palanteamiento de objetivos, creación de documentos bases, divulgación del programa
2	Limpieza inicial (limpieza profunda).	Eliminación de suciedad, escapes, polvo, identificación de "fugui"; ajustes menores.
3	Acciones correctivas en la fuente.	Evitar que el equipo se ensucie nuevamente, facilitar su acceso, inspección y limpieza inicial; reducir el tiempo empleado en la limpieza profunda.
4	Preparación de estándares de inspección.	Se diseñan y aplican estándares provisionales para mantener los procesos de limpieza, lubricación y ajuste. Una vez validados se establecerán en forma definitiva.
5	Inspección general.	Entrenamiento para la inspección haciendo uso de manuales, eliminación de pequeñas averías y mayor conocimiento del equipo a través de la verificación.
6	Inspección autónoma.	Formulación e implantación de procedimientos de control autónomo.
7	Estandarización.	Estandarización de los elementos a ser controlados. Elaboración de estándares de registro de datos, controles a herramientas, moldes, medidas de producto, patrones de calidad, etc. Elaboración de procedimientos operativos estándar. Aplicación de estándares
8	Control autónomo pleno.	Aplicación de políticas establecidas por la dirección de la empresa.

6.1. Etapa 1: Inducción al Programa de Mantenimiento Autónomo.

En primer lugar, se hizo una inducción al programa mediante las siguientes actividades:

6.1.1. Objetivos del programa. Teniendo en cuenta la problemática inicial, se establecen metas con el fin de mejorar el área de mantenimiento, a través de buenas prácticas de mantenimiento.

- Adquirir conocimiento y aprendizaje por medio del estudio del equipo, formando trabajadores competentes y proactivos para el óptimo manejo del equipo, ajuste, arme y desarme, limpieza, y tareas básicas de mantenimiento.

- Orientar al personal sobre la necesidad de cambio, mediante el compromiso compartido de tareas desarrollando habilidades para el análisis y solución de problemas. Cultura organizacional orientada a la mejora continua y a la gestión colaborativa.
- Crear áreas de trabajo agradables, seguras, libres de residuos y que permitan mejorar la seguridad y productividad en la ejecución de tareas de mantenimiento.
- Culturizar mediante el programa de mantenimiento autónomo, creando labores de limpieza, desinfección e inspección de maquinaria para no solo corregir, también para identificar problemas.

6.1.2. Determinación del área piloto del programa. El trabajo de grado hace referencia a la inversión de recursos para los equipos más importantes de la planta, en función de parámetros como lo son, seguridad, producción, costos y mantenimiento, direccionamiento enfocado por la gerencia e impacto de las mejoras, es por esto que el programa de mantenimiento autónomo será ejecutado sobre los equipos críticos del área del proceso de molienda.

6.2. Etapa 2: Limpieza Inicial.

Una vez familiarizado el personal con la importancia del programa tanto ellos como para la planta y la maquinaria, se empiezan a abordar los primeros pasos ejecutables como lo es la etapa inicial del programa que consta de establecer una jornada de aseo con el fin de identificar posibles problemas de funcionamiento de los equipos, creando conciencia en los operarios de lo importante que es garantizar las condiciones básicas de los equipos previniendo fallas y futuras dificultades de operación en los mismos. Sobre el mismo espacio se implementaron listas de chequeo (5S's – JIPM), con el fin de evaluar la situación actual evidenciando falencias, las cuales el programa de mantenimiento autónomo abordará y transformará en oportunidades de mejora del área.

6.2.1. Metodología de las 5S's. Es importante en el área de la molienda garantizar condiciones de trabajo que permitan la ejecución de labores de forma organizada, ordenada y limpia, estas condiciones se crean a través de reforzar los buenos hábitos de comportamiento e interacción social, creando un entorno de trabajo eficiente y productivo, eliminando despilfarros lo que permite mejorar la calidad de la organización.

Para la implementación se diseñó una lista de chequeo de 5S's con el fin de generar un diagnóstico situacional, conocer el estado inicial y que actividades de mejora se pueden efectuar, el procedimiento en el área piloto se muestra a continuación.

1. Establecimiento del área a evaluar.
2. Crear el cuestionario de 5S's. (*Ver Apéndice F*).
3. Mediante observación directa, asignar puntaje a cada S en el cuestionario.
4. Ponderación de los ítems calificados.
5. Análisis de resultados – Gráfica.
6. Conclusiones.
7. Mejoras a efectuar.

Siguiendo el procedimiento que describe la aplicación del cuestionario 5S's, en el que se pueden observar los ítems evaluados por cada S. La asignación de puntajes se hizo mediante una escala de 1 a 5 la cual representa el nivel de cumplimiento de cada ítem evaluado, a continuación, se describe dicha calificación:

- 5: El estado observado garantizan el cumplimiento total del aspecto evaluado.
- 4: El estado observado demuestra que se cumple con lo requerido, aun así, se observa alguna debilidad en el ítem.
- 3: El estado observado indica falta de interés en el mantenimiento del ítem.
- 2: El estado observado manifiesta claramente que merece atención inmediata.
- 1: El estado observado demuestra un cumplimiento insuficiente por lo que es un punto crítico a trabajar.

El proceso de ponderación y análisis de resultados se hace mediante el siguiente instructivo.

Ponderación o Puntuación total: Es la sumatoria del puntaje obtenido de todos los ítems o preguntas evaluadas por cada S.

% de cumplimiento: Es el porcentaje que representa el nivel de ejecución de cada S sobre el 100% o puntaje teórico máximo, el valor máximo posible de cada pregunta es de cinco (5) y el teórico máximo es de cinco (5) multiplicado la cantidad de preguntas que se hicieron en cada S.

$$\left(\frac{\text{Puntuación Total}}{\text{Puntuación Máxima Teórica}} \right) * 100$$

El nivel de cumplimiento Global se obtiene promediando los % de cumplimiento de cada S.

6.2.2. Resultados obtenidos 5S's. Una vez aplicada la lista de chequeo japonesa en el área se puede concluir que el nivel de cumplimiento de las 5S's en general fue del 40,17% siendo este afectado por el nivel de cumplimiento de cada S los cuales fueron para Seiri: Clasificación 26,67%, Seiton: Orden 65%, Seiso: Limpieza 45%, Seiketsu: Estandarizar 27,5% y Shitsuke: Disciplina 36,67%, lo que refleja la existencia de múltiples puntos críticos a mejorar los cuales no satisfacen las condiciones que un programa de 5S's pretende alcanzar. Ver Figura 42.

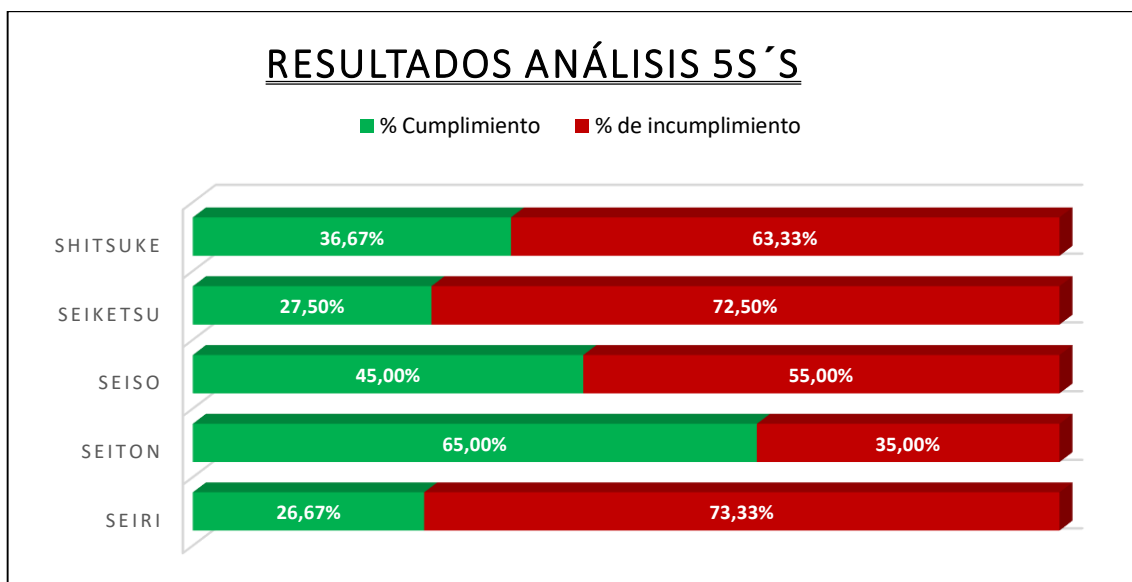


Figura 42. Resultados de la Metodología 5S's.

El método de observación directa en el área de molienda permitió encontrar algunos aspectos importantes a mejorar, estos aspectos se enlistan a continuación.

- No existe clasificación clara de herramientas y materiales a usar para las labores de limpieza y mantenimiento en el área de molienda.
- Solo el técnico de mantenimiento conoce el inventario de herramientas.
- Las herramientas necesarias para intervenir la maquinaria están en un cuarto lejano del área de molienda, no están cerca de las áreas de trabajo lo que crea demoras en la adquisición de las mismas.
- Existen croquis de herramientas en tablas de madera antiguas e incompletas, las cuales no cumplen requerimientos de la resolución 2674 del 2013 del ministerio de salud y protección social, vigilada por el INVIMA.

- Se encuentran materiales, partes de máquinas e insumos que no corresponden al área de molienda.
- No existe un lugar de trabajo para el desmonte de partes, lubricación y trabajos de mantenimiento.
- No existe un programa de disposición de barreduras y residuos dentro del área de la molienda.
- Las máquinas tienen una óptima ubicación, aun así, no todas las zonas están demarcadas.
- Hay presencia de polvos, suciedad en el área.
- Se observa maquinaria y equipos carchados y sucios, se evidencia la falta de limpieza.
- Se encuentra producto en proceso debido a fugas en ductos y equipos lo cual crea un ambiente contaminado.
- La jornada de limpieza no se planifica, se ejecuta cuando el proceso para, en periodos aproximados de cada 3 meses.
- La lubricación es la actividad más destacada en el área, aun así, no se planifica con orden.
- No existe un programa de limpieza para la maquinaria, no está estandarizado.
- Se detectan fugas, pero no se registran para mejorar.
- Las tareas de inspección no hacen parte de los programas de limpieza.
- No existe una documentación clara que guíe a los operarios en un proceso de limpieza, desinfección, lubricación y manejo de residuos.
- No existe consciencia de la importancia de un programa de 5S's dentro del área estudiada.
- El personal tiene disposición a la mejora, punto a favor para la ejecución del programa de mantenimiento autónomo.
- La cultura de limpieza e inspección tiene muchas oportunidades de mejora.

6.2.3. Limpieza inicial formato JIPM. La razón principal de un programa de mantenimiento autónomo, independientemente de los instructivos, reportes y documentos necesarios, es *hacer de las jornadas de limpieza una inspección*, es decir que, a través de la jornada de limpieza inicial, se identifiquen, fugas, defectos y anomalías tanto en las máquinas como en el proceso productivo,

para que a partir de esta identificación se creen jornadas de inspección con el fin de vigilar, medir y controlar lo encontrado en esta jornada.

Se programó la jornada de limpieza inicial en la cual se concientizó al personal de la importancia de la misma, con el fin de entender que no se debe limpiar por limpiar, la idea es identificar fallas en los equipos y crear un proceso de inspección para prevenir futuros problemas en la operación de los mismos. El registro de la jornada se llevó a cabo en un formato en el cual se enlistan las máquinas y los problemas correspondientes al tipo de suciedad, como lo son derrame de producto en proceso, exceso de residuos, exceso de impurezas, fugas; es en este formato la base para llevar un control en los problemas y ejecutar las acciones correctivas, en los siguientes pasos. Como estudio de la jornada se ejecutó una lista de chequeo (*Ver Apéndice G*) diseñada en base a la lista de chequeo sugerida por el Instituto Japonés para el mantenimiento de plantas (Nakajima Seiichi) la cual estudia 6 ítems correspondientes a:

- Limpieza de equipos y componentes.
- Lubricación.
- Limpieza alrededor del equipo.
- Eliminar causas de polvo suciedad y fugas.
- Mejorar el acceso a puntos difíciles de alcanzar.
- Definición de estándares de limpieza para cada equipo.

La forma de asignar el puntaje a cada ítem evaluado es igual a la asignación de puntaje de la lista de chequeo de las 5S's. Para la vigilancia y control de los reportes de anomalías en la jornada de limpieza se utilizó el *Formato Localización de fuentes de suciedad MTTO- FO – 002* (*ver Apéndice H*). para registrar las fugas, fuentes de suciedad y en general problemas encontrados en esta jornada.

6.2.4. Resultados Obtenidos JIPM. Aplicada la lista de chequeo en el área de molienda se puede concluir que se alcanza un nivel porcentual de limpieza del 43,33%, se observa que los ítems evaluados tienen un promedio bajo exceptuando el ítem de Lubricación el cual alcanza un nivel porcentual del 80%. A continuación en la *Figura 43* se presentan los resultados obtenidos y el listado de puntos críticos los cuales reflejan el bajo cumplimiento en el área, estos deben ser tratados con el programa de mantenimiento autónomo.

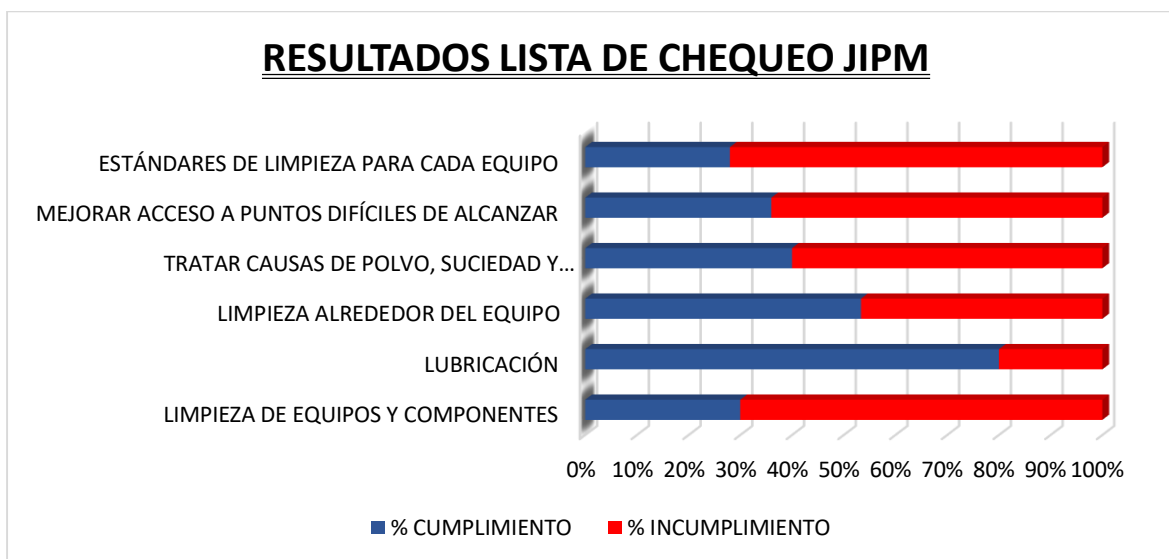


Figura 43. Resultados JIPM.

La lista de chequeo del Japan Institute of Plant Maintenance permitió conocer las falencias que tiene el área de molienda en los 6 aspectos evaluados, las oportunidades de mejora se enlistan a continuación.

- Se encuentra polvo, suciedad en las superficies, aceite, grasas y material carchado adherido en partes internas de la maquinaria.
- En la jornada se encontraron piezas desajustadas, con "fuego", y tornillería que necesitaba el ajuste correspondiente.
- Las labores de lubricación tienen un adecuado control, aun así, se debe establecer su periodicidad.
- No existe un lugar estándar para la localización de herramientas necesarias para la ejecución de labores de limpieza, estas se encuentran en desorden por toda el área de molienda.
- Es necesario hacer un inventario de herramientas, establecer con claridad la necesidad de las mismas para su uso.
- Las placas de identificación de equipos están en muy mal estado, no hay demarcación de maquinaria.
- Existen plataformas móviles en el piso, las cuales cuando se retiran sirven para subir mediante una polea equipos pesados del primer al quinto piso, son seguras, pero no están

demarcadas con la respectiva señalización preventiva que señala *la resolución 2400 de 1979 por el COPASST*.

- Se presenciaron fugas en diferentes tuberías, mangas de maquinaria, ductos del flujo del proceso.
- No existe un programa de manejo de producto conforme y producto no conforme, residuos, barreduras, control de aseo dentro del área.
- En la jornada se ejecutan actividades de limpieza, pero no se lleva el siguiente paso que es la identificación de las causas de polvo, suciedad, producto en proceso derramado, fugas y posibles fuentes de suciedad para posterior corrección.
- No existe una descripción de los procedimientos para ejecutar las labores de limpieza e inspección.
- Se ignoran las áreas de acceso difícil en las jornadas de limpieza, no existen herramientas ni procedimientos para intervenirlas.
- No existen jornadas de limpieza en la planta, se ejecutan cuando hay paradas por falta de materia prima, no se tiene ni el tiempo ni el espacio establecido.
- No existe un estándar de limpieza, instructivos de mantenimiento autónomo, listas de inspección.
- La entrega de cambios de turnos no incluye aspecto de aseo y orden del puesto de trabajo.

Se puede observar que la lubricación es una actividad que se ejecuta con frecuencia, según el estudio fue la que obtuvo el valor de cumplimiento más alto, pero se encontró que es una labor efectuada por el jefe de mantenimiento y no por los operarios, existen procesos de lubricación periódicos los cuales permiten un buen funcionamiento de los equipos, los niveles de grasa y aceite se mantienen en condiciones adecuadas, no se observan derrames de líquidos ni aceites.

6.2.5. Tareas de Mantenimiento Autónomo. Una vez diagnosticada el área de estudio con la metodología 5S's y la lista de chequeo JIPM, es necesario garantizar las condiciones ideales de los equipos mediante el programa de Mantenimiento Autónomo, el cual establece las siguientes tareas:

- Establecer bases para la ejecución de la metodología 5S's en el área de molienda.
- Hacer un inventario de herramientas necesarias para la intervención de la maquinaria.

- Crear croquis adecuados para asignar en lugares adecuados las herramientas y así estén a disposición del personal.
- Demarcar áreas de máquinas, áreas de manejo de residuos.
- Crear tarjetas de identificación de maquinaria.
- Crear un programa de aseo y limpieza
- Jornada de aseo y limpieza
- Establecer documentación de instructivos de mantenimiento autónomo, limpieza, uso herramientas.
- A partir del formato de localización de fuentes de suciedad establecer correctivos.

6.3. Etapa 3: Acciones correctivas.

Un punto a favor del programa de mantenimiento productivo total es el control que se efectúa sobre los problemas encontrados, en este paso con un grupo de trabajo se estudian las causas de los problemas enlistados en el formato de localización de fuentes de suciedad para poder corregirlos, se determinaron las causas reales con el siguiente cuestionario.

¿Cuáles son las máquinas, áreas de máquinas y piezas que se ensucian?

¿Cuándo, cómo y por qué se ensucian?

¿Qué tipo de suciedad se presenta?

¿Qué problema se encontró y cuál fue su causa?

Se puede concluir que la mayor problemática que tiene la planta de producción, en específico el área de molienda es la falta de limpieza en los equipos lo que causa acumulación de polvos, producto en proceso, material carchado en diferentes partes de las máquinas, generando acumulación de plagas como lo son en la industria de harinas el gorgojo y la polilla (*ver Figura 44*) es aquí en donde se entiende la gran importancia de las jornadas adecuadas de limpieza con el fin de garantizar un producto de calidad y maquinaria en excelentes condiciones, las cuales brindaran al usuario final un producto confiable. Este programa apoya el sistema de inocuidad alimentaria Análisis de Peligros y Puntos críticos de control APPCC (HACCP) del área de calidad en COOPASAN el cual brinda un apoyo en el camino que afronta la Cooperativa en la certificación de BPM.

Por otro lado, se evidenciaron fugas en ductos y maquinarias, fugas que normalmente se detectan y nunca se corrigen; esta jornada permitió la detección de fugas y el registro de las mismas en el formato *Localización de fuentes de suciedad MTTO- FO - 002*, se muestra el listado de problemas encontrados y como se corrigieron (Ver Figura 45) gracias al aprovechamiento del capital humano de la planta. (Ver Apéndice H), Archivo ACCIONES CORRECTIVAS ETAPA 3 M.A.



Figura 44. Plagas - Proceso de molienda.



Figura 45. Jornada de Limpieza y desinfección de máquinas.

6.4. Etapa 4: Preparación de estándares de inspección.

Con la información obtenida en la jornada de limpieza se establecen las bases esenciales de los procedimientos necesarios para la ejecución del mantenimiento autónomo. Es necesario crear los estándares de inspección adecuados para vigilar, controlar y garantizar las condiciones básicas de los equipos. Estos estándares son un refuerzo, una mejora de las actividades ejecutadas en las etapas anteriores las cuales pretenden crear un hábito de cuidado en el operario sobre la maquinaria estudiada.

A continuación, podemos observar los estándares creados para un adecuado programa de mantenimiento autónomo, los formatos cumplen con una codificación estandarizada por el área de aseguramiento de la calidad, dicha codificación para el área de mantenimiento fue creada desde cero debido a que no se manejaba ningún tipo de información sobre el área. Los formatos creados se pueden observar en el *Apéndice H*. Junto con los instructivos de Mantenimiento Autónomo.

- Formato de localización de fuentes de suciedad. *MTTO – FO - 002*
- Formato para órdenes de trabajo (O.T.). *MTTO – FO - 004*
- Formato inspección en molienda. *MTTO – FO - 003*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Filtro de molienda. *MTTO – IT – 004.*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Esclusas. *MTTO – IT - 003*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Cernedor. *MTTO – IT - 002*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de TurboStar. *MTTO – IT - 006*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Sasor. *MTTO – IT - 005*
- Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Bancos de molienda. *MTTO – IT – 001*
- Instructivo de manejo de residuos de limpieza. *MTTO – IT – 015.*
- Fichas técnicas de los equipos. (*MTTO – FT – 001; MTTO – FT – 002; MTTO – FT – 003; MTTO – FT – 004; MTTO – FT – 005; MTTO – FT – 006; MTTO – FT – 007; MTTO – FT – 008*). (Ver *Apéndice I*).

6.5. Etapa 5: Inspección general orientada.

En esta etapa se hace un refuerzo al programa mediante la capacitación individual de los operarios, debido a la intensidad horaria que se maneja en el molino, se aborda a los jefes, líderes y operarios del molino de forma individual, con el fin de capacitar al personal en temas relacionados al programa de mantenimiento autónomo. La idea fue socializar las mejoras propuestas con el personal, ya que este es quien interactúa con el proceso y las labores básicas de limpieza que se quieren abordar en el programa, se socializaron los diferentes formatos guía como lo fueron los instructivos de limpieza y desinfección de las máquinas, este estándar es de gran apoyo para el operario ya que sirvió para entender la forma en cómo se deben ejecutar las labores (Instructivo de mantenimiento autónomo, limpieza y desinfección de Bancos de molienda. *MTTO – IT – 001; se creó un instructivo por máquina*). Ver Figura 47.

A su vez de la mano de los líderes de producción se simulaban rutinas de inspección en molienda con el formato (*Formato Inspección en molienda MTTO- FO – 003*), en las cuales se capacita al líder para que ejecute el formato diariamente de forma correcta, verifique anomalías, las reporte y haya manejo de información en el área. A los operarios con el formato de localización de fuentes de suciedad. *MTTO – FO – 002* en el cual es necesario el reporte de las anomalías encontradas en cada jornada de limpieza que se establecerá.

Se dieron a conocer los principales componentes de la maquinaria gracias al levantamiento de información de las máquinas por parte del estudiante, esta se plasmó en las fichas técnicas (*MTTO – FT – 001; MTTO – FT – 002; MTTO – FT – 003; MTTO – FT – 004; MTTO – FT – 005; MTTO – FT – 006; MTTO – FT – 007; MTTO – FT – 008*) lo que creó una relación idónea entre el personal y la maquinaria a la hora de abordarla para las tareas básicas de mantenimiento.

La ejecución del programa de mantenimiento autónomo va de la mano con la idea de tener una cultura de orden y limpieza, es por esto que se capacitó también con el programa de manejo de residuos de limpieza, en el cual se explica la forma idónea de dar disposición final a los residuos causados por las jornadas de limpieza y desinfección de maquinaria, como base se toma el *instructivo para manejo de residuos de limpieza MTTO – IT – 015*.

Es de gran ayuda dentro del programa de mantenimiento autónomo la metodología de las 5S's (Ver Figura 46) la cual creará las bases para la implementación del programa, permitiendo la

formación de los hábitos de limpieza y orden entre los trabajadores del área de la molienda. En la primera etapa se diagnosticó la cultura 5S's con una lista de chequeo la cual generó diferentes oportunidades de mejora, estas oportunidades se estudiaron y abordaron con el programa 5S's para minimizar tiempos de búsqueda de herramientas, la cantidad de desplazamientos, reducir riesgos de accidentalidad al personal y visitantes con una correcta demarcación de maquinaria y zonas peligrosas, el orden dentro del área de trabajo para crear un ambiente limpio y con lo necesario en planta, todo esto para mantener un ambiente de trabajo armonioso.

6.5.1. Programa de 5S's en el área de molienda y taller de mantenimiento.

5 S's		
DENOMINACIÓN		CONCEPTO
JAPONES	ESPAÑOL	
Seiri 整理	Clasificación	Separar innecesarios de necesarios, prescindir de cosas innecesarias
Seiton 整頓	Orden	Hacer tal modo que se pueda disponer de cosas requeridas inmediatamente
Seiso 清掃	Limpieza	Mantener el sitio de trabajo siempre aseado
Seiketsu 清潔	Estandarización	Mantener las 3S's es decir, clasificación, orden y limpieza
Shitsuke 躰	Disciplina	Cumplir con las decisiones.

Figura 46. 5S's.

En esta fase del programa se logró dar inicio a la metodología de las 5S's, dando prioridad al área de la Molienda y al taller de mantenimiento. El objetivo fue crear un ambiente laboral seguro, ordenado y limpio, mediante la gestión de orden y aseo que permita mejorar las condiciones laborales con el fin de llevar hacia el bienestar laboral y personal al grupo de trabajo del área de molienda de la planta de producción, optimizando el proceso productivo y el espacio físico de la planta.

	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL T.P.M.		Código: MTTO – IT - 001
	INSTRUCTIVO DE LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN PARA BANCOS DE MOLIENDA		Elaboró ÁREA DE MANTENIMIENTO.

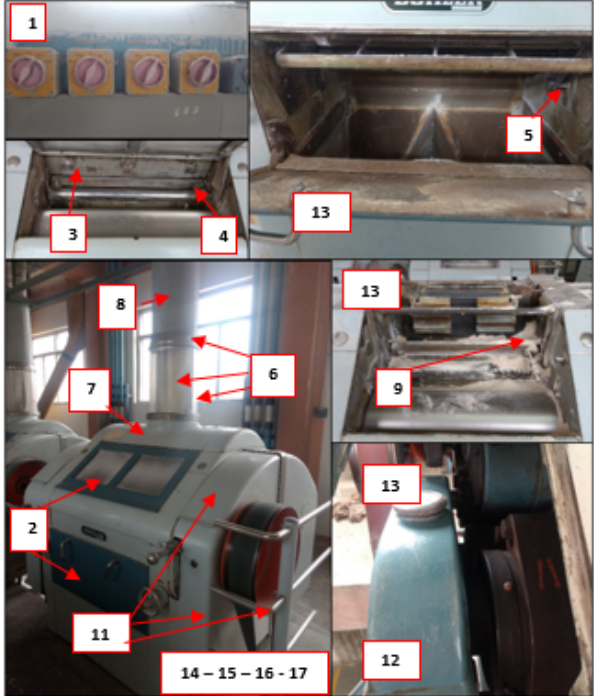
PROCEDIMIENTO PARA LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN DE BANCOS DE MOLIENDA.			
1. Antes de intervenir la máquina se debe desenergizar accionando el interruptor de la transmisión 1 o 2 según corresponda, colocarlo en modo off para garantizar las condiciones de seguridad. 2. Desajustar manualmente la entrada superior y la puerta de armazón inferior. 3. Quitar el eje guiador de la parte interna del banco mediante los agarres. 4. Retirar la cuchilla superior de los bancos con la llave de media de cromo. 5. Retirar la cuchilla raspadora, soltando la cadena para extraerla. 6. Subir el anillo del ducto de acrílico, retirar el divisor de producto, retirar el acrílico. 7. Retirar la tapa o capacete del banco de molienda. 8. Sondear la tubería del banco con la sonda de limpieza, con el cepillo suave limpiar el exceso de producto adherido a las partes internas de la máquina. 9. Con la aspiradora retirar el exceso de producto en la parte interna de difícil acceso. 10. Sopletear con el aire a presión toda la máquina. 11. Retirar las guardas de seguridad para poder retirar las cubiertas laterales inferiores manualmente para posterior lavado con agua y jabón, subir las caperuzas para poder limpiar la parte interna. 12. Con un trapo húmedo con agua y jabón retirar el aceite carchado y el polvo de la rueda dentada de mando y sopletear. 13. Fumigar los compartimientos con Pybuthrin. 14. Colocar la tapa o capacete del banco. 15. Colocar el acrílico en su posición original, bajar la campana y asegurar. 16. Colocar la cuchilla superior e inferior en su posición original. 17. Colocar el eje guiador de la parte interna, la entrada superior, la puerta de armazón, las cubiertas laterales y bajar las caperuzas. 18. Ya con la máquina armada, se procede a recoger los residuos según el instructivo de manejo de barreduras.			
Código: MTTO - PR - 001	Versión: 01	Página: 3 de 4	Instructivo de limpieza y desinfección de bancos de molienda

Figura 47. Ejemplo de Instructivo de limpieza y desinfección.

Como apoyo al programa se desarrollaron las siguientes actividades:

6.5.1.1. Capacitaciones. Gran importancia en el tema de las 5S's, fue la interacción necesaria con el personal, creando conciencia y orientando al personal en el cumplimiento del objetivo planteado de mantener una cultura de orden y limpieza logrando un ambiente de trabajo mucho más agradable. Se capacitó al personal de forma individual debido a la poca disponibilidad que tiene el proceso productivo, no permitiendo paradas en el proceso para dichas actividades, el estudiante abordó al personal en grupos pequeños y en otras ocasiones en forma individual, lo que permitió la concientización de la problemática más a fondo con cada operario y el óptimo aprovechamiento del tiempo de cada uno.

6.5.1.2. Demarcación de zonas seguras. El equipo de trabajo conformado por el practicante, el supervisor de seguridad y salud en el trabajo y dos operarios más, se llevó a cabo el trabajo, el cual consistió en demarcar según la norma las figuras, las cuales deben estar a treinta centímetros de la maquinaria con un grosor aproximado de 5 centímetros y el respectivo relleno con pintura color amarillo como lo establece la norma ver *Figura 48* lo que creó un espacio de seguridad entre máquina persona, esta actividad brindó un beneficio a todo el personal, visitantes y en general a toda persona que entre a la planta de producción, estableciendo los límites permitidos de contacto con alguna máquina. Ver *Figura 49*. TPM como metodología de mejora, creó un aporte para el área de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Planta, demarcando las zonas seguras como lo menciona la *resolución 2400 de mayo 22 de 1979 artículos 202 al 204 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social*, cumpliendo las características adoptadas por el *Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC*, normas 1461 y 1462. Para ver la mejora completa (Ver *Apéndice J*).

COLOR DE SEGURIDAD	SIGNIFICADO	USOS
	PROHIBICIÓN PARADA	Área restringida Prohibido Mecanismos de parada de emergencia
	OBLIGACIÓN INFORMACIÓN	Uso de elementos de Protección personal. Ubicación de sitios o elementos
	PRECAUCIÓN PELIGRO	Indicaciones de peligro (electricidad, radiación...) Guardas de maquinaria. Demarcación de áreas de trabajo y almacenamiento
	SEGURIDAD	Salidas de Emergencia, escaleras, lavajos... control de marcha en máquinas y equipos
	PREVENCIÓN	Costado y frente de escaleras. Elementos sobresalientes o muy bajos de las máquinas. Barandas y barreras. Parte baja de columnas.

Figura 48. Significado general de los códigos de seguridad. Tomado de:
http://199.89.55.129/scorecolombia/documents_co/herramientas/M5/Material_tecnico_apoyo/SGSST_2015/3.%20Planificaci%C3%B3n/5.%20Plan%20de%20Emergencias/Cartillas/Cartilla_se%C3%B1alizaci%C3%B3n



Figura 49. Mejora - Demarcación de maquinaria piso 2.

6.5.1.3. Disposición de herramientas por piso. Los procesos de inspección, ajuste y tareas básicas en la maquinaria son eficientes en cuanto al manejo de herramientas, ya que se mejoró su acceso para intervenirlas. Se cambió el sistema antiguo de disposición de herramientas ya que este

se veía precario y no contaba con las herramientas necesarias para los trabajos de mantenimiento, las herramientas se extraviaban y no se contaba con el inventario necesario. La mejora consistió en inventariar las herramientas por piso con ayuda del jefe del molino, quien tiene el conocimiento de las necesidades, con el fin de intervenir la maquinaria de forma óptima, al instante y con los elementos necesarios, la empresa dispuso los recursos necesarios para la mejora de este problema y así se instaló un nuevo sistema de gabinetes por piso, el cual se dispone en cuatro pisos de la planta, ahora se cuenta con las herramientas necesarias para intervenir la maquinaria en el momento que lo requiera. El sistema está compuesto por un gabinete en aluminio y su respectivo juego de llaves de seguridad, el cual permite un óptimo manejo de las herramientas evitando que estas queden en desorden por la planta o en dado caso se extravíen, las llaves quedan a cargo del jefe del molino quien las entrega al líder de producción de turno, cada líder responde por las herramientas utilizadas en su turno. Podemos observar la *Figura 50* en donde se aprecia el cambio, la mejora evidente del sistema en un comparativo Antes – Después. TPM como metodología de mejora creó un aporte al área de aseguramiento de la calidad, puesto que por normatividad del Instituto de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA, no permite el uso de elementos, gabinetes, organizadores, entre otros en material de madera dentro de las plantas de producción de alimentos, también creo un aporte a la nueva certificación que lleva la empresa en BPM. La mejora completa se puede evidenciar en el *Apéndice K*.



Figura 50. Mejora - Gabinetes para herramientas.

6.5.1.4. Referencia de Bancos. Se referenció la maquinaria con etiquetas descriptivas, en donde se muestra el nombre de la máquina, la referencia del modelo, el paso del proceso de molienda al que pertenece y la marca, diferenciado si es un banco de trituración o compresión y por último el número del catálogo guía. *Ver Figura 51.*



Figura 51. Mejora - Referencia de Bancos de Molienda.

6.5.1.5. 5S's en el área de molienda. Como metodología de mejora aplicada, se puede observar que el área de molienda tuvo un impacto positivo gracias a la aplicación de las 5S's, antes de la aplicación de la metodología se evidenciaban materiales, repuestos, partes de máquinas en desorden que no corresponden al área en la misma, se evidenciaba producto en proceso en los pisos lo que puede causar un accidente sin mencionar lo desagradable que se ve la planta con este material en el piso, todo esto como lo mencionamos en el ítem 6.2.2. Hoy en día se garantizaron áreas en orden, limpias y agradables, esto gracias al esfuerzo del personal por aceptar el cambio y la disposición con las jornadas de limpieza y la periodicidad establecida de aseo, hay que recalcar que el cambio cultural del personal no es tarea fácil ya que este tiende a recibir estos compromisos de mejora como el aumento de la responsabilidad en sus labores diarias, ya que se suman labores de limpieza, inspección, orden y cuidado por el puesto de trabajo. El trabajo contante de los tres primeros pasos de la metodología (clasificar, ordenar, limpiar) logra la estandarización de la misma ya que el operario aceptó el cambio, vio los resultados y el ambiente laboral agradable que pudo encontrar con la mejora. Por turnos de trabajo se entregó el área ordenada y aseada. *(Ver Apéndice L).*

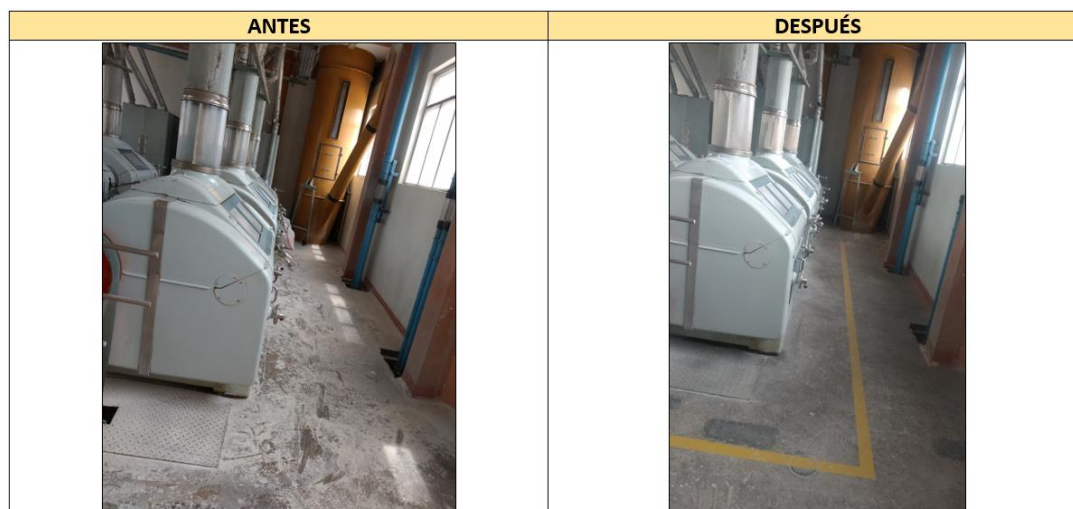


Figura 52. Mejora - 5S's área de molienda.

6.5.1.6. 5S's en el taller de mantenimiento. Un gran reto que tuvo la metodología de las 5S's fue la aplicación de la misma en el taller del área de mantenimiento, en la mayoría de capacitaciones del tema y los ejemplos tomados para la explicación de la temática se referencian áreas como lo son archivo, contabilidad y mantenimiento, debido a la cantidad de problemas evidenciados en estas áreas una vez diagnosticados, en COOPASAN no fue la excepción encontrar problemas en el taller de mantenimiento el cual pertenece al área de mantenimiento.

Es incluido este apartado al proyecto, ya que encaja perfectamente con la remodelación de planta de producción por la que se estaba pasando, externamente al trabajo de grado se realizaron mejoras en la infraestructura de la parte administrativa, por lo que se aprovechó este momento, se presentó la problemática a la gerencia y esta estuvo de acuerdo en acondicionar un nuevo cuarto que sería el nuevo taller de mantenimiento de la empresa, es acá en donde cobra importancia la metodología de las 5S's ya que no bastó solamente con crear el taller, si no con mantener la constancia para que este se mantuviera limpio, ordenado y en óptimas condiciones de uso.

En la *Figura 53* se puede evidenciar las etapas de transformación del taller, el cambio en el tiempo y las mejoras evidentes a primera vista, pasando de un cuarto olvidado, al acondicionamiento de uno nuevo en el cual a pesar de ser nuevo se pretendía por parte del personal de mantenimiento seguir llevando la inadecuada cultura en el área, gracias al programa 5S's y el aporte del estudiante no solo para estructurar la idea del taller sino también para ayudar a mantener la cultura de orden y limpieza, se evidencia en la etapa final un taller ordenado, en condiciones óptimas de trabajo permitiendo efectividad en las labores de mantenimiento, ya sea en la búsqueda

de herramientas, de insumos e incluso repuestos necesarios a la mano para abordar cualquier trabajo de mantenimiento.

Se aplicó un nuevo check list al taller (*Ver Apéndice M*), cuya forma de ejecución es descrita en el apartado 6.2.1.

En la *Figura 53* se puede observar que el área de mantenimiento estaba tan descuidada que nunca tuvo un taller para los trabajos de mantenimiento, este siempre fue considerado como “el cuarto olvidado” en el que se almacenaban cualquier tipo de materiales, repuestos y hasta materiales a desechar, hoy en día este concepto cambió gracias al aporte en recursos por parte de la gerencia y la implementación de la metodología de las 5S’s para el máximo aprovechamiento del nuevo taller de mantenimiento.



Figura 53. Mejora - 5S's taller de mantenimiento.

6.6. Etapa 6: Inspección autónoma.

Esta etapa del programa de mantenimiento autónomo hace referencia a la implementación de los estándares establecidos en una nueva jornada de limpieza, estándares que serán aplicados por el equipo de trabajo de COOPASAN de forma autónoma pero con acompañamiento indirecto del practicante, buscando crear herramientas tanto conceptuales como procedimentales, las nuevas labores de limpieza vendrán acompañadas del formato de localización de fugas y anomalías en el que se registrarán las no conformidades del proceso, el formato de inspección en molienda a modo de Check List, en el cual los líderes de producción reportaran las anomalías encontradas en la planta, formato que a partir del mes de Junio será implementado diariamente, los instructivos de mantenimiento autónomo como apoyo de las labores a ejecutar y el instructivo de manejo de residuos de limpieza para la adecuada disposición final de residuos. Serán implementados los estándares del programa con orientación.

Los operarios del área de la molienda en esta etapa serán los encargados de ejecutar todos los procedimientos según los instructivos creados para la ejecución del mantenimiento autónomo, controlarán las actividades mediante las listas de chequeo indicadas, teniendo como soporte la metodología de las 5S's lo que facilitará las tareas del programa, esta etapa por ser autónoma se realiza sin el acompañamiento ya que en la etapa anterior de capacitó y preparó al personal para afrontar por sí mismo estas labores.

En la etapa anterior se tuvo en cuenta no solo al personal de mantenimiento, si no al personal operativo en general, esto con el fin de aprovechar al máximo el recurso humano. El líder de producción fue el encargado de las jornadas de inspección con el fin de encontrar anomalías en el proceso de forma autónoma, poder generar un reporte en las órdenes de producción y así crear el reporte para su corrección. Es aquí en donde empieza el proceso de mejora, ya que en la aplicación de formatos y retroalimentación de información y sugerencias se puede ir modificando el programa de mantenimiento autónomo, motivándolos a ejecutar tareas que ellos mismos consideran necesarias. Se creó una cultura de manejo de la información, documentación y gestión de la misma para optimizar el tiempo programado de mantenimiento lo que permitió eficientes rutinas de trabajo.

6.7. Etapa 7: Estandarización.

Se ha trabajado sobre un plan en el cual se establecieron las actividades ideales a aplicar, se capacitó sobre estas a los operarios y se vigiló la forma en cómo se operaba de forma autónoma, con el fin de aplicar y mantener rutinas de trabajo a través del tiempo, se asignaron trabajos a los operarios y los tiempos en que se deben ejecutar las actividades establecidas. Durante el periodo de tiempo estudiado, desde finales de abril hasta el mes de Julio se llevó control por parte de la ingeniera de manufactura ayudando en la gestión del programa, los líderes de producción, el técnico de mantenimiento, los auxiliares de producción y la guía continua del estudiante mediante:

1. La documentación de información en los formatos establecidos.
 - Se registra de manera oportuna por parte de los operarios la información en los formatos creados.
 - Los instructivos establecidos son guía para la ejecución de actividades.
 - Se están alimentando las bases de los indicadores de gestión.
 - Ha mejorado la gestión de las jornadas de limpieza y mantenimiento autónomo con la metodología.
2. Análisis de información por parte de las directivas sobre las actividades autónomas.
 - Se están analizando los datos recolectados en los formatos reportados para toma de decisiones.
3. Evaluación de la metodología 5S's visualmente y con check list al inicio y fin del periodo estudiado.
 - Es constante la aplicación de metodología.
 - Las herramientas establecidas se mantienen en su lugar.
 - Hace eficiente el trabajo en el área de la molienda.

La inspección por parte de los administrativos de la planta se creó con el fin de soportar esta metodología de mejora, para encontrar debilidades y hacer del programa establecido una herramienta clave en la gestión del mantenimiento en la cooperativa.

6.8. Etapa 8: Control autónomo pleno – Control autónomo total.

Después de un periodo de trabajo de alrededor de cuatro meses, con intensidad de los operarios y aprovechamiento de las paradas programadas se creó capacidad de autogestión del puesto de trabajo en labores de mantenimiento autónomo de la maquinaria creando un sentimiento de participación enfocada en el logro de objetivos de la planta de producción COOPASAN. El operario podrá tomar decisiones, realizará nuevas acciones de mejora al programa, siendo parte clave del programa, en este punto se inician nuevas etapas de mejoras reconociendo la capacidad autónoma de operarios y líderes de producción en la planta, podemos hablar de equipos auto dirigidos, capaces de afrontar tareas autónomas en las jornadas de limpieza y desinfección, esto de la mano de los estándares creados y el control de las actividades con los respectivos formatos.

7. Programa de Mantenimiento Preventivo.

7.1. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. MCC – Reliability Centred Maintenance RCM.

El Programa de Mantenimiento Preventivo, sus actividades y cronograma, se estructurará con la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) *“Un proceso usado para determinar que debe hacerse para asegurar que todo bien físico continúe funcionando como sus usuarios lo desean en el presente contexto operativo”* (MOUBRAY, John. 2004). RCM guió el estudio de las necesidades del sistema para establecer las tareas de mantenimiento adecuadas requeridas por los equipos pertenecientes al sistema de molienda de la planta de producción El Molino COOPASAN, en función del tiempo y la condición en la que se encuentren. RCM plantea la confiabilidad como la capacidad que tiene el sistema de asegurar los elementos físicos involucrados, determinando los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional, aumentando los niveles de producción de los activos y reduciendo las paradas no programadas.

Hoy en día en la Cooperativa de Panificadores de Santander la toma de decisiones respecto al desempeño del sistema de mantenimiento, constituye indiscutiblemente un aspecto de primer

orden a resolver, ya que mediante la garantía del mismo se propicia una mayor disponibilidad de las capacidades productivas instaladas de la planta, impactando significativamente la productividad y la rentabilidad de la empresa.

RCM es aplicado a los equipos críticos de la planta con los que se ha venido trabajando, como lo son Bancos de Molienda, Cernedor, Esclusas, Filtro de Molienda, Sasor y ventilador, TurboStar y el Molino de martillos. El proceso RCM es caracterizado por las siguientes etapas ver *Tabla 12*.

Tabla 12.

RCM - Mantenimiento Preventivo COOPASAN.

RCM - MANTENIMIENTO PREVENTIVO COOPASAN			
ETAPA	NOMBRE ETAPA	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTAS
1	Determinación de fallas funcionales	Estudio técnico de la maquinaria, funciones y sistemas para determinar posibles fallas en sus componentes	HOJAS DE INFORMACIÓN RCM: Estructura de las tres primeras fases.
2	Determinación de modos de falla	Estudio de las causas con un equipo de trabajo, acompañamiento de manuales de servicio.	
3	Determinación de efectos de falla	Descripción de los efectos que causan las fallas en los sistemas, es base para futuras intervenciones preventivas.	
4	Determinación de medidas preventivas	Determinación del plan de acción, tareas preventivas, periodos, manejo de información de la tarea, insumos, forma de ejecución.	Instructivos de mantenimiento
5	Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento	Compilación de las etapas anteriores, creando fichas de inspección, ejecución de tareas preventivas en función del cronograma de actividades periódicas.	• Fichas técnicas. • Fichas de inspección • Hojas de vida. • Instructivos de mantenimiento. • Formatos O.T. • Formato de Fallas. • Cronograma de actividades por máquina

7.2. Hojas de información RCM. Fase 1. Fase 2. Fase 3.

Las hojas RCM son un mecanismo práctico en el cual se estudian las máquinas de forma individual, identificando de manera clara, fallas funcionales, modos de falla, efectos de falla, consecuencia y código asignado. Cabe resaltar que sea cualquiera la falla funcional probable y razonable, es necesario tener en cuenta todas las posibles independiente de su probabilidad de ocurrencia. Las hojas RCM son una pauta para la creación del Programa de Mantenimiento Preventivo, ya que a partir de este análisis se determinarán las rutas de inspección y tareas periódicas preventivas, esto con el fin de elevar la confiabilidad y disponibilidad del sistema disminuyendo las fallas potenciales. A continuación, definimos los conceptos por los cuales están compuestas las hojas de información RCM.

7.2.1. Función. La definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario.

7.2.2. Fallas funcionales. Es la pérdida total o parcial de la función desde el punto de vista del usuario es decir los posibles errores que puede presentar la maquina según la función o funciones para la que se haya creado, son el estado indeseable del sistema, estas pueden ser obvias o secundarias, algunas veces bajo parámetros establecidos.

7.2.3. Modos de falla. Son las causas de ocurrencia de las fallas funcionales, es el porqué del fallo al desempeñar la función, estas darán las pautas para tomar las acciones preventivas y así evitar que las fallas sucedan, cada falla funcional puede tener más de un modo de falla, pueden ser suciedad, corrosión, abrasiones, lubricación inadecuada entre otros. Las tareas de mantenimiento están orientadas a cada modo de falla, es decir en qué, no en quien la causa.

7.2.4. Efecto de falla. Es la descripción de lo que falla cuando ocurre una falla, dependiendo de su gravedad se observa si se interviene periódicamente, se rediseña o no se hace nada. Las descripciones de los efectos deben incluir la información necesaria para respaldar la evaluación de las consecuencias de la falla.

7.2.5. Consecuencias. RCM no solo plantea evitar las fallas si no también reducir las consecuencias, las cuales pueden ser.

7.2.5.1. Consecuencias Ambientales y de seguridad. Aquellas fallas que causan daño o muerte al personal, también consideradas como las que infringen normativas legales ambientales.

7.2.5.2. Consecuencias Operacionales. Aquellas fallas que afectan directamente la producción de la planta, las que generan paradas en el proceso reduciendo la cantidad producida por hora o turno, también son consideradas operacionales aquellas que afectan la calidad del proceso o producto.

7.2.5.3. Consecuencias No – operacionales. Son consideradas no operacionales las fallas que no afectan la producción, son aquellas que tiene una relación directa con el costo de reparación.

7.2.6. Código. Relación alfanumérica que se aplica al modo de falla presentado en cada falla funcional, con el fin de identificarlo fácilmente y darle un mejor manejo.

7.2.7. Hojas RCM. Una vez conocida la estructura de la hoja RCM se presenta un ejemplo, ver *Figura 54*, observamos que el sistema funciona de forma jerárquica estableciendo una función general y a partir de esta se estudian posibles fallas funcionales, las causas o modos de falla, los efectos generados y la clasificación de su consecuencia, de la mano de un código que sirvió para el estudio de las tareas futuras preventivas. En el encabezado podemos observar la importancia de la codificación de equipos mencionada en el apartado 5.6.3. del presente libro. Este formato fue posible gracias al equipo de trabajo conformado por el estudiante que se enfocó en el estudio técnico, al fundamento mecánico de cada maquinaria estudiada, por el Jefe Molinero y el técnico de mantenimiento, quienes tiene un fundamento conceptual muy valioso en todos los temas relacionados con la maquinaria y el proceso productivo de la planta de producción lo que permitió un análisis completo de las tres primeras fases y así crear las hojas de información RCM para cada equipo.

 juntos crecemos más.	HOJAS DE TRABAJO DE INFORMACIÓN RCM			EQUIPO: TURBOSTAR	
	ÁREA DE MANTENIMIENTO 			CÓDIGO DEL EQUIPO: (PR-MOL-TUR-#1)	
				PROCESO DE MOLIENDA	
HOJA RCM					
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFFECTOS DE FALLA	CONSECUENCIA	CÓDIGO
Tamizado granular de producto por medio de rotación	Alteraciones en el proceso de tamizado	Rotura de la enteladura de nylon	La fricción a altas revoluciones con el producto en proceso que entra al tamiz genera un desgaste natural en la malla	Operacional	RCM 1
		Ruido y vibraciones fuertes de la maquinaria	Falta de lubricación y limpieza de los rodamientos del rotor	Operacional	RCM 2
		Ruido, desgaste de los rodamientos del motor vibrador	Falta de lubricación y limpieza de rodamientos del vibrador	Operacional	RCM 3
		Atascamiento de producto en proceso	Falla en el vibrador	Operacional	RCM 4
		El vibrador no funciona	La rotura de la banda del vibrador hace que este no funcione	Operacional	RCM 5
		Fuga de lubricante del motor	Desgaste de las empaquetaduras del motor	Operacional	RCM 6
		Exceso de vibración del motor	Des tensionamiento de correas trapezoidales del motor	Operacional	RCM 7
		Rotura de correas trapezoidales	Desgaste por fricción natural	Operacional	RCM 8
	El TurboStar no arranca	Rotura de rodamientos	Desgaste total de los rodamientos debido a la corrosión de los mismos	Operacional	RCM 9
		Desgaste del acople del eje	La fuerza de torque desajusta y gasta los acoples que aseguran el eje	Operacional	RCM 10
		Ineficiente funcionamiento del motor	Falta de limpieza de partes, homeras, tapas, rodamientos	Operacional	RCM 11

Figura 54. Ejemplo Hoja de información RCM.

Las hojas de información RCM de toda la maquinaria abordada se puede observar en el *Apéndice N*.

7.2.8. Análisis de las hojas RCM. Una vez recopilada toda la información en las hojas RCM para cada máquina se estudian con el grupo de trabajo la forma de evitar que estas fallas se presenten, independientemente de su probabilidad de ocurrencia se debe abordar todas las posibilidades. En la anterior figura se observó que el TurboStar puede presentar alteraciones el su funcionamiento debido a roturas en la enteladura de nylon, causadas por el desgaste natural de su funcionamiento, generando consecuencias operacionales, en este caso paradas en el proceso productivo, este análisis codificado como (RCM1) para el TurboStar fue debatido con el grupo de trabajo para llegar a la conclusión que es necesario cambiar la enteladura con una frecuencia promedio bimestral, es decir cada dos meses. También se observó que la máquina puede no

funcionar debido a la rotura de rodamientos (RCM9), fallas en el motor (RCM11), desgaste de acoples del eje(RCM10), se debatió de igual forma y se crearon las respectivas actividades preventivas para evitar que esto suceda. Esta lógica fue aplicada para cada código por máquina con el fin de crear las respectivas fichas de inspección periódicas junto con tareas preventivas, las cuales serán descritas más adelante, en la elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento.

7.3. Determinación de actividades preventivas. Fase 4.

El oportuno análisis de las Hojas RCM dio como resultado la consecución de un conjunto de tareas preventivas, fichas de inspección e instructivos guías de mantenimiento, estas tareas describen la ejecución, periodicidad e insumos necesarios para la ejecución de las mismas. Todo esto con la garantía de crear un Programa de Mantenimiento Preventivo según las necesidades de la planta.

7.3.1. Definición de tareas de mantenimiento. Se crearon una serie de trabajos que garantizarán la reducción de fallos pretendiendo la no generación de los mismos, minimizando sus efectos, asegurando que los bienes físicos continúen cumpliendo las funciones que sus usuarios esperan. Se creó un aporte en la vida útil de la maquinaria con una serie de tareas de mantenimiento que se pueden clasificar en:

- Tareas de inspección: Una de las características más llamativas de esta tarea es que siempre es rentable, también práctica, sea cual sea el modelo aplicable, estas inspecciones constan de un recorrido visual que ejecuta la persona encargada de la labor, en ciertas ocasiones es necesario el uso de equipos que evalúan algún comportamiento estándar de la máquina, son caracterizadas por funcionar como una lista de chequeo. Los equipos estudiados cuentan con Fichas de inspecciones periódicas, pueden ser semanales, mensuales, bimestrales, trimestrales, entre otras. Como aporte al área de mantenimiento se crearon los formatos necesarios para la ejecución de estas actividades, en el apartado 7.4 se explica más detalladamente este paso.
- Tareas de Lubricación: Las tareas de lubricación tienden a ser económicas, ya que es poca la inversión en insumos. Constan de la aplicación de grasas o aceites en los puntos indicados de la maquinaria, con el fin de evitar el desgaste por fricción, creando una capa entre piezas que están siempre en contacto.

- Tareas de trabajos mecánicos: Relacionadas como tareas condicionales, son aquellas que se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo, pueden ser o no necesarias, van de la mano de las tareas de inspección, no son necesarias si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado.
- Tareas de trabajos de limpieza: Son tareas sistemáticas bimestrales, que garantizan las condiciones básicas del equipo, abordadas en el capítulo del Programa de Mantenimiento Autónomo. Son tenidas en cuenta en este apartado ya que hacen parte del Cronograma de Mantenimiento Preventivo.

Cabe resaltar que las tareas mencionadas anteriormente son tareas sistemáticas, es decir realizadas cada cierto periodo de tiempo teniendo en cuenta el estado del equipo.

7.3.2. Creación de estándares, instructivos de operación de equipos y mantenimiento. El área de mantenimiento de la Cooperativa, en un principio tenía muchos vacíos en cuanto a la documentación del área, entre estos se encontraba la falta de instructivos de mantenimiento, un gran aporte que se vio reflejado es que a hoy ya existen las bases de un programa de Mantenimiento en el área, hoy en día, debido a la incidencia que tienen los operarios en las labores de mantenimiento se crearon los instructivos guía para la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo por máquina, estando clasificados según la tarea, ya sea de inspección, lubricación, de trabajos mecánicos o de limpieza. La redacción de estos instructivos indica claramente cómo deben realizarse determinadas tareas haciendo mención a la frecuencia de la tarea, las herramientas e insumos necesarios para la ejecución de actividades, a su vez una guía fotográfica para tener mayor ubicación en la máquina. Dichos instructivos y demás documentos del programa cuentan con la codificación según el procedimiento de elaboración de documentos elaborado por el área de Aseguramiento de la Calidad. Los instructivos mencionados a continuación se encuentran en el *Apéndice O*.

- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para Bancos de Molienda: MTTO – IT – 007.
- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para el Cernedor: MTTO – IT – 008.
- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para Esclusas: MTTO – IT – 009.
- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para el Filtro de Molienda: MTTO – IT – 010.
- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para el Molino de Martillos: MTTO – IT – 011.

- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para el Sasor y Ventilados: MTTO – IT – 012.
- Instructivo de Mantenimiento Preventivo para TurboStar: MTTO – IT – 013.

7.4. Elaboración del Plan Maestro de Mantenimiento. PMM. Fase 5.

El Plan Maestro de Mantenimiento es definido como el conjunto de todas las actividades creadas en las fases anteriores trabajando de forma conjunta para las máquinas críticas seleccionadas del área de la molienda, es decir, ver el resultado final generado gracias a la inclusión de la metodología RCM que permitió estudiar el fundamento técnico de las posibles fallas en el sistema. Su conocimiento fue fundamental para crear una serie de tareas de mantenimiento, se generó un aporte con la estandarización de actividades mediante instructivos de mantenimiento para la ejecución de las mismas. Este programa consta de la generación de un cronograma de actividades específicas de mantenimiento preventivo codificadas por máquina, que optimizan la vida útil de la maquinaria, generando confiabilidad en el proceso productivo de la empresa, dichas actividades son registradas, controladas y medidas gracias a los formatos creados que se abordarán más adelante en este libro.

Es importante mencionar que el programa consta de la ejecución de las tareas de inspección, lubricación, trabajos mecánicos y trabajos de limpieza mencionados anteriormente, en un periodo de tiempo de aproximadamente de 4 meses. El proyecto abordo los meses de abril, mayo, junio y julio, en donde se implementó el programa de Mantenimiento Preventivo, estructurando las bases para la generación de una cultura preventiva; el programa creó un gran aporte a la planta y este se ve reflejado en el capítulo 9. En el que se aclaran los resultados obtenidos.

La implementación de un Programa de Mantenimiento Productivo Total TPM involucra una serie de formatos y documentos necesarios para crear el flujo de información necesario, lo que sirve de apoyo a las actividades de mantenimiento. A continuación, mencionamos el contenido final del programa de Mantenimiento Preventivo.

7.4.1. Fichas técnicas. Conocida también como hoja técnica, hoja de datos o también ficha de características, este es un documento que resume las características funcionales, estructurales, dimensionales, de fabricación, planos y fotos, con el suficiente detalle para generar toda la información relevante que permita al personal interesado, conocer e identificar rápidamente las partes y funcionalidades dentro del proceso productivo del activo relacionado.

Para su elaboración se consultaron manuales de operación originales, manuales de partes e instalación, mediciones directas, consultas en la red y acompañamiento del personal idóneo, como lo fue el Jede Molinero y el técnico de Mantenimiento, entre otras fuentes de información. La ficha técnica con tiene el código asociado a la máquina como se planteó en el numeral 5.6.3 del presente libro. En la *Figura 55* se puede observar un ejemplo de la ficha técnica del Banco de Molienda T1 realizada.

En el *Apéndice I* se puede observar la ficha técnica de todos los equipos incluidos en el estudio de este proyecto.

7.4.2. Hojas de vida. Este documento es considerado como el registro histórico de mantenimiento en el cual se documenta el registro detallado y cronológico de todas las intervenciones que tiene la maquinaria, para este trabajo es considerado uno de los principales formatos para la evaluación de indicadores, ya que es en este dónde se ven reflejados todas las ordenes de trabajo ejecutadas que se planearon en el periodo de tiempo estudiado. El documento está compuesto por la codificación del mismo, los tipos de labores que se pueden registrar en la planilla, ya sean trabajos preventivos, correctivos o de limpieza. Por facilidad de manejo de información y futura implementación de un sistema de información para el área, se pretenden compilar las labores ejecutadas de todas las máquinas a forma de listado, que puede ser clasificado según la necesidad de información que se tenga.

En la *Figura 56* podemos observar el formato implementado que recopilo toda la información del programa TPM del área.

	MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL T.P.M.	Código: MTTO – FT – 001
	FICHAS TÉCNICAS DE LOS BANCOS DE MOLIENDA (T-C)	Elaboró ÁREA DE MANTENIMIENTO.

	FICHA TÉCNICA		ÁREA DE MANTENIMIENTO - MOLINO COOPASAN					
	MOLINO DE CUATRO CILINDROS							
	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO							
	Nombre: Molino de 4 cilindros - Banco de trituración T1							
	Marca: Bühler		Fabricante: Bühler - MIAG					
	Código: P R-MOL-BAT-#1-2							
	Ubicación: 2do Piso							
	Modelo: MDDB - MDCC							
	Lugar de origen: Suiza							
	Fecha de instalación: Enero de 1980							
	FUNCIONAMIENTO							
El molino de cuatro cilindros permite una alta capacidad de molienda gracias a la amplia entrada homogénea de producto acondicionado en su parte superior, el cual pasa a los cilindros de trituración garantizando un producto pulverizado de calidad, cuenta con un sistema de transmisión de poleas y bandas que permite un funcionamiento estable y confiable. Este proceso es de forma cíclica, pasando por alrededor de 12 molinos de 4 cilindros (Trituración y compresión) permitiendo un proceso de molienda de alta calidad.								
CARACTERÍSTICAS DE CILINDROS								
LONGITUD CILINDRO SUPERIOR: 800 mm			LONGITUD DEL CILINDRO INFERIOR: 800 mm					
Ø DEL CILINDRO SUPERIOR: 250 mm			Ø DEL CILINDRO INFERIOR: 250 mm					
ESTRIAS/PULGADAS-CILINDROS: 8,9		ESPIRAL: 6%		ANGULO BURIL: 35/65				
MOTOR - T1								
MARCA	KW	RPM	V	TIPO	A	TIPO	SERIE	HP
BBC	45	1175	220	3Fas	145	QUXY280SGAT	K850168	60
CANTIDAD DE CORREAS MOTOR			REFERENCIA DE CORREAS		Ø POLEA MOTOR		Ø POLEA TRANSMISIÓN	
5			5V1600 1300D		12 Pulg		35.5 pulg	
SISTEMA DE TRANSMISIÓN - POLEAS								
Ø POLEA CONDUCTORA: 24.75 Pulg			VEL POLEA CONDUCTORA: 397 rpm			ANCHO DE BANDA: 90mm cruzada		
Ø POLEA CONDUCTIDA: 17.5 Pulg			VEL POLEA CONDUCTIDA: 561 rpm					
CAJA DE VELOCIDADES								
PIÑÓN HELICOIDAL MAYOR: 58Z			# DE RODAMIENTOS POR CILINDRO: 2 ; TOTAL: 4			TIPO LUBRICACIÓN: 80W90		
PIÑÓN HELICOIDAL MENOR: 22Z			REF DE RODAMIENTOS: SKF-22315 EK/C3					

Figura 55. Ficha técnica del Banco T1.

		Mantenimiento Productivo Total TPM					Código: MTTO - FO - 012	
		HOJA DE VIDA PARA EQUIPOS DE PRODUCCIÓN					Elaboró AREA DE MANTENIMIENTO	
TIPO DE TRABAJO ->> MC: MANTENIMIENTO CORRECTIVO - FALLA MP: MANTENIMIENTO PREVENTIVO LIM: LIMPIEZA								
FECHA	EQUIPO	TRABAJO REALIZADO	TIPO DE TRABAJO	RESPUESTO - INSUMOS	t(i)	t(f)	EJECUTÓ	

Figura 56. Hoja de vida para equipos de producción.

7.4.2. Formatos de control. El programa TPM que se llevó en la Cooperativa creó beneficios significativos para el área de mantenimiento; este impacto fue posible gracias al control que se llevó de todas las actividades implementadas, como se ha venido mencionando en el contenido del programa podemos observar que se aplicaron diferentes formatos que funcionaron como metodología de mejora a la problemática inicial conocida como manejo de información, los formatos aplicados al programa TPM fueron. Y pueden ser vistos en el *Apéndice P*.

- Formato de Localización de fuentes de suciedad MTTO-FO-002
- Formato de inspección en Molienda MTTO-FO-003
- Formato hoja de vida para equipos MTTO-FO-012
- Formato de órdenes de trabajo O.T MTTO-FO-004
- Formato de fallas de equipos MTTO-FO-001
- Formatos para fichas de inspección por máquina. (MTTO-FO-005) (MTTO-FO-006) (MTTO-FO-007) (MTTO-FO-008) (MTTO-FO-009) (MTTO-FO-010) (MTTO-FO-011). (Ver *Apéndice Q*).

7.4.3. Creación de fichas de inspección. Este formato propuesto permitió evaluar el estado de la maquinaria con una frecuencia previamente establecida, el documento se creó para cada máquina abordada en este proyecto. Las fichas contienen su respectiva codificación, la parte del equipo al cual se le debe hacer la inspección, las tareas tanto preventivas como de inspección tienen un código asignado el cual se presenta en la segunda columna de la ficha, el tipo de inspección que se debe hacer, puede ser un control visual, ajustes o toma de algún parámetro, también el criterio estándar que debe tener en cuenta el personal para verificar el estado; la idea es que se haga un comparativo con el estado teórico y el estado real, si se presentan anomalías se debe hacer la observación e inmediatamente crear las O.T para la ejecución de futuros trabajos sobre el equipo evaluado. Estas fichas se crearon gracias al análisis de modos de falla extraídos de las hojas RCM.

En la *Figura 57* se puede observar el ejemplo de la ficha de inspección semanal para los bancos de molienda.

En el *Apéndice Q* podemos encontrar todas las fichas de inspección creadas para los equipos trabajados en el presente proyecto.

	Mantenimiento Productivo Total TPM				Código: MTTO – FO - 005			
	FICHAS DE INSPECCIÓN PERIÓDICA PARA BANCOS DE MOLIENDA				Elaboró ÁREA DE MANTENIMIENTO.			

FICHA DE INSPECCIÓN SEMANAL PARA BANCOS DE MOLIENDA.																			
PARTE DE LA MAQUINA	CÓDIGO	INSPECCIÓN	CRITERIO	ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO			
				S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Tornillo de alimentación	INSP 1	Ajuste	Calibrar de tal forma que no se acumule producto en el acrílico.																
Embrague	INSP 2	Ajuste	Verificar el correcto embrague de los cilindros de molturación mediante la palanca.																
Cojinetes, cilindros, engranajes	INSP 4	Control	Con la pistola laser verificar el estado de rodamientos, cojinetes, cilindros < 70 grados Centígrados.																
Cilindros de molienda	INSP 5	Ajuste	Ajustar paralelamente los cilindros mediante los volantes de mano del dispositivo tensor de cojinetes																
OBSERVACIONES																			

Figura 57. Ficha de inspección semanal para Bancos de Molienda.

7.4.4. Codificación de actividades de mantenimiento preventivo. Con el fin de llevar una óptima gestión de la información se codificaron las tareas preventivas estipuladas en el programa TPM. El análisis con el grupo de trabajo sobre las hojas de información RCM, permitió crear alrededor de 70 tareas para el programa TPM. Ver *Figura 58*.

TAREAS DEL PROGRAMA TPM	
LUBRICACIÓN	13
INSPECCIÓN	18
MECÁNICAS	28
LIMPIEZA	14
<i>TOTAL</i>	<i>73</i>

Figura 58. Tareas preventivas del Programa TPM.

La idea de la codificación es referenciar cada tarea del cronograma con los instructivos de mantenimiento creados, esto permite un óptimo manejo de información en dado caso que el personal necesite guía para la ejecución de estas actividades, también para una mejor presentación del cronograma de Mantenimiento Preventivo. En la *Figura 59* y la *Figura 60* se pueden evidenciar todas las tareas con su respectivo código.

La abreviatura aplicada significa en cada caso:

- LUB: Tareas de lubricación.
- INSP: Tareas de inspección.
- MEC: Trabajos Mecánicos.
- LIM: Trabajos de limpieza.

Se aclarar que para el cronograma de actividades se hace mención a cada tarea preventiva con su respectivo código, para las tareas semanales de inspección INSP1, INSP2, INSP4, INSP5, INSP9, INSP10 se abrevia I1, I2, I4, I5, I9, I10 por comodidad visual en el diagrama del cronograma, de igual forma para las tareas quincenales de lubricación de las Esclusas y el Filtro, no serán LUB9 y LUB11, serán L9 y L11.

EQUIPO	TIPO MTTO	CODIGO	CONCEPTO	Tiempo
BANCOS	LUB	1	Lubricación de rodamientos cilindro de molienda	3 meses.
		2	Engrase eje excéntrico	3 meses.
		3	Lubricación engranaje rodillos de alimentación.	6 meses
		4	Lubricación de rodillos de Molienda o ruedas helicoidales	3 meses.
	INSP	1	Regulación del tornillo de alimentación	1 semana
		2	Control funcionamiento alimentación, embrague	1 semana
		3	Control desgaste cilindros	3 meses.
		4	Control calentamiento cilindros	1 semana
		5	Ajuste cilindros molienda, regulación	1 semana
		6	Inspección de Q aceite engranajes de mol y alim	2 meses.
	MEC	1	Cambio Cilindros de molienda	2 años
		2	Cambio de aceite de ruedas helicoidales	1 año
		3	Cambio de rodamientos de cilindros de molienda	1 año
		4	Cambio de correas de la transmisión	6 meses
	LIM	1	Limpieza general	2 meses
		2	Limpieza general del motor de trans	1 año.
CERNEDOR	LUB	5	Lubricación de rodamientos del eje de mando	1 año
		6	Lubricación tornillo portezuelas	1 año
		7	Lubricación husillos	1 año
		8	Lubricación cabeza husillo	1 año
	INSP	7	Ajuste juncos	1 mes
		8	Inspección del estado correas motor	2 meses
		9	Calentamiento de cojinetes	1 semana
		10	Examinar estado del cable de goma	1 semana
	MEC	5	Cambio correas motor	6 meses
		6	Cambio cojinete eje motriz	3 años
ESCLUSAS	LUB	3	Limpieza general	2 meses
		4	Limpieza de cojinetes de mando	1 año
	INSP	5	Limpieza general del motor eléctrico	1 año
		9	Lubricar el buje de bronce	15 días
		10	Lubricación de empaquetadura	6 meses
	MEC	11	Inspección general 1	1 mes
		12	Inspección general 2	3 meses
	MEC	7	Cambio cepillos	1 año
		8	Cambio de rodamientos motor	2 años
		9	Cambio de lubricación del motor reductor	1 año
	LIM	6	Limpieza general de máquina	2 meses
		7	Limpieza general del motor	1 año

Figura 59. Codificación de tareas preventivas. Parte 1.

FILTRO	LUB	11	Lubricar el buje de bronce	1 año
		12	Lubricación de empaquetadura	6 meses
	INSP	13	Inspección general 1	1 mes
		14	Inspección general 2	3 meses
	MEC	10	Mantenimiento de electroválvulas	1 año
		11	Cambio del filtro de aire	6 meses
		12	Cambio cepillos	1 año
		13	Cambio de rodamientos motor	2 años
		14	Cambio de lubricación del motor reductor	1 año
MOLINO DE MARTILLOS	LIM	8	Limpieza general de máquina	2 meses
		9	Limpieza general del motor	1 año
	INSP	15	Inspección del desgaste de martillos	3 meses.
		16	Inspección de criba, aros y listones	3 meses.
	MEC	15	Cambio de martillos	6 meses
		16	Cambio de aros y listones	1 año
		17	Cambio de criba de tambor	3 meses.
	LIM	10	Limpieza general del motor	1 año
SASOR Y VENTILADOR	INSP	17	Inspección general	3 meses.
	MEC	18	Cambio rodamientos del motor y ventilador	2 años
		19	Revisión eléctrica del motor	1 mes
		20	Alineación de las contrapesas del motor	1 año
		21	Mantenimiento de zarandas	2 meses.
	LIM	11	Limpieza general de máquina	2 meses
		12	Limpieza general de motores	1 año
TURBOSTAR	LUB	13	Lubricación rodamientos y eje del vibrador	3 meses.
	INSP	18	Inspección general de la máquina	2 meses
	MEC	22	Cambio del cilindro tamizador	6 meses
		23	Cambio de acoples de goma	2 años
		24	Cambio de rodamientos del motor	2 años
		25	Cambio de las correas (vibrador - eje)	6 meses
		26	Cambio de cojinetes del eje	2 años
		27	Cambio del vibrador	2 años
		28	Revisión eléctrica del motor	2 meses.
	LIM	13	Limpieza general	2 meses
		14	Limpieza general de motores	1 año.

Figura 60. Codificación de tareas preventivas. Parte 2.

7.4.5 Cronograma de Mantenimiento Preventivo. Se observa en la Figura 61 y la Figura 62 La guía ejecutable del Programa de Mantenimiento Preventivo, el asocia todos los recursos invertidos, esta guía práctica establece la periodicidad de las tareas preventivas para un periodo anual. Los periodos establecidos se establecen gracias a la guía por parte de los manuales del fabricante, la información analizada según registros y la experiencia del personal.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MÁQUINAS CRÍTICAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		ÁREA DE MANTENIMIENTO 												SEMANAL								TRIMESTRAL								MOLINO COOPASAN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
														QUINCENAL								SEMESTRAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
														MENSUAL								ANUAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
														BIMESTRAL								BIENAL																Código: MTTO-CR-001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		TRIENAL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
EQUIPO - MÁQUINA		TIPO		ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE				NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
BANCOS DE MOLIENTA	LUBRICACIÓN	LUB1										LUB1												LUB1												LUB1												LUB1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		LUB2										LUB2												LUB2												LUB2												LUB2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		LUB3																		LUB3																LUB3												LUB3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		LUB4										LUB4												LUB4												LUB4												LUB4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	INSPECCIÓN	I1		I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		I2		I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2	I2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		INSP 3										INSP 3												INSP 3												INSP 3												INSP 3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
		I4		I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4	I4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
	MECÁNICO	INSP 6						INSP 6												INSP 6												INSP 6												INSP 6												INSP 6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		MEC 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		MEC 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		MEC 3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
	LIMPIEZA	MEC 4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
		LIM 1						LIM 1																LIM 1																LIM 1																LIM 1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		LIM 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					

Figura 61. Cronograma de Mantenimiento Preventivo. Parte 1.

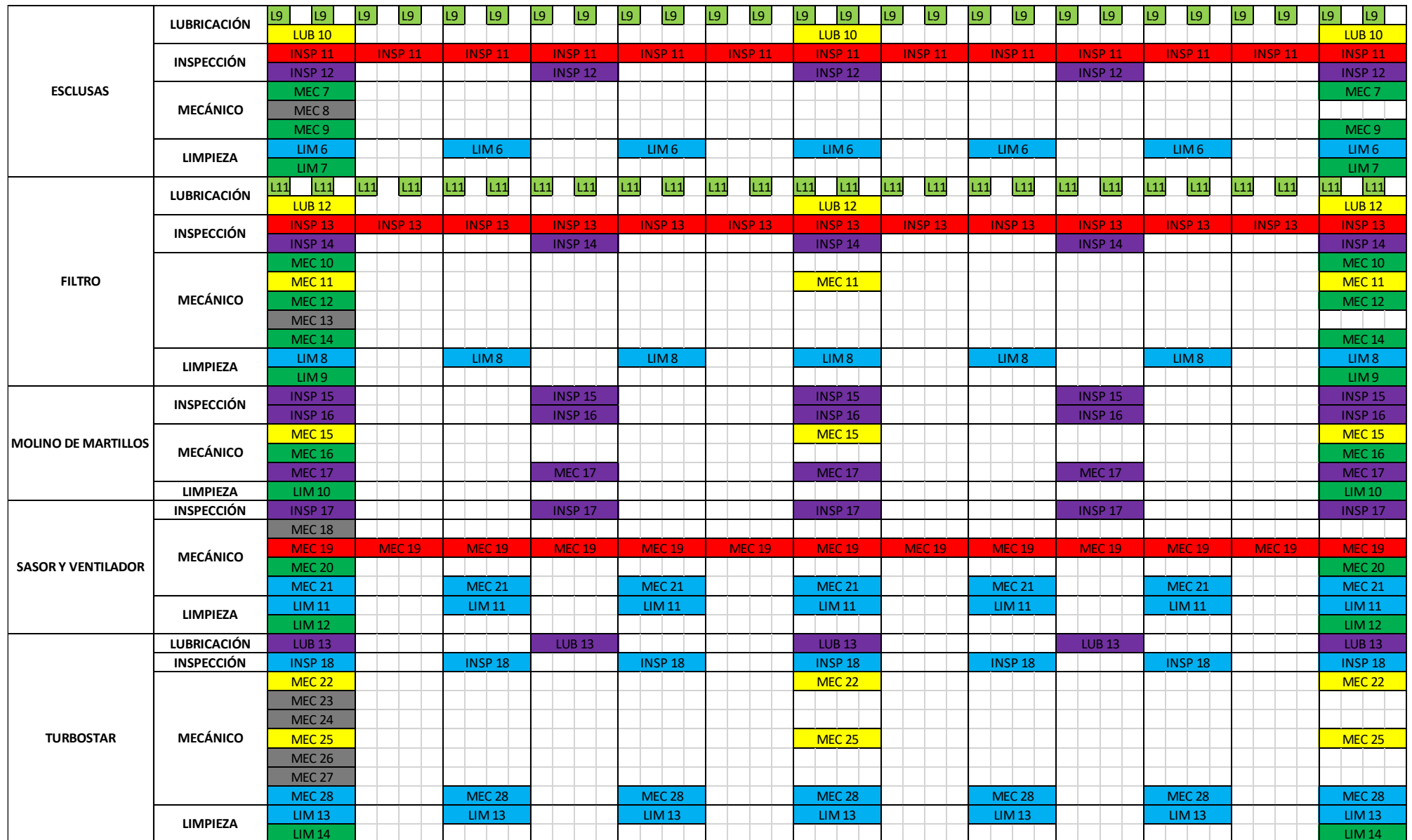


Figura 62. Cronograma de Mantenimiento Preventivo. Parte .

8. Sistema de indicadores para el área de Mantenimiento – COOPASAN.

La toma de decisiones es fundamental para medir el desempeño de la empresa, es por eso que los Indicadores de Gestión se convierten en una herramienta poderosa para conocer su estado ya que mediante un control constante es posible identificar las oportunidades o las acciones de mejora que se deben establecer para lograr el cumplimiento de la misión, visión y objetivos que se planteen.

Para COOPASAN es necesario evaluar y controlar la gestión del mantenimiento, verificar cuan eficiente es la aplicación de la política de mantenimiento establecida. Esta información permite actuar de forma rápida y precisa sobre los actores débiles de mantenimiento. Actualmente para la planta de producción la toma de decisiones respecto al desempeño del sistema de mantenimiento, constituye indiscutiblemente un aspecto de primer orden a controlar, ya que esta influencia directamente la capacidad productiva, la productividad y rentabilidad de la empresa.

El objetivo general que se pretende es crear un sistema de evaluación y control clave para evaluar el desempeño de las actividades implementadas, su impacto y así crear informes para la toma de decisiones en el área.

8.1. Contexto.

Al inicio de todo proceso de mejoramiento, se exige como primera etapa el establecimiento de un punto de partida, es por esto que se creó un diagnóstico inicial para conocer en donde se iba a empezar y que impactos positivos se podían generar en el área. Se establecieron unas metodologías que fueron aplicadas en un periodo de 4 meses con el fin de mejorar las deficiencias que tenía el área de mantenimiento; fue posible reflejar estos resultados gracias a los controles que se llevaron con los formatos implementados, a la medición de los mismos y sobre todo a la disposición del personal para brindar la información oportuna y así comparar la evolución del área, fue necesario definir parámetros que describen el grado de calidad del desempeño de las labores creadas.

El área de mantenimiento tiene las bases para replicar la metodología TPM a lo largo de su proceso productivo, enfocándose en la constante búsqueda de nuevas y novedosas formas de incrementar la confiabilidad, disponibilidad, calidad y vida útil de sus equipos. Los indicadores de

mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional del sistema de Molienda y sus equipos, perfeccionando las labores de mantenimiento del área.

8.2. Lineamientos para el área de mantenimiento.

Se establecen una serie de características en el sistema de indicadores, con el fin de crear el sistema idóneo según las necesidades del área, estas son.

- Para el procesamiento de información el sistema se apoya en la herramienta ofimática Excel.
- Se establece la frecuencia de medición de indicadores mensual, en la que se puede evidenciar claramente el comportamiento de los dos pilares del Programa TPM por un periodo de tiempo de cuatro meses.
- Es necesario que las cifras se presenten tal y como son, sin modificaciones ni alteraciones
- La fuente de los datos debe ser propiciada por el personal responsable, el procesamiento de la información estará a cargo del practicante, se debe controlar y gestionar la información efectivamente, facilitando la toma de decisiones.
- Los indicadores creados aportan un valor agregado a la gestión del área de mantenimiento por lo que son importantes en la consecución de la misión y visión de la empresa.

El objetivo general planteado fue crear indicadores de gestión claves ya que no existían de ningún tipo, como lo son indicadores seguimiento de control de equipos como el OEE (Overall Equipment Effectiveness o eficiencia Global de los equipos) el cual mide la eficiencia de sistemas y máquinas, a su vez indicadores para el seguimiento, control y planeación de actividades, estos serán identificados a continuación.

8.2.1. Indicadores de seguimiento y control de equipos.

8.2.1.1. Tiempo Promedio Para Reparar TPPR. También por sus siglas en inglés, MTTR – Mean Time Through Repair. Definido como el tiempo promedio que transcurre en la ocurrencia de un fallo y la reparación de un equipo, este indicador mide la efectividad de restituir el equipo a condiciones óptimas de operación una vez este se encuentre fuera de servicio por una falla presentada en un periodo de tiempo determinado. Las actividades del programa TPM deben garantizar la disminución del valor promedio de este indicador para un periodo de tiempo estudiado. *Ver Figura 63.*

8.2.1.2. Tiempo Medio entre fallas TMEF. También por sus siglas en inglés, MTBF – Mean Time Between Failures. Definido como el tiempo promedio que pasa entre un arranque del equipo después de haber fallado y una nueva falla presentada, es decir el tiempo medio transcurrido hasta la llegada de un evento de falla. Este indicador se conoce como confiabilidad, entre mayor sea su valor, mayor será la confiabilidad del sistema o equipo para operar.

8.2.1.3. Eficiencia General de los equipos OEE. El Overall Equipment Effectiveness (OEE) proporciona información sobre el nivel de efectividad operativa de una máquina específica o una línea de producción teniendo en cuenta sus tres componentes esenciales.

- Disponibilidad: Permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir su función, es la probabilidad de que un activo realice la función asignada cuando se requiere, esta depende del tiempo programado para funcionar, las paradas programadas y las paradas no programadas.
- Tasa de desempeño: Representa el nivel de eficacia del proceso o cumplimiento respecto a la cantidad real trabajada y la cantidad esperada, mide la eficacia del sistema dentro de un tiempo estimado, esta depende de unidades reales producidas y las unidades teóricas a producir.
- Tasa de calidad: Representa el grado de efectividad que tiene un equipo o sistema para lograr los estándares de calidad del producto que se fabrica, representa el tiempo que el equipo opera para fabricar productos satisfactorios para el cliente de acuerdo a los parámetros establecidos, este depende de las unidades producidas y las unidades defectuosas.

OEE es el resultado de la multiplicación de estas tres variables principales, disponibilidad, tasa de desempeño y calidad.

8.2.2. Indicadores de seguimiento para planificación de actividades.

8.2.2.1. %MPvs%MPC. Definido como la relación que existe entre la cantidad de mantenimientos preventivos y la cantidad de mantenimientos correctivos ejecutados en un periodo de tiempo, el programa TPM pretende eliminar las malas prácticas de mantenimiento, es decir empezar a planear las actividades y que así la cultura de “apaga fuegos” sea eliminada, el objetivo del indicador es que esta relación debe ser mayor a uno, reflejando que en el tiempo se vendrán reduciendo los mantenimientos correctivos y se irá incrementando la cultura preventiva.

8.2.2.2. Cumplimiento de la programación. El indicador se crea con el fin de medir la cantidad de actividades preventivas programadas que se ejecutaron durante un periodo de tiempo, en el mismo mes de solicitud de la orden. Depende de la cantidad de O.T programadas y las O.T ejecutadas.

8.2.3. Fichas técnicas de indicadores. En la *Figura 64* se puede observar la ficha técnica de los indicadores creados para el área de mantenimiento de COOPASAN.

8.2.3. Excel como apoyo. Toda la información recopilada en el periodo de tiempo estudiado se procesó en la herramienta ofimática Microsoft Excel, la cual por su facilidad y practicidad de manejo permitió generar de manera automática los indicadores mencionados anteriormente, lo que permitió estudiar los resultados obtenidos por el programa TPM abordados en el capítulo siguiente. Ver *Figura 63*.

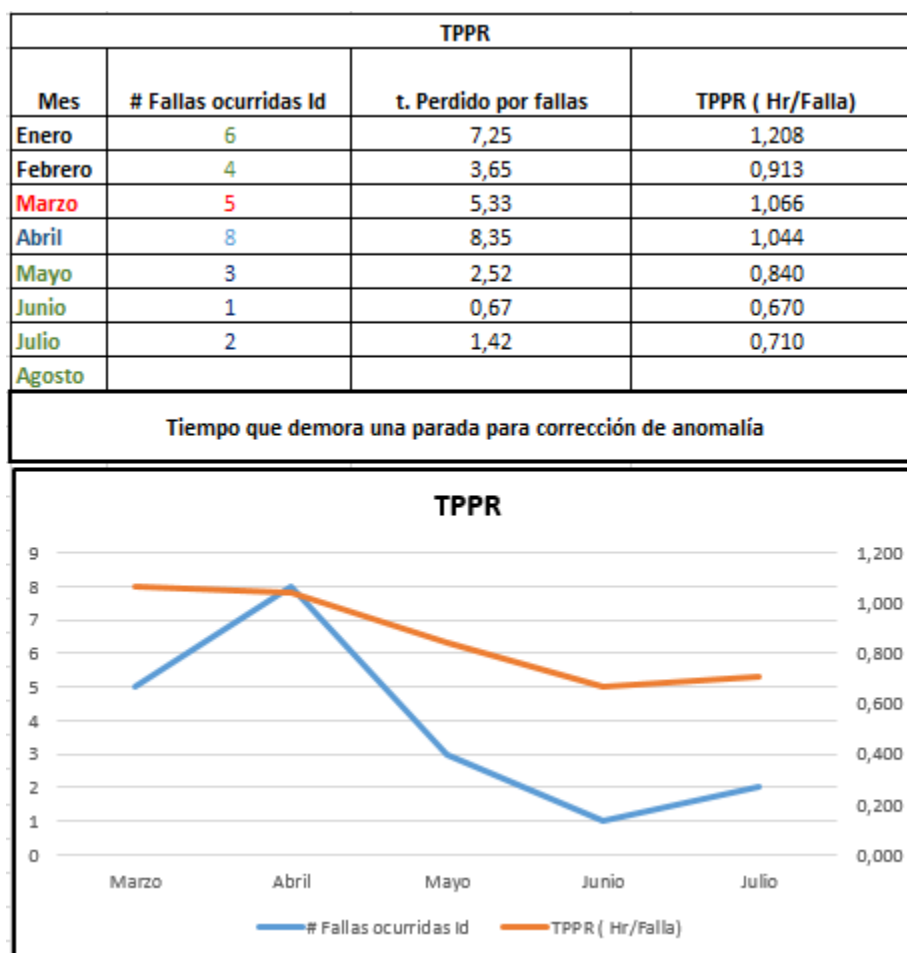


Figura 63. Excel - Procesamiento del indicador TPPR.

FICHA TÉCNICA DE INDICADORES							
NOMBRE DEL INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	SIGLA	DEFINICIÓN	OBJETIVO	FÓRMULA	FRECUENCIA	RESPONSABLE
Tiempo Promedio Para Reparar	$\frac{\text{Horas}}{\text{Falla}}$	TPPR	El tiempo promedio que transcurre en la ocurrencia de un fallo y la reparación de un equipo	Medir el tiempo promedio para restaurar la función o línea de producción	$*TPPR = \frac{t. \text{perdido por fallas (Hr)}}{\# \text{Fallos ocurridos (Falla)}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Tiempo Medio Entre Fallas	$\frac{\text{Horas}}{\text{Falla}}$	TMEF	El tiempo promedio que pasa entre un arranque del equipo después de haber fallado y una nueva falla presentada	Medir la frecuencia con la que suceden las averías.	$*TMEF = \frac{(Hr \text{ prog pcc} - Hr \text{ perdidas por fallas})(Hr)}{\# \text{Fallos ocurridos (Falla)}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Disponibilidad	% de tiempo de producción	DIS	Porcentaje de tiempo en que un activo realice la función para la cual fue asignada cuando se requiere	Representar el porcentaje de tiempo que se logra de operación	$\text{Disponibilidad} = \frac{(t. \text{prog pcc} - t. \text{parad prog}) - t. \text{paradas no prog}}{(t. \text{prog pcc} - t. \text{paradas prog})}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Tasa de Desempeño	% de unidades producidas	TD	Nivel de eficacia del sistema con respecto a la cantidad real trabajada y la esperada	Representar el porcentaje de la eficacia del sistema	$\text{Tasa de desempeño} = \frac{\text{Unid. pcc actual}}{\text{Unid. pcc teórica}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Tasa de Calidad	% de unidades satisfactorias	TC	Representa el grado de efectividad que tiene un equipo o sistema para lograr los estándares de calidad del producto que se fabrica	Representar la relación entre los productos conformes y no conformes	$\text{Tasa de calidad} = \frac{\text{Unid. pcc actual} - \text{Unid pcc defectuosos}}{\text{Unid pcc actual}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Eficiencia Global del Equipo	% de tiempo de efectividad del sistema	OEE	Representa el nivel de efectividad operativa del sistema	Medir como las pérdidas en disponibilidad, tasa de desempeño y tasa de calidad se relacionan entre sí y reducen la efectividad de las máquinas	$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{Tasa de calidad} * \text{Tasa de desempeño}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Relación entre el Mantenimiento Preventivo y el Mantenimiento Correctivo	$\frac{\text{Cantidad M.P}}{\text{Cantidad M.C}}$	MPvsMC	Relación que existe entre la cantidad de mantenimientos preventivos y la cantidad de mantenimientos correctivos ejecutados en un periodo de tiempo	Verificar que las actividades preventivas se ejecutan y disminuyen las actividades correctivas	$MP \text{ vs } MC = \frac{OT \text{ de MP ejecutadas}}{OT \text{ de MC ejecutadas}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento
Cumplimiento de actividades preventivas	% de OT Ejecutadas	%CUMP	Porcentaje de cumplimiento de las actividades programadas de mantenimiento preventivo y autónomo.	medir la cantidad de actividades preventivas programadas	$\%CUM = \frac{OT \text{ Programadas ejecutadas}}{OT \text{ Programadas}}$	Mensual	Dirección de Mantenimiento

Figura 64. Fichas técnica de indicadores de gestión.

9. Resultados obtenidos.

Es importante hacer referencia a la situación inicial en la cual se encontraba la planta de producción COOPASAN, se evidenció en el diagnóstico inicial las deficiencias en la gestión del mantenimiento, encontrándose oportunidades de mejora en tres enfoques básicos, el personal, la planeación de programas y el control. Este proyecto empezó teniendo muy pocas bases en el área, debido a la falta de cultura, equipo de trabajo y filosofía de mantenimiento, TPM como metodología de mejora implementada creó la base de la nueva gestión del mantenimiento haciendo énfasis en dos programas, el primero fue el Mantenimiento autónomo permitió impactar la cultura organizacional de la planta cambiando la idea errónea que se tenía de mantenimiento permitiendo crear un equipo de trabajo consolidado y buenas prácticas de mantenimiento, el segundo, programa de Mantenimiento Preventivo el cual estructuró en orden la planeación de las actividades y la estandarización de las mismas. El impacto que logró este proyecto de grado se puede evidenciar en el análisis del sistema de indicadores creado, medición que se realizó en el periodo de ejecución del mismo, reflejando el impacto en el tiempo de las mejoras implementadas, este análisis se divide en tres partes:

9.1 Seguimiento del cambio cultural.

Cabe recalcar que toda metodología de mejora tiene sus bases de ejecución, es decir la forma de planear, actuar y verificar. Uno de los ítems de mayor trabajo en estas metodologías es la variable personal, ya que el cambio cultural en una organización no es nada fácil aun así este se logró mediante herramientas como la campaña TPM – COOPASAN y las etapas del mantenimiento autónomo, acompañadas de capacitaciones y seguimiento al capital humano de la planta, lo que permitió generar conciencia de la situación y así crear prácticas simples de mantenimiento y cuidado personal, ajustes mejores y un ambiente de trabajo ordenado y limpio. Como se aclaró en el capítulo 6 las herramientas para validar este proceso fueron Check List permitiendo evaluar dos momentos, la situación diagnosticada y el después de los programas de mejora implementados.

En la *Figura 65* se puede evidencia el comportamiento de la metodología 5S's en el área de la molienda en el periodo Marzo – Julio.

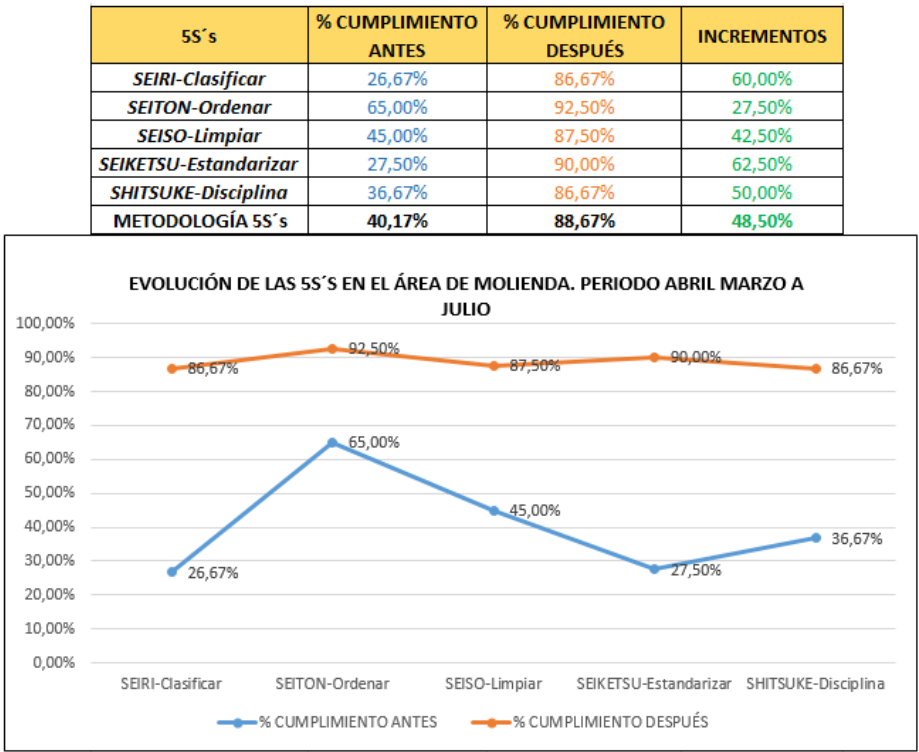


Figura 65. Evaluación de las 5S's área de molienda.

En la Figura 66 se puede evidenciar el comportamiento de la metodología 5S's en taller de mantenimiento para el periodo Marzo – Julio.

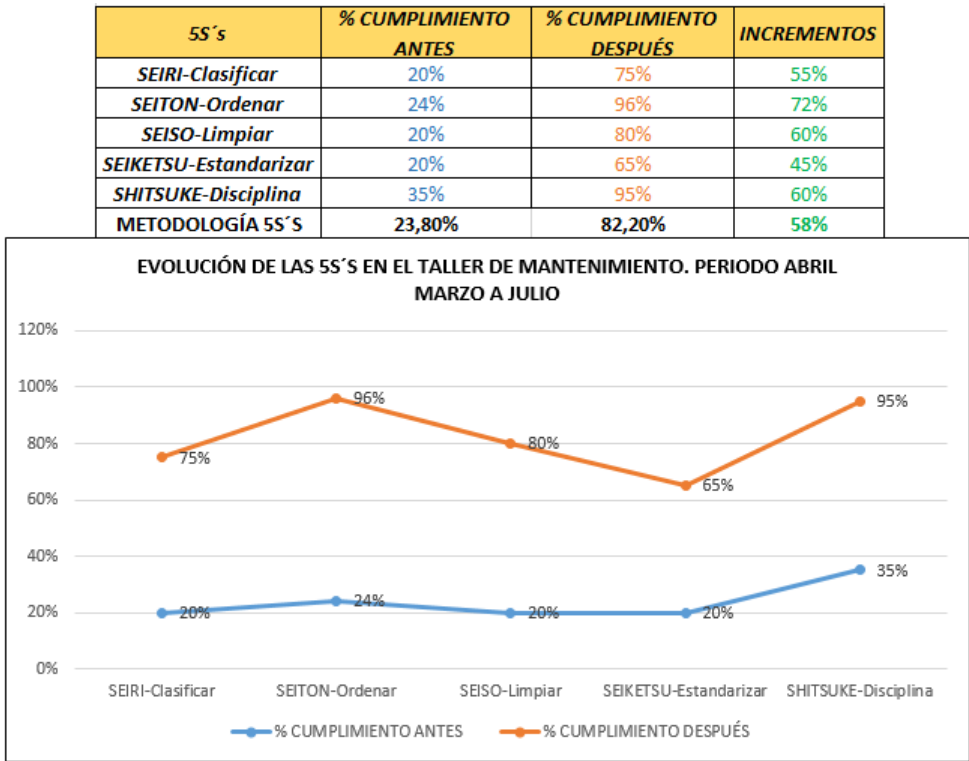


Figura 66. Evaluación 5S's taller de mantenimiento

La lista de chequeo JIPM aplicada en el periodo de tiempo ver *Figura 67* permitió estudiar seis variables importantes según el Instituto Japonés de Planta a tener en cuenta en las áreas en donde se cuenta con maquinaria y equipo. Se evidencia la mejora obtenida de las condiciones alrededor de la maquinaria gracias a la oportuna implementación del programa TPM.

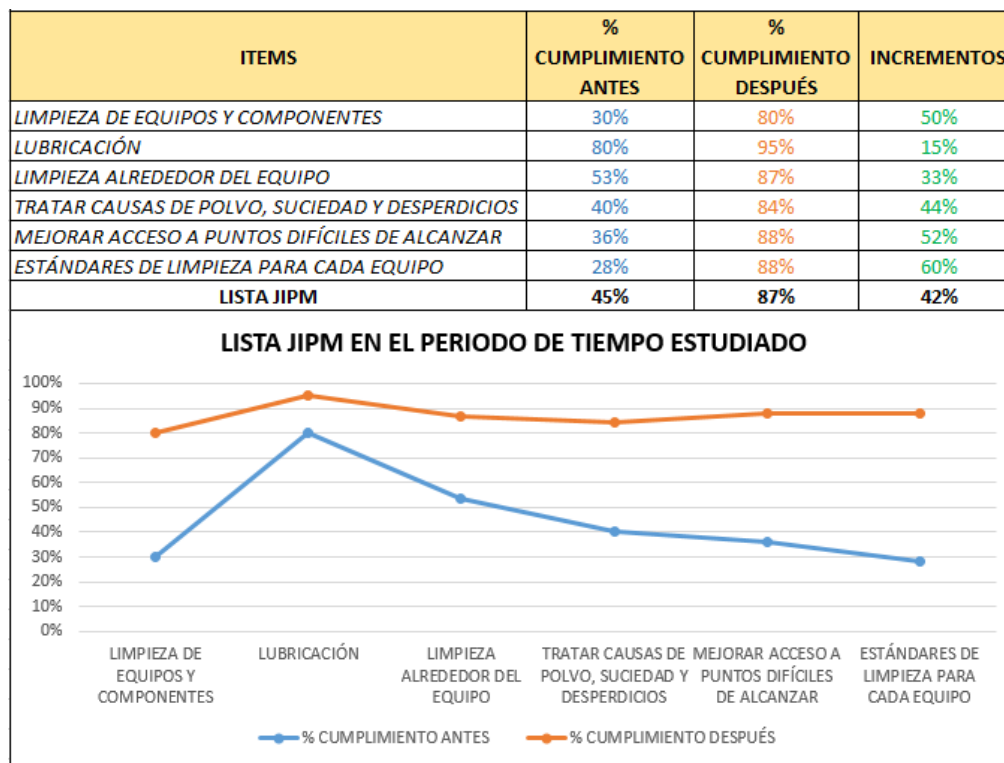


Figura 67. Evaluación de la Lista de chequeo JIPM.

El área de la molienda obtuvo un cambio radical en función de crear un ambiente agradable, ordenado, limpio y con justo lo necesario para ejecutar las labores del día a día, se evidencio un incremento promedio del 48,50% de la metodología en todos los aspectos evaluados, Seiketsu o Estandarización de actividades tuvo un mayor peso con un incremento promedio del 62% esto debido al impacto del Programa de Mantenimiento Autónomo mediante la implementación de estándares y periodicidad de limpieza, la asignación de responsabilidades para la ejecución de estas labores y el control de las actividades mediante los respectivos formatos.

El nuevo taller de mantenimiento independientemente de su nueva estructura, fue influenciado positivamente por esta metodología, ya que no solo bastaba con asignar un nuevo lugar, se debió seguir una disciplina de orden y limpieza, gracias a la constancia enfocada en 5S's se logró un incremento del 58%, se evidencia un gran incremento ya que la comparativa inicial se hizo con un área totalmente obsoleta, Seiton fue el área más influenciada por la metodología, con un

incremento del 72%, el orden en el taller es clave para mantener tiempos óptimos de ejecución de actividades, se garantizó un área acorde para la ejecución de trabajos de mantenimiento, clasificación idónea de herramientas de todo tipo, insumos y repuestos, brindando bienestar para el técnico de mantenimiento y el área de mantenimiento.

La lista de chequeo JIPM reflejó el impacto del programa de mantenimiento autónomo, el cual creó los estándares ideales para garantizar las condiciones idóneas de los equipos, hoy en día se encuentran equipos limpios, con buenas prácticas de lubricación, el área alrededor de los equipos evidencia la cultura de orden y aseo, se trataron las causas de polvo, suciedad y derrames cambiando la cultura del proceso de limpieza a un proceso de inspección – limpieza, se establecieron los estándares necesarios para ejecutar las labores de limpieza en los equipos, lo que generó un aumento porcentual del 42% en el estudio del área de molienda en función de la lista de chequeo JIPM.

9.2. Seguimiento y control de equipos.

La metodología TPM se implementó en el área de la molienda permitiendo responder a las necesidades de la misma, las actividades del Programa de Mantenimiento Autónomo y el Programa de Mantenimiento Preventivo crearon un antes y un después en la gestión del área de mantenimiento de la planta, este cambio es reflejado mediante las cifras de los indicadores de presentados a continuación, toda la información se recopiló gracias a los formatos implementados.

TPPR: Tiempo Promedio Para Reparar. En el mes de abril se dio inicio a la ejecución de actividades preventivas, aumento la relación que existe entre hombre máquina permitiendo interactuar más con estas, desarrollando habilidades en la ejecución de tareas de mantenimiento. El tiempo promedio para reparar es dependiente del número de fallas ocurridas y la duración de las mismas, con el pasar del tiempo se puede observar el impacto significativo que tuvo la metodología TPM sobre las paradas no programadas, reduciendo el # de fallas ocurridas y de igual forma el tiempo invertido en ellas, obteniendo cambios significativos en el TPPR, en este indicador se tuvo en cuenta el mes de marzo debido a que en este se empezó a implementar el formato de registro de fallas. *Ver Figura 68.*

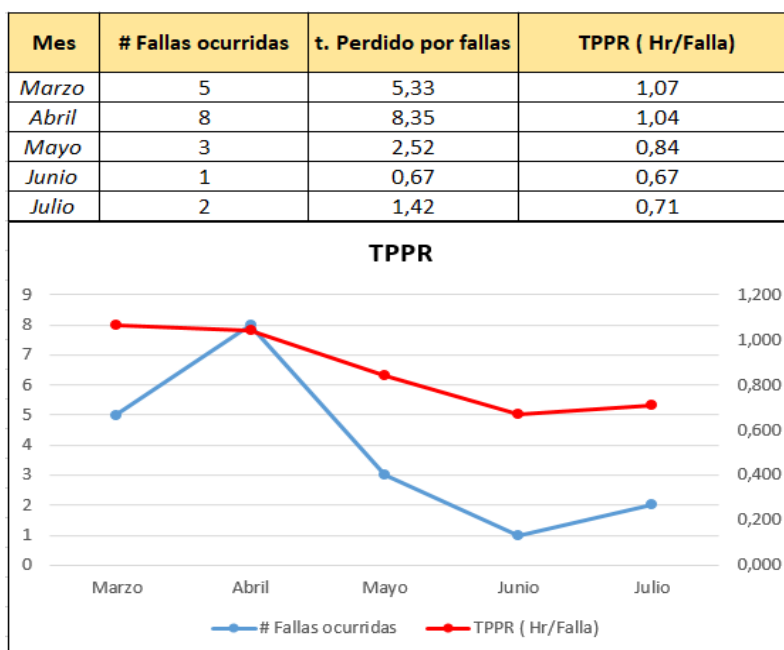


Figura 68. Evolución del TPPR.

TMEF: Tiempo Medio Entre Fallas. Este indicador mide la confiabilidad del sistema para operar, se observa claramente como la metodología TPM aporta al aumento en el tiempo del TMEF, las buenas prácticas de mantenimiento reducen las fallas y crean confiabilidad al sistema productivo para operar por lo que fue posible mayores horas de producción en el sistema. Entre los meses de abril, mayo y junio se evidencia el impacto en confiabilidad del sistema, pasando de 42,96 horas en ocurrir una falla a 475 horas por falla. Ver Figura 69.

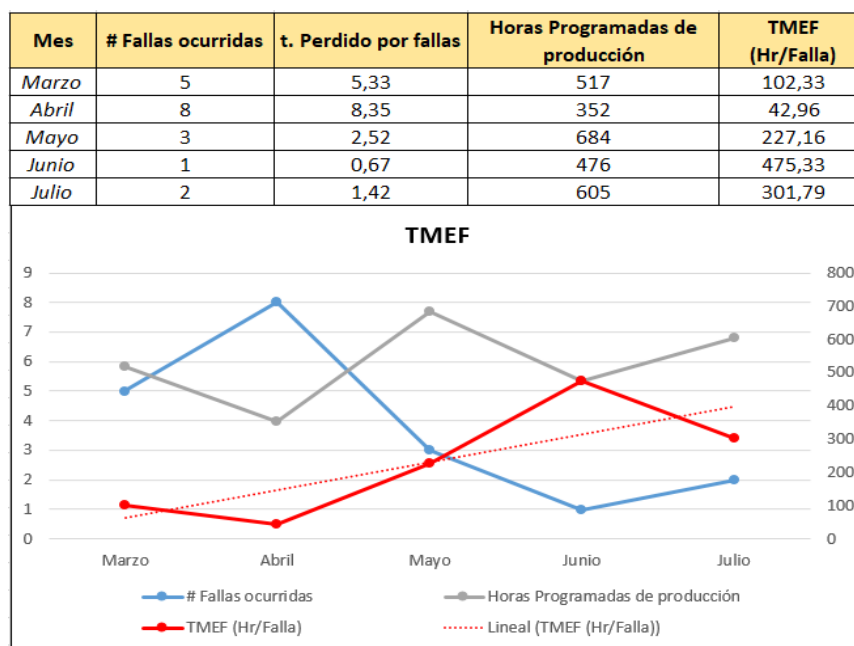


Figura 69. Evolución del TMEF.

DIS: Disponibilidad. Se da a conocer el porcentaje promedio en el que el sistema está disponible para cumplir su función, el cual depende del número de fallas ocurridas, las paradas programadas para intervenciones preventivas y la cantidad de horas en las que el sistema fue confiable para trabajar. Cabe resaltar la relación que existe entre el tiempo de producción y las paradas programadas (MP), cuando se realizan paradas programadas, para intervenir la maquinaria según el cronograma de mantenimiento preventivo, se garantiza la disponibilidad y confiabilidad del sistema, reflejando en el siguiente mes una mayor capacidad de producción. El mayor impacto se puede apreciar en el periodo abril mayo, en abril se ejecutaron alrededor de 140 tareas aproximadamente (Ver indicador %CUM) lo que garantizó un sistema fiable para producir, generando un aumento a 684 horas de producción. Este fenómeno se reitera con las intervenciones del mes de junio las cuales reflejan una mayor productividad del sistema en el mes de julio. Ver Figura 70.

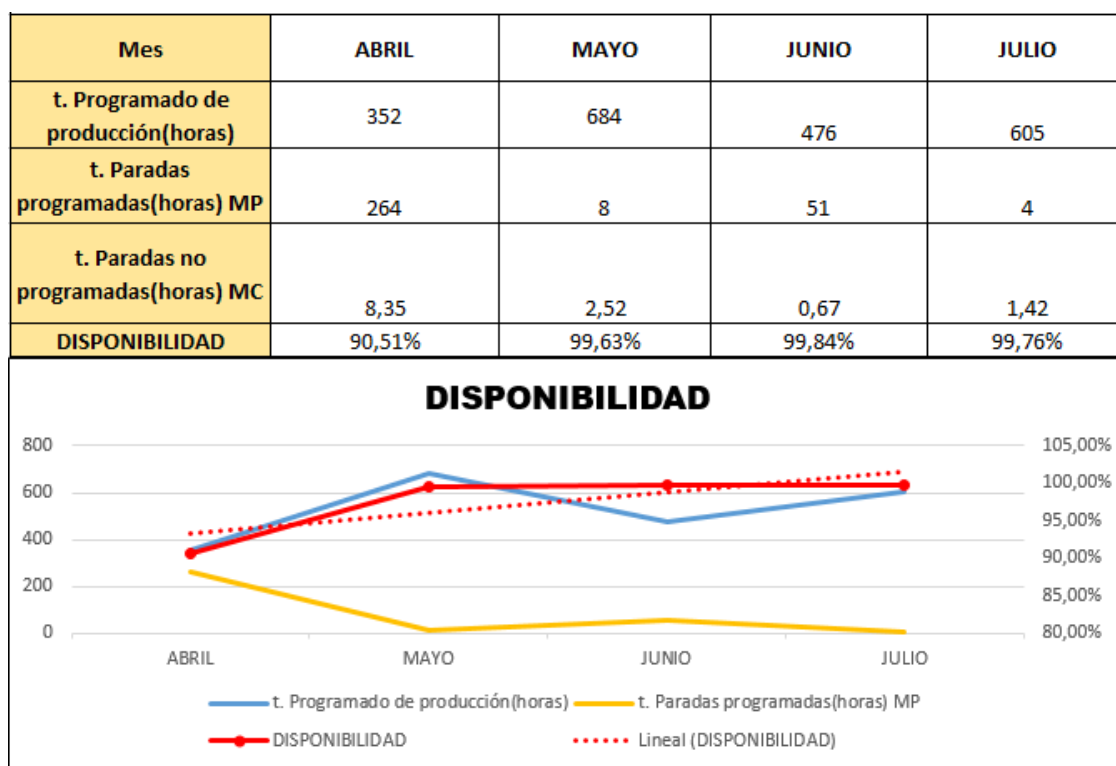


Figura 70. Evolución del indicador Disponibilidad.

TD: Tasa de desempeño. Se calculó la producción mensual teórica, levantando la información necesaria para este dato, se relacionó la capacidad máxima de producción del proceso según los días trabajados con una fórmula sencilla en la que se tiene en cuenta las unidades producidas por

referencia por hora y el tiempo trabajado en el mes. Las unidades de producción real se recopilan del informe de producción mensual que maneja el área de manufactura, la tasa de desempeño es la relación entre estos dos datos, se puede observar que una vez implementado el programa TPM esta fue aumentando en el tiempo, logrando su mayor salto en el periodo junio – julio, etapa en la cual se consolidó el programa en la planta de producción. El sistema de molienda evolucionó de una tasa de desempeño del 85,67% al 92,80%. Ver Figura 71.

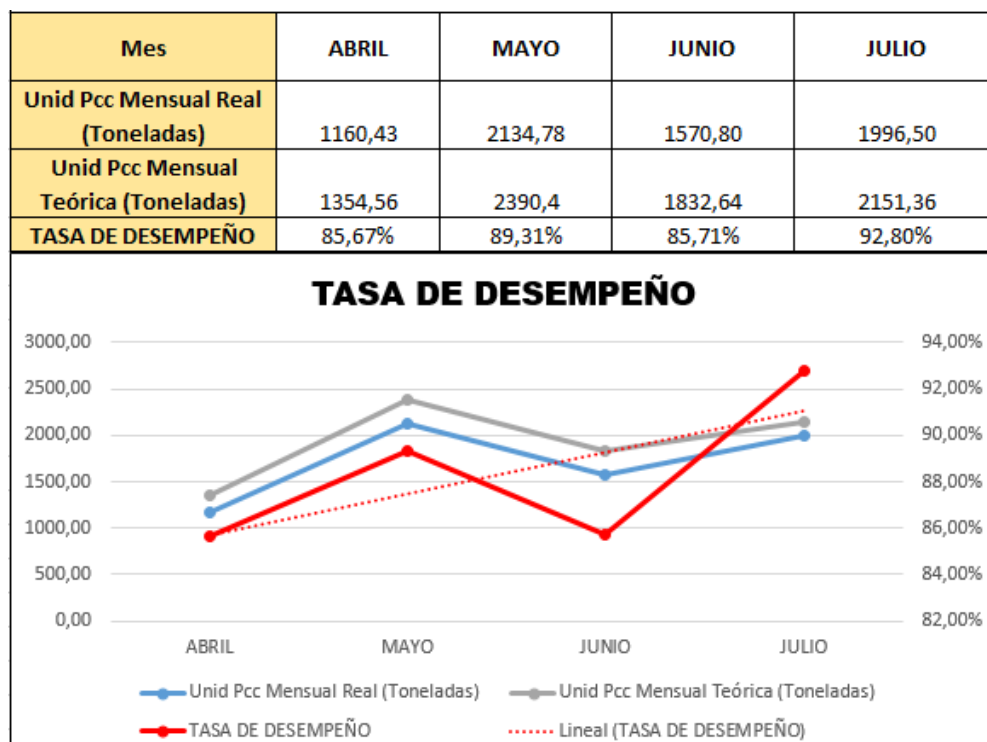


Figura 71. Evolución del indicador Tasa de Desempeño.

TC: Tasa de Calidad. Las buenas prácticas de mantenimiento influyen no solo en la confiabilidad y disponibilidad de los equipos para producir, la oportuna implementación del programa de Mantenimiento Autónomo permitió crear un aporte al área de calidad, evitando que en la maquinaria existan posibles infestaciones clásicas del sector, como lo son el gorgojo y las polillas, las jornadas de limpieza implementadas permitieron crear productos terminados con calidad, reducir las devoluciones de producto terminado y aumentar los clientes satisfechos para la Cooperativa. Se puede observar que antes del programa TPM se veía una problemática de devoluciones, la cuales se presentaron en el mes de abril con alrededor de 19 toneladas devueltas de harina, una vez empezó a ejecutarse el cronograma de mantenimiento a finales de abril, con tareas de limpieza y desinfección de equipos la situación empezó a cambiar, al mantener equipos

inocuos se crean productos terminados de calidad, concepción que no se tenía en cuenta antes de conocerse el programa TPM. En el periodo observado se redujeron las devoluciones considerablemente, es decir los productos no conformes por infestación, incrementando el valor de la tasa de calidad unos cuantos decimales, cabe resaltar, que no es tan significativo en número debido a la relación de producción y devoluciones, pero si lo es cuando de satisfacción del cliente, eficacia y calidad se trata. Ver Figura 72.

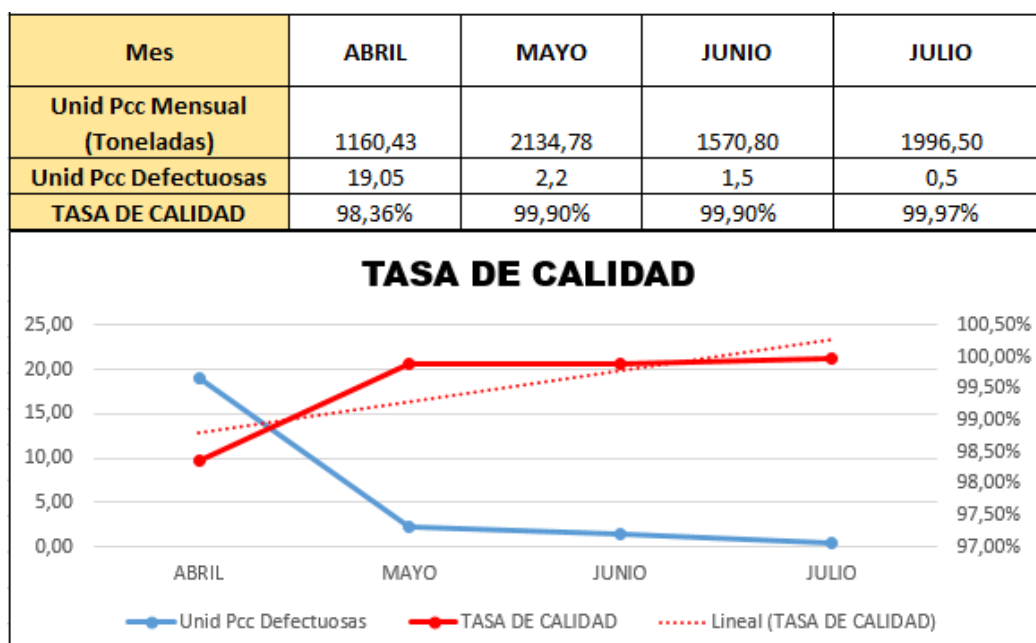


Figura 72. Evolución del indicador Tasa de Calidad.

OEE: Eficiencia Global de los Equipos (EGE). Este indicador representa los resultados obtenidos gracias a la implementación de los dos pilares del TPM y las actividades de mejora que rodearon el programa. En el área de la molienda se aplicó el indicador para un periodo de cuatro meses, en los cuales se pueden observar los cambios significativos sobre disponibilidad, tasa de desempeño y calidad de productos producidos, se creó un indicador de gestión muy importante y poderoso para la toma de decisiones.

El diseño del programa de mantenimiento preventivo, la ejecución oportuna de las actividades del cronograma se buscó elevar los niveles de disponibilidad creando un impacto en la productividad del sistema, por lo que el personal del área de mantenimiento será el encargado de mantener esta Eficiencia Global del Sistema, ya que esta mide la eficiencia general de las actividades del departamento.

Se reflejan dos periodos importantes a recalcar, el periodo abril mayo en el cual se obtuvo un incremento inicial del OEE, esto debido a las actividades preventivas que iniciaron con una parada programada en el mes de abril, el efecto de estas es evidente en los siguientes meses, pasando en este periodo de un OEE del 76,27% incrementando progresivamente a 88,89%. El segundo periodo caracterizado por los meses junio julio, en donde el OEE incrementó del 85,49% al 92,55% gracias a la madurez del programa TPM.

Las actividades preventivas y autónomas, permitieron un incremento en la eficiencia del área de mantenimiento de aproximadamente 17% en el periodo estudiado, lo que se traduce en aumento de productividad y competitividad de la Cooperativa de Panificadores de Santander – COOPASAN. Ver Figura 73.

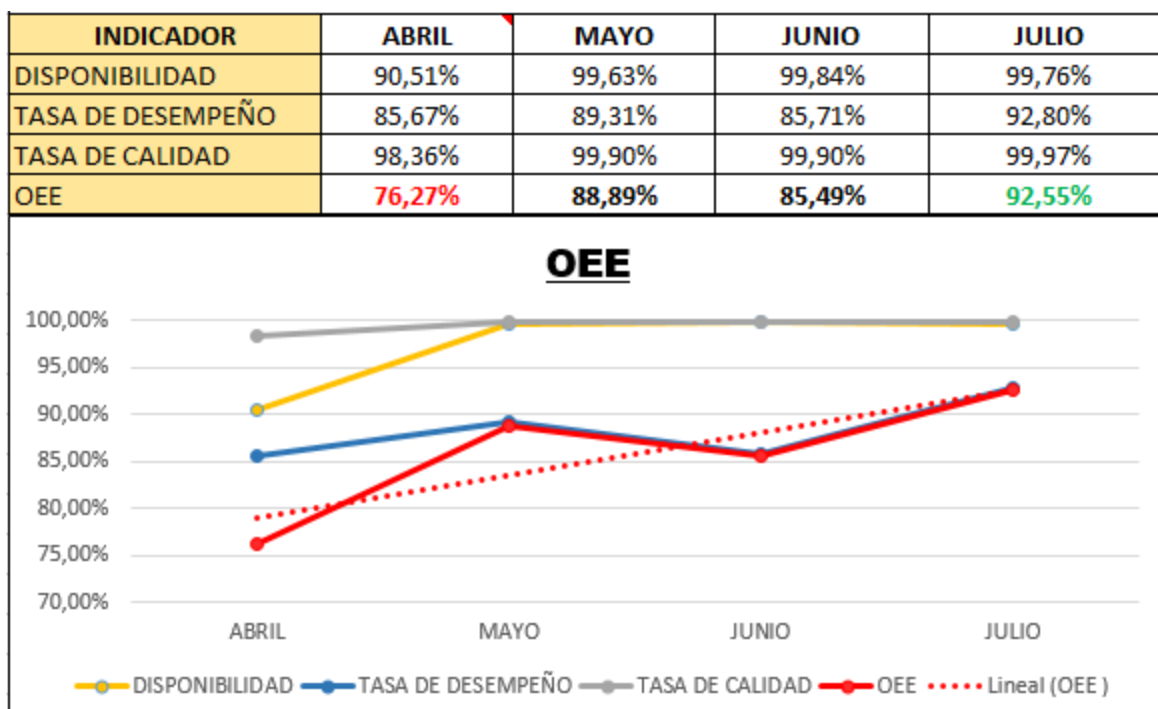


Figura 73. Evolución del indicador OEE.

9.3. Seguimiento de planificación de actividades.

De gran importancia fue el control de actividades, la verificación de cumplimiento de labores del personal, quienes alimentarán el sistema de indicadores, gracias a la disposición de los mismos y cumplimiento de actividades fue posible la medición de actividades en el periodo de tiempo estudiado.

%CUM: Porcentaje de cumplimiento de actividades preventivas planificadas. El indicador controla la ejecución de las actividades planeadas, ya que todos los esfuerzos y el levantamiento de información para la creación del cronograma se debe cumplir.

Se puede observar que antes del programa no existía una cultura alrededor de las actividades necesarias preventivas, estas actividades empiezan a ejecutarse en una parada general que se hace, se pretende el máximo aprovechamiento de tiempo para poder cumplir con las tareas de inspección, lubricación, mecánicas y de limpieza.

Estos datos fueron posibles gracias a la recolección de información recopilada en las hojas de vida de la maquinaria. La diferencia entre las tareas ejecutadas y las programadas se da debido a que no todas las tareas son ejecutables, estas dependen de la inspección inicial que se le hace a los equipos, de ser necesarias se ejecutan.

El indicador evidencia el progreso que se tiene en la implementación del programa TPM. Pasando de no ejecutar tareas preventivas, llevar una cultura errónea de mantenimiento a la ejecución y validación del cronograma de mantenimiento preventivo.

Al mes de Julio se logra un porcentaje de cumplimiento del cronograma de aproximadamente el 96%, cifra satisfactoria para el área y el equipo de trabajo involucrado en la misma. Cifra que ratifica los resultados obtenidos en las mediciones anteriores. *Ver Figura 74.*

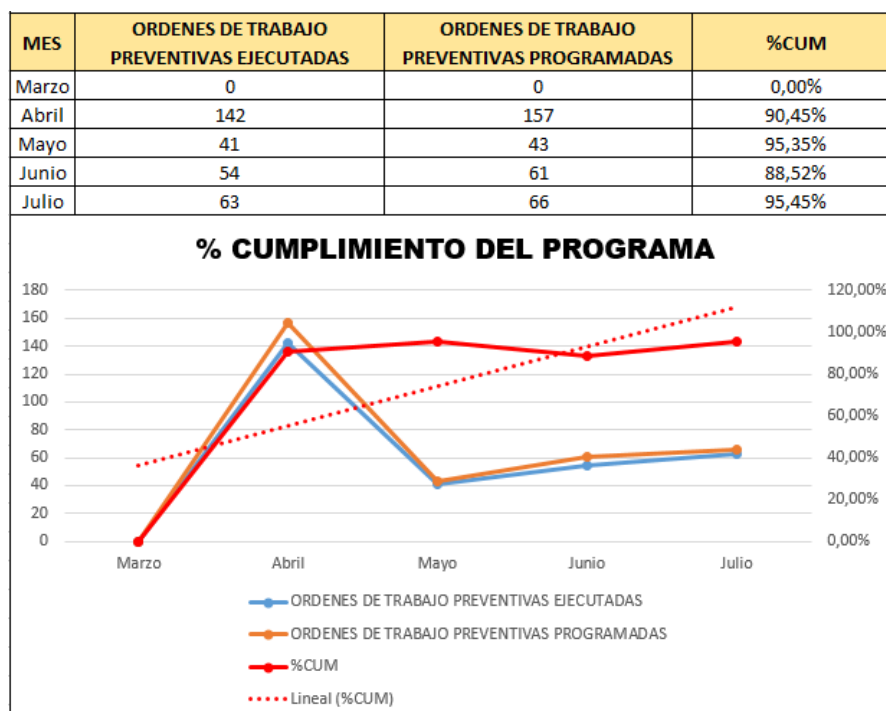


Figura 74. Evolución del indicador % de cumplimiento de actividades.

MP vs MC: Relación entre mantenimientos preventivos y mantenimientos correctivos. Es necesario medir el comportamiento del programa TPM en función de las fallas ocurridas. Se evidencia como las actividades preventivas garantizaron un sistema eficiente, en el cual las actividades correctivas que se venían ejecutando en la planta debido a paradas y fallos inesperados disminuyeron significativamente.

El indicador refleja la relación entre dos variables, lo ideal es que esta relación siempre sea positiva. Como se puede observar en el tiempo se evidencia un crecimiento de la relación MP Vs MC, creando un aporte a la disponibilidad y confiabilidad para operar del sistema de molienda. Ver Figura 75.

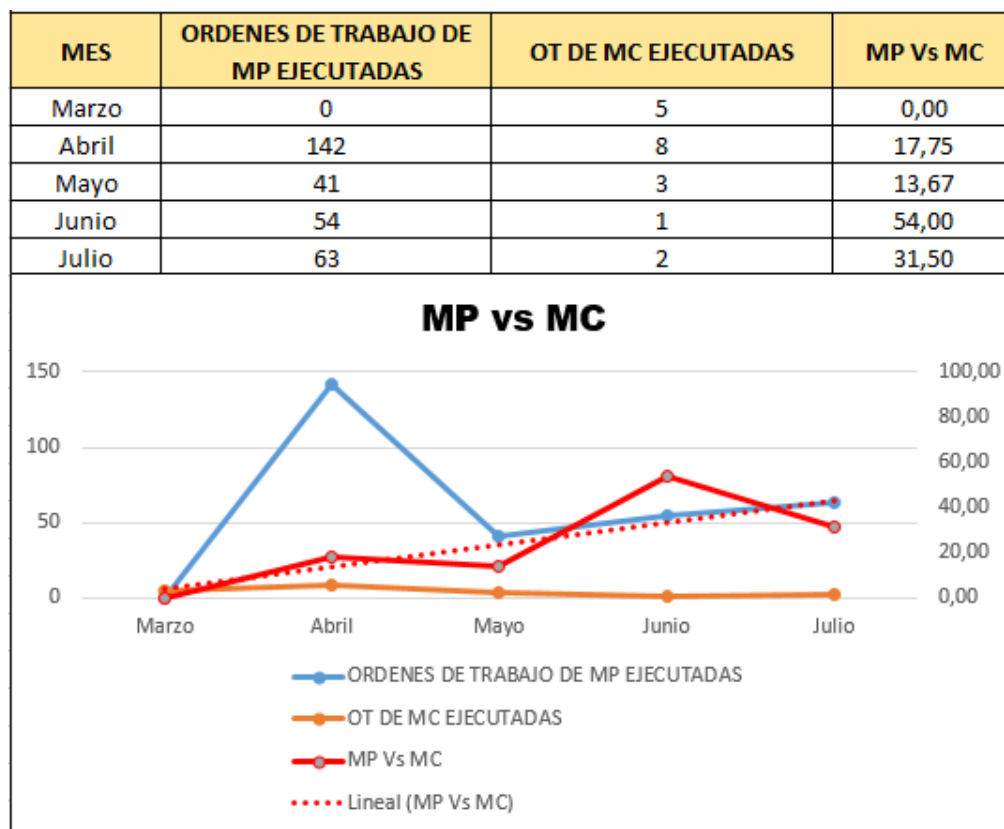


Figura 75. Evolución del indicador MPvsMC.

10. Conclusiones.

El uso de herramientas diagnósticas para análisis cualitativos y cuantitativos como lo son cuestionarios, listas de chequeo, análisis estadísticos, diagramas de Pareto, diagramas de causa y efecto, diagramas de flujos, análisis de criticidad, análisis de indicadores de gestión, fueron fundamentales para la correcta ejecución de la metodología TPM, ya que permitieron establecer un análisis situacional y a partir de este enfocar la implementación del proceso de mejoramiento continuo en la planta de producción y en especial en el área de mantenimiento.

La metodología utilizada de análisis de criticidad, método de clasificación multicriterio de equipos permitió establecer el foco de análisis y alcance del proyecto propuesto, lo que permitió el oportuno enfoque de recursos necesarios para la ejecución de las diferentes actividades propuestas por la metodología TPM, abordar los equipos del proceso de molienda como resultado del análisis de criticidad, permitió generar resultados significativos para la Cooperativa.

La implementación del programa de mantenimiento autónomo acompañado de la metodología de las 9S's permitió garantizar las condiciones básicas de los equipos para futuras intervenciones mediante jornadas de limpieza, se mejoraron los ambientes laborales logrando calidad de trabajo en el área de la molienda y el taller de mantenimiento, a continuación, se listan los resultados obtenidos.

- ✓ Hoy en día la intervención de las máquinas en el área de la molienda se puede hacer óptimamente gracias a los gabinetes de herramientas que se colocaron, lo que se traduce a tener un inventario de herramientas necesarias para el área, en orden, a disposición y creando una reducción de los tiempos de operación ya que estas se encuentran a la mano para el personal que lo necesite, reduciendo su dependencia con el técnico de mantenimiento.
- ✓ La disposición de un taller de mantenimiento permitió crear un área acorde para los trabajos de mantenimiento, fue posible la clasificación de herramientas generales, insumos y repuestos, permitiendo diferenciar entre estos, haciendo rápida su recolección. La metodología de 9S's en esta área creó un cambio en el pensamiento del técnico de mantenimiento, permitiendo crear rutinas de aseo y orden generando un

ambiente laboral seguro y en óptimas condiciones, según las listas de chequeo evaluadas evolucionó la metodología de un 23% en su cumplimiento a un 82,20%, por lo cual se obtuvo un incremento del 58%.

- ✓ Se establecieron áreas de disposición de residuos, se capacitó a operarios mediante instructivos de disposición de residuos, creando una cultura de orden y aseo aplicable una vez terminadas las jornadas de mantenimiento autónomo (Limpieza y desinfección).
- ✓ El programa permitió tener áreas ordenadas y limpias, evitando la acumulación de suciedad, fugas, polvos, materiales carchados en maquinaria, mediante la estandarización de jornadas de limpieza de maquinaria las cuales fueron anexadas al cronograma de actividades de mantenimiento preventivo, se establecieron responsabilidades al personal con el fin de involucrar el equipo de trabajo a estas labores de mantenimiento, generando formatos tanto de inspección para líderes de producción como de operación e instructivos de trabajo para las labores de los operarios, la implementación de esta nueva cultura permitió la consecución de resultados logrando un incremento en la metodología del 48,50%.

El pilar de Mantenimiento Preventivo jugó un papel clave en la nueva filosofía de mantenimiento, las labores en equipo que hicieron posible la ejecución de la metodología RCM permitieron guiar los esfuerzos a crear una nueva gestión del área de mantenimiento. El estudio técnico de la maquinaria y los esfuerzos del personal permitieron crear un programa de mantenimiento preventivo codificado, el cual aborda todas las tareas preventivas para cada equipo crítico del área de la molienda, el programa tuvo un % de cumplimiento al último mes evaluado del 95,45%; se crearon los formatos necesarios para manejo de información creando las bases necesarias para la toma de decisiones futuras, los instructivos guías para la ejecución de tareas permitiendo estandarizar las labores y así crear un aporte de parte del área de mantenimiento al proceso en certificación en BPM que está llevando la Cooperativa, el levantamiento de fichas técnicas entre otros. Se logró generar un cambio cultural en el personal, pasando de labores netamente de emergencia, correctivas a la aplicación de un programa serio, planificado de tareas preventivas reduciendo el tiempo perdido por fallas y la cantidad de fallas en los equipos significativamente, en el mes de Abril se tenía un promedio de 8 fallas/mes, en el mes de Julio 2 fallas/mes, reduciendo el tiempo promedio para reparar de los equipos.

El área de mantenimiento cuenta ahora con un sistema de indicadores acorde a la planeación, ejecución y control de actividades, el cual permite la toma de decisiones oportunas desde el enfoque gerencial, se cuenta con una nueva forma de autoevaluación al área mediante el Overall Equipment Effectiveness (OEE) reflejando la efectividad del programa TPM en el periodo estudiado, evolucionando de un 76,27% considerada como aceptable, con ligeras pérdidas económicas a un 92,55% de cumplimiento, valor de clase mundial y buena competitividad. Se puede concluir que el programa de Mantenimiento Productivo Total alcanzó los resultados esperados.

TPM como metodología de mejora involucró a diferentes áreas de la planta en el trabajo, como lo son el área de Calidad, Seguridad y Salud en el Trabajo, Dirección de manufactura, Gerencia General y claramente Mantenimiento, haciéndolos partícipe e informándolos de la capacidad que tiene el programa para crear cambios positivos en la problemática encontrada, fueron testigos del aseguramiento de la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones del sistema, previniendo defectos, fallas, paradas, accidentes y no conformidades, creando una participación total de los operarios de la planta en las labores tradicionales de mantenimiento creando operarios capaces y polivalentes. TPM entregó a la cooperativa resultados en el mejoramiento de la calidad, la productividad, el aprovechamiento del capital humano, la reducción de costos de mantenimientos correctivos entre otros. TPM como metodología de gestión desde la perspectiva de la ingeniería industrial mejoró a gran escala la gestión del mantenimiento en la planta de producción el Molino COOPASAN, maximizando la eficacia global del sistema de molienda.

11. Recomendaciones.

La metodología generó muy buenos resultados para el proceso de molienda y su productividad, se recomienda hacer extensiva la metodología a los demás procesos de producción para así poder alcanzar mayores beneficios y que los logros obtenidos se repliquen a todo el departamento de producción, estos se encaminen en la ejecución oportuna de tareas del departamento de mantenimiento bajo la filosofía TPM.

Es necesario mantener la cultura TPM, por lo que se recomienda seguir implementando capacitaciones a operarios y administrativos, referentes al tema de mejoramiento continuo en el área de mantenimiento ya que es un área crítica que sostiene el proceso productivo de la organización para así mantener metodologías claves como lo son las 9S's, la cultura de orden y limpieza y las buenas prácticas de mantenimiento a equipos, lo que permitirá seguir obteniendo los resultados mejores a los mostrados en el periodo de tiempo trabajado, generando una mayor productividad y competitividad de la planta de producción el Molino COOPASAN.

Como oportunidad de mejora al proyecto implementado para un óptimo manejo de información, se recomienda implementar un Sistema de Información o software de mantenimiento, que funcione como almacenamiento en bases de datos y procesamiento de toda la información suministrada mediante los formatos creados, con el fin de generar un óptimo manejo en la papelería ya que al empezar en ceros con la problemática abordada la información de manejo con formatos físicos, esta mejora permitirá una descomposición detallada de tiempos, costos, gastos e inventarios de insumos y repuestos referentes a la gestión global del proceso de mantenimiento para realizar un procesamiento de información más confiable, óptimo y verídico.

Se recomienda designar una persona en la organización a cargo de la gestión global del mantenimiento en toda la Cooperativa, de no ser posible contratar a un profesional capacitado para desempeñar dicha labor.

Referencias bibliográficas.

ALFARO, V. (2009) Mantenimiento industrial:
http://www.academia.edu/31571810/Evolucion_del_mantenimiento_industrial

AMAYA. Johanna. (2010). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total para las máquinas y equipos críticos del proceso de producción de la planta de alimentos balanceados de Itacol Girón*. (Tesis de pregrado). Universidad industrial de Santander, Santander, Colombia.

ARIZA, Cesar. JAIMES, Carlos. (2014). *Plan de gestión de activos para la empresa Proyectos Colombianos PROCOL S.A.S.* (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

BELTRAN JARAMILLO JESUS. (2014). *Indicadores de Gestión. Herramientas para lograr la competitividad*. 2da Ed. T E M A S GERENCIALES.

BOTERO, Camilo (1991) *Manual del mantenimiento*. Ed. Fedemetal – Sena, Santa fe de Bogotá.

DUFFUAA. RAOUF. (2002). *Sistemas de mantenimiento. Planeación y control*. México D.C. Lymusa willey.

GARCÍA. G. S. (2003). *Organización y gestión integral del mantenimiento*. Ed. Díaz de Santos.
GÓMEZ DE LEÓN, F.F.; RUIZ CARTAGENA, J.J. (2004). *Ingeniería y Gestión del mantenimiento*.

HOYOS. W.(2010). *Un libro de calidad: La ingeniería Industrial aplicada a las empresas*.1Ed.

KOONTZ, Harold. HEINZ, Weihrich (1992) *Elementos de Administración: Un enfoque internacional y de innovación*. 7ma ed. Mc Graw Hill.

MORA GUTIERRES, Alberto. (2009) *Mantenimiento Planeación, ejecución y control. Enfoques recientes de mantenimiento y producción*. México: Editorial Alfa Omega.

MOUBRAY, John. (2004) *Mantenimiento Centrado en confiabilidad*. Ed español. Publicado por Aladon LLC.

NEIRA, Diana. (2013). *Diseño e implementación de un programa de mantenimiento productivo total para la empresa ALPA construcciones*. (Tesis de pregrado). Universidad Industrial de Santander, Santander, Colombia.

PÉREZ, D. Reyes. RIVERO. P (2007) Calidad y productividad:
<http://productividad2.blogspot.com/2007/07/la-medicin-en-la-empresa.html>

Salazar, B. (2016) Mantenimiento Productivo Total ¿Qué es TPM?:
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>

