



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E  
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE  
AUTOMATIZACIÓN**

**Tema:**

---

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LEAN MAINTENANCE PARA  
BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.**

---

Trabajo de titulación Modalidad Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización

**ÁREA:** Industrial y Manufactura

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:** Diseño, Materiales y Producción

**AUTOR:** Almachi Guanoluisa Evelin Jesenia

**TUTOR:** Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg.

**Ambato - Ecuador**

**marzo – 2023**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: **GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LEAN MAINTENANCE PARA BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.**, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación por la señorita Evelin Jesenia Almachi Guanoluisa, estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que la estudiante ha sido tutorada durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, marzo 2023.

-----  
Ing. Franklin Geovanny Tigre Ortega, Mg.

**TUTOR**

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LEAN MAINTENANCE PARA BIOALIMENTAR CÍA. LTDA., es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, marzo 2023.



EVELIN ALTIACHI

-----  
Evelin Jesenia Almachi Guanoluisa

C.C. 1804716783

AUTOR

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, marzo 2023.



Evelin Jesenia Almachi Guanoluisa

C.C. 1804716783

AUTOR

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por la señorita Evelin Jesenia Almachi Guanoluisa estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado: GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LEAN MAINTENANCE PARA BIOALIMENTAR CÍA. LTDA., nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora Presidenta del Tribunal.

Ambato, marzo 2023.

-----  
Ing. Pilar Urrutia, Mg.

**PRESIDENTA DEL TRIBUNAL**

-----  
Ing. Mg. Fernando Urrutia Urrutia.

**PROFESOR CALIFICADOR**

-----  
Dr. Ángel Mauricio Carranza.

**PROFESOR CALIFICADOR**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios quien me ha llevado de su mano por este largo camino y ha determinado su compañía en cada momento difícil ayudándome a superarme.*

*Agradecimiento y amor a mi madre Martha Susana Guanoluisa Velasco por enseñarme a caminar firme y segura, por inspirarme, por ser el reconforte y el apoyo en cada caída y paso avanzado, todo logro es por ti y nada más que por ti. A mis hermanos, por su soporte en los momentos de felicidad y aún más en los de flaqueza.*

*Agradezco a la empresa Bioalimentar Cía. Ltda., al Ing. Patricio Mosquera, Ing. David Córdova e Ing. Jesica Illicachi por hacer enriquecedor este proceso, quienes, me han apoyado y brindado la confianza para aportar a la empresa y fortalecer mi desarrollo profesional.*

*A la Universidad Técnica de Ambato y a mi facultad por ser los lugares en donde he adquirido conocimientos y he podido vivir momentos gratificantes.*

*A mi tutor de tesis, Ing. Franklin Tigre, quien ha sido un valioso guía e impulso durante mi proceso académico y de titulación; que, como un amigo aportó valiosamente a mi formación personal y profesional.*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

PORTADA .....	i
APROBACIÓN DEL TUTOR .....	ii
AUTORÍA .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
RESUMEN EJECUTIVO .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPITULO I .....	2
MARCO TEÓRICO .....	2
1.1. Tema de investigación .....	2
1.2. Antecedentes investigativos .....	2
1.2.1. Contextualización .....	2
1.2.2. Estudio del arte .....	5
1.2.3. Fundamentación Teórica .....	9
Evolución del Mantenimiento .....	9
Concepto de mantenimiento .....	10
Tipos de mantenimiento .....	11
Gestión del mantenimiento .....	12
Indicadores de gestión del mantenimiento .....	13
Importancia del talento humano en la gestión del mantenimiento .....	15
Diagnóstico de la gestión del mantenimiento .....	15
Estrategias del Mantenimiento Moderno .....	19
Herramientas Lean Maintenance .....	22
Proceso analítico jerárquico o Analytic Hierarchy Process (AHP) .....	29
1.3. Objetivos .....	32

1.3.1. Objetivo General.....	32
1.3.2. Objetivos específicos.....	32
CAPITULO II.....	33
METODOLOGÍA.....	33
2.1. Materiales.....	33
2.2. Método.....	34
2.2.1. Modalidad de investigación.....	34
2.2.2. Población y Muestra.....	35
2.2.3. Recolección de información.....	36
2.2.4. Procesamiento y análisis de datos.....	37
CAPITULO III.....	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
3.1. Análisis y discusión de resultados.....	42
3.1.1. Datos generales de la empresa.....	42
Reseña Histórica.....	42
3.1.2. Proceso productivo para fabricación de alimentos balanceados.....	43
Descripción de proceso productivo.....	46
3.1.3. Descripción de la gestión de mantenimiento de BIOALIMENTAR Cia. Ltda.....	50
Relación de Producción – Mantenimiento.....	51
Localidad para la gestión de mantenimiento.....	52
Funciones del personal de mantenimiento.....	54
Recursos del área de mantenimiento.....	56
Adquisición de consumibles, control de bodega y repuestos.....	57
Caracterización del proceso de mantenimiento.....	58
3.2. Diagnóstico de la situación actual en la gestión del mantenimiento Bioalimentar Cía. Ltda.....	59
3.2.1. Aspecto cuantitativo de la gestión del mantenimiento.....	59
Indicador de eficiencia global de equipos en planta de producción (OEE).....	59
Rendimiento de la planta de producción.....	61
Calidad del producto.....	66
Cálculo de la eficiencia operativa de los equipos (OEE).....	67
Análisis Causa-Raíz de la fluctuación de OEE.....	69



Horas de para no programada.....	69
3.2.2. Aspecto cualitativo de la gestión del mantenimiento actual.....	72
Matriz de análisis de defectos y deficiencias cualitativos en la gestión del mantenimiento .....	73
Matriz de ponderación para evaluación de la gestión de mantenimiento .....	75
Análisis de las deficiencias encontradas en la gestión del mantenimiento Bioalimantar Cía. Ltda. ....	77
3.3. Selección de herramientas Lean Maintenance por medio de AHP.....	79
3.4. Desarrollo de la propuesta documental mediante herramientas Lean Maintenance.....	84
CAPÍTULO IV .....	141
4.1. Conclusiones .....	141
4.2. Recomendaciones .....	143
BIBLIOGRAFÍA .....	144
ANEXOS .....	148
ANEXO 1: Cuestionario de entrevista sobre la gestión del mantenimiento.....	148
ANEXO 2: Cuestionario de entrevista para evaluación de la gestión del mantenimiento.....	150
ANEXO 3: Captura de planeación de mantenimiento preventivo semanal.....	153
ANEXO 4: Imágenes de máquinas que intervienen en el proceso. ....	154
ANEXO 5. Cálculo Proceso Analítico Jerárquico .....	155

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Actividades propias de la gestión del mantenimiento .....	13
<b>Tabla 2.</b> Iniciales 5S .....	23
<b>Tabla 3.</b> Escala de preferencias para el AHP.....	29
<b>Tabla 4.</b> Materiales que se utilizan para el desarrollo de la investigación. ....	33
<b>Tabla 5.</b> Población para la gestión de mantenimiento. ....	35
<b>Tabla 6.</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	36
<b>Tabla 7.</b> Primer principio básico y deméritos establecidos para el área 1 .....	38
<b>Tabla 8.</b> Evaluación COVENIN 2500-93 área 1 .....	40
<b>Tabla 9.</b> Productos balanceados que se comercializan. ....	44
<b>Tabla 10.</b> Máquinas que conforman el proceso. ....	50
<b>Tabla 11.</b> Matriz de caracterización de mantenimiento.....	58
<b>Tabla 12.</b> Disponibilidad de máquinas en líneas productivas. ....	60
<b>Tabla 13.</b> Rendimiento en líneas de producción.....	62
<b>Tabla 14.</b> Calidad.....	66
<b>Tabla 15.</b> Cálculo de OEE. ....	68
<b>Tabla 16.</b> Caracterización de OEE según la línea productiva. ....	68
<b>Tabla 17.</b> Horas de para en líneas de producción. ....	69
<b>Tabla 18.</b> Horas de para no programada. ....	70
<b>Tabla 19.</b> Causas frecuentes de horas de para no programada. ....	71
<b>Tabla 20.</b> Deficiencias en la gestión del mantenimiento. ....	74
<b>Tabla 21.</b> Matriz de evaluación de la gestión de mantenimiento. ....	76
<b>Tabla 22.</b> Herramientas Lean Maintenance propuestas para los problemas encontrados. ..	78
<b>Tabla 23.</b> Ponderación de cada uno de los criterios a evaluar. ....	80
<b>Tabla 24.</b> Sumatoria de cada uno de los criterios. ....	81
<b>Tabla 25.</b> Valor asignado a cada uno de los criterios. ....	81
<b>Tabla 26.</b> Matriz de ponderación de alternativas y criterios.....	82
<b>Tabla 27.</b> Priorización global de cada alternativa evaluada y su representación porcentual. .....	83
<b>Tabla 28.</b> Herramientas seleccionadas y área de la gestión que mejora. ....	84
<b>Tabla 29.</b> Cronograma de implementación 5S. ....	88

<b>Tabla 30.</b> Evaluación inicial 5S.....	90
<b>Tabla 31.</b> Evaluación 5S inicial.....	91
<b>Tabla 32.</b> Situación inicial en taller mecánico.....	94
<b>Tabla 33.</b> Criterios para clasificación en primera S.....	94
<b>Tabla 34.</b> Formato levantamiento de información de existencia en inventario.....	96
<b>Tabla 35.</b> Formato para revisión de funcionalidad de objetos.....	99
<b>Tabla 36.</b> Formato para verificación de cumplimiento.....	104
<b>Tabla 37.</b> Procesos propuestos para trabajo estandarizado.....	109
<b>Tabla 38.</b> Descripción de Actividades para ADA y FDC.....	111
<b>Tabla 39.</b> Matriz de evaluación de proveedores.....	122
<b>Tabla 40.</b> Caracterización de los errores Poka Yoke.....	127
<b>Tabla 41.</b> Relación Error-Defecto.....	130
<b>Tabla 42.</b> Selección del tipo de Poka Yoke.....	131
<b>Tabla 43.</b> Formato de diseño de Poka Yoke para la inspección en las máquinas.....	134
<b>Tabla 44.</b> Formato de diseño de Poka Yoke para el programa de mantenimiento preventivo y predictivo.....	137
<b>Tabla 45.</b> Formato de diseño de Poka Yoke para la gestión de requerimiento de materiales.....	138
<b>Tabla 46.</b> Formato de diseño de Poka Yoke para el manejo de herramientas y repuestos.....	139

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Evolución del mantenimiento .....	10
<b>Figura 2.</b> Escala de medición de la gestión de mantenimiento.....	17
<b>Figura 3.</b> Matriz de evaluación COVENIN 2500-93.....	18
<b>Figura 4.</b> Pirámide de mantenimiento .....	20
<b>Figura 5.</b> Herramientas Lean Maintenance. ....	22
<b>Figura 6.</b> Matriz de priorización respecto a las alternativas.....	31
<b>Figura 7.</b> Matriz para la obtención de la prioridad global en las alternativas. ....	31
<b>Figura 8.</b> Organigrama Bioalimentar Cía. Ltda.....	43
<b>Figura 9.</b> Flujograma de proceso balanceado en harina. ....	47
<b>Figura 10.</b> Flujograma de proceso en pellet. ....	48
<b>Figura 11.</b> Flujograma de proceso extrusión. ....	49
<b>Figura 12.</b> Organigrama departamento de mantenimiento. ....	51
<b>Figura 13.</b> Oficina de Mantenimiento. ....	52
<b>Figura 14.</b> Taller de mantenimiento. ....	53
<b>Figura 15.</b> Disposición geográfica CIP .....	53
<b>Figura 16.</b> Rendimiento de línea fabricación harinas-dosificado.....	63
<b>Figura 17.</b> Rendimiento de línea 1 peletizado.....	64
<b>Figura 18.</b> Rendimiento de línea 2 peletizado.....	64
<b>Figura 19.</b> Rendimiento de línea 3 peletizado.....	65
<b>Figura 20.</b> Rendimiento de línea mascotas-extrusión. ....	65
<b>Figura 21.</b> Rendimiento de línea empacado. ....	66
<b>Figura 22.</b> Análisis Causa-Raíz.....	69
<b>Figura 23.</b> Causas de paras no programadas. ....	71
<b>Figura 24.</b> Pirámide de mantenimiento. ....	73
<b>Figura 25.</b> Jerarquización para AHP. ....	79
<b>Figura 26.</b> Valores asignados a cada uno de los criterios y herramientas a seleccionar. ....	82
<b>Figura 27.</b> Producto de matriz y vector para obtener la priorización global de las alternativas. .....	83
<b>Figura 28.</b> Organigrama comité 5S. ....	89
<b>Figura 29.</b> Representación evaluación inicial 5S. ....	91

<b>Figura 30.</b> Procedimiento para implementación primera S. ....	93
<b>Figura 31.</b> Flujograma para clasificación de objetos. ....	95
<b>Figura 32.</b> Codificación para identificación de instalaciones. ....	96
<b>Figura 33.</b> Tarjeta roja de clasificación. ....	97
<b>Figura 34.</b> Proceso implementación segunda etapa 5S. ....	99
<b>Figura 35.</b> Layout de taller mecánico. ....	100
<b>Figura 36.</b> Proceso de implementación tercera S. ....	101
<b>Figura 37.</b> Formato de inspección de limpieza de taller. ....	102
<b>Figura 38.</b> Proceso implementación cuarta S. ....	103
<b>Figura 39.</b> Pasos para implementación de Poka Yoke. ....	125

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene por objetivo mejorar la gestión del mantenimiento en Bioalimentar Cía. Ltda. por medio de la aplicación de herramientas Lean Maintenance. Para alcanzar este objetivo se llevó a cabo 3 etapas investigativas. La primera etapa comprende el análisis de la situación inicial por medio de un diagnóstico en el que se considera 12 ejes de gestión de mantenimiento por medio de la aplicación de la evaluación del manual COVENIN 2500-93, determinando las áreas de fortaleza y deficiencia de gestión; además, se usa como herramienta las observaciones, entrevistas y la recolección de datos que facilitan la identificación de actividades conflictivas.

En la segunda etapa se realiza la selección de herramientas por medio del proceso analítico jerárquico para brindar un soporte cuali-cuantitativo a la investigación y mejorar los aspectos prioritarios a tratar en la gestión de mantenimiento de Bioalimentar. Con el cálculo de las prioridades se determina el desarrollo de 3 herramientas Lean Maintenance que son: 5S, Estandarización y Poka Yoke; y, la tercera etapa desarrolla documentalmente cada una de las herramientas seleccionadas proponiendo procesos, formatos y flujogramas que describen de forma continua como implementar y registrar datos para su implementación, seguimiento y control.

Finalmente, este proyecto de investigación obtiene como conclusión que una vez se adapte las herramientas Lean Maintenance seleccionadas para mejorar la gestión de mantenimiento en Bioalimentar, se esperaría alcanzar una disminución en las esperas por los repuestos y pérdidas de tiempo por retrabajos en actividades de mantenimiento que favorecerán el cumplimiento efectivo de la planeación de trabajo semanal.

**Palabras clave:** Proceso analítico jerárquico (AHP), 5S, Poka Yoque, estandarización de trabajo.

## **ABSTRACT**

The objective of this project is to improve maintenance management at Bioalimantar Cía. Ltda. through the application of Lean Maintenance tools. To achieve this objective, 3 investigative stages were carried out. The first stage includes the analysis of the initial situation through a diagnosis in which 12 maintenance management axes are considered through the application of the evaluation of the COVENIN 2500-93 manual, determining the areas of strength and management deficiency. In addition, observations, interviews and data collection are used as tools that facilitate the identification of conflicting activities.

In the second stage, the selection of tools is carried out through the hierarchical analytical process to provide qualitative-quantitative support to the investigation and improve the priority aspects to be addressed in the maintenance management of Bioalimantar. With the calculation of the priorities, the development of 3 Lean Maintenance tools is determined, which are: 5S, Standardization and Poka Yoke; and, the third stage documentally develops each of the selected tools proposing processes, formats and flow charts that continuously describe how to implement and record data for its implementation, monitoring and control.

Finally, this research project concludes that once the selected Lean Maintenance tools are adapted to improve maintenance management in Bioalimantar, it would be expected to achieve a decrease in spare parts waits and loss of time due to rework in maintenance activities that it will favor the effective fulfillment of the weekly work schedule.

**Keywords:** Hierarchical analytical process (AHP), 5S, Poka Yoque, work standardization.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento industrial dentro de la industria manufacturera procura mantener sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos siempre fiables y listos para el trabajo; por lo que, su eficiente gestión puede determinar cuan óptimo es el uso de recursos dentro de una empresa a través de garantizar el rendimiento de las máquinas que conforman el proceso productivo. Para optimizar la gestión de mantenimiento se adoptan diferentes alternativas ajustadas con las necesidades de la industria, la adopción de herramientas Lean Maintenance, permite la disminución de pérdidas dentro de los departamentos implicados en la gestión del mantenimiento que garantiza el bienestar y sostenibilidad de la producción. La implementación de estas herramientas fomenta la optimización de recursos que a largo plazo se traduce en reducción de costos que no se perciben a primera vista y fomenta la comunicación y trabajo entre áreas productivas.

Bioalimentar Cía. Ltda. es una empresa manufacturera que se dedica a la producción y comercialización de alimento balanceado para animales, se encuentra constantemente comprometida con la mejora y análisis de estrategias para garantizar a sus clientes productos de calidad sin descuidar el cumplimiento legal y bienestar de sus colaboradores. Es uno de los motivos que facilita el desarrollo de esta investigación, centrada en la mejora de la gestión de mantenimiento de equipos, para que se pueda garantizar el funcionamiento adecuado de las líneas productivas de la empresa.

En el primer capítulo de esta investigación se detalla la problemática dentro de la industria manufacturera en torno a la gestión del mantenimiento, se expone conceptos de relevancia para entender los parámetros a analizar y finalmente se plantea los objetivos a alcanzar con la investigación. El segundo capítulo corresponde a la metodología usada para desarrollar la presente investigación, en el que se describe el método de diagnóstico y evaluación de herramientas Lean Maintenance. Luego se describe información, cálculos, se realiza procedimientos, formatos y más documentos relacionados al análisis y solución del problema de investigación, todo esto en el tercer capítulo. Finalmente, en el cuarto capítulo se redactan las conclusiones del proyecto en función a los objetivos propuestos y solución planteada para mejorar la gestión de mantenimiento en Bioalimentar Cía. Ltda.



# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### **1.1.Tema de investigación**

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO MEDIANTE LEAN MAINTENANCE PARA BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.

### **1.2.Antecedentes investigativos**

#### **1.2.1. Contextualización**

Con el crecimiento acelerado del sector industrial a nivel mundial, el mantenimiento y su gestión se reconoce como un proceso estratégico, con alta criticidad y de complicada administración [1]. Por lo que, la falta de organización, planificación y canales de comunicación deficientes entre departamentos que conforman el proceso productivo afectan a los indicadores de desempeño de la organización que incrementan los costos y perjudican a la competitividad de las empresas que no se han sumergido en un proceso de mejora [2].

La gestión del mantenimiento administra una gran cantidad de recursos económicos, materiales, equipos y humanos; pero, aun en la actualidad, este importante proceso se desempeña como un eslabón suelto en la cadena de producción, provocando pérdidas económicas cuantiosas, dando paso a la fabricación de productos defectuosos e inclusive origina accidentes e incidentes laborales [3].

La complejidad de la gestión del mantenimiento varía de acuerdo al sector, la actividad industrial en la que se desarrolla y el nivel de automatización de la unidad productiva [4]. Una gestión de mantenimiento desorganizada y con falta de compromiso corporativo disminuye la capacidad de producción instalada, afectando directamente al mercado que requiere de una producción estable, continua y creciente [5].

En las empresas que están compuestas por un gran porcentaje de máquinas, se evidencia que la falta de una adecuada gestión de mantenimiento influye en la calidad del producto final, repercutiendo en la satisfacción del cliente y generando pérdidas económicas que no

solo conciernen al departamento de mantenimiento; sino, a toda la empresa [6]. La gestión de mantenimiento ineficiente causa el incumplimiento del objetivo de minimizar del costo global de mantenimiento y por ende los objetivos de producción [7].

Una gestión de mantenimiento no planificada, ejecuta sin evaluar sus procedimientos y metodologías de trabajo, no alcanza los objetivos predispuestos por el departamento de planeación y producción. Se identifica a la actividad de mantenimiento como un cuello de botella en el proceso productivo, que sin la administración adecuada ocasiona que las máquinas pierdan su operatividad e incluso se manufacture productos con una calidad cuestionable [8].

La gestión de mantenimiento que no se adapte a la innovación continua, presenta fallas en su implementación debido a la resistencia al cambio de su talento humano; significa que, cae presa de un laberinto sin salida que provoca pérdida de la capacidad de respuesta frente a actividades planificadas y no planificadas [9]. El talento humano es una de las claves en la gestión del mantenimiento, debido a la falta de sincronización de creencias, valores y objetivos también representa un contratiempo al momento de generar crecimiento y sostenibilidad en la empresa [10] [11]. Una de las causas de la ineficiencia en la gestión del mantenimiento es la falta de compromiso de los actores que intervienen en el proceso productivo; por tal razón, la tasa de inoperatividad y los productos defectuosos tienden a incrementarse [12].

La indisponibilidad de equipos y baja productividad que provoca una ineficaz administración del mantenimiento afecta directamente al desempeño de la empresa causando el cese de actividades e incluso el cierre de empresas. La inexistencia de procedimientos estandarizados para que los procesos de mantenimiento y producción se desarrollen de una forma eficaz y con un funcionamiento adecuado, detienen el crecimiento empresarial, bajan la rentabilidad y generan costes excesivamente altos [13].

Según varios autores, otro causante de deficiencia en la gestión del mantenimiento es la inadecuada dirección en el aprovisionamiento de repuestos, que genera desperdicios en el proceso productivo en organizaciones de diversos sectores, implicando grandes costos de

inventario, análisis nulos de requerimientos y herramientas, paradas prolongadas por la ausencia de repuestos específicos al no tener información relacionada con la vida útil estimada o frecuencia de cambios[14][15].

Dentro de la región, en países subdesarrollados como Colombia, Perú, México, Ecuador y Chile existen industrias con recursos humanos motivados, pero que truncan su crecimiento por falta de apoyo de la administración o por presupuestos reducidos que se dirigen a grandes campañas publicitarias antes que diagnosticar y evaluar las deficiencias en sus sistemas de gestión de mantenimiento y producción, repercutiendo directamente en la reducción de la capacidad productiva, falta de organización y comunicación entre departamentos, altos costos operativos y procesos ineficientes que difícilmente son estudiados o mejorados [16].

En el Ecuador las empresas que mantienen una cultura organizacional obsoleta, que no invierten en la mejora continua en sus procesos productivos y de mantenimiento se enfrentan a una situación preocupante llena de problemas productivos que no garantizan la supervivencia económica y organizacional en un mercado competitivo, tecnologizado y altamente agresivo[17]. Implica la pérdida de fuerza y capacidad de respuesta, afectando directamente al desempeño de la organización[18]. Las empresas ecuatorianas con propósito de crecer sosteniblemente a través el tiempo, tienen que sobreponerse a la indisponibilidad de máquinas, baja operatividad y falta de productividad provocada por la nula gestión del mantenimiento [19].

El mantenimiento es uno de los eslabones primordiales en la industria manufacturera ecuatoriana, industria calificada de relevancia para la economía nacional; sin embargo, en varias pymes, medianas y grandes industrias no se desarrollan modelos de gestión de mantenimiento o poseen modelos obsoletos; es decir, se realiza únicamente mantenimiento de tipo correctivo, ocasionado por la indisponibilidad del repuesto en el instante pudiendo ser este incluso por su discontinuidad [20].

En las industrias Tungurahueses, existen problemas con el flujo de información, que aporta de distintos modos a la resistencia a la innovación por parte del talento humano

originando que la gestión eficiente de mantenimiento sea compleja. Lo expuesto anteriormente dificulta también el cumplimiento de estándares de calidad nacionales e internacionales, mientras tanto el sector productivo de alimento balanceado para animales se encuentra en un creciente apogeo; así como, la población a la que esta direccionado el producto final [21].

Bioalimentar Cía. Ltda. una empresa dedicada a la fabricación de alimento balanceado para animales evidencia un deficiente funcionamiento en los canales de comunicación entre departamentos críticos conformados por producción y mantenimiento, falta de compromiso del personal, resistencia a la innovación, ineficiente planificación y una gestión de repuestos deficiente, que desemboca en horas extras acumuladas, cambio constante de personal, una tasa de producción baja, pérdidas económicas y de calidad por el cambio repentino de elementos en máquinas y retrabajos. Respecto a la deficiente gestión de repuestos se producen desperdicios, aumento de costo de inventario y un considerable aumento en el tiempo de búsqueda de repuestos en bodega; además, repuestos y herramientas prioritarias no disponibles.

En definitiva, el problema objeto de la presente investigación radica en la existencia de una deficiente gestión de mantenimiento en la empresa. Por lo que, en el presente proyecto de investigación se plantea desarrollar una propuesta documental para mejorar la gestión del mantenimiento mediante herramientas Lean Maintenance y proporcionar oportunidades de mejora a la empresa y su cadena productiva.

### **1.2.2. Estudio del arte**

Previamente se ha realizado la revisión de trabajos de investigación afines a la problemática propuesta, estas fuentes bibliográficas están conformadas por artículos científicos y tesis académicas que brinden una guía para dar inicio al presente proceso investigativo.

La necesidad de analizar la gestión del mantenimiento dentro de la manufactura se presenta tanto en grandes como en pequeñas empresas, este último es el caso que expone una investigación realizada en Malasia denominada “Addressing the issues of

maintenance management in smes: Towards sustainable and lean maintenance approach” que recolecta datos de 8 pequeñas empresas que se encuentran dentro del sector de la manufactura y sus procesos productivos dependen de máquinas, profundizando en el conflicto entre producción - rentabilidad de la empresa cuando se descuida la gestión del mantenimiento, presentando que estas empresas aún se mantienen realizando actividades de mantenimiento de forma convencional u esperando a que se produzca la falla para solucionarla, es decir mantienen altos niveles de existencia de mantenimientos correctivos, también evidencia la falta de planificación y ejecución de estrategias de mejora. El análisis de esta investigación brinda un contraste entre estrategias de Lean Maintenance que adoptan algunas empresas para mejorar dicha gestión; como: el mantenimiento autónomo donde los operadores realizan actividades de limpieza, lubricaciones, ajustes y cambios mínimos que mantienen el funcionamiento de la máquina y reducen los costos de mantenimiento. Finalmente, la investigación propone la incorporación de conceptos de causa - efecto al desarrollo de la gestión de mantenimiento, a través de un marco MM (Management Maintenance) para que la gerencia tenga una fácil transición a implementar estrategias MM [22].

En la “Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y mantenimiento para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2020” amplía su estudio a la relación entre las áreas correspondientes a producción, logística y mantenimiento poniendo en evidencia que con la adopción de metodologías como el análisis de fallos y efectos (AMFE), metodologías 5S y TPM, específicamente el modelo de mantenimiento preventivo se pueden alcanzar resultados con grandes niveles de mejora en eficiencia, disponibilidad e interacción entre departamentos y quienes trabajan en ellos. Tras la aplicación de las herramientas anteriormente mencionadas se aumenta la rentabilidad en las ventas de 14,56% a 14,69% y la utilidad neta de 453433 a 492721 soles, se determina también un análisis Beneficio/Costo de 1,8 y se calcula que se va a tener un retorno de inversión en 9 meses, también menciona que es necesario que los objetivos de mantenimiento y producción estén alineados [23].

El proyecto de investigación titulado “Propuesta de mejora mediante herramientas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para disminuir los costos operativos del área de peletizado de la empresa avícola El Rocío S. A.” menciona que para adoptar estrategias actualizadas de gestión de mantenimiento se requiere de iniciar una adecuada etapa de planificación y trata efectos sobre el área productiva como falta de disponibilidad de equipos, pérdidas económicas derivadas de tiempos de paro extensos, herramientas fundamentales para desarrollar la actividad de mantenimiento faltantes y una inexistente comunicación y organización entre los trabajadores debido a una documentación y capacitación que no se realiza. Se desarrolla la metodología de TPM y específicamente los pilares de mantenimiento preventivo, complementándolo con gestión de documentación y capacitación lo que le permite lograr un aumento de la disponibilidad de las peletizadoras de un 93,5% a 94,4% generando un ahorro de 1497320 soles se analiza también la rentabilidad del proyecto mostrando que si al tener un Valor Actual Neto (VAN) de 22273 soles y una Tasa de retorno de inversión (TIR) de 25,3% [24].

De acuerdo con la investigación “Evaluating manufacturing performance through strategic total productive maintenance implementation in a food processing industry” realizada sector manufacturero de la industria india, se analiza las pérdidas que se producen dentro de la industria asociadas con la deficiencia en el mantenimiento de equipos, errores en la toma de datos e incluso la falta de registro, perdidas en la calidad de la producción, y la gran cantidad de pérdida de tiempo que representa en no adoptar buenas prácticas de orden dentro de los espacios, determinando que adoptar herramientas de mejora como el TPM, la gestión de calidad, la reingeniería de procesos, estrategias JIT( Just-in- time), metodologías lean y planificación de recursos fortalecen la productividad de la empresa [25].

En el artículo de investigación “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en una planta productora de alimento balanceado para ganado bovino” se soluciona principalmente los paros no programados debido a daños graves en partes de la maquinaria, analiza herramientas variadas para la solución de este problema, seleccionando el uso de TPM, en conjunto con la metodología 5S y Single

Minute Exchange of Die (SMED). Con la implementación de estas metodologías logra reducir mantenimientos de tipo correctivo, disminuye la cantidad de tiempos muertos y con los programas de capacitación desarrollados compromete a la administración y personal para que se mantengan los cambios en las áreas intervenidas [26].

Con un mercado en crecimiento, el sector productivo del balanceado requiere de sumergirse en procesos, eficientes, seguros y de mejora continua, como es el caso que se expone en el trabajo académico denominado “gestión de mantenimiento productivo total (TPM) para incrementar la rentabilidad en la empresa de alimentos balanceados ABANOR SRL, Chiclayo” esta investigación se desarrolla en una empresa peruana de producción de balanceado en la que se propone la aplicación de TPM con el objetivo de disminuir los desperdicios dentro del desarrollo de actividades correspondientes al departamento de producción y mantenimiento. Con la aplicación de su propuesta de trabajo estima alcanzar una mejora del 10%, además demostrando su rentabilidad con una valoración de 1,34 en su análisis de costo-beneficio [27].

En la investigación de pregrado “Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de una planta de fabricación de alimento balanceado utilizando metodología TPM” se analiza y evalúa el problema de paradas no programadas que ocasionan mermas durante el proceso productivo; así como, pérdidas económicas. Primero clasifica la maquinaria existente de acuerdo al nivel de criticidad, hace uso de la herramienta Supplier-Inputs-Process-Outputs-Customers (SIPOC) para analizar y posteriormente mejorar el flujo de los procesos de mantenimiento e información. De la metodología TPM se trabaja fundamentalmente el mantenimiento planificado; mediante el cual, se cumplió con la programación de trabajo preventivo y correctivos en un 90% frente al 60% de cumplimiento que se tenía anteriormente. También, el pilar de mejora enfocada permitió el incremento de la producción en un 1,5%, y el programa de capacitaciones que se desarrolló y realizó mejoró la respuesta de los trabajadores [28].

Es interesante revisar el trabajo de titulación denominado “Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados Acuicola” se

menciona que llevar a cabo un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) ha permitido incrementar la disponibilidad del mezclador de dosificación de un 92,94% a 97,85%, e inclusive aumenta su confiabilidad en un 1,85% en el último año de estudio, se realiza también un análisis de fallas en el que se diferencia las mismas de acuerdo al tipo de mantenimiento que se debe tomar y llevar a cabo. El ahorro que se genera a través de la adopción de este estudio y con el aumento de disponibilidad del mezclador asciende a 972853 soles peruanos [29].

Finalmente, el trabajo de titulación “Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM)” se desarrolla en una empresa peruana, inicia desde la gestión documental, el análisis de históricos y netamente de análisis de datos de los efectos generados por la deficiente gestión de mantenimiento conformado por las mermas en la producción. Se plantea como solución una propuesta de TPM y en específico sus pilares de mantenimiento autónomo y mejoras enfocadas. Trabaja en el compromiso de las personas para aumentar el índice de seguridad en el trabajo disminuyendo la cantidad de accidentes e incidentes. Luego con sus resultados se desarrolla un análisis económico en el que se estima que reducirá el gasto del presupuesto anual en un 3%, lo que correspondería a 2500 soles peruanos mensuales en cuanto a las mermas de producción y la aplicación del árbol de mermas se estima una reducción del 10%, proporcionando un ahorro de 4891,2 soles peruanos mensualmente. Con el mantenimiento autónomo se optimiza la prevención de averías; además, de optimizar el talento humano por lo que la persona de mantenimiento o producción ya no es necesaria en el proceso productivo y se estima un ahorro de 2210 soles peruanos mensual [30].

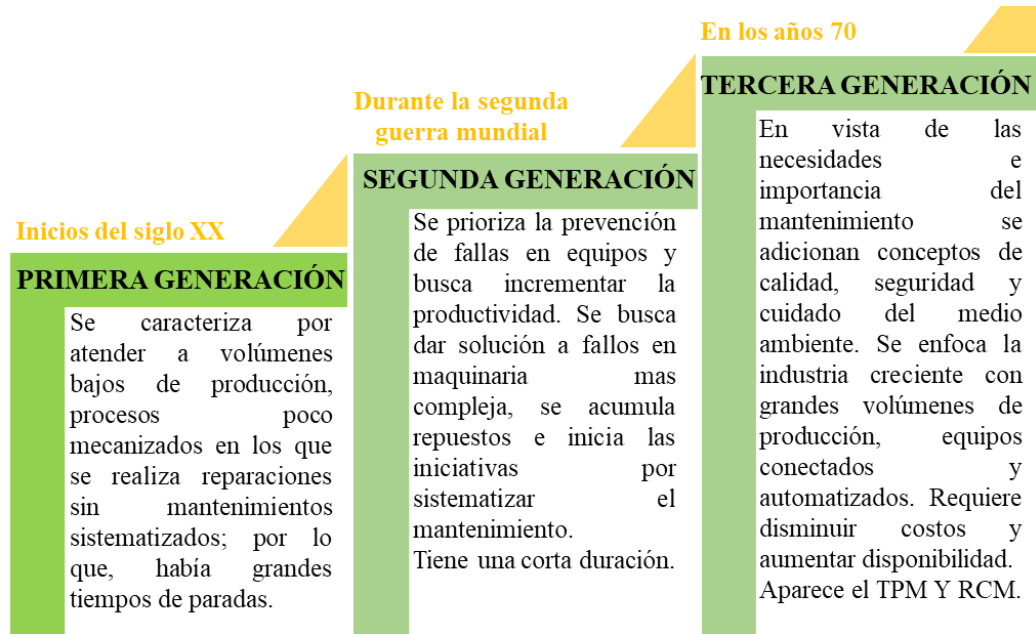
### **1.2.3. Fundamentación Teórica**

#### **Evolución del Mantenimiento**

El mantenimiento industrial, a lo largo de los años ha cambiado tanto conceptualmente como operativamente, con el objetivo de proporcionar soluciones eficaces a los fallos que se presentan en los equipos que forman parte de la actividad productiva en una organización [31]. Esta evolución proporciona grandes mejoras a la productividad,



reducción de costos e incrementa la vida útil de las máquinas a través del análisis de datos relacionados con su operación. Ver figura 1.



**Figura 1.** Evolución del mantenimiento [31].

### Concepto de mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como la función operacional que conforma parte de la cadena productiva; a través de la cual, se desarrollan actividades sistemáticas basadas en una planificación cronológica para garantizar el correcto funcionamiento de equipos, bienes e instalaciones de forma efectiva y económica. El mantenimiento es parte integral de la organización y protege la inversión realizada, garantizando la productividad por medio del desarrollo de sistemas eficientes y eficaces para la respuesta a fallos.

Se encarga del cumplimiento y vigilancia de cuatro ejes fundamentales, que son [30]:

- Conservación de activos físicos
- Disponibilidad de activos físicos
- Administración eficaz de los recursos tangibles e intangibles

- Desarrollar talento humano

## **Tipos de mantenimiento**

### **Mantenimiento de conservación**

Este tipo de mantenimiento, se encarga de compensar el deterioro o daño de equipos debido a su operación. Se clasifica en mantenimiento correctivo, preventivo y predictivo [32].

- **Mantenimiento correctivo:** está compuesto por actividades direccionadas a corregir defectos en los equipos o partes es decir se ejecuta después del fallo.
- **Mantenimiento preventivo:** su objetivo es preservar el nivel de servicio de los equipos, a través de la planificación y programación de intervenciones, revisiones y cambios en el momento oportuno, es decir; se lo realiza inclusive sin que se haya presentado un daño [32].
- **Mantenimiento predictivo:** este mantenimiento se soporta en datos y estudios de modos y fallas, haciendo un seguimiento constante del estado y operación del equipo mediante la medición de variables cuantitativas propias de cada equipo (Temperatura, presión, consumo de energía, etc.) cuya variación puede ser indicador de daños o fallos próximos [32].

### **Mantenimiento de actualización**

Adicional al mantenimiento de conservación, se encarga de compensar las exigencias que aparecen en los equipos o instalaciones luego de la construcción o actualizar los ajustes tecnológicos. Se basa en cumplir objetivos fundamentales que aseguran el funcionamiento óptimo y acorde al contexto operacional [32]. Dentro de este tipo de mantenimiento se considera constantemente variables como:

- **Disponibilidad:** es el tiempo que está disponible la máquina para cumplir con actividades de producción, con el fin de asegurar su funcionamiento óptimo

durante un mínimo de horas. Se debe tomar a consideración factores como: número de horas totales de producción, horas de indisponibilidad total, intervenciones de mantenimiento programado que generen necesidad de paro de planta, mantenimiento correctivo no programado, de modo que se analice de forma minuciosa y controlada el tiempo de operación de los equipos [32].

- **Fiabilidad:** capacidad de la planta de producción y equipos de cumplir con la programación de producción establecida, necesaria a tomar en consideración al diseñar una gestión de mantenimiento ajustada a las necesidades reales. Se toma a consideración las horas anuales de producción, y horas anuales de parada [32].
- **Costo:** La disponibilidad y fiabilidad que se pretende alcanzar, debe ser obtenida con costes reducidos, o acorde al presupuesto disponible de modo que el cálculo del mismo es un factor primordial.
- **Medio Ambiente:** para estar inmerso en la actualización del mercado y generar sostenibilidad este objetivo permite el aseguramiento de la seguridad y el cuidado al medio ambiente reduciendo el impacto ambiental que se genera a través de actividades propias del mantenimiento.

### **Gestión del mantenimiento**

La gestión de mantenimiento es un conjunto de actividades que buscan preservar los equipos en estado óptimo, mantenerlos o alargar el ciclo de vida de acuerdo al contexto operacional en el que se desenvuelven [3]. A través de la gestión del mantenimiento se realiza el seguimiento y control de variables de cada uno de los activos y actividades de mantenimiento a ejecutarse. No se encarga únicamente de las reparaciones, sino, de la adopción de estrategias que incrementen el rendimiento de los equipos; por lo que, requiere de la integración de áreas y cooperación administrativa y operativa.

En términos generales, se encarga de la planificación, organización, direccionamiento y control de los activos de la empresa, de forma que se asegure su competitividad y

sostenibilidad. En la tabla 1, se describe a rasgos generales las actividades que se desarrollan normalmente en la gestión de mantenimiento.

**Tabla 1.** Actividades propias de la gestión del mantenimiento [14].

<b>Gestión del mantenimiento</b>	
<b>Planificar</b>	Se desarrolla acorde a los objetivos que se quiere alcanzar tomando en consideración los datos analizados de las máquinas y su operación.
<b>Programar</b>	Establecer tiempos y recursos para el cumplimiento de actividades, según la priorización de trabajo realizada.
<b>Ejecutar</b>	Coordinar y dirigir acciones administrativas y operativas que preserven los equipos.
<b>Registrar</b>	Todos los datos que se obtienen y las observaciones para facilitar la toma de decisiones.
<b>Controlar</b>	Cada una de las actividades que se desarrollan para verificar y comprobar que está actuando oportunamente ante el fallo y generando indicadores.
<b>Evaluar</b>	Actividades para corregir y evitar errores o desviaciones en los resultados esperados en índices operacionales.

### **Indicadores de gestión del mantenimiento**

Los indicadores inmersos en la actividad de gestión del mantenimiento son de tipo técnico y de control relacionados con la calidad de gestión y productividad que permite observar el grado de cumplimiento de los planes de mantenimiento [33]. Los más utilizados en cuanto a la gestión de categoría mundial son:

- Confiabilidad, R: hace referencia a la probabilidad de que el sistema o equipo cumpla con su misión.

- Disponibilidad, A: porcentaje global estimado que debe esperar un equipo para cumplir su función.
- Efectividad global de Equipo (OEE): indicador de clase mundial que implica disponibilidad, eficiencia y calidad.

### **Pérdidas en la gestión del mantenimiento**

Las pérdidas que suscitan durante las actividades de mantenimiento, suponen al menos una pérdida del 10% en la producción anual de las empresas manufactureras. Se estima que, en las empresas, se direcciona a la gestión del mantenimiento un presupuesto que bordea el 3% del costo total de la planta productiva. Lo que implica que una gestión de mantenimiento deficiente presenta la existencia de mantenimientos de tipo correctivos que repercuten en la pérdida de horas de producción [19].

Dentro de la gestión del mantenimiento, se presentan fundamentalmente 7 grandes desperdicios, que se describen a continuación:

- Repetitividad: agrupa todas aquellas actividades por las que la empresa paga innecesariamente; es decir, son actividades de mantenimiento preventivo y predictivo que se realizan en intervalos demasiado frecuentes, consistiendo en un desperdicio irrecuperable en términos de tiempo, planeación y recursos [30].
- Esperas: dentro del mantenimiento se clasifica como esperas a todas aquellas actividades que se relacionan directamente con el desarrollo del trabajo de reparación y su relación con la continuación de las labores en el departamento de producción. Aquí también se considera las esperas por herramientas, materiales, partes y repuestos. Las esperas se deben reducir o eliminar [30].
- Transporte: este desperdicio aparece por mantener herramientas lejos del sitio asignado para realizar el servicio requerido. Se considera a partes que se usan frecuentemente y que no se colocan cerca y el tiempo excesivo que el personal de mantenimiento pierde caminando [30].

- **Sobreprocesamiento:** se considera como sobre procesamiento a los ingresos repetidos de datos en el sistema, errores en el desarrollo de las actividades de mantenimiento y aprobaciones redundantes para las ordenes de trabajo (OT). Para reducir este tipo de desperdicio se puede realizar el rediseño de tareas con el objetivo de mejorar su eficiencia [30].
- **Inventario:** aquí se agrupa todo lo relacionado con un almacén de repuestos que carece de control, seguimiento y medición. Un almacén o bodega que posee repuestos obsoletos, no identificados, herramientas dañadas y materiales que no tienen una alta rotación, provocan la pérdida de espacio y que los repuestos no se encuentren al momento necesario [30].
- **Movimientos:** se refiere a los desplazamientos que agrupan actividades de búsqueda de repuestos, materiales y herramientas [30].
- **Defectos:** representa a toda actividad o trabajo que requiere realizarse nuevamente por verificación o por correcciones inmediatas. Para disminuir este desperdicio es necesario considerar el entrenamiento eficiente al personal técnico e implicados [30].

### **Importancia del talento humano en la gestión del mantenimiento**

Es fundamental establecer estructuras jerárquicas que permitan el cumplimiento de las actividades y objetivos establecidos, en los que se visualice los canales comunicación desde la jerarquía más baja hacia el alto mando, grado de responsabilidad y funciones asignadas de acuerdo con el cargo. Esta parte de la gestión del mantenimiento permite ver la importancia del talento humano en el desarrollo de la organización [14].

### **Diagnóstico de la gestión del mantenimiento**

El diagnóstico de la gestión de mantenimiento se conforma como un paso esencial al momento de predisponerse a mejorar las practicas que se realizan. Existen varios métodos para realizar este análisis, que se basa fundamentalmente en considerar las áreas funcionales que la componen, entre las que están: la organización de la empresa, funciones

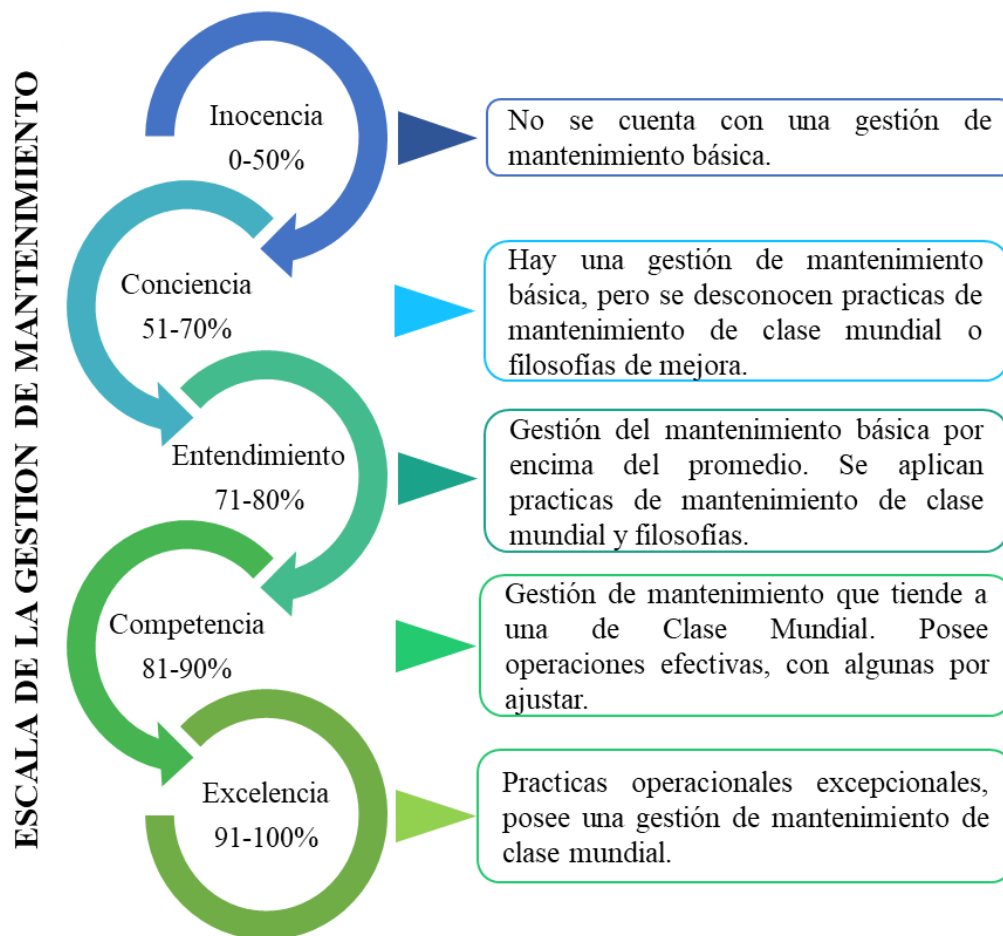
de mantenimiento, la programación y seguimiento de las actividades de mantenimiento y las destrezas del talento humano [34].

En [34] se realiza un análisis de diferentes herramientas para realizar el diagnóstico de la gestión del mantenimiento en empresas de diversos sectores, para el caso de Bioalimantar Cía Ltda. se va a utilizar el Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria (COVENIN 2500-93), que, de acuerdo con los autores, permite un análisis profundo, guiado y completo de todas las áreas funcionales que intervienen en la gestión de mantenimiento.

COVENIN 2500-93 evalúa cuantitativamente 12 áreas funcionales, compuestas por principios básicos que se deben estar ejecutando. Las áreas evaluadas son: organización de la empresa, organización de mantenimiento, planificación del mantenimiento, tipos de mantenimiento que se llevan a cabo, el personal que desarrolla las actividades, recursos que utiliza el departamento para la ejecución del mantenimiento y el apoyo logístico que la empresa brinda.

De acuerdo con el manual, la ponderación cuantitativa se coloca de acuerdo a las observaciones, datos revisados y entrevistas realizadas a los responsables de la gestión del mantenimiento en una organización. El manual describe una serie de deméritos que se acumulan según las áreas y principios básicos que se han establecido, de modo que se evalúa el cumplimiento de los mismos. Los deméritos describen las características que no se cumplen o no se desarrollan adecuadamente. Dentro del manual se describe detalladamente el valor máximo que se debe colocar en el caso de no cumplir a cabalidad con el principio, para finalmente tener una total porcentual que define cuantitativamente a la gestión existente.

De acuerdo con Emiro [35], el total porcentual obtenido de la evaluación se ubica en la escala de medición de la gestión del mantenimiento que está compuesta por 5 rangos porcentuales, así como se muestra en la figura 2.



**Figura 2.** Escala de medición de la gestión de mantenimiento [35].

**Manual para evaluar los sistemas de mantenimiento en la industria (COVENIN 2500-93)**

COVENIN 2500-93 es una normativa creada en 1958, de origen venezolano. En esta normativa se desarrolla un método cuantitativo, para el diagnóstico de la gestión de mantenimiento en empresas dedicadas al sector de la manufactura. La evaluación, observación y revisión documental dan como resultado una matriz en la que se determina el porcentaje de la gestión de mantenimiento.



AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	DEMÉRITOS										TOTAL	PTS		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	Funciones y responsabilidades															
	Autoridad y autonomía															
	Sistema de información															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	Funciones y responsabilidades															
	Autoridad y autonomía															
	Sistema de información															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	Objetivos y metas															
	Políticas para planificación															
	Control y evaluación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO RUTINARIO	Planificación															
	Programación e implantación															
	Control y evaluación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Planificación															
	Programación e implantación															
	Control y evaluación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	Planificación															
	Programación e implantación															
	Control y evaluación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Planificación															
	Programación e implantación															
	Control y evaluación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Determinación de parámetros															
	Planificación															
	Programación e implantación															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
MANTENIMIENTO POR AVERÍA	Atención a fallas															
	Supervisión y ejecución															
	Información sobre las averías															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	Cuantificación de las necesidades del personal															
	Selección y formación															
	Motivación e incentivos															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
APOYO LOGISTICO	Apoyo administrativo															
	Apoyo gerencial															
	Apoyo general															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			
RECURSOS	Equipos															
	Herramientas															
	Instrumentos															
	Materiales															
	<b>Total obtenible:</b>	0	<b>Total obtenido:</b>										0			

Figura 3. Matriz de evaluación COVENIN 2500-93.

## **Estrategias del Mantenimiento Moderno**

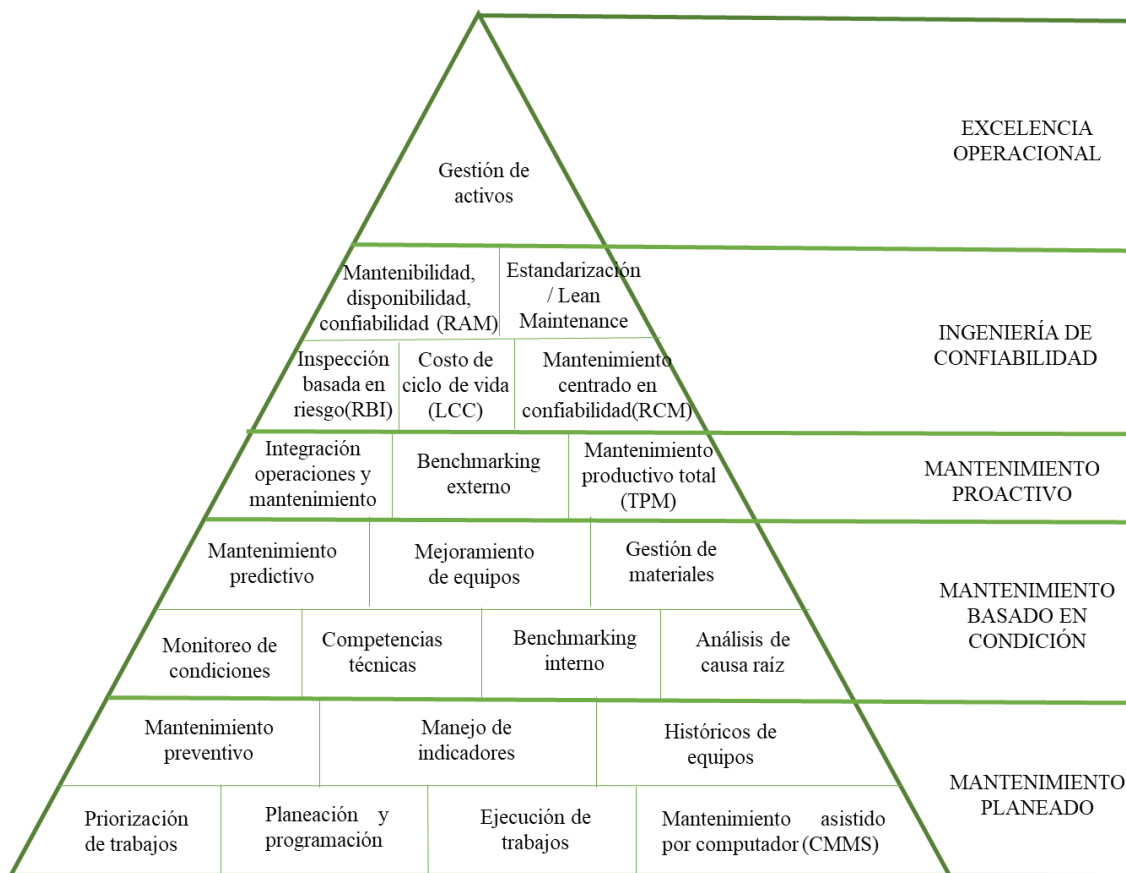
Cuando el mantenimiento industrial se comenzó a considerar un proceso integral que aporta y enlaza toda la cadena productiva generando utilidades, desempeñándose en un ambiente dinámico y competitivo; inicia su identificación como un sistema que debe brindar confiabilidad operacional en todo momento [33].

El objetivo de la adopción de estrategias de mantenimiento moderno es incrementar la confiabilidad operacional, que comprende un conjunto de procesos de mejora continua. La mejora continua se logra mediante la adopción de herramientas de diagnóstico y análisis que permita optimizar la gestión, planeación y control de la producción y mantenimiento. Las estrategias del mantenimiento moderno involucran cambios en la cultura de la empresa que implica y considera la confiabilidad del proceso, humano, máquina y del diseño [33].

## **Pirámide de mantenimiento**

La pirámide de mantenimiento recopila varias herramientas de mantenimiento que se pueden considerar y analizar para adoptar un sistema de gestión de mantenimiento adecuado. Esta pirámide trata de representar la mejora que se espera alcanzar en cuanto a la realización de actividades de mantenimiento, cabe mencionar que esta, se conforma como una metodología a través de la cual se puede establecer objetivos a alcanzar para garantizar la administración, el cuidado y prolongación de vida de los equipos.

La pirámide de mantenimiento se debe ajustar a las necesidades de cada empresa, depende del nivel en el que se encuentra inicialmente, el tamaño, complejidad y cantidad de activos que se controlan; además, depende también del grado de conocimiento que posee el departamento y planta productiva en general [36]. Lograr la excelencia operacional o también conocido como mantenimiento de excelencia, garantiza un sistema y procesos ordenados, personal formado y capacitado, un flujo de recursos eficiente y la disminución de recursos económicos destinados a reparaciones infructuosas, optimizando los costos relacionados al mantenimiento e incrementando la calidad en los productos fabricados [12]. En la figura 4, se representa la pirámide de mantenimiento.



**Figura 4.** Pirámide de mantenimiento [36].

De acuerdo con la pirámide de mantenimiento la base de la gestión de mantenimiento es cumplir con eficiencia el mantenimiento planeado que aborda la creación de planes de mantenimiento que se ejecutan de acuerdo a una programación para dar respuesta a las necesidades que se presentan; además, se realiza la priorización de trabajos basado en la valoración de la criticidad de los equipos [37].

El mantenimiento basado en condición (CBM) es la segunda escala de la pirámide, es utilizado para evaluar la probabilidad de que se desarrolle un fallo futuro, se basa en la realización de una medición continua del estado en el que opera el equipo. Su objetivo es prevenir fallas permitir tomar la acción más acertada que prevenga las consecuencias que provoca la falla [33].

Mantenimiento proactivo busca determinar analíticamente y de forma oportuna la causa raíz de los fallos que se presentan en las máquinas y plantear estrategias con las que se

puedan solucionar. La localización de las fallas debe ser realizada con la ayuda del sentido común y basado en un conocimiento del funcionamiento del equipo que se analiza [12]. Las herramientas que se pueden usar para analizar las causas de fallas son: Análisis Causa Raíz (RCA), Métodos “OOVS” (oir, oler, ver, sentir), Análisis de Modos y efectos de falla (FMEA) y entre otros.

La ingeniería de confiabilidad dentro de la rama del mantenimiento se resume en el par de palabras “saber –hacer”, asegurando de esta forma que trabaje según lo programado con las características esperadas. Es un proceso continuo que se mantiene durante toda la vida del activo, adoptando herramientas de mejora y tecnología [33].

### **Lean Maintenance**

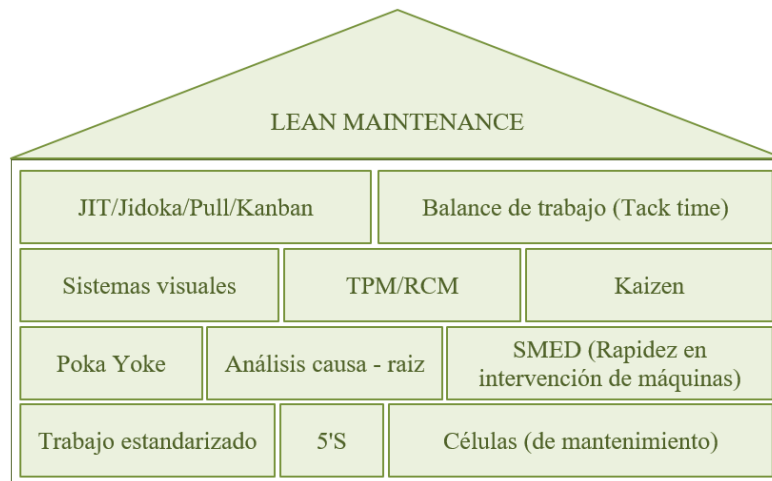
Es una filosofía adoptada para cumplir con el objetivo de mejorar la confiabilidad operacional, para satisfacer las necesidades en la industria, mejora notablemente la gestión del mantenimiento a través de la adopción de metodologías de clase mundial. Para describir correctamente y brindar un contexto de lo referente al Lean Maintenance o Mantenimiento Esbelto es necesario hacer referencia a una filosofía muy conocida dentro del proceso productivo industrial como lo es; Lean Manufacturing o manufactura Esbelta, es una filosofía de origen japonés, que está compuesta por un conjunto de herramientas administrativas y operativas que garantizan la eliminación de desperdicios para que el funcionamiento de las organizaciones sea más óptimo y eficiente, influyendo positivamente en su permanencia en el mercado [38].

Luego, estas herramientas en el desarrollo de actividades en el departamento de mantenimiento, le proporcionan un crecimiento proactivo y optimizado, basado en la mejora continua con soluciones a largo plazo a través del desarrollo de prácticas estandarizadas, interacción y colaboración entre departamentos, innovación en las herramientas de gestión, y el compromiso de todos los colaboradores. Tanto para el Lean Manufacturing como para el Lean Maintenance es fundamental la cooperación y compromiso del talento humano; la esencia de estas filosofías es la creación de una cultura organizacional que garantice resultados flexibles, seguros, saludables y económicamente rentables [38].

La optimización de la gestión del mantenimiento a través del Lean Maintenance, procura aumentar la disponibilidad de equipos y minimizar paros que generan improductividad, tratando de forma prioritaria la reducción de costos. Busca desarrollar sistemas eficientes y eficaces que cuiden los activos de la empresa. Se desarrolla con la cooperación e interacción de la organización, materiales, costos de mano de obra, medio ambiente circundante y máquinas [39].

### Herramientas Lean Maintenance

Las herramientas de mantenimiento esbelto expresan varios métodos que minimizan el desperdicio de recursos y procedimientos en la actividad de mantenimiento fundamentado en el trabajo cooperativo con el talento humano. Para la adopción de este tipo de herramientas, mantenimiento debe analizar los desperdicios que aparecen durante el proceso y establecer los objetivos de mejora que quiere alcanzar. Ver figura 5.



**Figura 5.** Herramientas Lean Maintenance.

### Trabajo estandarizado

La estandarización de procesos en una empresa permite que las organizaciones respondan a los conflictos de forma uniforme, fundamentada y rápida. Dentro del proceso de mantenimiento los procedimientos que se desarrollan e implementan reduce las equivocaciones por falta de experiencia o desconocimiento; de modo que, permite alcanzar un flujo de trabajo continuo y eficiente.

En el mantenimiento a diferencia de producción, la estandarización de procesos se debe realizar a través de la incorporación de manuales. Las actividades de mantenimiento no son del todo repetitivas por lo que son ineficientes. Para mantenimiento el estandarizar procesos como: la compra de repuestos, selección de proveedores, funciones del personal, materiales que se requieren para las actividades, estandarizar la inspección, métodos de prueba para equipos, materiales y máquinas proporciona una forma de mejorar la respuesta de los técnicos de mantenimiento. La estandarización se realiza a través de la investigación, la representación de flujogramas que establecen los pasos a seguir y la respectiva revisión del experto en el proceso.

## 5S

De acuerdo a la casa Toyota, las 5S es una herramienta operativa de importancia y en ocasiones base de aplicación de más herramientas lean, compuesta por principios de orden, limpieza y cultura, contribuyendo a la eliminación de desperdicios, optimizando el uso de espacios físicos. El nombre de las 5S viene de cinco palabras japonesas que se puede observar a continuación [40]:

**Tabla 2.** Iniciales 5S

S	Significado
Seiri	Clasificar
Seiton	Ordenar
Seiso	Limpiar
Seiketsu	Estandarizar
Shitsuke	Disciplina

A continuación, se detalla más a fondo cada uno de los términos de cada “S”.

### **Seiri (clasificar)**

Separar del área de trabajo de todo material, herramienta o equipo que no es utilizado o se encuentra averiado; pues, no agrega valor a la actividad laboral o proceso productivo, es decir, se debe distinguir lo útil de lo inútil.

**Seiton (ordenar)**

Colocar los objetos, herramientas o equipos en lugares accesibles y de fácil localización para facilitar la utilización por los operarios y estandarizar estos sitios.

**Seiso (limpiar)**

Eliminar todo residuo de equipos, herramientas e instalaciones en específico, quitar polvo y suciedad en las diferentes áreas de trabajo. generar una cultura de limpieza.

**Seiketsu (estandarizar)**

Ejecutada a través de la concientización y creación de cultura con el objetivo de mantener las tres S anteriores y crear hábitos de limpieza y orden en los lugares establecidos para la clasificación de objetos.

**Shitsuke (seguimiento)**

Básicamente centrada en mantener y crear hábitos a largo plazo que se desarrollen por todos y cada uno de los colaboradores, además del seguimiento y mantenimiento apropiado de las “S” ya implementadas.

**Poka-Yoke**

Herramienta de origen japonés que pretende lograr “cero errores” su funcionamiento se presenta a través del diseño de procesos que fomenten la eliminación de errores o equivocaciones sobre el operador o actividad que implique maquinaria y sus almacenes, es usado con fines de disminuir errores durante el desarrollo de una actividad indicada, previene y permite desarrollar funciones de control y de advertencia [40]. Se clasifica en 4 tipos:

Poka-Yoke secuencial: establece y prioriza un orden para el desarrollo de una actividad laboral, en el que no se puede saltarse pasos o adelantarlos.

Poka-Yoke informativo: indica información verificada, directa, clara y de forma sencilla de las actividades que el colaborador debe desempeñar.

Poka-Yoke agrupado: implementada en trabajos que se deben realizar en lugares apartados del sitio en donde se tiene planificado realizar la actividad, se basa en que antes de dirigirse a realizar la actividad de mantenimiento se prepara kits con las herramientas, materiales y piezas que se van a necesitar para desarrollar la actividad de mantenimiento. Agrupar las herramientas minimiza el tiempo de búsqueda y transporte de los recursos que necesitan los técnicos para realizar el trabajo.

Poka-Yoke Físico: establece parámetros para la utilización de equipos, a través de dispositivos permitiendo la prevención de fallas, e inclusive el cuidado del trabajador.

### **Análisis Causa-Raíz**

Se identifica y analiza las causas que provocan las diferentes desviaciones o fallas, identificando impactos y frecuencia de aparición [33]. Está compuesta por los pasos que se describen a continuación:

- Identificar eventos significativos
- Analizar evidencias
- Ordenar el análisis
- Comunicar resultados
- Realizar seguimiento

### **Cambio de matriz en menos de 10 minutos (SMED)**

La metodología SMED se utiliza en el mantenimiento para reducir el tiempo de intervención en los activos de la empresa dirigido a aquellos que requieren de cambios de piezas de forma frecuente. Realizar estos cambios necesarios en el menor tiempo posible mejora los indicadores de disponibilidad y confiabilidad, traduciéndose en menos horas



de para. Esta metodología se puede usar durante el mantenimiento preventivo y correctivo que se centran en restablecer la condición operacional de las máquinas. A continuación, se enumera los pasos para desarrollar la metodología SMED:

1. Registrar y enumerar secuencialmente todas las actividades que se realizan durante la tarea de mantenimiento el mantenimiento de los equipos, se puede usar un video.
2. Separar las actividades en internas y externas.
3. Cronometrar el tiempo que toma realizar el desarrollo de cada actividad e identificar actividades que no generan valor.
4. Analizar y establecer actividades internas y externas y optimizarlas.

### **Mantenimiento Productivo total (TPM)**

El TPM es una estrategia gerencial y operativa muy usada en áreas productivas, está encaminada a incrementar la disponibilidad de la maquinaria y equipos de producción, con el objetivo de mantenerlos siempre listos. Es una herramienta Lean Maintenance compuesta por varias técnicas de gestión y se enfoca en la eliminación de pérdidas o mudas relacionadas con las averías, preparaciones y ajustes de los equipos implicando la colaboración activa de operadores de máquinas [37].

### **Descripción de pilares del TPM**

Los pilares que conforman el mantenimiento productivo total, se centran en lo que se indica a continuación:

- Mejoras enfocadas: eliminar sistemáticamente pérdidas o mudas.
- Mantenimiento autónomo: conservar y mejorar el funcionamiento del activo o máquina con la participación del operador.
- Mantenimiento planificado: mantener condiciones óptimas.
- Mantenimiento de la calidad: obtener un proceso y equipo con cero defectos. El TPM en áreas administrativas se utiliza para eliminar las pérdidas.

- Prevención del mantenimiento: actividades de mejora durante la fase del diseño, construcción y funcionamiento de los equipos [37].
- Educación y entrenamiento: se dirige este pilar a aumentar las capacidades y habilidades del equipo de técnicos o colaboradores.
- Seguridad y medio ambiente: crear y mantener un ambiente laboral sin accidentes y mínima o nula contaminación.

### **Las seis grandes pérdidas en el TPM**

- Averías por fallo de equipos (genera tiempo muerto).
- Preparación y ajustes (genera tiempo muerto).
- Cambios de utillajes y moldes (perdidas en velocidad).
- Velocidad reducida (diferencia entre nominal y real) (pérdida en velocidad).
- Defectos en proceso y repetición de procesos (genera defectos en calidad y desperdicios).
- Menor rendimiento entre la puesta en marcha de las máquinas y producción estable (genera defectos).

### **Objetivos del TPM**

- Maximizar la eficacia de los equipos y las instalaciones.
- Permite la reducción de tiempos muertos o de espera.
- Permitir el diseño y desarrollo de un sistema de mantenimiento efectivo.
- Mejorar la confiabilidad de las máquinas e instalaciones manufactureras.
- Mejorar la habilidad operativa.

El TPM posee un indicador numérico conocido como el índice de Eficiencia Global del Equipo (OEE “Overall Effectiveness Equipment”), calculado en ratios tomando en consideración la disponibilidad, eficiencia y calidad:

$$OEE=D*E*C \quad (1)$$

Donde:

D=Coficiente de disponibilidad que el equipo opera.

E=Eficiencia de acuerdo con los tiempos de paro.

C=Coficiente de calidad, es decir producción que cumple con estándares de calidad.

A nivel internacional existe un instituto denominado Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIMP) que establece premios a la industria con TPM que debe cumplir con un mínimo de OEE de 85% [37].

El TPM utiliza técnicas de mantenimiento preventivo y predictivo, fortalece el sentido de pertenencia de los colaboradores, reduce costos totales de producción, exige cooperación entre departamentos y capacitación continua. Esta estrategia a través del tiempo se ha modificado y convertido en un modelo de innovación industrial; que, en conjunto con la gestión total de calidad buscan la mejora global de la empresa. Para que esto sea efectivo y se desarrolle debe estar fundamentado en un modelo que incluya la gestión estratégica integral englobando a producción, mantenimiento y calidad basado en principios de mejora continua como el Kaizen, Poka-yoke, Kanban, entre otras [37].

### **Jidoka**

Forma parte del Just in time, y es más conocido por ser un control automático de defectos dentro de los procesos productivos en los que interviene la maquinaria o también denominado como autonomación. Jidoka trata de construir un modelo propio de control de calidad durante el proceso productivo, en lugar de las inspecciones cuando este finalice.

Con esta metodología se puede otorgar la responsabilidad a cada operario en las actividades que desarrolla, por ejemplo: el operario puede parar la máquina si observa una falla, previniendo la aparición de defectos en los productos, también, se centra el análisis de las causas de los problemas para tomar decisiones acertadas y tempranas con un trabajo conjunto [40].

### Proceso analítico jerárquico o Analytic Hierarchy Process (AHP)

Es una herramienta desarrollada por Thomas L. Saaty que permite la evaluación de criterios en base a la asignación de una ponderación que se basa en el análisis cuantitativo y cualitativo que facilita tomar decisiones multicriterio. La solución del AHP consiste en una jerarquización de las alternativas que se evalúan para tomar una decisión o solución del problema que se plantea [15].

Este análisis comprende la estructuración jerárquica del problema, los criterios para la selección y las alternativas para solucionar el problema planteado, también fundamenta la priorización de los elementos por medio de la comparación pareada al asignar pesos con los que se obtiene un ranking de alternativas según la valoración cualitativa y cuantitativa desarrollada con el modelo. Para realizar la comparación pareada el método establece una escala de valores que van del 1 al 9 para calificar la preferencia de un criterio sobre otro o respecto las alternativas. Ver tabla 3.

**Tabla 3.** Escala de preferencias para el AHP.

CALIFICACIÓN NUMÉRICA	ESCALA VERBAL DE LA PREFERENCIA	DEFINICIÓN
1	Igual	Elemento con igual importancia.
3	Moderada	Moderada importancia de un elemento respecto al otro.
5	Fuerte	Importancia fuerte de un elemento respecto a otro.
7	Muy fuerte	Importancia demostrada de un elemento sobre otro.
9	Extrema	Importancia fuerte de un elemento sobre otro.
2,4,6,8	Términos medios	Valores intermedios, que se emplean para expresar preferencias que se encuentran entre dos de las anteriormente indicadas.
2	Igual – Moderada	Importancia entre igual y moderada de un elemento sobre otro.
4	Moderada – Fuerte	Importancia entre moderada y fuerte de un elemento sobre otro.
6	Fuerte - Muy fuerte	Importancia entre fuerte y muy fuerte de un elemento entre otro.
8	Muy Fuerte - Extrema	Intermedio de muy fuerte y extrema de un elemento respecto a otro.

Además, el AHP permite un análisis del ratio de consistencia (RC) que verifica que los juicios que se han dado para el establecimiento de pesos a los criterios son consistentes. Para que esto se cumpla se debe considerar que cuando se trabaja con una matriz 3x3 el CR debe ser menor o igual a 0,05, cuando la matriz analizada es 4x4 el CR debe ser menor o igual a 0,09 y cuando la matriz es 5x5 o mayor el CR no puede ser mayor a 0,1. Cuando el CR sobrepase el 0,1 quiere decir que el juicio de valor realizado es inconsistente.

El análisis matemático que se realiza con el AHP se sustenta en el cumplimiento de los axiomas que se enumeran a continuación:

- Axioma 1. Si A es una matriz de comparaciones pareadas se cumple que  $a_{ij} = 1/a_{ji}$ .
- Axioma 2. Cumple con la homogeneidad de los elementos. Cada elemento que se compara es del mismo orden y jerarquía.
- Axioma 3. Respecto a la condición de jerarquía, existe la dependencia entre los elementos que pertenecen a dos niveles consecutivos.
- Axioma 4. La condición de expectativas de orden se deben representar de acuerdo a la estructura como criterios y alternativas.

La síntesis de alternativas se realiza luego de elaborar las matrices comparativas y se basa en el cálculo matemático de valores que se realiza del modo siguiente:

1. Sumar los valores en cada columna de la matriz de comparación pareada.
2. Dividir cada elemento que forma parte de la matriz para el total que se obtuvo de cada sumatoria de columna. También conocida como matriz de comparación pareada normalizada.
3. Determinar el promedio de los elementos de cada renglón de las prioridades relativas que se han comparado.

Para la matriz de alternativas se evalúan con la misma escala, asignándole la ponderación de una alternativa respecto a otra, para finalmente tener la matriz de prioridades según la figura 6.

$$\begin{array}{c}
 \text{Criterio 1} \quad \text{Criterio 2} \quad \dots \quad \text{Criterio } m \\
 \left. \begin{array}{l}
 \text{Alternativa 1} \\
 \text{Alternativa 2} \\
 \dots \\
 \text{Alternativa } n
 \end{array} \right\} \begin{pmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

**Figura 6.** Matriz de priorización respecto a las alternativas.

Finalmente, se multiplica la matriz de comparación de alternativas con el vector obtenido de la priorización de criterios, para disponer de la prioridad global ( $P_{gi}$ ), en donde  $i$ = alternativas ponderadas. Ver figura 7.

$$\begin{pmatrix}
 P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots \\
 P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{pmatrix}
 \begin{pmatrix}
 P'_1 \\
 P'_2 \\
 \dots \\
 P'_m
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 P_{g1} \\
 P_{g2} \\
 \dots \\
 P_{gn}
 \end{pmatrix}$$

**Figura 7.** Matriz para la obtención de la prioridad global en las alternativas.

### **1.3.Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Estructurar una gestión de mantenimiento mediante Lean Maintenance para Bioalimentar Cía. Ltda.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la planta de producción.
- Seleccionar herramientas Lean Maintenance para mejorar la gestión del mantenimiento.
- Desarrollar una propuesta de solución documental mediante herramientas Lean Maintenance.






## CAPITULO II

### METODOLOGÍA

#### 2.1. Materiales

La tabla 4 muestra los recursos que se utiliza para la realización del proyecto investigativo.

**Tabla 4.** Materiales que se utilizan para el desarrollo de la investigación.

Recursos informáticos y tecnológicos		
Ilustración	Denominación	Descripción
	Computador	Dispositivo electrónico que cuenta con software útil para el procesamiento de información, facilita la recolección de información y análisis posterior.
	Cámara fotográfica	Herramienta electrónica que se usa para capturar fotografías de instalaciones o procesos de la empresa.
	Software Microsoft Word	Software utilizado para la recopilación y procesamiento de información.
	Software Microsoft Excel	Software destinado al procesamiento de datos cuantitativos, elaboración de fichas y formatos para recolección de datos y propuesta documental.
	Software Microsoft Visio	Software que se utiliza para realizar la representación de diagramas de la propuesta documental.



## **2.2. Método**

### **2.2.1. Modalidad de investigación**

#### **Investigación aplicada**

Se utilizó los conocimientos obtenidos durante el desarrollo de la carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización por parte de la investigadora, para en conjunto con el pensamiento crítico desarrollar una propuesta de solución documental a la deficiente gestión de mantenimiento de la empresa productora de balanceado Bioalimentar Cía. Ltda.

#### **Investigación bibliográfica - documental**

Durante el desarrollo de la investigación se utilizó una modalidad bibliográfica por medio de la que se recopiló, analizó y seleccionó información relacionada con la gestión de mantenimiento, equipos y metodologías de mejora que aportan a desarrollar una solución para las deficiencias en la gestión de mantenimiento. Para esta revisión teórica se utilizaron fuentes confiables como artículos, publicaciones en revistas investigativas, repositorios y libros digitales que facilitaron la profundización del proyecto.

#### **Investigación de campo**

Este tipo de investigación se desarrolló a través de visitas a la planta de producción Bioalimentar Cía. Ltda. permitiendo obtener datos de primera mano en el lugar y tiempo en el que se originan. Con esta investigación se obtuvo información relevante del proceso productivo; como, indicadores de eficiencia, horas de para no programada, observaciones del proceso productivo y de mantenimiento para los análisis de causa, con el objetivo de diagnosticar la situación actual de la empresa y el estado de la gestión del mantenimiento. Con la información recolectada durante estas visitas se describió la estructura organizacional de la empresa, actividades laborales correspondientes al área de trabajo, equipos, productos y recursos que se relacionan e intercambian para la ejecución de las actividades laborales alineadas a la investigación desarrollada.

## Nivel de investigación

### Investigación Exploratoria

Este nivel de investigación soporta la modalidad de investigación de campo a través de la que se justifica y soporta el proceso de análisis y observación exhaustiva que se desarrolló en las instalaciones de la empresa por parte de la autora de la investigación para la identificación de desperdicios en mantenimiento y plantear alternativas de solución y desarrollo de la propuesta.

#### 2.2.2. Población y Muestra

La población que se consideró para la investigación está directamente relacionada con los departamentos en los que se desarrollan actividades operativas y técnicas, centradas en mantener en buen funcionamiento instalaciones y equipos; se consideró importante también la población de operarios de máquinas y control del proceso productivo, se describe la población en la tabla 5.

**Tabla 5.** Población para la gestión de mantenimiento.

Cargo	Cantidad
<b>Departamento de mantenimiento</b>	
Director de Mantenimiento	1
Asistente de Mantenimiento	1
Líder área mecánica	1
Líder área eléctrica	1
Técnicos Mecánicos	7
Técnicos Eléctricos	4
<b>Departamento de Producción</b>	
Operadores	47
Supervisores de producción	2
Director de producción	1
<b>Total</b>	<b>65</b>

### 2.2.3. Recolección de información

Se recolectó la información durante la jornada laboral a través de la observación directa a los procesos, la interacción con la población de estudio y la recopilación de documentos. Se usó diversas herramientas de análisis del modo que se describe a continuación. Ver tabla 6.

**Tabla 6.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Objetivos de investigación	Actividades de la investigación	Técnica/Método	Instrumentos o herramientas
Diagnosticar la situación actual de la gestión de mantenimiento en la planta de producción.	Descripción de la empresa, áreas de estudio y proceso productivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método de investigación bibliográfica</li> <li>Entrevista</li> <li>Observación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de recolección de datos</li> <li>Cuestionario de entrevista</li> <li>Matriz de caracterización de proceso</li> <li>Flujogramas de proceso productivo</li> </ul>
	Recolección de información de equipos y principales indicadores	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación del proceso</li> <li>Entrevista</li> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matrices de recolección de datos.</li> <li>Cuestionario para entrevista</li> </ul>
	Análisis de defectos en proceso productivo y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Observación</li> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de causa-efecto</li> </ul>
	Diagnóstico de la gestión del mantenimiento en Bioalimantar Cía. Ltda.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de diagnóstico COVENIN 2500-93</li> </ul>

**Tabla 6.** Técnicas e instrumentos de recolección de datos (continuación)

Objetivos de investigación	Actividades de la investigación	Técnica/Método	Instrumentos o herramientas
Seleccionar herramientas LeanMaintenance para mejorar la gestión del mantenimiento.	Análisis de defectos en proceso productivo y mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de defectos y herramientas Lean Maintenance</li> </ul>
	Selección de herramientas Lean Maintenance	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz Multicriterio - Analytic Hierarchy Process (AHP)</li> </ul>
Desarrollar una propuesta de solución documental mediante herramientas Lean Maintenance	Desarrollo documental de herramientas Lean Maintenance seleccionadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método descriptivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Propuesta herramienta Lean Maintenance</li> </ul>

#### 2.2.4. Procesamiento y análisis de datos

El proyecto de investigación se desarrolló en tres etapas, que se ajustan a los objetivos de investigación planteados como se detalla a continuación:

##### 1. Diagnóstico de la situación actual de la gestión del mantenimiento.

El diagnóstico de la gestión de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda. se realizó tomando a consideración las 12 áreas que se evalúan por medio del manual COVENIN 2500-93, se obtuvo como resultado la matriz de evaluación correspondiente. La evaluación se realizó de acuerdo con la descripción que se realizó en el capítulo I en el

apartado dedicado a este manual y en concordancia con la descripción del método utilizado que se desarrolla a continuación:

- **Recolección de información**

Previo a la aplicación de los parámetros de calificación establecidos en el manual COVENIN 2500-93 se realizó la recolección de información con características cuantitativas y cualitativas. La información cuantitativa se recolectó netamente en campo por medio de matrices de recolección de datos en las que se describió la producción planeada, unidades defectuosas, horas de para y principales defectos, para determinar el porcentaje de eficiencia operativa. La información cualitativa se recolectó a través de la aplicación de entrevistas, observación directa al proceso, gestión de departamentos y revisión de documentos pertenecientes al proceso para caracterizar el proceso y realizar los análisis de causa-efecto.

- **Evaluación de parámetros COVENIN 2500-93**

Debido a que el manual COVENIN 2500-93 es extenso, en este apartado se describe de forma detallada como se realizó la evaluación de parámetros, ejemplificando la primera de las 12 áreas de evaluación. Ver Tabla 7.

**Tabla 7.** Primer principio básico y deméritos establecidos para el área 1.

<b>ÁREA 1: ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA</b>		
	1.1 Funciones y responsabilidades. Principio básico: La empresa posee un organigrama general y por departamentos. Se tienen definidas por escrito las descripciones de las diferentes funciones con su correspondiente asignación de responsabilidades para todas las unidades estructurales de la organización.	60
<b>Deméritos</b>	1.1.1 La empresa no posee organigramas acordes con su estructura o ni están actualizados; tanto a nivel general, como a nivel de departamentos.	20
	1.1.2 Las funciones y la correspondiente asignación de responsabilidades, no están especificadas por escrito, o presenta falta de claridad.	20

	1.1.3 La definición de funciones y la asignación de responsabilidades no llega hasta el último nivel supervisorio necesario, para el logro de los objetivos deseados.	20
<b>1.2 Autoridad y Autonomía</b>		<b>40</b>
<b>Deméritos</b>	1.2.1 La línea de autoridad no está claramente definida	10
	1.2.2 Las personas asignadas a cada puesto de trabajo no tienen pleno conocimiento de sus funciones.	10
	1.2.3 Existe duplicidad de funciones	10
	1.2.4 La toma de decisiones para la resolución de problemas rutinarios en cada dependencia o unidad, tiene que ser efectuada previa consulta a los niveles superiores.	10
<b>1.3 Sistema de información</b>		<b>50</b>
<b>Deméritos</b>	1.3.1 La empresa no cuenta con un diagrama de flujo para el sistema de información, donde estén involucrados todos los componentes estructurales partícipes en la toma de decisiones.	10
	1.3.2 La empresa no cuenta con mecanismos para evitar que se introduzca información errada o incompleta en el sistema de información.	5
	1.3.3 La empresa no cuenta con un archivo ordenado y jerarquizado técnicamente.	5
	1.3.4 No existen procedimientos normalizados (formatos) para llevar y comunicar la información entre las diferentes secciones o unidades, así como almacenamiento (archivo) para su cabal recuperación.	10
	1.3.5 La empresa no dispone de los medios para el procesamiento de la información en base a los resultados que se deseen obtener.	10
	1.3.6 La empresa no dispone de los mecanismos para que la información recopilada y procesada llegue a las personas que deben manejarla.	10

Basado en la información que se recolectó, lo descrito en la tabla 7 y las ponderaciones que se describieron según el manual se realizó la evaluación del primer principio básico y de los deméritos relacionados. De similar manera se aplica para los 11 principios restantes.

**Tabla 8.** Evaluación COVENIN 2500-93 Área 1

AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	DEMÉRITOS										TOTAL	PTS
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	Funciones y responsabilidades	60	0	0	0								60	100%
	Autoridad y autonomía	40	0	0	0	0							40	100%
	Sistema de información	50	0	0	0	0	0	0					50	100%
	<b>Total obtenible:</b>	150	<b>Total obtenido:</b>										150	100%

En la tabla 8 se observa la ponderación que asignó la investigadora para los deméritos establecidos en la tabla 7. La columna PTS corresponde a la valoración total del principio básico establecida en el manual, mientras que en los deméritos (en este primer caso máximo 6 deméritos en principio básico sistema de información), se coloca la ponderación de acuerdo con la observación e información revisada relacionada con el principio. La ponderación establecida para los deméritos corresponde a la calificación máxima a colocar cuando se presenta la existencia irrefutable del demérito, en este caso en específico se coloca 0 en los deméritos debido a que en la gestión de mantenimiento actual evaluada no se han encontrado deméritos correspondiendo a que cumple con el principio básico con el 100%.

La aclaración primordial es que el valor asignado a los deméritos se modifica según el criterio y se evalúan un máximo de 10 deméritos dependiendo del área de análisis y evaluación.

## 2. Selección de herramientas Lean Maintenance

Luego del diagnóstico de la gestión de mantenimiento de Bioalimantar Cía. Ltda. se establecieron oportunidades de mejora que dieron respuesta a los defectos encontrados y se conformaron los criterios para la jerarquización y análisis de las herramientas Lean Maintenance; se propuso herramientas que permitan alcanzar las oportunidades de mejora y que estén ajustadas a las necesidades actuales de la gestión de mantenimiento en

Bioalimentar, a través del proceso de Análisis Jerárquico se realizó la evaluación cuali-cuantitativa y se determinó los valores de las prioridades asignadas a las herramientas Lean Maintenance a seleccionar. Se seleccionó las tres herramientas con mayor puntuación.

### 3. Análisis de Resultados y propuesta

Partiendo de los resultados obtenidos en la selección de herramientas Lean Maintenance, se desarrolló la propuesta documental de las tres herramientas seleccionadas de forma que se aportó con mejoras puntuales en la gestión de mantenimiento de la planta productiva Bioalimentar Cía. Ltda.



## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1. Análisis y discusión de resultados**

##### **3.1.1. Datos generales de la empresa**

###### **Reseña Histórica**

La empresa Bioalimentar Cía. Ltda. cuenta con una trayectoria de 55 años, que le ha permitido consolidarse como una empresa productora de alimento balanceado multiespecie reconocida en el país.

Su historia empieza con una pequeña granja de propiedad de un matrimonio emprendedor en la parroquia Cotaló del cantón San Pedro de Pelileo. La granja se dedicaba a la producción y comercialización de huevos dentro de su comunidad para posteriormente por iniciativa propia elaborar el alimento para sus animales que iniciaron a comercializarlo en su localidad. Esta pareja de emprendedores decide iniciar la construcción de una pequeña planta productiva de balanceado en Ambato que facilitó cuidar de la alimentación de su granja y fortalece su ingreso a un mercado principalmente compuesto por conocidos y familiares. La visión de esta pareja era clara y más grande por lo que alrededor del año 1978 adquieren un terreno en la entrada a Pelileo (Pachanlica) con la finalidad de en un futuro ubicar una empresa dedicada a la fabricación de balanceado.

En la actualidad, la planta de producción de balanceados Bioalimentar Cía. Ltda. cuenta con varios centros de operación con tecnología de primera que le permiten tener presencia en todo el territorio nacional. Siendo el Campus industrial Pachanlica (CIP) su sede principal.

###### **Visión**

En el año 2020, quienes conformamos Bioalimentar Cía. Ltda. seremos la empresa agroalimentaria más eficiente y rentable del Ecuador, con presencia en el mercado internacional. Por nuestra calidad, cultura organizacional, innovación, seguridad alimentaria y responsabilidad social generaremos siempre más valor para nuestros clientes

y por el alto desarrollo de nuestro capital humano nos convertiremos en el mejor lugar para trabajar.

### Misión

Transformar con pasión nuestro trabajo en alimentos que brinden salud y bienestar para nuestros clientes y colaboradores.

### Estructura organizacional de la planta de balanceado

En la figura 8, se desarrolla el organigrama correspondiente a la empresa Bioalimentar.

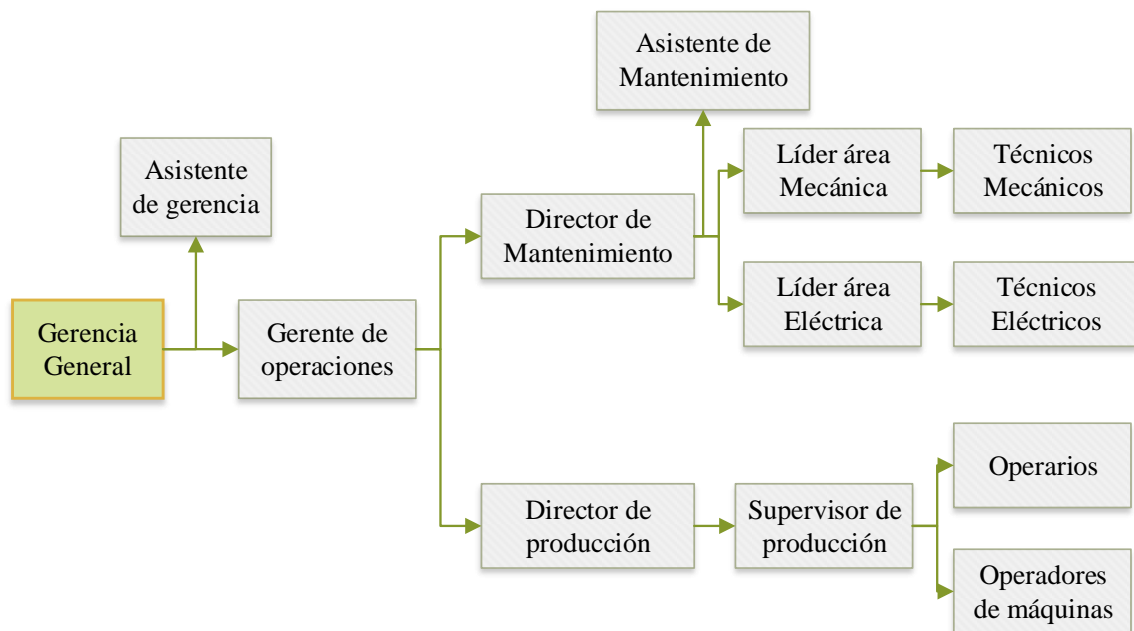


Figura 8. Organigrama Bioalimentar Cía. Ltda.

### 3.1.2. Proceso productivo para fabricación de alimentos balanceados

#### Productos fabricados

En Bioalimentar Cía. Ltda. como una empresa productora de alimento balanceado para animales, la producción de sus productos se desarrolla con alta calidad e inocuidad. Esta planta industrial desarrolla principalmente 3 líneas de producción, de acuerdo a las características físicas de sus productos, estas son: Harina, Pellet y Mascotas. En la tabla 9 se describe parte de los productos que se fabrican en cada una de estas líneas.

**Tabla 9.** Productos balanceados que se comercializan.

<b>HARINAS</b>	
<b>Pollos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial HNA 40 kg.</li> <li>• Crecimiento 40 kg Hna.</li> <li>• Engorde 40 kg Hna.</li> <li>• Crecimiento productores KitA07.</li> <li>• Concentrado engorde 40 kg.</li> <li>• Engorde productores.</li> <li>• Complemento PAL engorde y crecimiento Hna.</li> </ul>
<b>Ponedoras</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial 40 kg Hna.</li> <li>• Desarrollo 40 kg Hna.</li> <li>• Ponedoras 1 Hna 40 kg.</li> <li>• Ponedoras 2 Hna 40 kg.</li> </ul>
<b>Cerdos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lactancia Hna 40 kg.</li> <li>• Concentrado desarrollo 40 kg.</li> <li>• Concentrado engorde 40 kg.</li> <li>• Concentrado protegido 34%.</li> <li>• Fase 4 crecimiento Hna.</li> <li>• Fase 5 engorde inicio Hna.</li> <li>• Fase 6 engorde final Hna.</li> </ul>
<b>Vacas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ternera inicial</li> <li>• crecimiento vaconas</li> <li>• Bioleche 15-20</li> <li>• Bioleche 25-30</li> <li>• Prado 2P</li> </ul>

**Tabla 9.** Productos balanceados que se comercializa (Continuación).

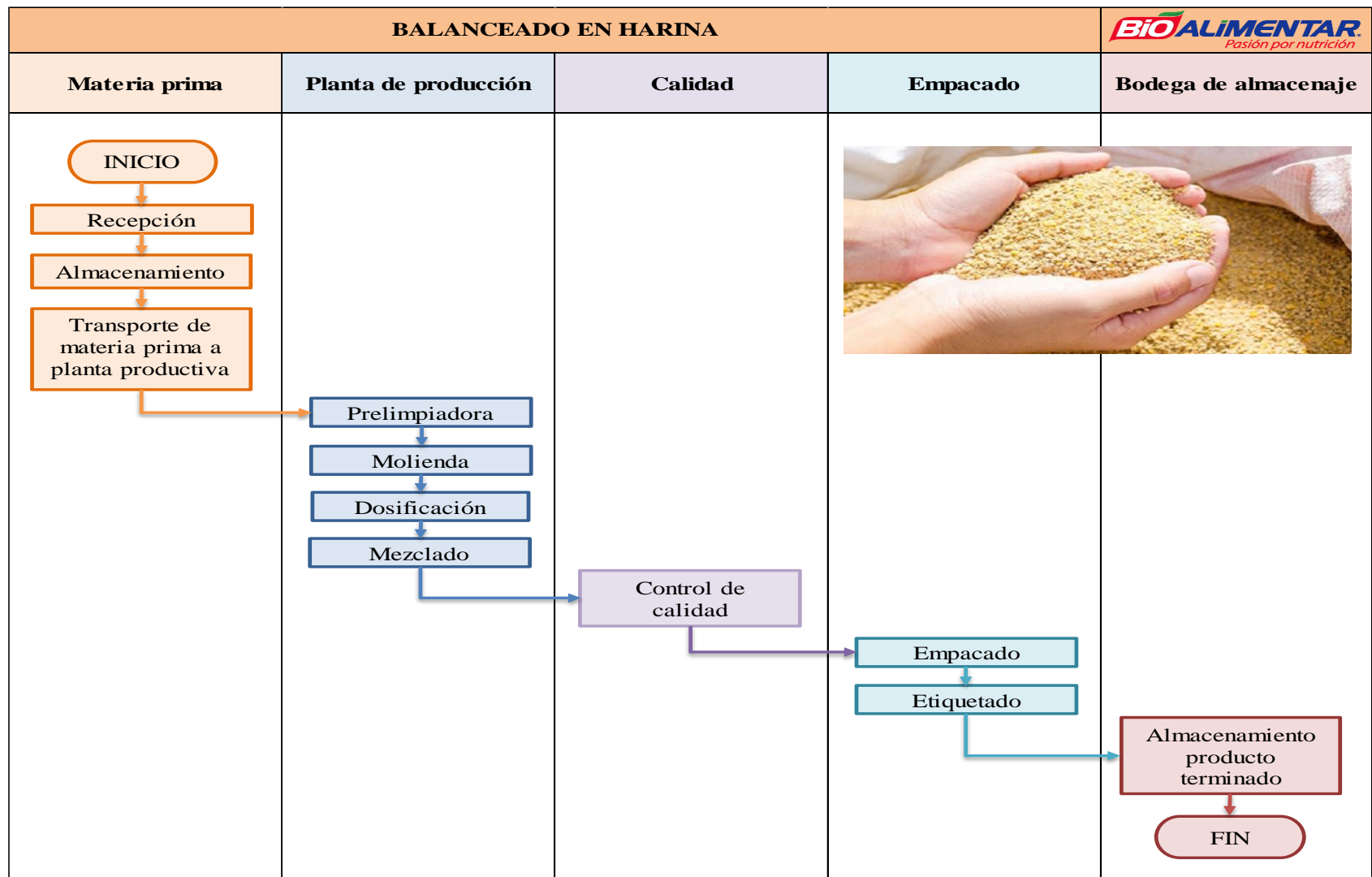
<b>PELLET</b>	
<b>Pollos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pre inicial e inicial crumbled</li> <li>• engorde pellet</li> <li>• inicial minipellet</li> <li>• Crecimiento productor KitA07</li> <li>• crecimiento granulado</li> <li>• Gallos vencedores por excelencia</li> <li>• Complemento PAL crecimiento</li> </ul>
<b>Cuyes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento</li> <li>• Engorde</li> <li>• Reproductoras</li> </ul>
<b>Conejos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crecimiento Gazapos</li> <li>• Engorde</li> <li>• Reproductoras</li> </ul>
<b>Cerdos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestación</li> <li>• Lactancia</li> <li>• Reemplazo</li> <li>• Fase 1 piglet pre destete mini</li> <li>• Fase 2 piglet destete mini</li> <li>• Fase 3 piglet inicial PLT</li> <li>• Fase 4 desarrollo</li> <li>• Fase 5 desarrollo</li> <li>• Fase 6 engorde final</li> </ul>
<b>Trucha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trucha crec 1-2</li> <li>• Trucha engorde</li> <li>• Trucha prein-inicio</li> </ul>

**Tabla 9.** Productos balanceados que se comercializan (Continuación).

<b>Mascotas</b>	
<b>Caninos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cani adulto RMG</li> <li>• Cani cachorro RP</li> <li>• Cachorro sabor pollo</li> <li>• Senior</li> <li>• Cani galleta</li> <li>• Mambo cachorro, adulto</li> <li>• Chori cani 1</li> </ul>
<b>Tilapia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tilapero engorde 240</li> <li>• Tilapero inicial</li> <li>• Tilapero desarrollo</li> <li>• Tilapero P380 20 Kg</li> <li>• Tilapero alevin 450</li> </ul>
<b>Felinos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gatos AKI SUPER</li> <li>• Gatuco</li> <li>• Nutritec (2000 kg)</li> </ul>

### **Descripción de proceso productivo**

Las líneas productivas de harina, pellet y mascotas pasan por un tratamiento similar hasta la etapa de mezclado, luego se diferencian al ser tratadas en máquinas diferentes. Las Harinas no tienen un tratamiento posterior al mezclado, sino que pasan directamente a ser empacadas. La producción de pellet pasa por un tratamiento de pelletizado a través de máquinas con su mismo nombre (pelletizadoras). Mientras que la línea de mascotas pasa por una extrusora. En las figuras 9-11 se representa el proceso de cada una de las líneas.



**Figura 9.** Flujograma de proceso balanceado en harina.

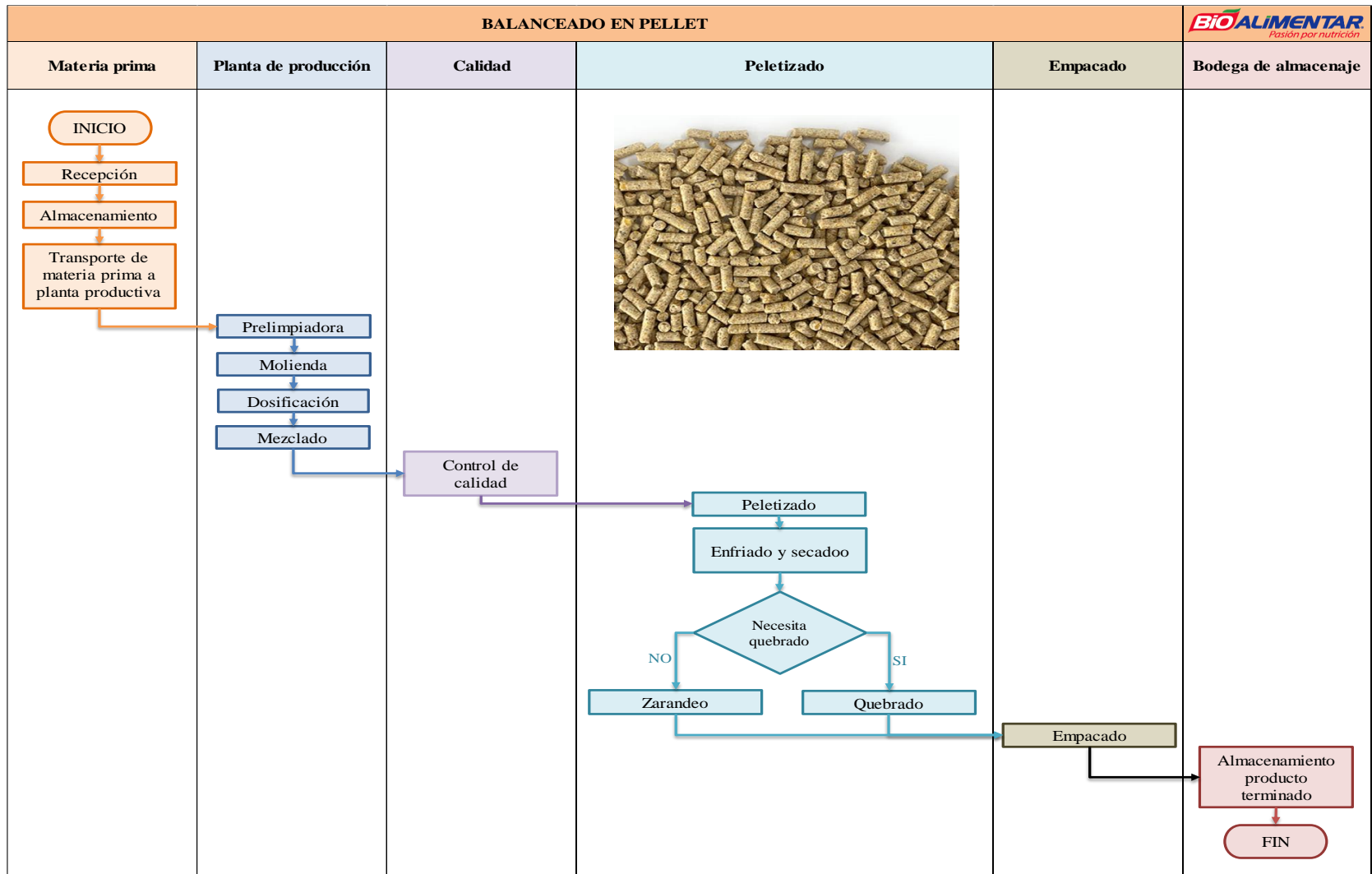


Figura 10. Flujograma de proceso en pellet.

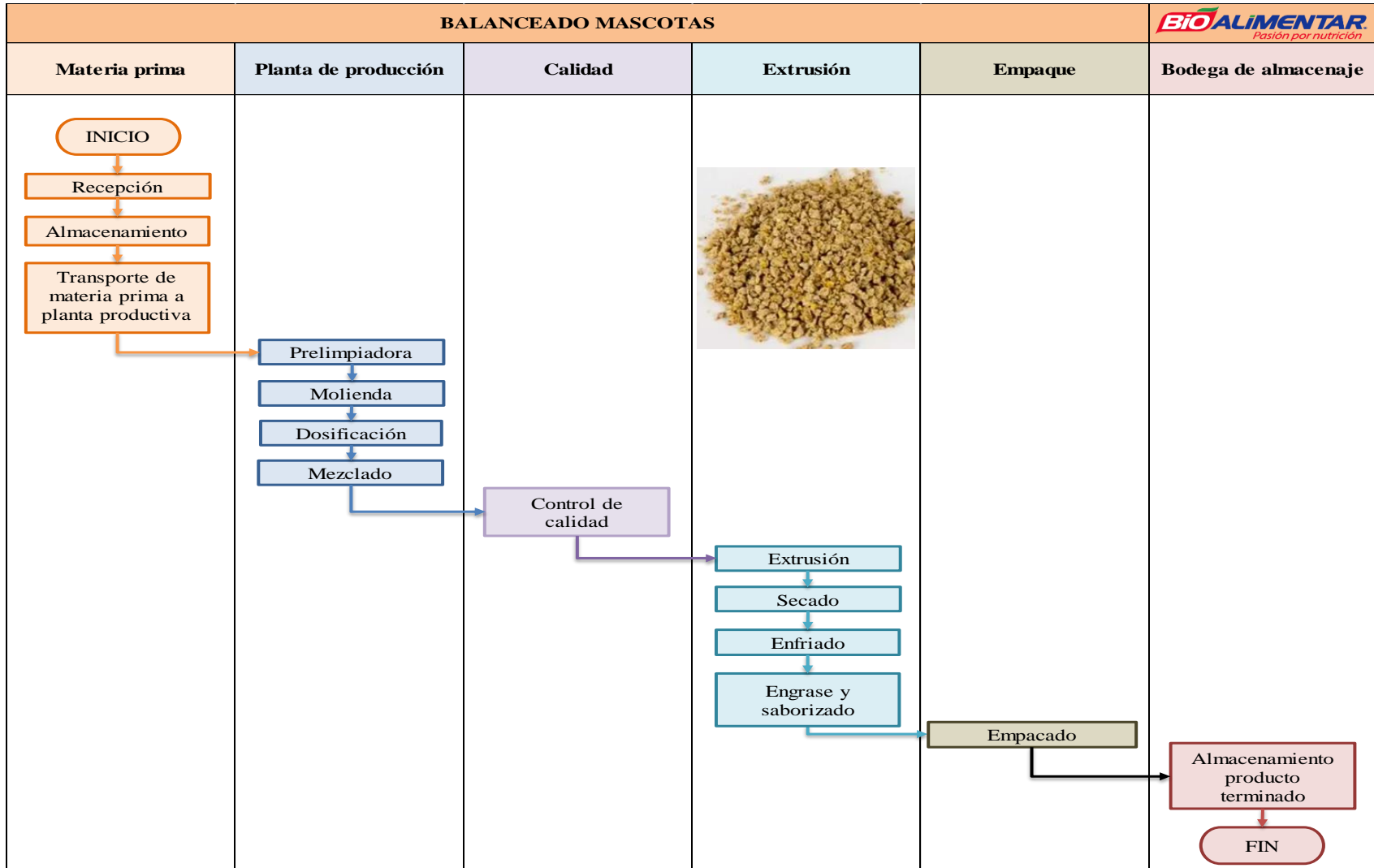


Figura 11. Flujo de proceso extrusión.



### 3.1.3. Descripción de la gestión de mantenimiento de BIOALIMENTAR Cia. Ltda.

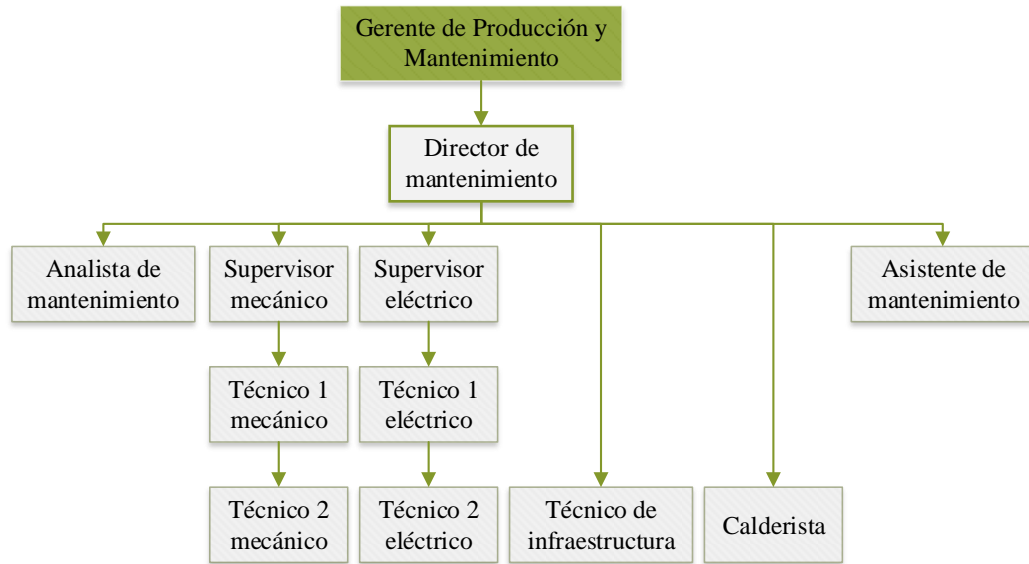
El campo industrial Pachanlica de Bioalimentar Cía. Ltda. inicia su operación en su nueva planta productiva desde hace 4 años. Con un nuevo diseño de planta en la que se desarrolla una producción de balanceado de tipo vertical, compuesto por 7 pisos. Esta empresa posee gran cantidad de máquinas para abastecer una producción que se aproxima a las 7000 ton/mensuales; por lo que, el mantenimiento en esta empresa está sujeto a la gran responsabilidad de mantener una producción estable e ininterrumpida.

En la tabla 10, se describe las máquinas que están dispuestas en la planta de producción vertical distribuida en sus 7 pisos.

**Tabla 10.** Máquinas que conforman el proceso.

<b>PISO</b>	<b>MÁQUINAS EMPLEADAS EN EL PROCESO</b>
<b>7</b>	Pre-Limpiadoras
	Zarandas
<b>6</b>	Mezclador de sólidos
	Tolvas de Micro-Ingredientes
<b>5</b>	Amelazador
	Mezclador de líquidos
<b>4</b>	Elevador y Transportador
	Tolvas de Macro-Ingredientes
	Molino de martillos
	Molino de extrusión
<b>3</b>	Enfriador
	Tanque de melaza
<b>2</b>	Acondicionadores peletizadoras
	Peletizadoras
	Extruder
<b>1</b>	Básculas de macroingredientes
	Mezcladora de Molienda
	Líneas de embolsado
	Enfriadores
	Secador de la línea de extrusión
<b>G</b>	Área de etiquetado
	Bombas de líquidos

El departamento actualmente cuenta con la gerencia unificada, que se encarga tanto del área de mantenimiento y el área de producción lo que impulsa la mejora en canales comunicacionales de la organización y estos dos departamentos críticos. Ver figura 12.



**Figura 12.** Organigrama departamento de mantenimiento.

### **Relación de Producción – Mantenimiento**

De acuerdo a la figura 12, dentro del esquema organizacional en Bioalimentar Cía. Ltda. la producción y mantenimiento conforman parte de las actividades operacionales que se desarrollan. Las funciones que se llevan a cabo por su personal dentro de la cadena productiva son diferentes en esencia, pero estrechamente relacionados. Por eso cuando existen conflictos entre estas áreas que no se resuelven oportunamente, perjudican la productividad y el cumplimiento de estándares.

Bioalimentar Cía. Ltda. desarrolla una producción en la que predomina la existencia de maquinaria, por el mismo hecho de mantener estándares de inocuidad y para el crecimiento progresivo de producción y/o aumento de productos que se ofertan al mercado. Se considera que posee un nivel de automatización semiautomático, por la presencia de operadores de producción que se encargan de la realización de actividades (Dosificación y otros) en conjunto con las máquinas. Aunque la actividad de producción

es más visibilizada, hay que recordar que la de mantenimiento es fundamental y con ello las actividades, planes y/o estrategias que se impulsen desde esta área.

Para analizar la gestión de mantenimiento que se lleva a cabo actualmente, se implica el funcionamiento de los activos de la empresa durante el proceso productivo, además las funciones que desarrolla el personal implicado en el departamento de mantenimiento y los indicadores de producción. Debido a esto, adicional a haber realizado la representación del proceso productivo de las tres líneas de productos, se requiere conocer la información relacionada directamente a la gestión.

### **Localidad para la gestión de mantenimiento**

La gestión del mantenimiento que se desarrolla dentro de la planta industrial Pachanlica de Bioalimantar Cía. Ltda., se da lugar dentro de dos aplazamientos. El primero es la oficina de mantenimiento ubicada cerca a los silos de almacenamiento y la volcadora (donde se descarga la materia prima). Esta se puede visibilizar en la figura 13.



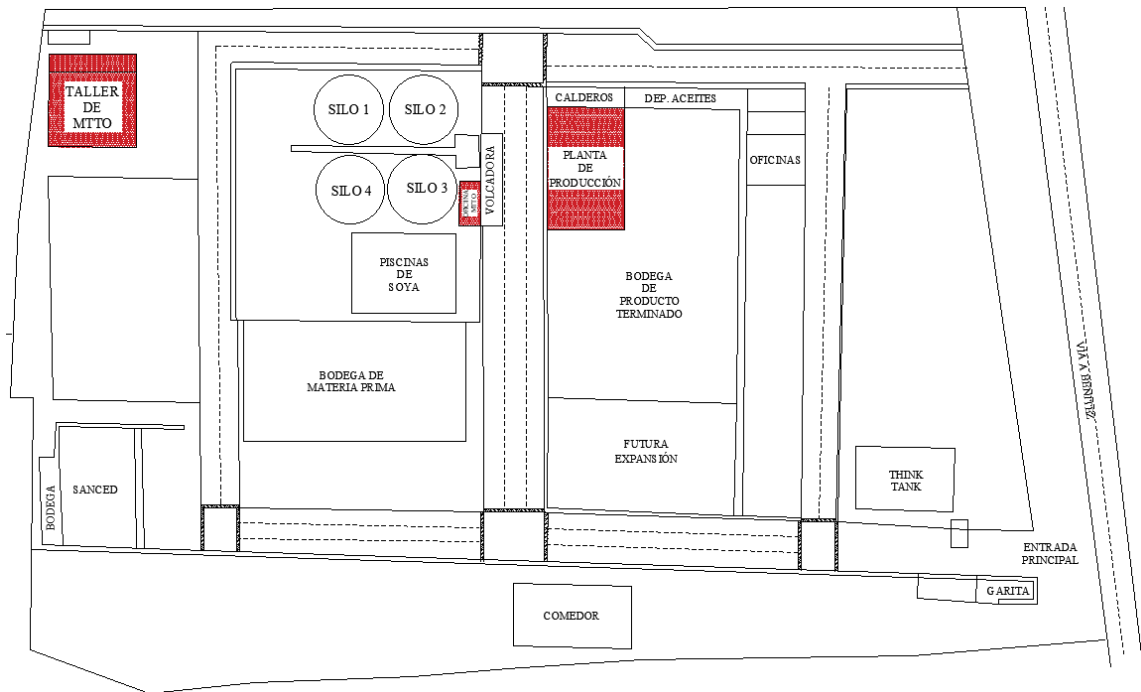
**Figura 13.** Oficina de Mantenimiento.

El segundo es el taller, que está compuesto por 7 containers utilizados para guardar herramientas, repuestos, consumibles, piezas de las máquinas y materiales sobrantes de instalación. En la figura 14 se puede observar la disposición del taller de mantenimiento.



**Figura 14.** Taller de mantenimiento.

Resulta importante también observar la disposición geográfica que existe entre el taller y las oficinas que se muestra en la figura 15.



**Figura 15.** Disposición geográfica CIP

En la figura 15, se puede evidenciar que el taller se encuentra distanciado más de 100 m de las oficinas de la misma área, lo que provoca que los técnicos se desplacen grandes

distancias para la movilización de repuestos de máquinas y partes. Además, en el piso 2 (peletizado) de la planta de producción, se dispone de una estantería en la que se colocan herramientas de mayor uso como taladros, llaves, etc. La oficina está conformada por el director, supervisores y asistente de mantenimiento. Mientras que el taller está conformado por los técnicos mecánicos y eléctricos.

### **Funciones del personal de mantenimiento**

El personal técnico administrativo como: el director de mantenimiento y asistente de mantenimiento se encargan de la programación de trabajos, de forma diaria, semanal, mensual y anual en las áreas de prioridad. Realizan también la búsqueda de proveedores de repuestos, materiales, herramientas y servicios de contratación externa en caso de ser necesario. Desarrollan el seguimiento adecuado a los indicadores, informes de cumplimiento e información técnica necesaria para el cumplimiento de procedimientos y desarrollo de actividades.

Los supervisores de mantenimiento se encargan de la asistencia y dirección en trabajos de mantenimiento programados y no programados de acuerdo al área de necesidad (mecánica o eléctrica) que realizan los técnicos del área. Para brindar el soporte adecuado a la planta de producción se forman equipos, conformados normalmente por 2 o 3 personas entre técnicos eléctricos y mecánicos, capaces de dar solución a problemas incluso, inesperados, que se presentan en el área de producción y resto de la planta, a partir de una asignación de equipos y de actividades.

El personal técnico está conformado por 9 mecánicos y 4 eléctricos. Tienen como principal prioridad dar cumplimiento semanal a la programación de mantenimiento desarrollado, a través de la revisión de equipos, reparación de piezas, máquinas o herramientas dentro de la planta de producción de Bioalimantar Cía. Ltda. Revisan periódicamente el buen funcionamiento y operación de las líneas de producción, funcionamiento de los silos de almacenamiento, arranque de equipos y caza de fuerza. Los técnicos desempeñan también actividades complementarias, mantenimientos correctivos, implementaciones, actividades de lubricación, limpieza y control de procesos, apoyo a producción en problemas inesperados, registro de temperaturas de operación para el

personal de producción, facilitar herramientas a los operarios y cumplimiento de órdenes de trabajo.

Adicional a las actividades descritas, una vez cumplida la planificación de producción, mantenimiento realiza la limpieza y desinfección completa de la planta de producción.

### **Turnos de trabajo**

El personal técnico del departamento de mantenimiento cumple tres turnos de trabajo para mantener y vigilar el estado de operación de la producción. Los equipos de técnicos de mantenimiento que se conforman para el chequeo continuo de las áreas, se disponen a las actividades de forma rotativa de lunes a viernes, en los horarios:

- Primer turno de 06:00 – 14:00
- Segundo turno de 14:00 – 22:00
- Tercer turno de 22:00 – 06:00

Aparte un grupo conformado por 5 técnicos se destinan al soporte de taller y planta productiva en una sola jornada laboral de:

- 07:30 – 16:00

El personal encargado de la dirección del departamento como el Director de Mantenimiento y asistente de mantenimiento trabajan en una sola jornada laboral de lunes a viernes en el horario:

- 8:00 – 16:00

**Nota:** Cuando en el transcurso de la semana aparecen actividades de soporte a producción se les da una prioridad de 1 buscando mantener el curso normal de la cadena productiva. Esto ocasiona el incumplimiento de la planeación semanal, en dichos casos los técnicos de mantenimiento ejercen trabajos en fines de semana específicamente para cumplir con la programación, las horas que se estiman para completar estas actividades se consideran horas extras.

## **Recursos del área de mantenimiento**

El campus industrial Pachanlica funciona de acuerdo a la disposición que se muestra en la figura 15, entre la planta de producción y el resto de aplazamientos como la bodega de producto terminado, aplazamientos para guardar la materia prima, oficinas y comedor. Los equipos críticos se encuentran en el área productiva, donde se desarrolla todos los procesos de transformación del producto. Todos los equipos que conforman la cadena productiva requieren de un trato de mantenimiento diferenciado, que se divide en actividades diarias.

## **Mantenimiento que se desarrolla**

Actualmente, en la gestión de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda. se lleva a cabo planes de mantenimiento preventivo programado, y también actividades de mantenimiento predictivo en especial en equipos con características rotatorias, con el objetivo de mantener las máquinas en un funcionamiento adecuado y con una capacidad productiva similar a las condiciones iniciales de la máquina. Adicional en caso de daños severos e inesperados se realiza mantenimiento correctivo, a través de un cambio total de las piezas afectadas.

Las actividades de mantenimiento industrial se encuentran registrados en el ERP Libra y su correspondiente módulo de mantenimiento, el software está conectado y configurado a las variables que se miden a través del sistema SCADA que se maneja dentro del proceso productivo, desde la recepción de materia prima hasta el empaque de producto final. El software permite el conocimiento de variables en los equipos, como temperaturas, frecuencias, historial de datos y entre otros, que, por motivos de confidencialidad no se puede describir detalladamente todos los datos y variables que se obtienen a través de estos sistemas.

Este software, permite la visibilización de alarmas en los equipos registrados que permiten identificar la información y ubicación del activo, además, facilita la planificación de la limpieza, inspecciones visuales, lubricaciones y cambio de repuestos en las máquinas. En el sistema se establece la frecuencia de mantenimiento de acuerdo al nivel de criticidad de la máquina.

Cuando se suscita la necesidad de realizar procesos de mantenimiento como rectificaciones de piezas (especialmente rotatorias) e instalación de nueva maquinaria se realiza la contratación de empresas externas.

### **Adquisición de consumibles, control de bodega y repuestos**

Los repuestos y consumibles se encuentran almacenados en el taller de mantenimiento y cuando hay una salida se registra en una ficha de registro, en la que se solicita el nombre del material o repuestos, persona quien solicita y firma de responsabilidad. Este sistema es ineficiente puesto que no actualiza en tiempo real la existencia de consumibles, ni se controla la necesidad de permanencia, ni prioridad de uso de los repuestos, teniendo una bodega llena de material y repuestos por largos periodos y que no se pueden diferenciar o encontrar con facilidad. Generalmente se realiza un levantamiento de inventario una vez al mes en la que se compara los ingresos realizados al sistema y las salidas totales registradas.

Respecto a las compras y cotización de repuestos, piezas y recursos a subcontratar no se cuenta con un proceso estandarizado para la contratación; por lo que, en cuanto aparece un daño, el tiempo de respuesta se incrementa debido a la demora en encontrar repuestos y movilizarlos. Frecuentemente se realiza la cotización y compra de forma apresurada implicando la compra de repuestos de baja calidad y con proveedores que no han pasado por un proceso de selección y compromiso para ofrecer productos garantizados y de acuerdo a especificaciones.



### Caracterización del proceso de mantenimiento

En la tabla 11, se describe las principales actividades, salidas y clientes a los que el proceso de mantenimiento provee.

**Tabla 11.** Matriz de caracterización de mantenimiento.

MATRIZ DE CARACTERIZACIÓN DE PROCESO						
<b>Nombre del proceso:</b> Mantenimiento Industrial				<b>Revisado por:</b> Ing. Jessica Illicachi		
<b>Responsables:</b> Personal departamento de mantenimiento				<b>Aprobado por:</b> Ing. Franklin Tigre		
<b>Objetivo del proceso:</b> Brindar soporte oportuno al sistema productivo para mantener los niveles de productividad.				<b>Alcance:</b> considera las variables correspondientes a los equipos de la línea de producción que indica el software de mantenimiento, hasta el cierre de órdenes de trabajo y entrega de equipos o elementos.		
Entradas	Proveedor	PAHV	Actividad	Responsables	Salidas	Clientes
-Variables de máquinas (frecuencias de operación, horas de para, principales fallas en maquinaria, pérdidas en calidad)	Software de mantenimiento	P	-Planificación de turno para soporte a producción. -Planificar trabajo a cumplir en la semana. -Planear el mantenimiento preventivo anual. -Cronograma de asistencia	-Gerente de producción y Mantenimiento -Analista de mantenimiento	-Programación de mantenimiento semanal (Anexo 3). -Personal para soporte a planta. -Hoja de registro salida de repuestos.	-Área de producción -Técnicos de mantenimiento
-Programación de mantenimiento semanal. -Personal para soporte a planta	-Mantenimiento	H	-Arranque de caza de fuerza -Realizar mantenimiento preventivo programado de sistemas mecánicos, electrónicos, eléctricos y programación. -Revisión de herramientas en pelotizado. -Cuidar y mantener funcionamiento de taller mecánico. -Dar soporte a producción de acuerdo a fallos imprevistos notificados.	-Técnicos mecánicos -Técnicos eléctricos	-Hoja de entrada y salidas de repuestos. -Órdenes de trabajo	-Área de producción -Área de mantenimiento
-Órdenes de trabajo	-Técnicos mecánicos -Técnicos eléctricos	V	-Levantamiento de fotografías para evidencia. -Cierre de órdenes de trabajo -Verificación de realización de mantenimiento.	-Técnico líder mecánico -Técnico líder eléctrico	- Órdenes de trabajo cerrada .	-Área de mantenimiento -Área de producción
-Órdenes de trabajo cerradas	-Analista de mantenimiento	A	-Registro en el sistema las ordenes de trabajo cerradas. -Cumplimiento de programación de mantenimiento	-Analista de mantenimiento -Encargado producción -Líder mecánico/eléctrico.	-Registro en tablero de indicadores	-Área de producción -Área de mantenimiento.

### **3.2. Diagnóstico de la situación actual en la gestión del mantenimiento Bioalimentar Cía. Ltda.**

Para dar inicio al diagnóstico de la gestión del mantenimiento actual en Bioalimentar Cía. Ltda. por medio de la matriz de COVENIN 2500-93 se considera prioritario analizar la información que se ha recolectado y descrito respecto a los turnos, personal e infraestructura. Principalmente se consideran dos aspectos, el cuantitativo en la que se considere los principales indicadores de gestión y el cualitativo que analiza el ambiente y las causas de los problemas en la gestión actual.

#### **3.2.1. Aspecto cuantitativo de la gestión del mantenimiento**

La planta de producción basa su operación en una planificación de producción semanal, comunicada a producción y mantenimiento. Para cumplir la producción requerida el departamento de producción programa sus actividades y recursos, mientras que el departamento de mantenimiento busca mantener en óptimas condiciones los equipos.

#### **Indicador de eficiencia global de equipos en planta de producción (OEE)**

La eficiencia global de equipos constituye uno de los indicadores importantes en cuanto a la gestión de mantenimiento y producción se refiere, para su cálculo se considera la disponibilidad o ratio de utilización de los equipos en contraste con la mano de obra, el rendimiento de las líneas de producción y la cantidad de productos defectuosos que se tiene en el transcurso de la jornada laboral.

La disponibilidad, indica el porcentaje que la línea de producción y las máquinas que la componen están trabajando realmente respecto al tiempo de operación teórica. Para determinar el tiempo real de trabajo se disminuye del tiempo teórico (producto de los turnos de trabajo, horas laborales y días trabajados) el tiempo que se ha perdido debido a paradas programadas y no programadas. Por lo que, este cálculo se realiza de acuerdo a la ecuación 3:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo real de trabajo}}{\text{Tiempo de trabajo planificado}} * 100 \quad (3)$$

De acuerdo con los flujogramas del proceso productivo que se desarrollaron en las figuras 9 a 11, se trata 3 líneas principales que son harinas, pelet y mascotas. Sin embargo, para el control productivo se realiza el levantamiento y seguimiento del indicador de disponibilidad de acuerdo a las 3 líneas mencionadas anteriormente y el empaque. Para el cálculo se considera que en las líneas de peletizado y harinas se trabaja normalmente dos turnos, mientras que en la línea de mascotas(extrusión) se trabajan tres. Ver Tabla 12.

**Tabla 12.** Disponibilidad de máquinas en líneas productivas.

<b>DISPONIBILIDAD</b>	Línea	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22
	<b>Dosificado</b>					
Tiempo programado(h)	1	272,0	224,0	224,0	224,0	260,0
Tiempo real trabajado (h)		230,0	204,6	184,1	193,7	227,3
% Disponibilidad		84,6%	91,3%	82,2%	86,5%	87,4%
<b>Peletizado</b>						
Tiempo programado(h)	1	292,8	292,8	292,8	292,8	260,0
Tiempo real trabajado (h)		257,0	277,2	274,8	248,8	216,0
% Disponibilidad		87,8%	94,7%	93,9%	85,0%	83,1%
Tiempo programado(h)	2	230,4	230,4	230,4	230,4	260,0
Tiempo real trabajado (h)		216,3	216,9	216,9	215,0	244,6
% Disponibilidad		93,9%	94,1%	94,1%	93,3%	94,1%
Tiempo programado(h)	3	294,0	294,0	294,0	294,0	260,0
Tiempo real trabajado (h)		277,5	279,2	278,7	210,0	176,0
% Disponibilidad		94,4%	95,0%	94,8%	71,4%	67,7%
<b>Extrusión</b>						
Tiempo programado(h)	1	594,8	594,8	594,8	640,0	544,0
Tiempo real trabajado (h)		569,8	495,4	534,6	527,0	431,0
% Disponibilidad		95,8%	83,3%	89,9%	82,3%	79,2%
<b>Empacado</b>						
Tiempo programado(h)	1	272,0	272,0	272,0	272,0	278,0
Tiempo real trabajado (h)		209,4	209,4	225,4	209,4	234,4
% Disponibilidad		77,0%	77,0%	82,9%	77,0%	84,3%

La tabla 12, muestra la disponibilidad correspondiente a 5 meses comprendidos desde enero 2022 hasta mayo 2022, trabajando en condiciones normales. La línea de extrusión dispone de 3 turnos de trabajo. Peletización se divide en 3 líneas o peletizadoras, cada una con capacidades diferentes y en las que se trabajan en 2 turnos cada una, también en la línea de harinas y empacado se trabaja con una disponibilidad de un turno y medio o dos.

Respecto a la disponibilidad en la línea de Harinas o también denominada dosificado, se observa una fluctuación en su porcentaje, teniendo un punto bajo en marzo 2022 con un 82,2% que se debe a la cantidad de paros no programados que se han suscitado, debido a factores varios entre los que están: daños de maquinaria, falta materiales y errores de ejecución con la mano de obra. Las dos primeras líneas de peletizado han mantenido una disponibilidad poco fluctuante y superior al 83%, mientras que en la línea 3 en el mes de abril y mayo de 2022 se ha tenido una disminución en la disponibilidad con un valor de 67.7%.

Para la línea de mascotas o extrusión se tiene una disponibilidad que en el mes de mayo a decrecido; sin embargo, aun con la gran cantidad de horas perdidas su disponibilidad no ha bajado del 79% y para finalizar la línea de empacado que ha mantenido una disponibilidad poco fluctuante a lo largo de los meses enero a mayo, en el historial presentado únicamente se evidencia una disponibilidad baja correspondiente al 77%. Los daños más comunes que han provocado la existencia de horas de para se han dado en la selladora y multicabezal.

### **Rendimiento de la planta de producción**

Con el rendimiento de las líneas productivas, producción realiza el seguimiento de la rapidez productiva, es decir, la tasa de producción que la planta tiene. Para el cálculo del rendimiento se utiliza la ecuación 4:

$$Rendimiento \% = \frac{Producción\ real}{Producción\ planificada} * 100 \quad (4)$$

En la tabla 13, se muestra el rendimiento de cada una de las líneas de producción (harinas, peletizado, extrusión y empaque) de la planta productiva correspondiente a 5 meses comprendidos desde enero 2022 hasta mayo 2022, trabajando en condiciones normales.

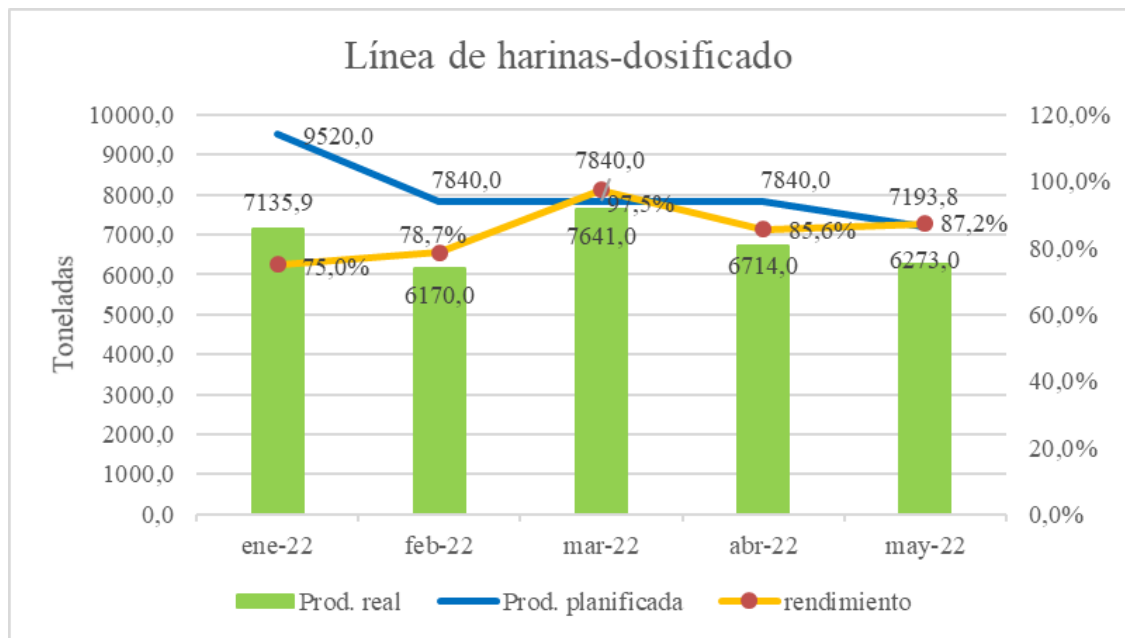
**Tabla 13.** Rendimiento en líneas de producción.

RENDIMIENTO	Línea	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22
	<b>Dosificado</b>					
Producción planificada (t)	1	9520,0	7840,0	7840,0	7840,0	7193,8
Producción real (t)		7135,9	6170,0	7641,0	6714,0	6273,0
% Rendimiento		75,0%	78,7%	97,5%	85,6%	87,2%
<b>Peletizado</b>						
Producción planificada (t)	1	2840,0	2800,0	2650,0	2400,0	2142,0
Producción real (t)		2170,0	2340,0	2124,0	2300,0	1737,9
% Rendimiento		76,4%	83,6%	80,2%	95,8%	81,1%
Producción planificada (t)	2	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Producción real (t)		954,3	842,0	980,0	870,0	868,9
% Rendimiento		95,4%	84,2%	98,0%	87,0%	86,9%
Producción planificada (t)	3	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
Producción real (t)		879,0	732,0	732,0	750,0	789,0
% Rendimiento		87,9%	73,2%	73,2%	75,0%	78,9%
<b>Extrusión</b>						
Producción planificada (t)	1	2000,0	2000,0	1800,0	1680,0	1371,6
Producción real (t)		1784,0	1100,0	1610,0	1252,0	1367,0
% Rendimiento		89,2%	55,0%	89,4%	74,5%	99,7%
<b>Empacado</b>						
Producción planificada (t)	1	6370,0	6370,0	9520,0	8704,0	6482,0
Producción real (t)		6118,0	6114,0	7642,0	6714,0	6462,0
% Rendimiento		96,0%	96,0%	80,3%	77,1%	99,7%

De acuerdo con la información de rendimiento, la capacidad planificada de producción en las líneas productivas varía, esto debido a las fluctuaciones de la demanda mensual que se toma a consideración para la planeación y la capacidad productiva en las máquinas que

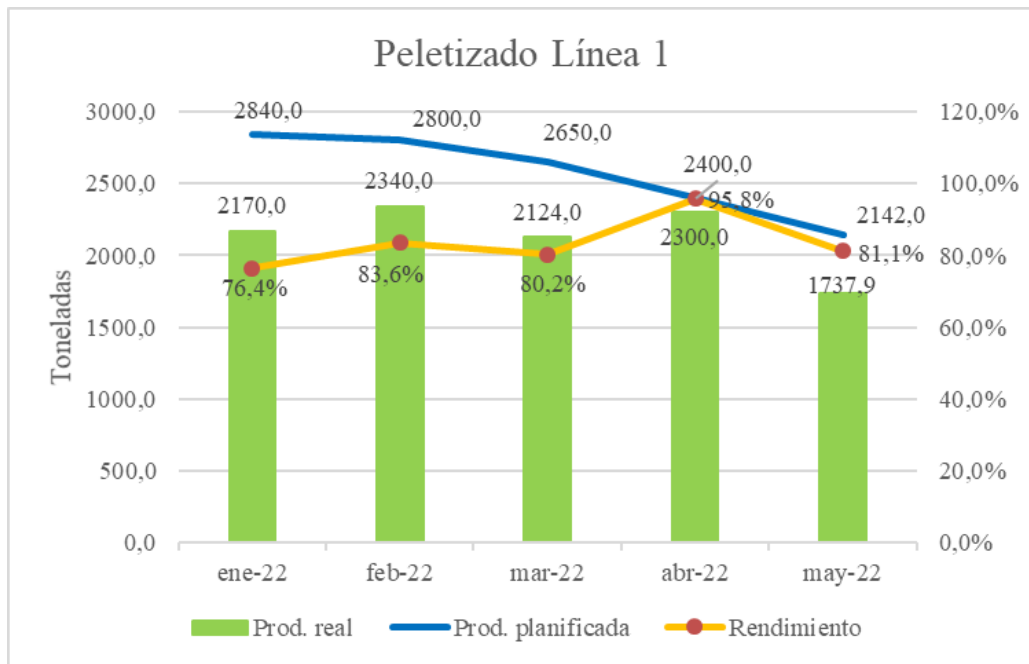
conforman el proceso en especial, dosificador, peletizadores, extrusores y empacadoras, se evidencia que existe una capacidad subutilizada. Los rendimientos más bajos que se ha presentado principalmente en la línea de extrusión(mascotas) y la línea 3 de peletizado.

A continuación, se representa gráficamente del rendimiento de las líneas productivas para observar la variación existente entre la cantidad que se produce realmente con la que se planifica. La línea de harinas, posee un rendimiento que se ha mantenido sobre el 75% y en búsqueda de aumentar progresivamente. También con la línea azul se puede observar el cambio en la planeación mensual. Ver la figura 16.



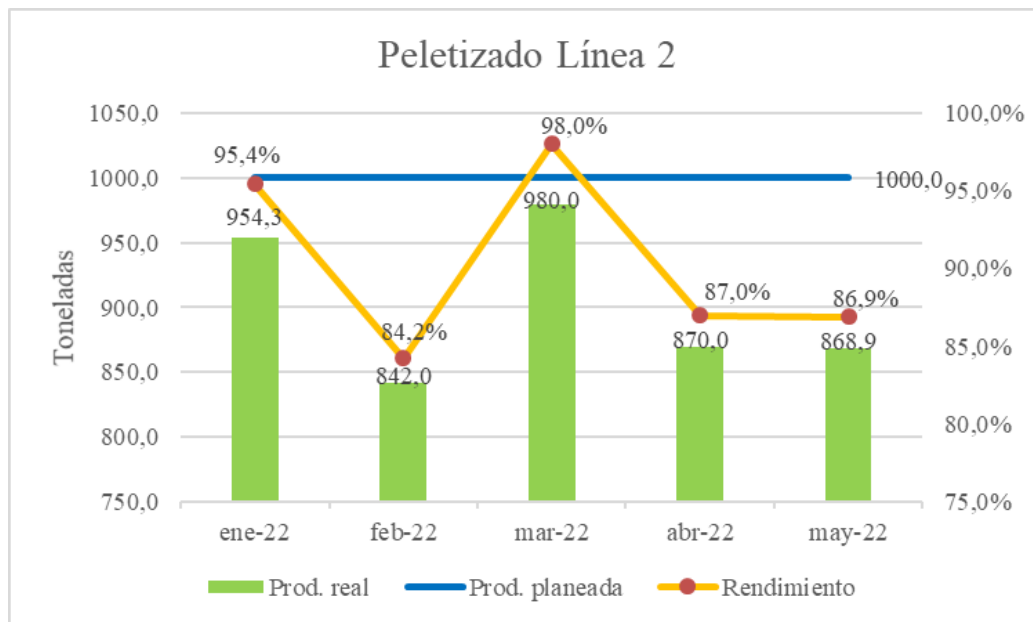
**Figura 16.** Rendimiento de línea fabricación harinas-dosificado.

La línea 1 de peletización, ha mantenido un rendimiento también superior al 75% y con una planificación productiva que ha decrecido constantemente a lo largo de los 5 meses, esto se debe a que se considera una temporada baja en el año, mientras que los meses posteriores a septiembre entran en una temporada alta. Ver figura 17.



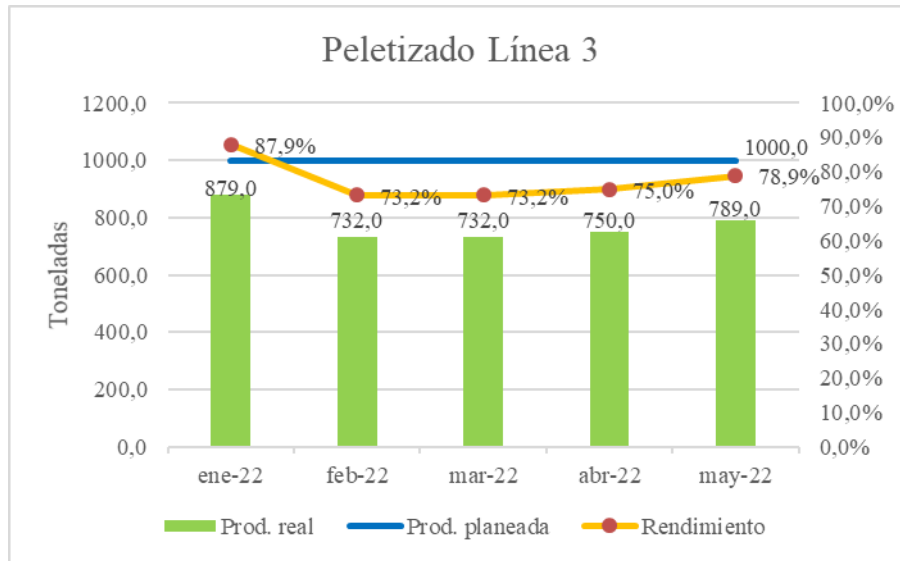
**Figura 17.** Rendimiento de línea 1 peletizado.

La línea de peletizado 2, mantiene una planificación productiva constante correspondiente a las 1000 toneladas, y ha mantenido un rendimiento fluctuante pero no menor al 80%. Sus principales bajas de rendimiento se han dado en el mes de febrero, abril y mayo del 2022. Ver figura 18.



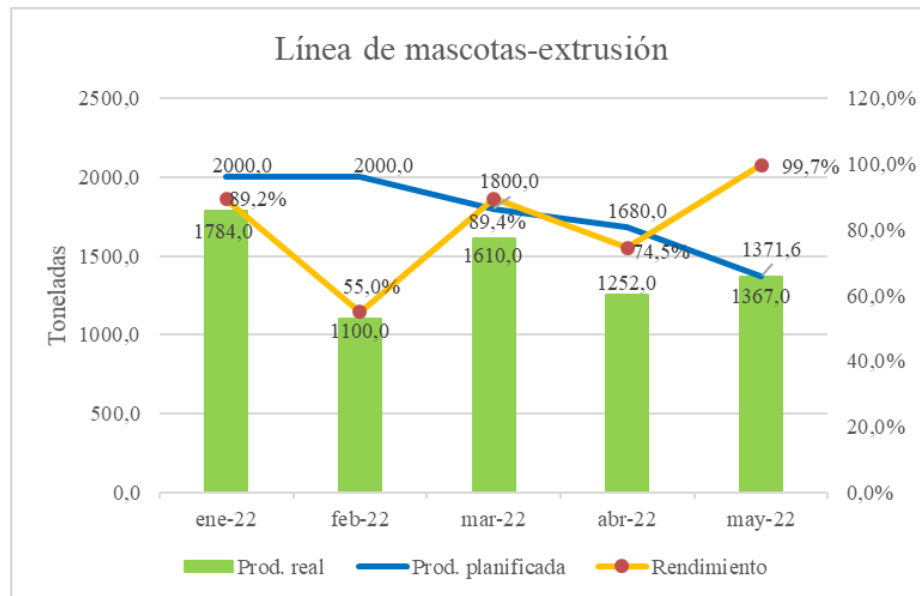
**Figura 18.** Rendimiento de línea 2 peletizado.

En la figura 19, la tercera línea de peletizado ha mantenido un rendimiento estable no menor al 70%, con una planificación de capacidad de 1000 toneladas. Sin embargo, en comparación a las líneas 1 y 2 posee un rendimiento menor.



**Figura 19.** Rendimiento de línea 3 peletizado.

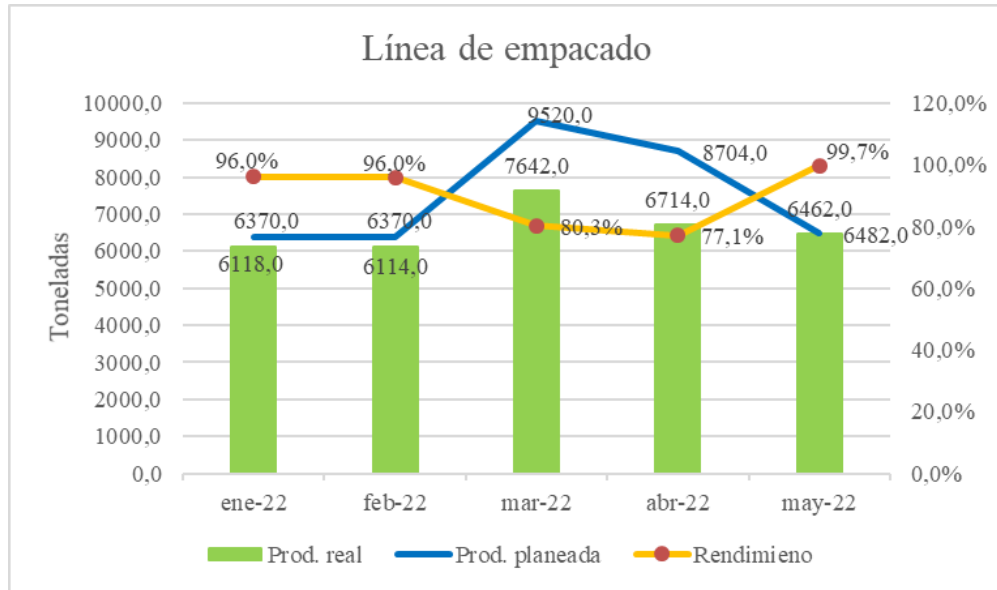
La figura 20, representa un rendimiento fluctuante de la línea de extrusión a lo largo de 5 meses, la baja más representativa se da en febrero 2022 con un rendimiento de 55% que en los meses posteriores se ha recuperado.



**Figura 20.** Rendimiento de línea mascotas-extrusión.



La línea de empaque, ha mantenido un rendimiento que ha variado en los meses de marzo, abril y mayo, pero es superior al 75%. Ver figura 21.



**Figura 21.** Rendimiento de línea empackado.

### Calidad del producto

En la tabla 14, se calcula el porcentaje de producto que ha cumplido con las especificaciones requeridas, para determinar este valor se usa la ecuación 5:

$$Prod. adecuada \% = \frac{Producción real - producción defectuosa}{Producción real} * 100 \quad (5)$$

**Tabla 14.** Calidad

CALIDAD	Línea	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22
	<b>Dosificado</b>					
Producción (t)	1	7135,9	6170,0	7641,0	6714,0	6273,0
Defectuosas (t)		13,0	31,0	35,0	40,0	28,6
% Prod. adecuado		99,8%	99,5%	99,5%	99,4%	99,5%
<b>Peletizado</b>						
Producción (t)	1	2170,0	2340,0	2124,0	2300,0	1737,9
Defectuosas (t)		31,0	21,0	21,0	21,0	6,0
% Prod. adecuado		98,6%	99,1%	99,0%	99,1%	99,7%

Producción (t)	2	954,3	842,0	980,0	870,0	868,9
Defectuosas (t)		9,2	9,0	9,0	9,0	5,0
% Prod. adecuado		99,0%	98,9%	99,1%	99,0%	99,4%
Producción (t)	3	879,0	732,0	732,0	750,0	789,0
Defectuosas (t)		1,0	4,0	4,0	4,0	2,8
% Prod. adecuado		99,9%	99,5%	99,5%	99,5%	99,6%
<b>Extrusión</b>						
Producción (t)	1	1784,0	1100,0	1610,0	1252,0	1367,0
Defectuosas (t)		15,7	14,0	24,0	24,0	2,0
% Prod. adecuado		99,1%	98,7%	98,5%	98,1%	99,9%
<b>Empacado</b>						
Producción (t)	1	6118,0	6114,0	7642,0	6714,0	6462,0
Defectuosas (t)		32,0	32,0	35,0	35,0	4,0
% Prod. adecuado		99,5%	99,5%	99,5%	99,5%	99,9%

De acuerdo con el cálculo realizado en las líneas de producción se tiene un porcentaje de producto de calidad; es decir, producción que cumple con las especificaciones superior 98%. El producto defectuoso se coloca en un aplazamiento señalado adecuadamente para su posterior reproceso. Se puede observar que en empaque se produce la mayor cantidad de producto defectuoso.

### **Cálculo de la eficiencia operativa de los equipos (OEE)**

Con los datos correspondientes a disponibilidad de equipos, rendimiento de la planta productiva y porcentaje de producto de calidad, se calcula el OEE de las líneas productivas, haciendo uso de la ecuación 6.

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad \quad (6)$$

En la tabla 15, se calcula el OEE correspondiente a cada uno de los meses y de cada una de las líneas de producción.

**Tabla 15.** Cálculo de OEE.

OEE	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22
Dosificado	63,3%	71,5%	79,7%	73,6%	75,9%
Peletizado 1	66,1%	78,4%	74,5%	80,7%	67,2%
Peletizado 2	88,7%	78,4%	91,4%	80,3%	81,3%
Peletizado 3	82,9%	69,1%	69,0%	53,3%	53,2%
Extrusión	84,7%	45,2%	79,2%	60,2%	78,8%
Empacado	73,6%	73,5%	66,2%	59,1%	84,0%

**Análisis OEE:** Observando los valores obtenidos, correspondientes a 5 meses, se destaca que la eficiencia global operativa de la planta de producción de balanceado ha sufrido variaciones constantes, se evidencia también que la eficiencia operativa de los equipos en la planta productiva en general no ha disminuido del 53% y que en la línea 2 de peletizado se ha alcanzado una eficiencia del 91,40%. Hay que mencionar que el objetivo de la planta productiva es adoptar medidas para mantener un OEE en lo posible estable, por lo que se considera el indicador más actual en este caso el de mayo.

En la tabla 16, se caracteriza el nivel de eficiencia operativa de las líneas productivas con el objetivo de diferenciar la línea productiva que requiere atención y análisis.

**Tabla 16.** Caracterización de OEE según la línea productiva.

OEE	may-22	Nivel OEE
Dosificado	75,9%	Aceptable
Peletizado 1	67,2%	Regular
Peletizado 2	81,3%	Aceptable
Peletizado 3	53,2%	Inaceptable
Extrusión	78,8%	Aceptable
Empacado	84,0%	Aceptable

## Análisis Causa-Raíz de la fluctuación de OEE

Es imperativo analizar qué es lo que causa la variación constante en la eficiencia operativa de la planta de producción, con el objetivo de determinar acciones que se puedan llevar a cabo para mejorarla de acuerdo a los requerimientos de la empresa y deseo del respectivo representante de los departamentos de producción y mantenimiento. Se realiza un diagrama de Ishikawa. Ver figura 22.

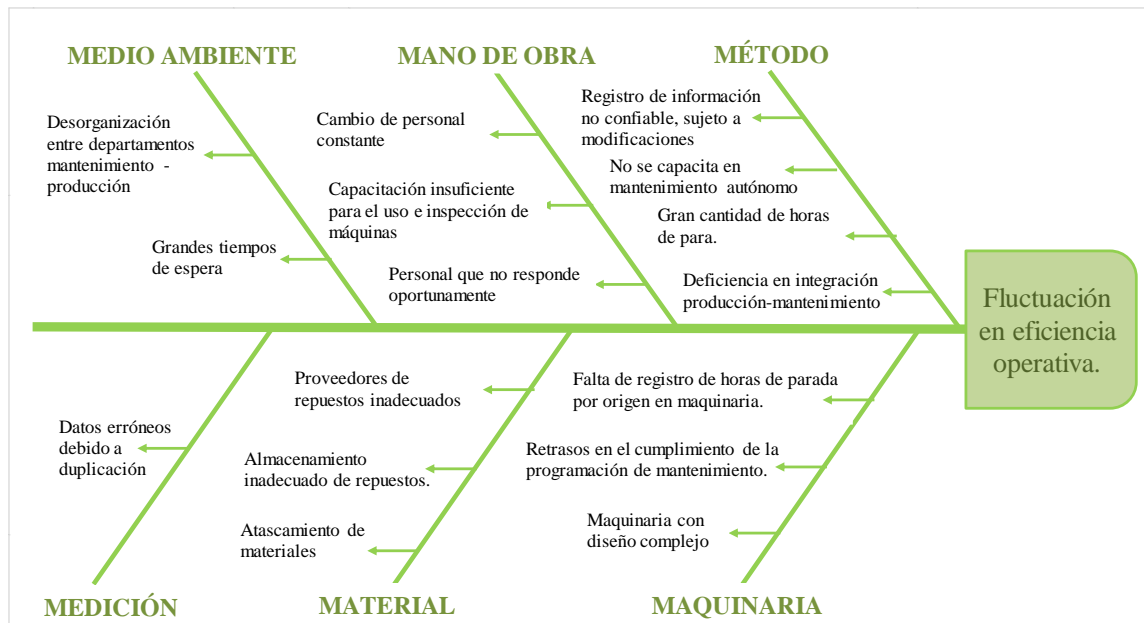


Figura 22. Análisis Causa-Raíz.

## Horas de para no programada

Las horas de para existentes en las diferentes líneas de producción provocan una gran pérdida de materiales, tiempo y dinero. En la tabla 17 se observa la cantidad de horas de para que se producen dentro de las líneas productivas, siendo el mes de abril, el mes con más pérdida a su causa con un total de 349,3 horas en conjunto de las 6 líneas.

Tabla 17. Horas de para en líneas de producción.

	ene-22	feb-22	mar-22	abr-22	may-22
Dosificado	42,0	19,4	39,9	30,3	32,7
Peletizado L1	35,8	15,6	18,0	44,0	44,0
Peletizado L2	14,1	13,5	13,5	15,4	15,4

Peletizado L3	16,5	14,8	15,3	84,0	84,0
Extrusión	25,0	99,4	60,2	113,0	113,0
Empacado	62,6	62,6	46,6	62,6	43,6
<b>TOTAL</b>	196,0	225,4	193,5	349,3	332,7

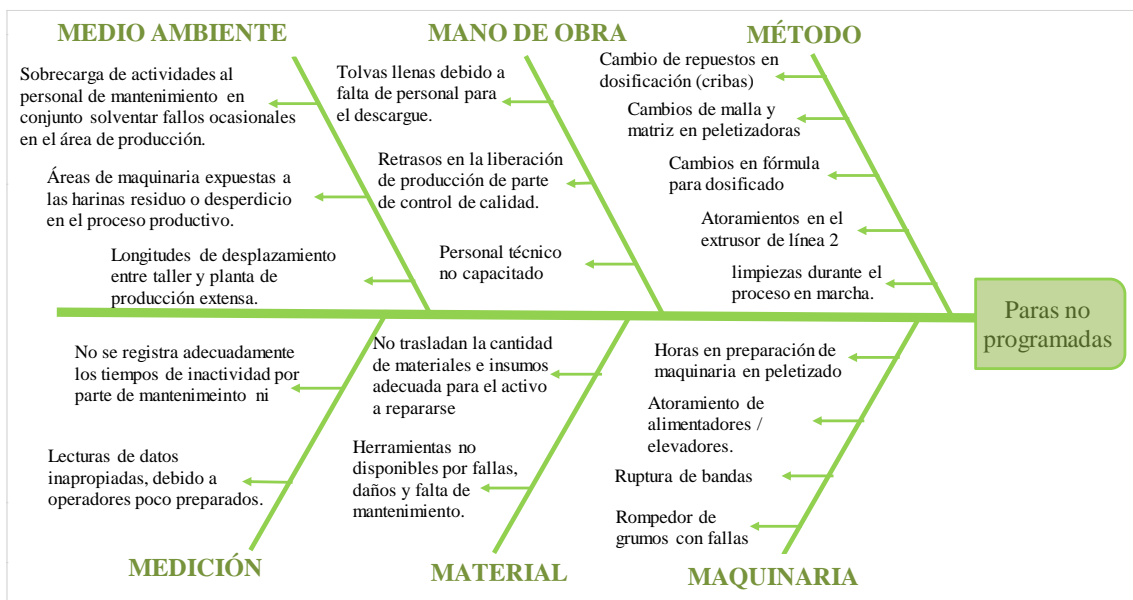
Se debe resaltar que en la tabla 17 se muestra la totalidad de horas de para considerando las de tipo programado y no programado. En la tabla 18, se clasifica las horas de para con el motivo de conocer cuál es el porcentaje en las que estas aparecen en el proceso productivo de forma aislada, los datos corresponden a dos meses.

**Tabla 18.** Horas de para no programada.

PARA NO PROGRAMADA	MAYO		JUNIO	
	Programado	No programado	Programado	No programado
Dosificado	12,9	19,8	14,3	13,6
Peletizado L1	15,8	28,2	2,0	6,2
Peletizado L2	2,8	12,6	14,0	15,6
Peletizado L3	16,2	67,8	9,0	10,5
Extrusión	36,0	77,0	12,0	93,0
Empacado	21,0	22,6	22,0	85,0

En la tabla 18 se puede resaltar que la línea de producción que presenta mayor número de paras no programadas es la de extrusión con 77 h en el mes de mayo, mientras que en el mes de junio en la misma línea se tiene un registro de 93h de para no programada.

Las horas de para no programada se producen por causas diversas, en las que intervienen la mano de obra, materiales, método que se ejecuta y el manejo de la maquinaria, por lo que en el diagrama de Ishikawa que se desarrolla en la figura 23 se muestra las causas que se han analizado:



**Figura 23.** Causas de paradas no programadas.

Para determinar las horas de para no programada que corresponde específicamente a actividades de mantenimiento, se realiza el registro de las principales causas que se han presentado durante el mes de julio en las líneas de producción de peletizado y extrusión. En la tabla 19 se muestra las horas correspondientes a paradas no programadas que se consideran en el departamento de producción para el seguimiento y análisis de indicadores.

**Tabla 19.** Causas frecuentes de horas de para no programada.

ITEM	FALLAS EN MAQUINARIA	Tiempo (h)
1	Fallas en software para dosificación	0,20
2	Fallas en sensores de tolva	3
3	Ascensor de materia prima con daños	5
4	Apagones en transportador	4,5
5	Atoramiento de elevador	6
6	Revisión de maquinaria	0,50
7	Atoramiento de matriz	2
8	Cambio de partes por falta de lubricación	1,5
9	Rotura de seguros debido a atoramientos	8

**Tabla 19.** Causas frecuentes de horas de para no programada (Continuación).

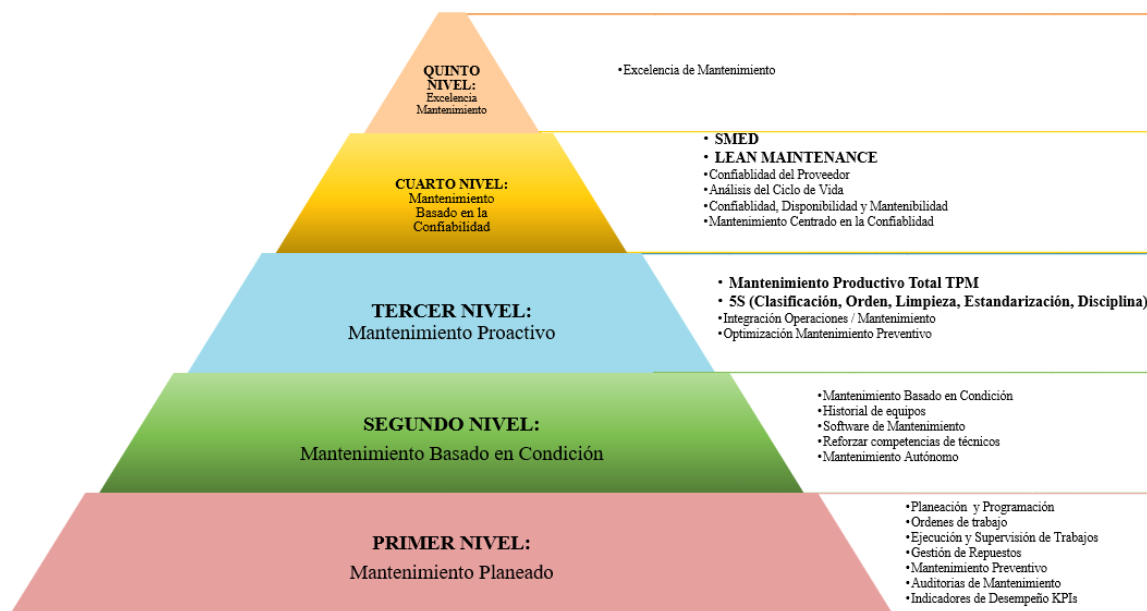
<b>ITEM</b>	<b>FALLAS EN MAQUINARIA</b>	<b>Tiempo (h)</b>
10	Cambio de cuchillas	6
11	Problemas en Sistema eléctrico de extrusión	0,37
12	Cambios de matriz	10
<b>Total:</b>		<b>47,07</b>

Tomando a consideración los tiempos que se describen en la tabla 19, se estima que por causas de mantenimiento y maquinaria el tiempo de para se aproxima a las 47,07 h mensuales. De acuerdo con la analista de mantenimiento estas horas son estimadas sin considerar los fallos propios del proceso como, por ejemplo: los cambios de matriz, pero que de igual forma los realiza personal de mantenimiento, desviando el tiempo programado para más actividades con el objetivo de que el proceso productivo se reanude. Estas actividades ocasionan el retraso con el cumplimiento de la programación semanal.

### **3.2.2. Aspecto cualitativo de la gestión del mantenimiento actual**

Para el análisis del aspecto cualitativo de la gestión de mantenimiento actual se considera lo que ha expresado la analista de mantenimiento y el gerente de producción y mantenimiento de la planta productiva de alimento balanceado para animales de Bioalimentar Cía. Ltda. que se encuentra descrita en las entrevistas desarrolladas en los ANEXOS 1 y 2 de este documento.

La planta productiva busca la mejora continua en cada uno de sus procesos, con el fin de incrementar la productividad y de igual manera mejorar el ambiente laboral en el que se desempeñan los trabajadores de todas las áreas productivas. Dirige los objetivos a alcanzar de acuerdo a la pirámide de mantenimiento que se ha ajustado de acuerdo a sus necesidades. En la figura 24 se ilustra la pirámide que se ha planteado.



**Figura 24.** Pirámide de mantenimiento.

En la entrevista realizada al analista de mantenimiento se menciona que se considera que la gestión del mantenimiento que se desarrolla en Bioalimantar Cía. Ltda. se encuentra en el tercer nivel; sin embargo, con la entrevista realizada al gerente de mantenimiento y producción se evidencia que existen procesos no estandarizados dentro de mantenimiento, una gestión de repuestos deficiente y herramientas básicas como 5S que no se han implementado. De igual modo, menciona que es necesario incrementar la disponibilidad, el cumplimiento de producción de modo que se realice un mantenimiento efectivo en el que se eviten contaminaciones en los productos e incrementando el procesamiento en líneas críticas como peletizado y extrusión.

### **Matriz de análisis de defectos y deficiencias cualitativos en la gestión del mantenimiento**

Basado en lo que se ha establecido alcanzar por el departamento de mantenimiento y los indicadores mostrados en el apartado cuantitativo se expone observaciones realizadas por la investigadora, para su posterior evaluación por medio del manual de evaluación de sistemas de mantenimiento.



**Tabla 20.** Deficiencias en la gestión del mantenimiento.

<b>Criterio</b>	<b>Responsable actual</b>	<b>¿Eficiente?</b>	<b>Observaciones</b>
Orden y limpieza en área productiva	Técnicos de mantenimiento y operadores producción	SI	En ocasiones la causa de desperfectos en máquinas es a causa de la falta de limpieza en partes.
Personal técnico suficiente	—	NO	El personal de mantenimiento se cambia frecuentemente.
Mantenimiento programado	Director y asistente de mantenimiento	SI	Se realiza de acuerdo a la vida útil de las máquinas.
Registro de averías por equipo	Técnicos de mantenimiento	NO	Resulta complicado determinar si las averías que causan paros no programadas se repiten.
Inventario de repuestos actualizado	Técnicos de mantenimiento	NO	Bodega de repuesto desorganizada en la que no se conoce eficientemente las existencias. Ni el tiempo adecuado que se debe guardar los repuestos
Análisis de stock en repuestos	Asistente de mantenimiento	NO	Gestión de repuestos deficiente
Personal técnico capacitado	—	SI	El personal de mantenimiento posee conocimientos respecto la maquinaria
Comunicación efectiva entre mantenimiento y producción	—	NO	Falta de asignación de responsabilidades en caso de pérdidas o daños a equipos.
Mantenimiento autónomo	Operarios de producción	NO	No se han ejecutado acciones

**Tabla 20.** Deficiencias en la gestión del mantenimiento (continuación).

<b>Criterio</b>	<b>Responsable actual</b>	<b>¿Eficiente?</b>	<b>Observaciones</b>
Metodología 5S	Técnicos de mantenimiento y operarios	NO	Aun no se ha implementado siguiendo un procedimiento, ni seguimiento de actividades.
Mantenimiento productivo total	Técnicos de mantenimiento y operarios	SI/NO	Se han implementado pilares independientes, aun se debe complementar con estandarización.

**Análisis aspecto cualitativo y cuantitativo:** El indicador que se utiliza en producción y mantenimiento respecto a disponibilidad está relacionado, pero no permite conocer cómo es que la planta está operando, los datos no se registran adecuadamente y se presentan incongruencias en el cálculo de indicadores. En este caso, mantenimiento, producción y gerencia contabiliza y registra datos que varían entre sí. También, en la planta no se ha encontrado actividades que faciliten la comunicación e integración entre operadores y técnicos de mantenimiento, cabe recalcar que es importante fortalecer esta relación; puesto que, la actividad productiva depende directamente de estas dos áreas críticas.

#### **Matriz de ponderación para evaluación de la gestión de mantenimiento**

Con los datos descritos respecto a la gestión del mantenimiento en Bioalimentar Cía. Ltda. se comienza a realizar la matriz correspondiente a COVENIN 2500-93 en la que se realiza la ponderación correspondiente a cada uno de los factores de acuerdo a las observaciones realizadas, datos y entrevistas al Gerente de operaciones y analista de mantenimiento. Ver tabla 21.

**Tabla 21.** Matriz de evaluación de la gestión de mantenimiento.

AREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS	DEMÉRITOS										TOTAL	PTS	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	Funciones y responsabilidades	60	0	0	0									60	100%
	Autoridad y autonomía	40	0	0	0	0								40	100%
	Sistema de información	50	0	0	0	0	0	0						50	100%
	<b>Total obtenible:</b>	150	<b>Total obtenido:</b>										150	100%	
ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	Funciones y responsabilidades	80	0	5	0	0	0	15						60	75%
	Autoridad y autonomía	50	0	0	5	10								35	70%
	Sistema de información	70	0	0	5	0	5	0						60	86%
	<b>Total obtenible:</b>	200	<b>Total obtenido:</b>										155	77%	
PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	Objetivos y metas	70	0	5	10	5								50	71%
	Políticas para planificación	70	10	0	0	5								55	79%
	Control y evaluación	60	0	5	0	0	1	0	0	0				54	90%
	<b>Total obtenible:</b>	200	<b>Total obtenido:</b>										159	80%	
MANTENIMIENTO RUTINARIO	Planificación	100	5	10	5	10	2	5						63	63%
	Programación e implantación	80	0	2	2	3	5	0	0	0				68	85%
	Control y evaluación	70	0	0	0	0	0	1	10					59	84%
	<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										190	77%	
MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Planificación	100	0	0	0	0	0	5	0					95	95%
	Programación e implantación	80	0	0	5	2	0	0						73	91%
	Control y evaluación	70	0	5	0	0	0	2	5					58	83%
	<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										226	90%	
MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	Planificación	100	5	10	10	10	5							60	60%
	Programación e implantación	80	0	0	0	5	5							70	88%
	Control y evaluación	70	0	0	5	5	10							50	71%
	<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										180	73%	
MANTENIMIENTO CORRECTIVO	Planificación	100	15	15	0	5								65	65%
	Programación e implantación	80	0	0	5	10								65	81%
	Control y evaluación	70	5	5	10	10								40	57%
	<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										170	68%	
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Determinación de parámetros	80	0	0	0	0	0							80	100%
	Planificación	40	5	10										25	63%
	Programación e implantación	70	0	5	0	0	0							65	93%
	Control y evaluación	60	0	5	0	5								50	83%
<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										220	85%		
MANTENIMIENTO POR AVERÍA	Atención a fallas	100	10	10	0	5	7	0						68	68%
	Supervisión y ejecución	80	0	15	5	5	5	2	0	0				48	60%
	Información sobre las averías	70	10	5	10	10								35	50%
	<b>Total obtenible:</b>	250	<b>Total obtenido:</b>										151	59%	
PERSONAL DE MANTENIMIENTO	Cuantificación de las necesidades d	70	15	5	5									45	64%
	Selección y formación	80	0	0	0	10	0	0	0	10				60	75%
	Motivación e incentivos	50	0	5	0	10								35	70%
	<b>Total obtenible:</b>	200	<b>Total obtenido:</b>										140	70%	
APOYO LOGISTICO	Apoyo administrativo	40	0	5	5	0	0							30	75%
	Apoyo gerencial	40	5	0	0	0	0							35	88%
	Apoyo general	20	0	5										15	75%
	<b>Total obtenible:</b>	100	<b>Total obtenido:</b>										80	79%	
RECURSOS	Equipos	30	0	0	2	0	0	0						28	93%
	Herramientas	30	10	5	0	0	5							10	33%
	Instrumentos	30	0	0	0	0	5	0						25	83%
	Materiales	30	0	3	3	0	3	0	3	3	3	3	3	9	30%
	Repuestos	30	0	3	3	0	3	3	3	3	3	3	3	6	20%
	<b>Total obtenible:</b>	150	<b>Total obtenido:</b>										78	52%	
<b>PUNTAJE GLOBAL OBTENIDO:</b>												76%			

**Análisis:** El puntaje global obtenido luego de la evaluación es 76% que se ubica en la escala de la gestión del mantenimiento que se describe en la figura 2, teniendo que la gestión de mantenimiento que se desarrolla en Biolimentar Cía. Ltda. se encuentra dentro del rango 71%-80% que indica que la planta productiva se encuentra en la etapa de entendimiento, en la que se toman iniciativas para desarrollar herramientas de clase mundial para llegar a la excelencia del mantenimiento.

Con este diagnóstico se puede también verificar que de acuerdo a las entrevistas realizadas Bioalimantar Cía. Ltda si se encuentra en el 3er nivel de la pirámide de mantenimiento que se ha establecido, según lo ha indicado la analista de mantenimiento. Tomando como referencia un porcentaje menor a 70% en las diferentes áreas se destaca Mantenimiento correctivo con 68% el mantenimiento por avería con un 59% y el área de recursos con 52%.

### **Análisis de las deficiencias encontradas en la gestión del mantenimiento Bioalimantar Cía. Ltda.**

En la tabla 22, se describen las pérdidas de mantenimiento observadas de acuerdo con las definiciones que se desarrollaron en la fundamentación teórica en el capítulo primera de esta investigación, también se describe las oportunidades de mejora que se presentas de acuerdo con el desperdicio y la información obtenida durante la recolección de datos, análisis y evaluación de la gestión de mantenimiento. Para dar respuesta a las oportunidades de mejora identificadas según las áreas críticas señaladas por medio de la matriz, se propone herramientas Lean Maintenance descritas con detalle en el capítulo I de esta investigación.

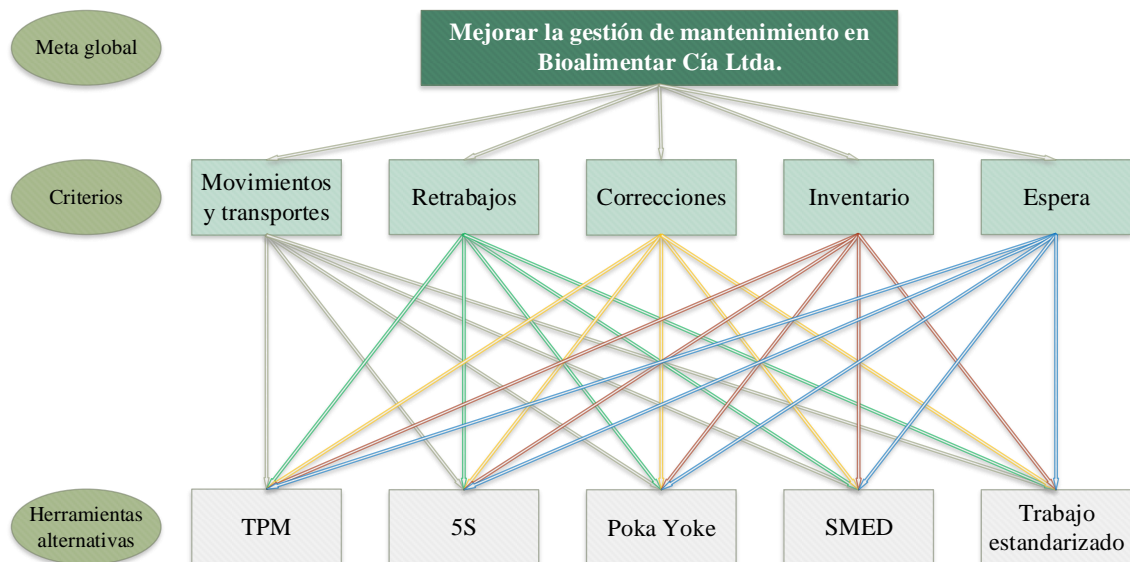
**Tabla 22.** Herramientas Lean Maintenance propuestas para los problemas encontrados.

Área funcional de la Gestión del Mantenimiento	Descripción de defecto	Desperdicio	5S	TPM	Trabajo Estandarizado	SMED	Poka-Yoke
<b>Mantenimiento por avería</b>	Desplazamiento entre área de taller y departamentos productivos y maquinarias extensa.	Movimientos	X				X
	Tiempos de espera elevados por demorar en desplazamientos de herramientas y repuestos	Espera	X				
	Falta de registro y análisis de fallos en máquinas.	Retrabajos			X		
<b>Mantenimiento correctivo</b>	Tiempos de parada elevados por cambio de partes, características del proceso (peletizadoras).	Espera				X	
<b>Recursos</b>	Mantenimiento autónomo ineficiente/inexistente.	Correcciones		X	X		
	Integración producción-mantenimiento deficiente.	Retrabajos	X	X			
	La distancia extensa por recorrer entre e taller de mantenimiento y la planta productiva genera grandes tiempos de espera.	Movimientos	X		X		
	No se registra el uso y estado de herramientas y equipos para mantenimiento, no se cuida de su estado.	Espacio Subutilizado	X				X
	No se realiza un análisis de inventario de repuestos.	Inventario elevado			X		
	Es difícil encontrar los repuestos	Espera	X				
	Proveedores que no entregan a tiempo ni entregan repuestos con las características indicadas.	Espera Retrabajos	X				

### 3.3. Selección de herramientas Lean Maintenance por medio de AHP

En la tabla 22 se describe las pérdidas que se producen en la gestión de mantenimiento actual y las herramientas Lean Maintenance que se proponen para su tratamiento por lo que para los defectos que se han encontrado en las líneas de producción se realiza un análisis de herramientas que brinde soporte y respuesta para la disminución de defectos y la consecución de resultados, por lo que se realiza su evaluación a través de un método que a través de criterios se determine la o las herramientas aplicables al sistema de gestión del mantenimiento.

El primer paso para el desarrollo del AHP en esta investigación es establecer una jerarquía basado en 3 niveles. El primer nivel establece la meta principal por el que se desarrolla el análisis jerárquico, el segundo nivel describe los criterios de decisión, en este caso se considera como criterios las principales pérdidas en el proceso de mantenimiento que se han descrito en la tabla 22 para realizar el análisis en base a estos. El tercer nivel evalúa las herramientas que pueden dar solución a las pérdidas que se han encontrado de acuerdo a la escala que establece esta metodología. Ver figura 25.



**Figura 25.** Jerarquización para AHP.

Luego de haber establecido la jerarquización a considerar se procede a realizar la ponderación de criterios y alternativas, basado en la valoración cualitativa de la

investigadora, la valoración informada de la analista de mantenimiento y las necesidades del área correspondiente. Para esta ponderación se utiliza la escala que se muestra en la tabla 3, que se expone en el capítulo I de la presente investigación.

El proceso de ponderación es repetitivo en cada uno de los criterios que se consideran, en este apartado se explicará de forma detallada como se realiza y luego la conclusión a la que se llega con el análisis. Mientras que en el Anexo 5 se muestra las tablas completas de la valoración que se realizó a cada uno de ellos.

En la matriz de ponderación de los criterios se coloca valores de acuerdo al criterio del investigador, haciendo uso de la escala correspondiente al método, en el que 1 es igual de importante, el 2 está entre igual y moderado, 3 indica que el criterio es moderado, 4 es un criterio entre moderado y fuerte, el 5 tiene una importancia fuerte, 6 entre fuerte y muy fuerte, el 7 indica una importancia muy fuerte del criterio, 8 es una importancia ente muy fuerte y extrema y el 9 que indica una importancia extrema. Ver tabla 23.

**Tabla 23.** Ponderación de cada uno de los criterios a evaluar.

<b>MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "CRITERIOS"</b>					
<b>CRITERIOS</b>	<b>Movimientos y transportes</b>	<b>Retrabajos</b>	<b>Correcciones</b>	<b>Inventario</b>	<b>Espera</b>
<b>Movimientos y transportes</b>	1	1/4	1/3	1/9	1/5
<b>Retrabajos</b>	4	1	1/2	1/7	1/2
<b>Correcciones</b>	3	2	1	1/5	1/6
<b>Inventario</b>	9	7	5	1	1
<b>Espera</b>	5	2	6	1	1
<b>SUMA</b>	<b>22,0000</b>	<b>12,2500</b>	<b>12,8333</b>	<b>2,4540</b>	<b>2,8667</b>

Se realiza la sumatoria de las ponderaciones que se han predispuesto en cada celda de acuerdo a las columnas, que corresponde a cada uno de los criterios. Luego en la tabla 24, se debe realizar la división de cada una de las ponderaciones para la sumatoria total que se obtuvo de las columnas, para realizar una sumatoria por cada fila, que es la última columna, con el nombre de suma.

**Tabla 24.** Sumatoria de cada uno de los criterios.

<b>CRITERIOS</b>	<b>Movimientos y transportes</b>	<b>Retrabajos</b>	<b>Correcciones</b>	<b>Inventario</b>	<b>Espera</b>	<b>SUMA</b>
<b>Movimientos y transportes</b>	0,045	0,020	0,026	0,045	0,0698	0,207
<b>Retrabajos</b>	0,182	0,082	0,039	0,058	0,1744	0,535
<b>Correcciones</b>	0,136	0,163	0,078	0,082	0,0581	0,517
<b>Inventario</b>	0,409	0,571	0,390	0,408	0,3488	2,126
<b>Espera</b>	0,227	0,163	0,468	0,408	0,3488	1,614

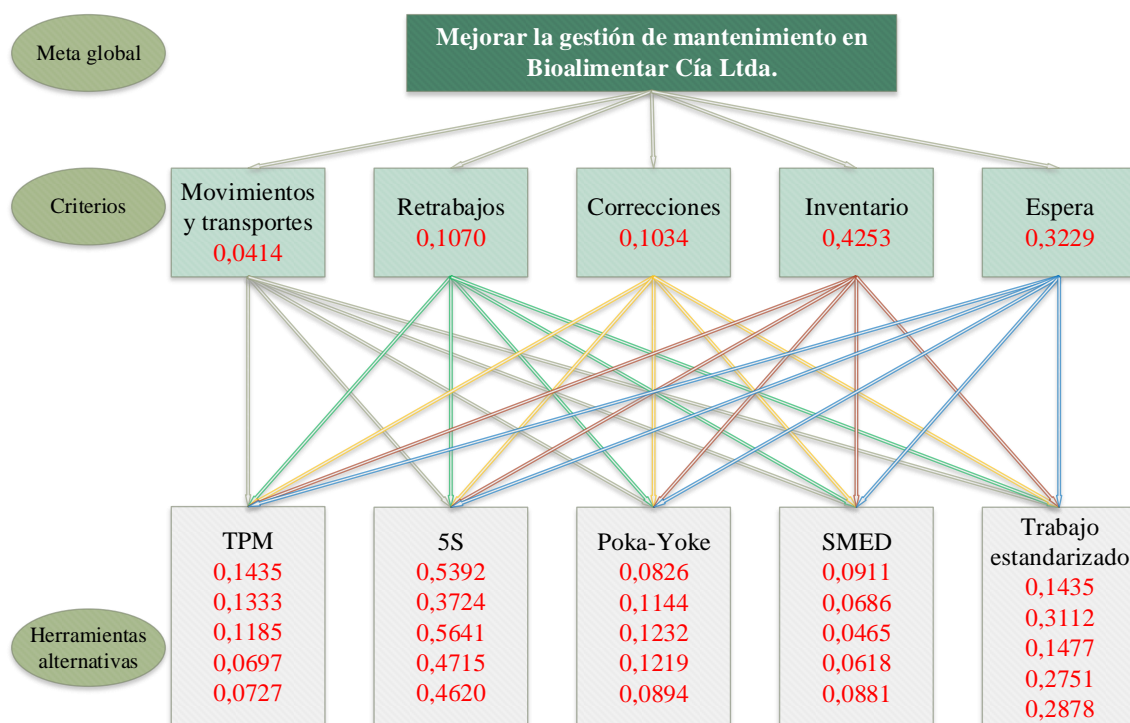
Finalmente, se promedia la sumatoria obtenida de cada criterio para el número de criterios que se analizan en este caso 5, y se obtiene el valor que se debe asignar a cada criterio para su evaluación con las alternativas, conformando un vector que se utilizará para el producto final. Ver tabla 25.

**Tabla 25.** Valor asignado a cada uno de los criterios.

<b>CRITERIOS</b>	<b>PRIOR. RELATIVAS</b>
<b>Movimientos y transportes</b>	0,0414
<b>Retrabajos</b>	0,1070
<b>Correcciones</b>	0,1034
<b>Inventario</b>	0,4253
<b>Espera</b>	0,3229

Para obtener el valor a asignar de cada una de las alternativas a seleccionar, se desarrolla la calificación binaria considerando cada uno de los criterios especificados en el segundo nivel; de modo que, se asigne la valoración según la respuesta que las herramientas pueden dar a los criterios. Debido a este análisis se obtienen 5 vectores, uno por cada criterio en el que se asignan valores denominadas prioridades relativas a cada una de las alternativas según el análisis. Los vectores que se obtienen de la valoración de las alternativas se agrupan en una matriz para realizar el producto final, a continuación, en la figura 26 se representa las prioridades relativas calculadas para los criterios y alternativas.





**Figura 26.** Valores asignados a cada uno de los criterios y herramientas a seleccionar.

Las prioridades relativas obtenidas en las alternativas se agrupan en una matriz para realizar la multiplicación con las prioridades relativas que corresponden a los criterios y obtener una valoración en cada uno de los aspectos analizados. La tabla 26, muestra la matriz correspondiente a las alternativas en función de los criterios analizados.

**Tabla 26.** Matriz de ponderación de alternativas y criterios.

ALTERNATIVAS	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	espera
SMED	0,0911	0,0686	0,0465	0,0618	0,0881
Poka yoke	0,0826	0,1144	0,1232	0,1219	0,0894
TPM	0,1435	0,1333	0,1185	0,0697	0,0727
Trabajo estandarizado	0,1435	0,3112	0,1477	0,2751	0,2878
5S	0,5392	0,3724	0,5641	0,4715	0,4620

En la figura 27, se representa la matriz y el vector que van a ser multiplicados para obtener el vector final correspondiente a las prioridades globales para definir la priorización de cada alternativa analizada.

$$\begin{pmatrix} 0.0911 & 0.0686 & 0.0465 & 0.0618 & 0.0881 \\ 0.0826 & 0.1144 & 0.1232 & 0.1219 & 0.0894 \\ 0.1435 & 0.1333 & 0.1185 & 0.0697 & 0.0727 \\ 0.1435 & 0.3112 & 0.1477 & 0.2751 & 0.2878 \\ 0.5392 & 0.3724 & 0.5641 & 0.4715 & 0.4620 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0.0425 \\ 0.1415 \\ 0.1182 \\ 0.3535 \\ 0.3442 \end{pmatrix}$$

**Figura 27.** Producto de matriz y vector para obtener la priorización global de las alternativas.

La tabla 27, muestra la prioridad global que se asigna a las herramientas valoradas, también se evidencia la participación porcentual de cada herramienta. Con el análisis realizado las herramientas que se proponen van a brindar un avance en la gestión del mantenimiento en Bioalimantar Cía Ltda. son: 5S con una participación del 46.80%, Trabajo estandarizado con 26.39% y Poka-Yoke con 10.81%. Estas herramientas son las que se desarrollarán en la propuesta de esta investigación.

**Tabla 27.** Priorización global de cada alternativa evaluada y su representación porcentual.

Herramientas	Prioridades	%
SMED	0,0706	7,06
Poka yoke	0,1091	10,91
TPM	0,0856	8,56
Trabajo estandarizado	0,2644	26,44
5S	0,4702	47,02
<b>TOTAL</b>	1	100

Finalmente, para comprobar que la ponderación se realiza dentro de los rangos establecidos y que se ha realizado de acuerdo con la valoración y el método correspondiente se calcula la consistencia, evaluando una matriz de 5 herramientas y criterios se debe cumplir con una consistencia máxima del 10% condición con la que se cumple efectivamente, las tablas correspondientes se encuentran en el Anexo 5.

### 3.4. Desarrollo de la propuesta documental mediante herramientas Lean Maintenance.

Luego de haber determinado las herramientas Lean Maintenance a través de un método cuali-cuantitativo que permiten el mejoramiento de la gestión del mantenimiento en las áreas identificadas a través de la evaluación desarrollada; en este caso, el mantenimiento correctivo, mantenimiento por avería y recursos que se asignan al cumplimiento de la programación de mantenimiento. En este apartado se detalla las tres herramientas que van a conformar la propuesta documental y como actúa cada una frente a las deficiencias identificadas en la gestión del mantenimiento. ´


**Tabla 28.** Herramientas seleccionadas y área de la gestión que mejora.

Área de la gestión	Herramienta seleccionada	Logro esperado
Mantenimiento por avería	5S Trabajo estandarizado	Implementar medidas de orden y limpieza que perduren para evitar retrasos en la realización de trabajos y faciliten la identificación de fallas a través de la estandarización de métodos de análisis.
Mantenimiento correctivo	Poka Yoke	Determinación del Poka Yoke adecuado que minimice el tiempo de respuesta ante fallos eventuales que provocan retrasos en programación.
Recursos	Trabajo Estandarizado	Volver eficiente el proceso de requerimiento de herramientas y repuestos para que no se tarde las reparaciones a causa de retrasos de entrega o no cumplan con las características especificadas y necesarias.  Garantizar que las herramientas disponibles sean útiles y estén funcionando.

En las páginas posteriores se desarrolla documentalmente cada una de las herramientas propuestas que se ha descrito en la tabla anterior, Se desarrolla la herramienta 5S que puede ser extendida a varias áreas dependiendo de la necesidad de la empresa, además se realiza la estandarización de procesos que no se ejecutan actualmente en la gestión de mantenimiento que son: Análisis de Averías (ADA) y Determinación de fuentes de contaminación, Mantenimiento Autónomo y Evaluación y selección de proveedores. Finalmente se propone el desarrollo de la herramienta de Poka Yoke que aporta con mejoras, afianza y enlaza las herramientas desarrolladas con anterioridad de forma que su desarrollo sea eficaz.

Las propuestas que se realizan están compuestas de la estructura que se describe a continuación:

- Introducción
- Objetivo
- Alcance
- Justificación
- Desarrollo


<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 01/21

**DESARROLLO DE MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTA 5S**



GO-M-LM-001

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 02/21

**Objetivos:**

- Establecer el lugar adecuado para herramientas y repuestos para mantener un lugar de trabajo organizado.
- Mantener un ambiente de trabajo seguro y ordenado que facilite la realización de las actividades laborales y disminuya las demoras.
- Determinar y establecer una base para implementar más herramientas Lean Maintenance.

**Alcance:**


El desarrollo de la propuesta documental correspondiente a 5S tiene un alcance que abarca el taller mecánico y bodegas de repuestos Bioalimentar Cía. Ltda. y se realiza como mejora a la gestión de mantenimiento. Este manual se puede replicar en varias áreas de la empresa.

**Justificación:**

De acuerdo con los aspectos analizados que intervienen en la gestión del mantenimiento, los recursos, herramientas y materiales que se gestionan por el departamento de mantenimiento resultan de importancia para la reducción de tiempo en la búsqueda de herramientas (funcionales y en buen estado), la falta de identificación de las bodegas, la falta de seguimiento para disminuir la obsolescencia de los repuestos que se tienen a disposición fomentan la ineficiencia en el desarrollo de las actividades de mantenimiento.

**Desarrollo:**


Las herramientas Lean Maintenance se mantienen en constante mejora; por lo que, implica el desarrollo constante de un ciclo Deming (Planear- Hacer- Actuar- Verificar), aspecto que se toma en consideración durante la realización del presente manual.


<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 03/21

### ETAPA 1: Planear

Dentro de esta etapa se determina la importancia de la organización, la asignación de responsabilidades del grupo que trabajará constantemente en el análisis inicial, implementación y verificación de actividades realizadas por parte del personal. Se propone el cronograma de la tabla 29.

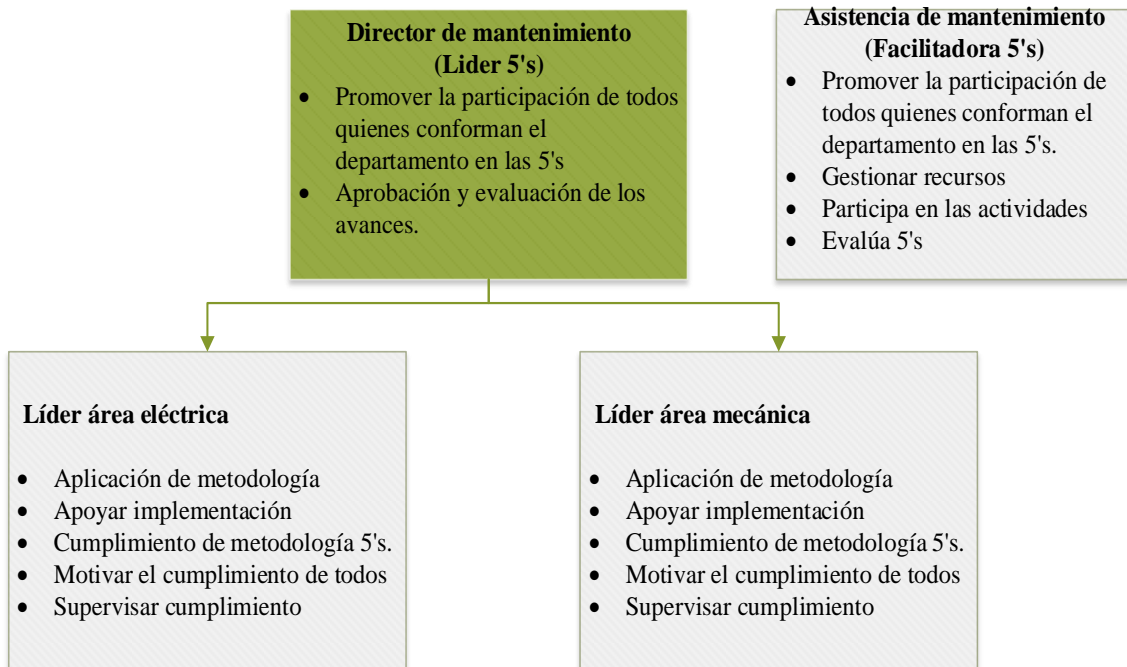
**Tabla 29.** Cronograma de implementación 5S.

<b>Cronograma implementación de metodología 5S en el Taller Mecánico del departamento de Mantenimiento Bioalimentar Cía. Ltda.</b>			
<b>Elaborado por:</b> Evelin Almachi		<b>Revisado y aprobado por:</b> Director de mantenimiento	
Actividades	Recursos	Tiempo	
Conformación de equipo encargado de 5S	Humano	1 semana	
Evaluar estado actual 5S	Humano		
Decisión y comunicación implementación 5S	Económicos		
<b>SEIRI (Clasificar)</b>			
Capacitación 1ra S	Audiovisuales	2 semanas	
Identificación de herramientas útiles	Humano		
Levantamiento de inventario	Humano		
Etiquetar herramientas para control	Físicos		
Implementación procedimiento reparación/disposición del repuesto/ material o equipo	Físicos		
<b>SEITON (Ordenar)</b>			
Capacitación 2da S	Audiovisuales	4 semanas	
Ubicación, pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 01	Humano		
Ubicación, Pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 02	Humano		
Ubicación, Pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 03	Humano		
Ubicación, Pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 04	Humano		
Ubicación, Pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 05	Humano		
Ubicación, Pintura y diferenciación de las áreas dispuestas en la bodega 06	Humano		
Reubicar los materiales de patio (metales, plásticos, otros).	Humano		
<b>SEISO (Limpieza)</b>			
Capacitación 3ra S	Audiovisuales	2 semanas	
Liberar espacio	Humano		
Desinfección y limpieza	Humano		
<b>SEIKETSU (Estandarizar)</b>			
Capacitación del personal del departamento de mantenimiento	Audiovisuales	4 semanas	
Información acerca del cumplimiento de objetivos	Audiovisuales		
Mantener, mejorar y controlar los logros obtenidos	Humano		
<b>SHITSUKE (Disciplina)</b>			
Implantar la cultura 5S e incentivar al personal	Humano	2 semanas	
El personal de mantenimiento mantiene y asume las 5S implementadas	Humano		

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 04/21

### Conformación comité 5S, Organigrama funcional

La implementación de la herramienta 5S implica la conformación de un equipo que planifica, coordina, dirige y da seguimiento a la implementación del programa.




**Figura 28.** Organigrama comité 5S.


### ETAPA 2: Hacer


Para documentar los resultados de la implementación de la herramienta 5S en el área es recomendable y hasta se puede considerar un requisito el realizar la evaluación inicial 5S para el taller mecánico, de modo que, se esta se desarrolla en la tabla 30.



<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	 <i>Pasión por nutrición</i>
Manual Lean Maintenance - Herramienta 5S	Código: GO-M-LM-001
	Página: 05/21

**Tabla 30.** Evaluación inicial 5S.

EVALUACIÓN INICIAL DE TALLER MECÁNICO BIOALIMENTAR Cía. Ltda.				
Elaborado por: Evelin Almachi		Abroado por: Ing. Juan Guevara		
Escala de calificación:		 <i>Pasión por nutrición</i>		
4: Excelente 3: Mejorable 2: Regular 1: No cumple 0: Sin implementación				
LISTA DE CHEQUEO PARA EVALUACIÓN		Item	Calificación	Observaciones
Seleccionar(S1)	Los repuestos, herramientas y demas materiales de trabajo se encuentran ordenados en un lugar asignado, identificado y limpio.	X	2	Fotografías
	Existe la identificación de las condiciones inseguras del área, equipo y operaciones	X	3	
	Los pasillos y áreas comunes se encuentran libres para el tránsito de peatones y vehículos	X	3	
	Se identifica y señala los materiales, repuestos y herramientas obsoletas	X	1	
	Se señala y separa los objetos que se van a desechar o chatarrizar	X	0	
	Se encuentran herramientas o repuestos en bodegas no designadas	X	2	Partes de EPP, lubricantes y pinturas
	Los equipos pendientes de reparación se encuentran claramente identificados	X	0	
<b>TOTAL SELECCIONAR:</b>		<b>28</b>	<b>11</b>	
Ordenar(S1)	Cuenta con áreas definidas, marcadas y distinguidas	X	3	Fotografías
	Se identifica las herramientas de mayor uso o uso común por el personal	X	1	
	Se ha definido claramente los sitios de ubicación de las herramientas	X	2	
	Se encuentra facilmente las herramientas que se buscan	X	2	
	Se identifica con facilidad las herramientas faltantes	X	0	Las de uso común
	Existen recipientes de basura identificados y diferenciados	X	3	Fotografías
	Acumulación de basura común en el taller mecánico	X	2	Fotografías
<b>TOTAL ORDENAR:</b>		<b>28</b>	<b>13</b>	
Limpiar(S3)	Los recipientes de basura se encuentran bien ubicados	X	2	
	Las bodegas se encuentran limpias, señalizadas y etiquetadas	X	3	
	Se clasifica los residuos y se ubica en el lugar correspondiente	X	2	
	¿Las etiquetas y letreros se encuentran en buen estado?	X	3	Fotografías
	Los planes de limpieza establecidos son de fácil visibilización	X	2	
	Se ha liberado el espacio de las reparaciones pendientes	X	0	
	Las herramientas de trabajo se encuentran limpias	X	3	
<b>TOTAL LIMPIAR:</b>		<b>28</b>	<b>15</b>	
Estandarizar(S)	El personal cumple con las disposiciones establecidas	X	3	
	Los técnicos de mantenimiento utilizan el uniforme y EPP's correctamente	X	4	
	Las áreas se mantienen limpias continuamente	X	3	
	¿Se respeta la señalética y medidas de seguridad dispuestas en el taller mecánico?	X	2	
	Existe capacitación estandarizada	X	0	
<b>TOTAL ESTANDARIZAR:</b>		<b>20</b>	<b>12</b>	
Disciplina(S5)	Se cumple a cabalidad los planes de limpieza y control	X	2	
	El personal de mantenimiento conoce el rol que desempeñan en el mantenimiento de las 5s	X	3	
	El personal se mantiene capacitado, motivado y comprometido con la mejora de las 5's	X	0	
	¿Se mantiene el uso de los uniformes correspondientes y EPP's?	X	4	
	Se realiza el seguimiento y control respectivo del cumplimiento de las 5's	X	2	
<b>TOTAL DISCIPLINA:</b>		<b>20</b>	<b>11</b>	

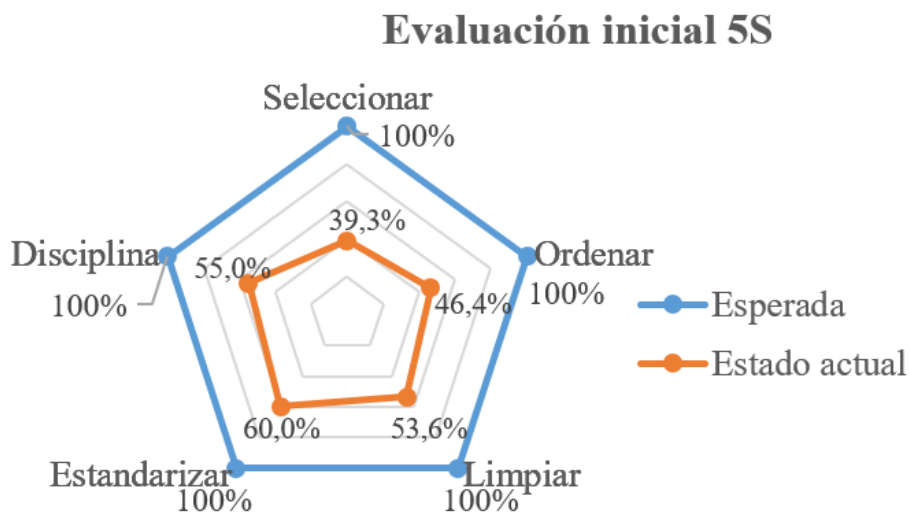
<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>		
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001	
Herramienta 5S	Página: 06/21	

Con la lista de chequeo mostrada anteriormente, se evalúa la situación actual de la implementación de las 5S en el Taller mecánico de la empresa Bioalimentar Cía. Ltda. A continuación, se presenta el resumen, ponderación y resultados de la evaluación inicial realizada en el taller mecánico:


**Tabla 31.** Evaluación 5S inicial.

	Futuro Taller	Actual	
		Puntuación	Porcentual
Seleccionar	28	11	39,3%
Ordenar	28	13	46,4%
Limpiar	28	15	53,6%
Estandarizar	28	12	60,0%
Disciplina	28	11	55,0%

Los resultados se presentan gráficamente, haciendo un contraste entre el taller que se quiere lograr en cuanto a implementación de 5S y los resultados actuales. Se presenta a continuación:



**Figura 29.** Representación evaluación inicial 5S.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 07/21

De acuerdo a las calificaciones asignadas basado en la observación se puede decir que; el personal que forma parte del taller se muestra cooperativo para adoptar esta metodología. También se evidencia que los técnicos poseen conciencia de la importancia de adoptar acciones de limpieza y orden ya que normalmente mantenimiento se caracteriza por guardar repuestos, porque si, por que no y por si acaso lo necesiten, incluso si no se los llegan a utilizar; de manera que, solo se vuelve una fuente de pérdida de espacio.


Adicional se evidencia que el inventario de repuestos está constantemente desactualizado, y la recomendación inmediata es actualizarla para determinar la frecuencia de uso de los repuestos, facilitando la identificación de repuestos obsoletos y procurar la liberación de espacios, priorizar repuestos o equipos de mayor uso, así como, el levantamiento de información de equipos dañados (que necesiten mínimos cambios o revisiones) que se puedan reparar para liberar los espacios que estos disponen

### **Comunicación y lanzamiento del programa de implementación de 5S**

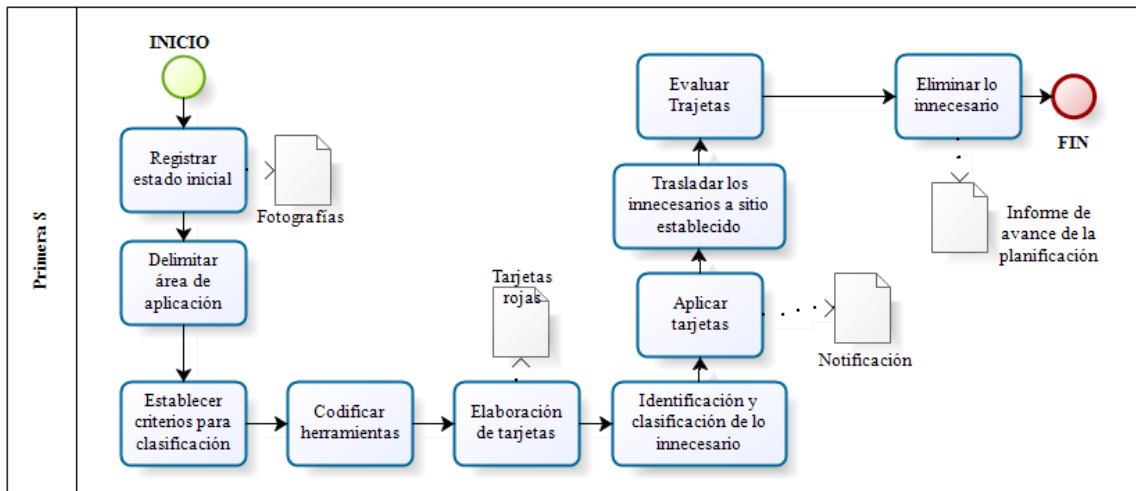
Las herramientas Lean Maintenance procuran la participación activa de los colaboradores y el compromiso de quienes conforman la alta gerencia, de modo que se impulse de forma continua y progresiva estas iniciativas. La asignación de recursos económicos es menor frente a la implementación de otras alternativas y la formación de la cultura organizacional es fundamental para la obtención de resultados. Por esto, el lanzamiento de este programa está a cargo del gerente de operaciones y el director de mantenimiento.

### **Primera S - Clasificación**

El objetivo principal de desarrollar la primera S es separar lo útil de lo inútil, contempla la inspección de cada una de las zonas de trabajo para eliminar actividades, productos, herramientas y materiales que no son necesarias o que no producen resultados.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 08/21


Se plantea el procedimiento que se describe en la figura 30 a través de un flujograma para desarrollar la aplicación de la primera S en la que se describe los principales recursos a generar en informes pertinentes.





**Figura 30.** Procedimiento para implementación primera S.

Para dar inicio a la aplicación de la primera S, se debe diferenciar todo lo útil de lo inútil o nada necesario para la actividad que se desarrolla. Debido a la naturaleza del Taller mecánico y bodegas, se requiere de la revisión exhaustiva de cada una de las herramientas y repuestos con los que cuenta, tomando en consideración que el mantener materiales/herramientas o repuestos de nula rotación u obsoletas incentiva el desorden y pérdida de espacio.

Se realiza el levantamiento, documentación y registro de la situación inicial, de modo que se evidencie las mejoras a obtener cuando se realice la implementación, registro uso de tarjetas identificativas y formatos correspondientes para el control y seguimiento de resultados. La tabla 32, muestra fotografías correspondientes a dos de las bodegas en las que se evidencia que no se lleva ningún tipo de orden para guardar y preservar el estado de los repuestos, materiales y equipos.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	P3gina: 09/21

**Tabla 32.** Situaci3n inicial en taller mec3nico.


Bodega 01 "B01"	Bodega 02 "B02"
	

En la tabla 33, se establece criterios de selecci3n y clasificaci3n de la forma siguiente:

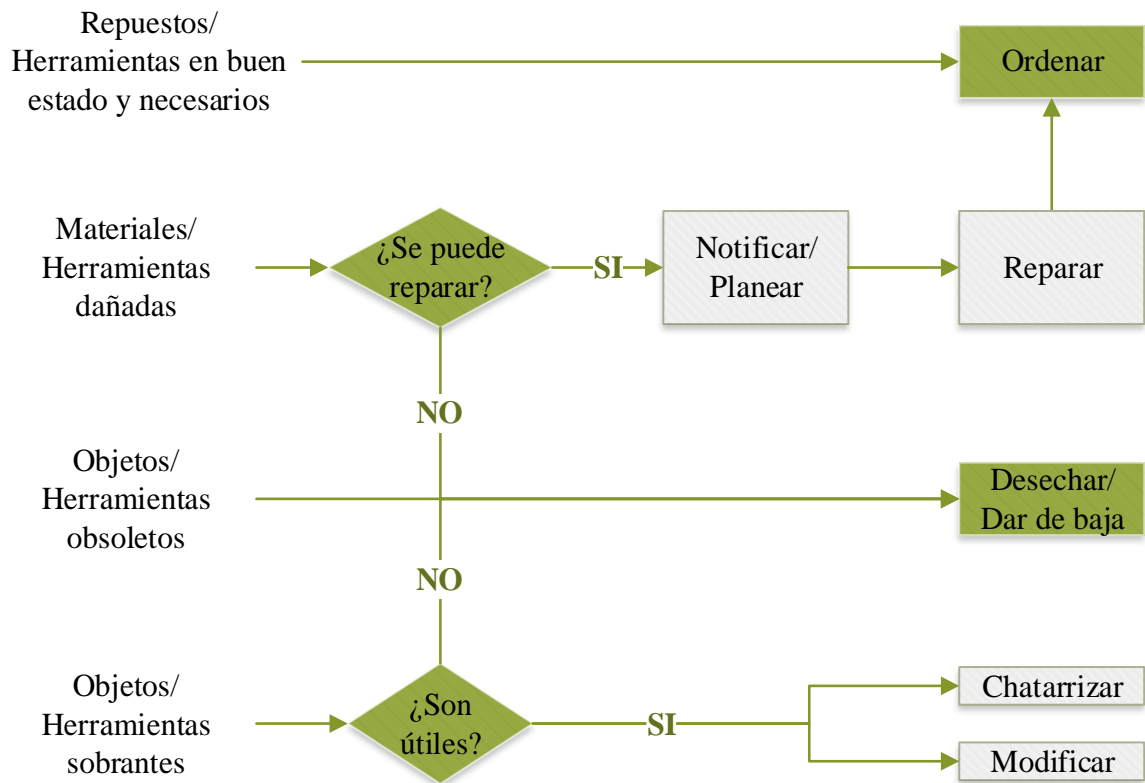
**Tabla 33.** Criterios para clasificaci3n en primera S.

### CRITERIOS

Herramientas/equipos	Repuestos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funciona/ No funciona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Excedentes 3tiles / in3tiles</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se puede reparar/ No se puede reparar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotaci3n tomar a consideraci3n el contexto operacional de la maquina a la que pertenecen.</li> </ul>

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 09/21


**Procedimiento de clasificación respondiendo a los criterios:**



**Figura 31.** Flujograma para clasificación de objetos.


**Para cumplir con el procedimiento planteado:**

1. Levantar información de lo existente por bodega.
2. Verificar el estado de los equipos, herramientas o repuestos.
3. Codificar, diferenciar y etiquetar las herramientas.
4. Diferenciar los repuestos y la frecuencia de uso podría ser a través de un análisis ABC.
5. Señalar mediante tarjetas rojas lo que no corresponde al área.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 11/21

### Formato para levantar información de existentes por bodega

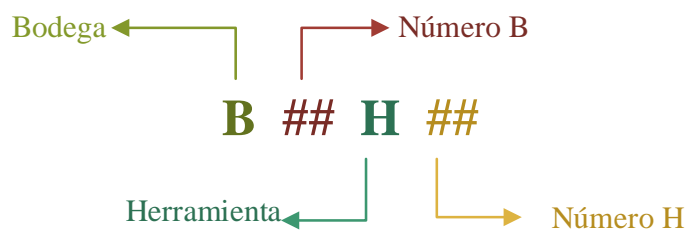
**Tabla 34.** Formato levantamiento de información de existencia en inventario.

Bodega ## (Nombre)								
Código	Descripción	Cantidad	Estado		Frecuencia			Observaciones
			Funcional	No Funcional	Frec.	N. Frecuente	Tiempo	

### Codificación

Las herramientas se deben encontrar codificadas para que se vuelva más eficaz la identificación de herramientas que se deban reparar, dar de baja e identificar la necesidad de compra. Ver figura 32.


### Formación:



**Figura 32.** Codificación para identificación de instalaciones.

### Bodegas:

- **Bodega 01:** Lubricantes, pintura y herramientas
- **Bodega 02:** Repuestos
- **Bodega 03:** Matrices
- **Bodega 04:** Transición/ Nueva línea
- **Bodega 05:** Sin identificación/pendiente

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	P3gina: 12/21

- **Bodega 06:** Repuestos el3ctricos
- **Patio trasero:** Bodega de Materiales

Las herramientas se van a codificar y diferenciar mediante c3digo de barras

**Identificaci3n:**

Tarjetas de identificaci3n de cada uno de los t3cnicos para saber qui3n se encuentra usando el equipo o herramienta.

¿Cu3ndo usar las tarjetas rojas?:

- Herramientas o repuestos que se hayan hallado en otras bodegas o pendientes de asignaci3n.
- Herramientas o equipos que se est3 esperando reparar, dar de baja, desechar o chatarrizar.

**TARJETA ROJA** 

FECHA INICIO: \_\_\_\_\_ NUMERO: \_\_\_\_\_

BODEGA: \_\_\_\_\_ AREA: \_\_\_\_\_

ITEM (MARCAR)

<input type="checkbox"/> Repuestos	<input type="checkbox"/> L3quidos o envases
<input type="checkbox"/> M3quina o equipo	<input type="checkbox"/> Material de construcci3n
<input type="checkbox"/> Herramientas	<input type="checkbox"/> Otros.

NOMBRE DEL REPUESTO/HERRAMIENTA \_\_\_\_\_


<p><b>CAUSA</b></p> <input type="checkbox"/> Sin Identificaci3n <input type="checkbox"/> Identificaci3n err3nea <input type="checkbox"/> Agrupar en espacio separado <input type="checkbox"/> Herramienta 3til <input type="checkbox"/> Da3ado	<p><b>ACCI3N SUGERIDA</b></p> <input type="checkbox"/> Enviar a chatarrizar <input type="checkbox"/> Dar de baja <input type="checkbox"/> Realizar reparaci3n <input type="checkbox"/> Mover a otra bodega <input type="checkbox"/> Clasificar
--	--

COMENTARIO \_\_\_\_\_

FECHA DE LA ACCI3N: \_\_\_\_\_

**Figura 33.** Tarjeta roja de clasificaci3n.



<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 13/21

Procedimiento para llenar la tarjeta:

1. En la sección que hay que marcar se debe seleccionar la clasificación que más se acerque del material/ herramienta o repuesto que se ha identificado fuera de lugar o de clasificación.
2. Se detalla el nombre de la herramienta o repuesto de acuerdo y/o codificación que se encuentra en el mismo.
3. Marcar la causa.
4. Marcar la acción que se sugiere realizar por quien realiza la observación e identificación.
5. En caso de existir una observación adicional, llenar la sección de comentario.
6. Es indispensable llenar las fechas en las que se identifica y en la que se ejecuta la acción debida, para su posterior control y seguimiento.


¿Quién recoge la información al finalizar la jornada taller?

Encargado de taller,

- Cuenta el número de tarjetas que se encuentran en el área que dispone.
- Desarrolla informe de acción 1S


Quien evalúa informe de acción y aprueba acciones sugeridas

- Director de Mantenimiento, para dar de baja a las herramientas o equipos a corroborar que hay que dar de baja.
- Asistente de mantenimiento se encarga de la planificación de actividades de reparación de herramientas en caso de necesitarlo.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 14/21

**Registro de disposición / Evaluación de estado y funcionalidad de objetos**

**Tabla 35.** Formato para revisión de funcionalidad de objetos.

Notificación de acción 1s						
Seleccione	Bodega 01 <input type="checkbox"/>	Bodega 05 <input type="checkbox"/>	Fecha: _____			
	Bodega 02 <input type="checkbox"/>	Bodega 06 <input type="checkbox"/>	Responsable: _____			
	Bodega 03 <input type="checkbox"/>	B. Materiales <input type="checkbox"/>				
	Bodega 04 <input type="checkbox"/>	A. Transición <input type="checkbox"/>				
Nombre/ Identificativo	Cantidad	Estado	Ubicación	Motivo	Acción sugerida	Decisión final

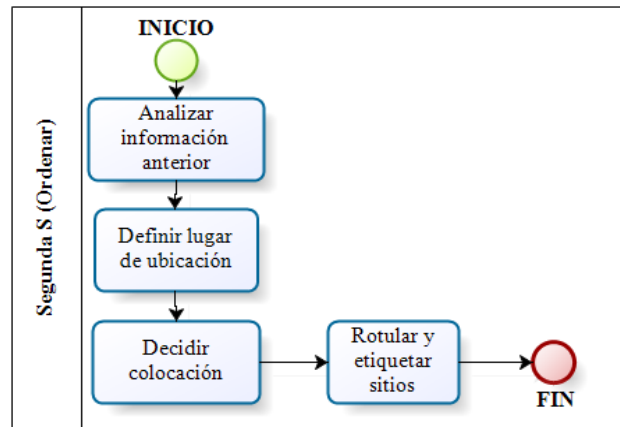
**Resultado esperado:** Mejorar la efectividad con la obtención de más espacio.

**Segunda S: Ordenar (SEITON)**


Primero es necesario responder las interrogantes:

- ¿Se tienen lugares establecidos para la ubicación?
- ¿Existe rotulación en buen estado y clara?
- ¿Se pierde tiempo al buscar repuestos o verificar estado de equipos?

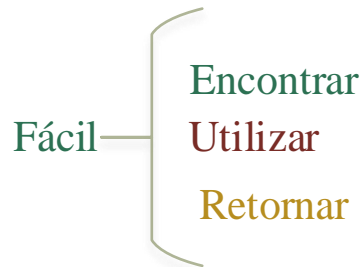
**Procedimiento implementación segunda S:**



**Figura 34.** Proceso implementación segunda etapa 5S.

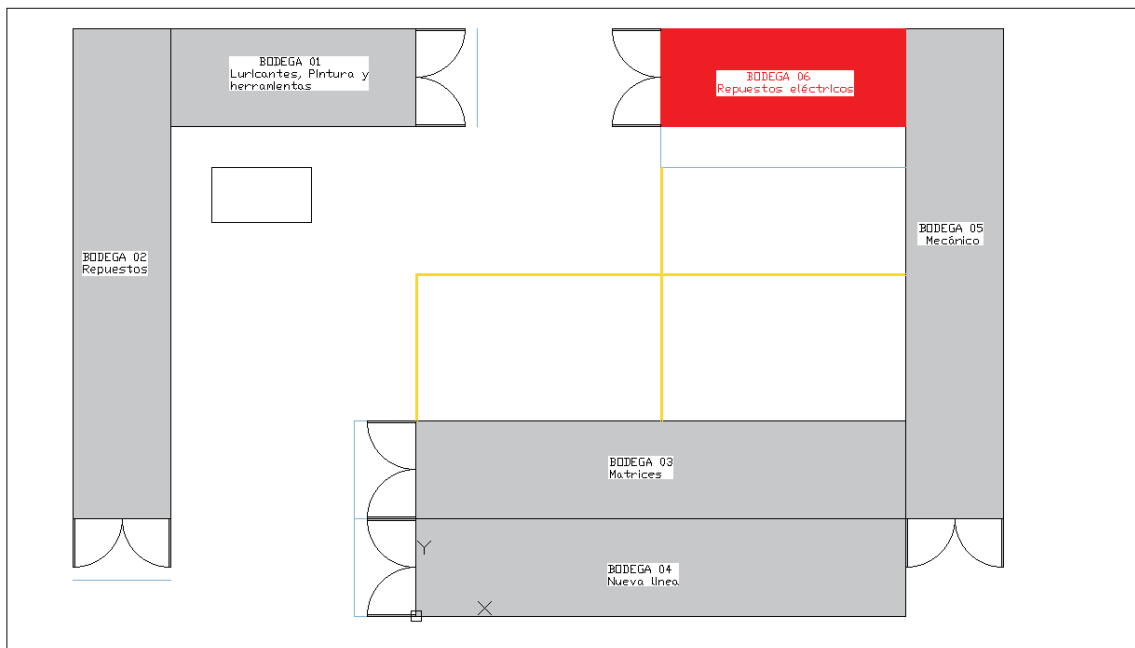
BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 15/21

**Consideración de la regla del fácil:** Usando esta regla se puede garantizar que se puede definir lugares de orden adecuados y eficientes.




**Definición de ubicación:** Para establecer los lugares que van a ocupar cada repuesto se va a considerar el nivel de rotación de los repuestos, una denominación de acuerdo al encargado de taller/ bodega y una codificación para identificarlo rápidamente.

**Layout con la identificación asignada de las bodegas:**



**Figura 35.** Layout de taller mecánico.

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.		
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001	
Herramienta 5S	Página: 16/21	

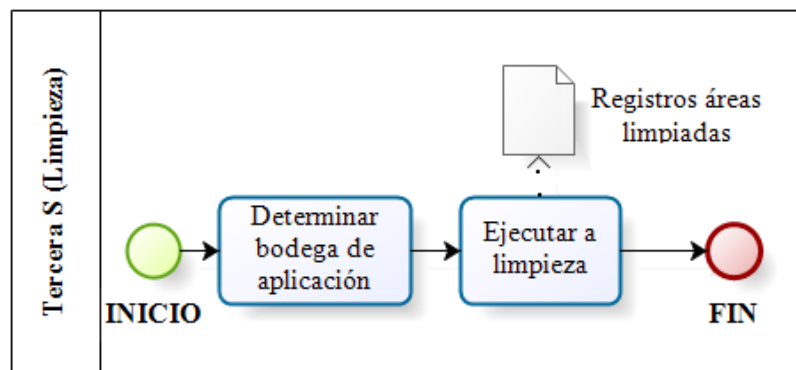
### Rotulación y etiquetación de sitios

- **Rótulos de ubicación:** para determinar áreas o grupos de elementos con características similares.
- **Rotulado de información:**  
Con el objetivo de conocer contenido de bodegas o codificación´
- **Identificación por medio de colores**  
Para facilitar la identificación de repuestos pequeños, de uso frecuente como, por ejemplo: pernos, tornillos, tuercas, mangas para cambios en las peletizadoras, y repuestos de las mezcladoras y extrusoras.


### Tercera S: Limpieza (SEISO)

Con la aplicación de esta S se pretende lograr tener a largo plazo un área de trabajo limpia, segura, y con cada material en el lugar correspondiente. Lo principal es lograr la inspección de la limpieza, y se va a dar inicio a través de la asignación de actividades y búsqueda del compromiso de todos quienes usan el taller mecánico y sus bodegas para que el tiempo invertido en la limpieza de estos sitios sea relativamente corto y no represente mayores costos.

### Procedimiento implementación tercera S:



**Figura 36.** Proceso de implementación tercera S.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 17/21


**Actividades de limpieza:**

- Barrer polvos
- Recoger residuos de trabajos realizados
- Limpiar líquidos derramados
- Limpiar herramientas
- Registro de cantidad de tarjetas colocadas en las bodegas asignadas.

**Responsabilidades:**

- Inspección visual de limpieza.
- Realización de limpieza a cargo de todos en conjunto o individualmente.


**Formato de para inspección limpieza y tarjetas**

Registro de limpieza				
Área	Bodega 01	<input type="checkbox"/>	Bodega 05	<input type="checkbox"/>
	Bodega 02	<input type="checkbox"/>	Bodega 06	<input type="checkbox"/>
	Bodega 03	<input type="checkbox"/>	B. Materiales	<input type="checkbox"/>
	Bodega 04	<input type="checkbox"/>	A. Transición	<input type="checkbox"/>
				Fecha: _____ Responsable: _____
Área	Bodega 01	<input type="checkbox"/>	Bodega 05	<input type="checkbox"/>
	Bodega 02	<input type="checkbox"/>	Bodega 06	<input type="checkbox"/>
	Bodega 03	<input type="checkbox"/>	B. Materiales	<input type="checkbox"/>
	Bodega 04	<input type="checkbox"/>	A. Transición	<input type="checkbox"/>
				Fecha: _____ Responsable: _____
Área	Bodega 01	<input type="checkbox"/>	Bodega 05	<input type="checkbox"/>
	Bodega 02	<input type="checkbox"/>	Bodega 06	<input type="checkbox"/>
	Bodega 03	<input type="checkbox"/>	B. Materiales	<input type="checkbox"/>
	Bodega 04	<input type="checkbox"/>	A. Transición	<input type="checkbox"/>
				Fecha: _____ Responsable: _____

**Figura 37.** Formato de inspección de limpieza de taller.

**Cuarta S: Estandarización (SEIKETSU)**

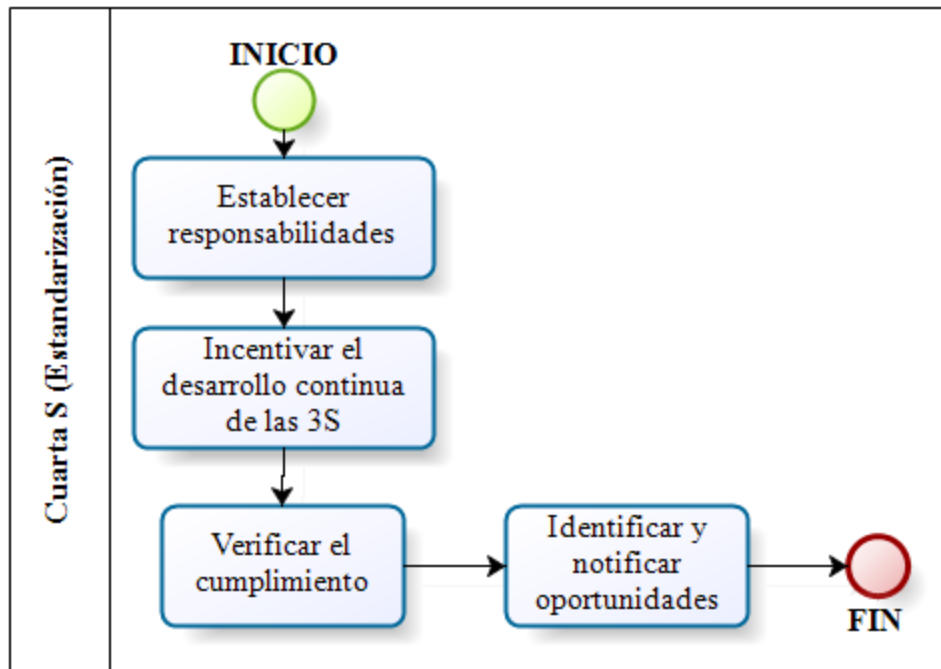
La aplicación comprometida y continuada de las 3S anteriores permite obtener un lugar adecuado y seguro para trabajar, y que permiten la disminución de therblings (movimientos desperdicio) que se ocasionan cada vez que los técnicos se desplazan entre bodegas o dentro de una misma bodega para obtener herramientas, repuestos u otros materiales, entre estos:

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>		
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-001	
Herramienta 5S	P3gina: 18/21	

- B3squedas infructuosas o tardadas
- Seleccionar herramientas que est3n en funcionamiento o no
- Inspecci3n de repuestos

Para la estandarizaci3n se procura incentivar la colaboraci3n de todos, para mantener los espacios establecidos, se contin3e con la clasificaci3n de herramientas, repuestos y otros materiales y se identifiquen y eliminen fuentes de suciedad.

**Procedimiento para implementaci3n cuarta S:**




**Figura 38.** Proceso implementaci3n cuarta S.

**Establecimiento de responsabilidades**

**Encargado de bodega:**

- Realizar informe de tarjetas para su evaluaci3n y posterior acci3n a ejecutar
- Inspecci3n visual de limpieza.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 19/21

- Reportar a líder 5S o Facilitador 5S

### Líder y Facilitador 5S

- Incentivar el desarrollo continuo de las 3S anteriores
- Verificar cumplimiento

**Todos:** Identificar y notificar oportunidades de mejora para que sean evaluadas por el comité 5S

### Desarrollar continuamente las 5S

Seiri: retirar cualquier elemento que no corresponda al área de trabajo, incluso si no está identificado con tarjeta roja

Seiton: Ubicar el elemento, codificar e identificar para su registro


Seiso: No dejar que se acumule la basura, polvos y otros.

### Etapa 3: Verificar

### Formato para verificación de cumplimiento:

**Tabla 36.** Formato para verificación de cumplimiento.

Escala de calificación		
0: Deficiente		
1: Regular		
2: Mejorable		
3: Excelente		
Evaluación	Criterio	Calificación
Clasificar	¿Hay objetos que no corresponden al área?	
Ordenar	¿El lugar esta ordenado y organizado de acuerdo con rotulación?	
Limpiar	Se mantiene limpias las áreas, herramientas y repuestos	
<b>Total:</b>		

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 20/21

### Quinta S: Disciplina (SHITSUKE)

Para tener éxito en la implementación de esta S es necesario el compromiso, responsabilidad, disciplina y disposición que muestran todos y cada uno de los actores del departamento para lo que se plantea la realización de actividades como:

#### Mejorar la participación del personal:

- Desarrollar la comunicación y coordinación interna.
- Socializar las decisiones a tomar.
- Considerar las oportunidades de mejora que se planteen por parte del operador y técnico implicado en el proceso.
- Realizar capacitaciones continuas.
- Tomar en cuenta recomendaciones.


#### Evaluación y seguimiento:

- **Observación e inspección:** recorridos periódicos en las áreas que se ha aplicado 5s para comprobar cumplimiento.
- **Auditorías internas:** evaluar el cumplimiento de las 5S a través de un formato de auditoría establecido
- **Plan de mejoras:** evaluar los resultados obtenidos y perfeccionar las actividades o áreas a largo plazo.

#### Temas de capacitación propuestos y programa

En conjunto con la implementación de las 5S se debe capacitar a todos quienes forman parte del área objetivo de forma que se tenga personal informado, comprometido y que se alineen a la visión principal “ENCONTRAR MEJORAS”. Por lo que, a continuación, se muestra un breve contenido de las capacitaciones que se pueden brindar al colaborador de mantenimiento.



BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-001
Herramienta 5S	Página: 21/21

## Programa de capacitaciones

### 1ra. Capacitación: Metodología 5S

- ¿Qué es?
- ¿Cómo se aplica?
- ¿Qué queremos lograr?
- ¿Quiénes participan?

### 2da. Capacitación: Primera S “Clasificación”

- Un breve repaso de las 5S
- Cuando, como y porque llenar las tarjetas
- Que hacer luego de llenar las tarjetas

### 3ra. Capacitación: Segunda S “Ordenar” y “Limpiar”


- Resultados primera S
- Como se va a disponer del lugar
- Explicación de la regla de lo fácil

### 4ta. Capacitación: “Estandarización”

- Resultados 3S
- Incentivar para realizar propuesta de mejoras
- Recordatorio de procedimientos y disposición de bodegas.

### 5ta. Capacitación “Disciplina”

- Porque mantener y mejorar la implementación realizada.
- Cuáles son los beneficios de la implantación y mantenerla.


BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 1/16

## DESARROLLO DE MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE TRABAJO ESTANDARIZADO



GO-M-LM-002

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 2/16

**Objetivo de implementación:**

- Establecer procedimientos para estandarizar actividades de mantenimiento que generan desperdicios Lean Maintenance.
- Fortalecer la formación continua de los colaboradores y personal técnico.

**Alcance:**


El desarrollo de la propuesta documental correspondiente a trabajo estandarizado implica directamente la organización y planificación del trabajo de mantenimiento que se desarrolla en Bioalimentar Cía. Ltda.

**Justificación:**

A través de esta herramienta se busca la estandarización de procedimientos críticos que de acuerdo con el director de mantenimiento y observación de la investigadora generan demoras y desperdicios en la gestión de mantenimiento actual. El trabajo estandarizado facilita el control, la formación de los técnicos y el seguimiento de las actividades; además, procura la disminución de horas de paro debido a mantenimiento en la producción de balanceado.

**Desarrollo:**

En esta propuesta documental se va a desarrollar los procedimientos de Análisis de averías, Mantenimiento Autónomo y Evaluación y selección de proveedores de repuestos, que conforman la respuesta para aportar a las oportunidades de mejora expuestas anteriormente estos procedimientos aportan a la mejora de la gestión de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda. La actividad que se incluya a través de la estandarización debe respetarse y ejecutarse siguiendo el procedimiento documentado, de modo que se


<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	P3gina: 3/16

garantice el desarrollo de actividades concretas que prevengan averías, actuaciones correctivas e incluso averías mayores.

En la tabla 37 se analizan las oportunidades de mejora para determinar los procedimientos críticos que se deben adoptar y estandarizar para mejorar la gesti3n de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda.

**Tabla 37.** Procesos propuestos para trabajo estandarizado.

<b>Desperdicios</b>	<b>Oportunidades de mejora</b>	<b>Procedimiento estandarizado propuesto</b>
Retrabajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No se mantiene un registro de fallas en equipos para prevenir su presencia a futuro.</li> <li>-No se recolecta datos sobre averías desde mantenimiento, y la recolecci3n de datos por parte de producci3n no es t3cnico y carece de an3lisis.</li> <li>-No se analiza si hay averías recurrentes y origen.</li> </ul>	An3lisis de Averías (ADA) y determinaci3n de Fuentes de Contaminaci3n (FDC)
Retrabajos	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mantenimiento aut3nomo inexistente e ineficiente, genera problemas en trabajos realizados.</li> <li>-Integraci3n producci3n-mantenimiento deficiente.</li> </ul>	Mantenimiento Aut3nomo
Transporte y Movimientos Inventario y perdida de espacio	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No se verifica ni registra el uso, estado y funcionamiento de las herramientas y equipos</li> <li>-Hay p3rdida de espacio debido a existencia de repuestos que no se controlan ni verifican.</li> <li>-No se realiza un an3lisis de inventario de repuestos.</li> <li>-Se busca un proveedor cuando la falla se suscita.</li> </ul>	Compra de repuestos y selecci3n de proveedores.

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 4/16

## **PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE AVERÍAS (ADA) Y DETERMINACIÓN DE FUENTES DE CONTAMINACIÓN (FDC)**

**Introducción:** El procedimiento de Análisis de Averías y determinación de Fuentes de Contaminación brinda un proceso para el análisis de las fallas para prevenirlas, disminuirlas o eliminarlas al identificar la fuente de generación de forma que se pueda plantear mejores estrategias para el mantenimiento preventivo programado y proactivo. En el mantenimiento de máquinas es posible evitar una avería llevando a cabo acciones concretas y sencillas al inicio de la actividad laboral, acciones como el engrase, ajuste y limpieza previenen la ocurrencia de daños precipitados y facilitan la identificación de otras causas de averías más complejas.


**Objetivo:** Determinar fuentes de generación de averías en los equipos de Bioalimentar Cía. Ltda.

**Alcance:** Este procedimiento documentado comprende la actividad de análisis de averías y fallos en los equipos de Bioalimentar Cía Ltda. y que está estrechamente relacionado con las tareas de mantenimiento que se ejecutan con regularidad en la empresa de parte del departamento y personal de mantenimiento.

**Políticas:** Mantenimiento guarda un estrecho compromiso con la conservación de los activos de la empresa, asegurando mantenerlos en estado óptimo e inclusive alargar su vida útil.

### **Responsables:**

- Director de mantenimiento- Responsable de aprobación del procedimiento
- Analista de mantenimiento- Responsable de modificación, actualización y verificación del procedimiento.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 5/16

- Técnicos – Responsable de ejecución del procedimiento.

### Definiciones:


**Avería:** Se define una avería como el daño, fallo o rotura que se puede producir en el mecanismo de una máquina debido a diversas causas.

**Fuente de contaminación:** Se puede determinar una FDC como aquel origen generador de sustancias, partículas, polvos u objetos que generan daños en las máquinas debido a su contacto o existencia.


### Descripción de Actividades:

**Tabla 38.** Descripción de Actividades para ADA y FDC.

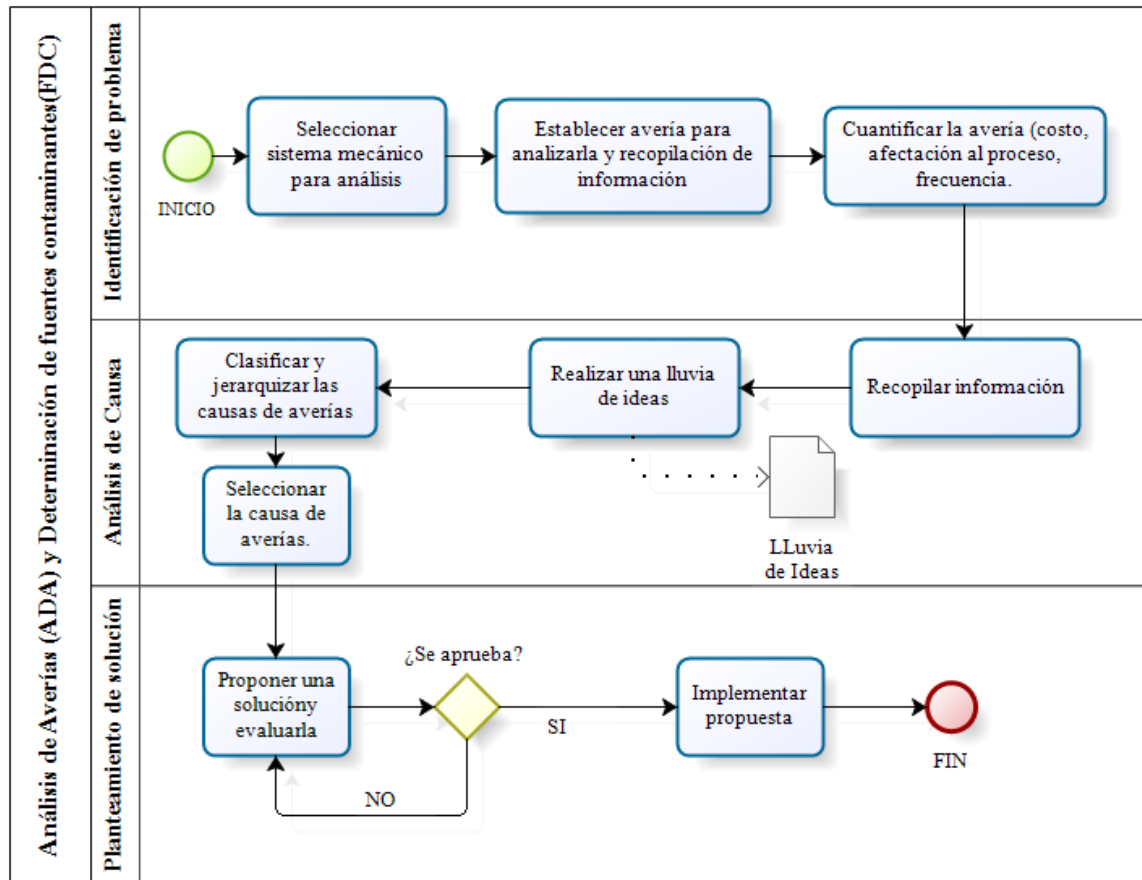
N.	Actividades	Responsable
<b>Identificación de problema</b>		
1	Seleccionar el sistema mecánico para analizar	-Analista de Mantenimiento
2	Establecer avería para análisis y recopilación de datos	-Analista de Mantenimiento -Director de Mantenimiento -Técnicos de Mantenimiento -Operadores de máquina que presenta avería.
3	Cuantificar el fallo recolectando datos de precio de compra del activo, pérdida en proceso en caso de daño, proceso afectado en planta de producción de balanceado, cuantas veces se produce y frecuencia.	-Analista de Mantenimiento -Director de Mantenimiento -Director de Producción -Asistente de Mantenimiento

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	P3gina: 6/16

<b>An3lisis de Causa o Fuente de Contaminaci3n</b>		
4	Recopilaci3n de informaci3n relacionada con la avería de manual de equipo, historial de revisiones, informes realizados de fallos anteriores, toma de fotografías, registros de variables en sistema.	-Analista de Mantenimiento
5	Realizar una lluvia de ideas con base en los datos recolectados para plantear las causas y/o fuentes de contaminaci3n (proceso) que producen la avería.	-Analista de Mantenimiento -Director de Mantenimiento -Técnicos -Operadores de máquina que presenta avería.
6	Clasificar y jerarquizar las causas de averías de la lista planteada obtenida luego de la lluvia de ideas	-Analista de Mantenimiento
7	Evaluar cuantitativamente la causa (costo del tratamiento de la avería, facilidad de encontrar el repuesto, tiempo de tratamiento, es viable o no para el sistema)	-Analista de Mantenimiento
8	Seleccionar la causa o fuente de contaminaci3n de avería para tratamiento y mejora.	-Analista de Mantenimiento
<b>Planteamiento de la soluci3n</b>		
9	Proponer soluci3n para averías enfatizando en la causa analizada.	-Analista de Mantenimiento -Director de Mantenimiento
10	Evaluar la propuesta desarrollada para mitigaci3n	-Director de Mantenimiento -Director de Producci3n -Gerente de Operaciones
11	Implementar la propuesta	-Equipo de Mantenimiento


BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 7/16

**Flujograma del proceso de análisis de averías:**



**Análisis:** Resulta interesante como la generación de balanceado y polvos en procesos como empaque podrían resultar como una fuente de contaminación en los activos de la empresa, es una de las razones por las cuales el mantener el orden y limpieza de los espacios productivos es primordial.



BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 8/16

## PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

**Introducción:** El mantenimiento autónomo de acuerdo con la literatura conforma parte del TPM y se conforma como una herramienta efectiva a través de una aplicación adecuada y progresiva. También, el hecho de que conforme parte de esta herramienta no implica que no se pueda aplicar por separado en la gestión de mantenimiento, esto depende de las necesidades. El mantenimiento autónomo permite la generación de dinamismo entre el área productiva y de mantenimiento encaminado a cuidar de los activos de la empresa optimizando recursos, disminuyendo tiempos en actividades de mantenimiento que implica grandes tiempos de para y alargando la vida útil del sistema mecánico, eléctrico u electrónico.


**Objetivo:** Formar a los operadores de máquinas para que se encuentren en la capacidad de detectar fuentes contaminantes que generan averías en los equipos que operan para tratarlas de forma oportuna.

**Alcance:** Este procedimiento documentado comprende la actividad de mantenimiento autónomo en máquinas de Bioalimentar Cía. Ltda. por parte de los operadores de máquinas y que están estrechamente relacionadas con las tareas de mantenimiento que se ejecutan con regularidad en la empresa por parte del departamento y personal de mantenimiento.

**Políticas:** Mantenimiento guarda un estrecho compromiso con la conservación de los activos de la empresa, asegurando mantenerlos en estado óptimo e inclusive alargar su vida útil.

### Responsables:

- Director de mantenimiento- Responsable de aprobación del procedimiento

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 9/16

- Analista de mantenimiento- Responsable de modificación, actualización y verificación del procedimiento.
- Técnicos y Operadores de Máquinas– Responsables de ejecución del procedimiento.

**Definiciones:**


**Autónomo:** Término que indica que se realiza una actividad de forma independientemente, con conocimiento propio.

**Mantenimiento Autónomo:** Define aquella actividad que es realizada por el trabajador de forma independiente y se basa principalmente en actividades de inspección, limpieza, medición de variables y lubricación.


**Descripción de Actividades:** Para iniciar con esta herramienta se debe implementar un programa de capacitación para los operadores de las máquinas debido a que estos últimos van a ser los conocedores de primera mano cómo está funcionando, que hay que limpiar, lubricar o ajustar previo su operación. Adicional también se debe hacer una ronda de recordatorios de las medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo antes de poner en funcionamiento los equipos y máquinas que conforman el proceso.

Se propone un plan que contenga los temas que se describen:

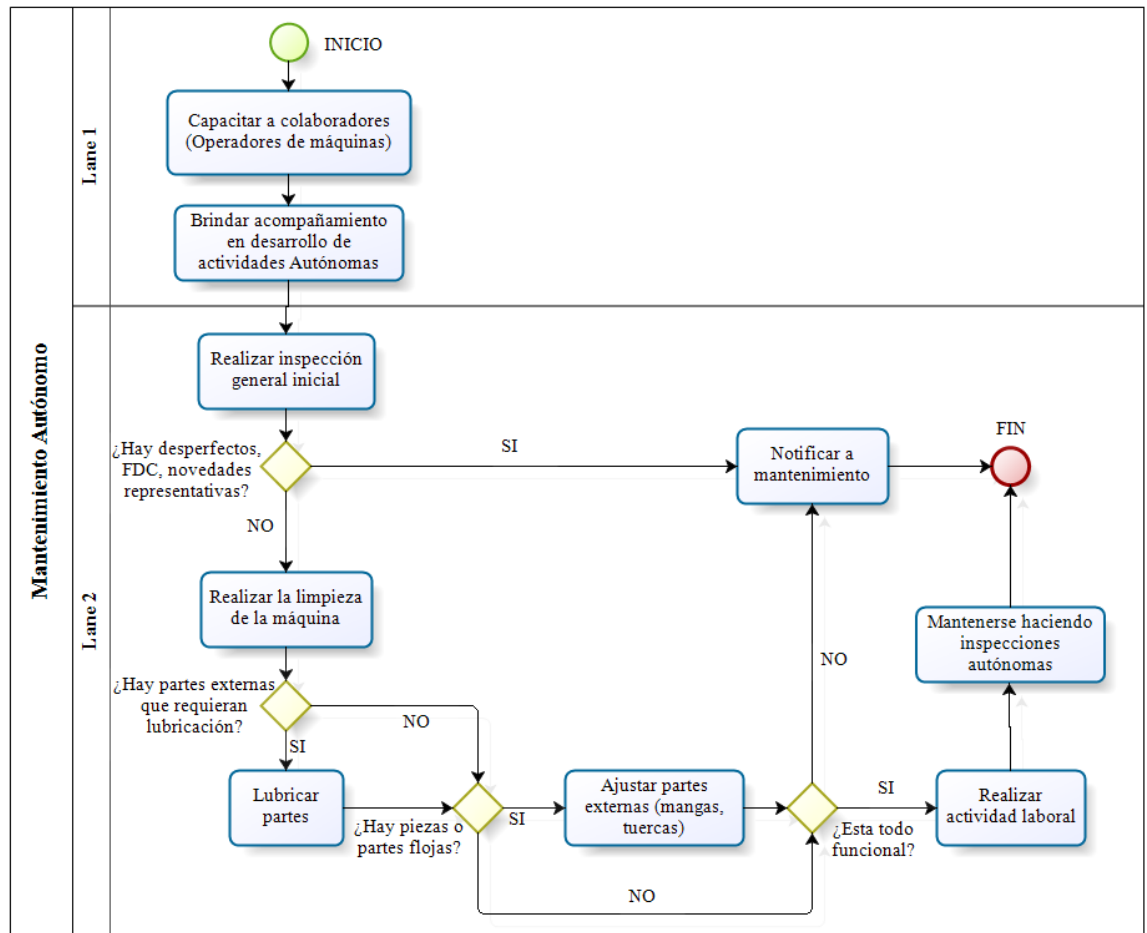
- Máquinas críticas del proceso.
- Partes a limpiar, lubricar o ajustar de la peletizadora, mezcladora y extrusor.
- Medidas de Seguridad y Salud a considerar previo la realización de la actividad laboral y en consideración de la autonomía en estas tareas autónomas.
- Actuación en caso de que no funcione la maquina adecuadamente

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	P3gina: 10/16


<b>N.</b>	<b>Actividades</b>	<b>Responsable</b>
1	Formaci3n a colaboradores	-Analista de Mantenimiento -Director de Mantenimiento -L3deres de 3reas Mec3nica y El3ctrica. -Jefe de Seguridad y salud en el Trabajo.
2	Acompa1amiento continuo en realizaci3n de actividades de mantenimiento aut3nomo.	-L3deres de 3reas Mec3nica y El3ctrica. -Analista de Mantenimiento -Operador de m3quina
3	Realizar inspecci3n inicial	-Operador de M3quina
4	Identificar fuente de contaminaci3n, desperfectos o novedades que necesitan apoyo en el equipo bajo responsabilidad.	-Operador de M3quina
5	Realizar limpieza inicial en base a est3ndares de limpieza.	-Operador de M3quina
6	Identificar partes externas con necesidad de lubricaci3n	-Operador de M3quina
7	Realizar la lubricaci3n externa	-Operador de M3quina
8	Identificar piezas o partes flojas	-Operador de M3quina
9	Realizar ajustes de partes o piezas m3nimas (tuercas, mangas, etc)	-Operador de M3quina
10	Ejecutar actividad laboral	-Operador de M3quina
11	Realizar inspecci3n Aut3noma continua	-Operador de M3quina
12	Mantener la organizaci3n y ordenamiento	-Operador de M3quina

<p><b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b></p>	
<p>Manual Lean Maintenance</p> <p>Trabajo estandarizado</p>	<p>C3digo: GO-M-LM-002</p> <p>P3gina: 11/16</p>

**Flujograma del proceso de mantenimiento aut3nomo**



**An3lisis:** La implementaci3n del procedimiento de mantenimiento aut3nomo representa la inversi3n de tiempo y recursos humanos a trav3s de la formaci3n, que a largo plazo resulta ben3fico ya que se reducen tiempos de espera y se cuenta con operadores m3s preparados e incluso les permite brindar observaciones objetivas.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 12/16

## **PROCEDIMIENTO DE COMPRA DE REPUESTOS Y SELECCIÓN DE PROVEEDORES**

**Introducción:** El presente documento describe las actividades, responsables y recursos necesarios para la gestión, evaluación y selección de proveedores de repuestos, servicios y subcontratos del área de mantenimiento, garantizando mantener la calidad, la confiabilidad y la mantenibilidad en las máquinas de Bioalimentar Cía. Ltda.

**Objetivo:** Adquirir repuestos y servicios de forma oportuna con criterios de calidad que disminuyan las esperas para el desarrollo de actividades de mantenimiento.

**Alcance:** Este procedimiento es aplicable para el proceso de mantenimiento y los proveedores de repuestos, partes y servicios de mantenimiento externo. Comprende el establecimiento de criterios de selección, una escala de evaluación y la selección de acuerdo con los resultados.


### **Políticas:**

Mantenimiento guarda un estrecho compromiso con la conservación de los activos de la empresa, asegurando mantenerlos en estado óptimo e inclusive alargar su vida útil.

Bioalimentar Cía. Ltda. garantiza el trabajo con proveedores comprometidos con la mejora y responsables con la sociedad.

### **Responsables:**

- Gerente de Operaciones - Responsable de aprobación del procedimiento
- Director de mantenimiento- Responsable de revisión del procedimiento
- Analista de mantenimiento- Responsable de modificación, actualización y verificación del procedimiento.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 13/16

- Técnicos de mantenimiento – Responsable de ejecución del procedimiento.

**Definiciones:**

**Proveedor:** Empresa o persona que se dedica a proveer o abastecer de productos necesarios a una persona o empresa.


**Cliente:** Un cliente es la persona o empresa receptora de un bien, servicio, producto o idea, a cambio de dinero u otro artículo de valor.

**Políticas:**


- Los proveedores se deben comprometer a mantener la calidad del servicio de acuerdo con los parámetros que fueron aceptados y evaluados.
- Los proveedores deben someterse a evaluaciones con una frecuencia trimestral de forma que se compruebe y deje evidencia del cumplimiento continuo de acuerdos.
- En el caso de aquellos proveedores que tengan una calificación menor al 50%, se los reevaluarán dándoles la oportunidad de mejorar, dentro de un plazo de dos meses, caso contrario se prescindirá de sus servicios; o la decisión que tome la Gerencia.
- Los proveedores serán calificados con una puntuación de 1 al 100% en función a criterios de calidad y desempeño.

**Descripción de Actividades:**

N.	Actividades	Responsable
1	Bioalimentar Cía. Ltda. saca a concurso de oferta, los requerimientos de materiales y/o los servicios necesarios dentro de la producción y procesamiento de rosas.	-Técnico responsable de compras.


<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 14/16

2	El técnico responsable de compras publica las ofertas o se contacta directamente con los posibles proveedores.	-Técnico responsable de compras.
3	Los proveedores presentan sus ofertas a través de proformas o dentro de un proceso de conversación directa con el responsable de compras.	-Técnico responsable de compras.
4	Realizar la socialización de los acuerdos de confidencialidad, cumplimiento legal, condiciones de garantía, entre otros, que los proveedores deben cumplir para convertirse en proveedores.	-Técnico responsable de compras.
5	<p>El responsable de compras evalúa al proveedor de acuerdo con los parámetros que se describen:</p> <p><b>Parámetros de evaluación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>La calidad</b>, así como el cumplimiento de las especificaciones requeridas cuando aplicase este criterio, garantía que ofrece y tiempos de entrega tendrá una calificación que equivale al 25% del promedio total.</li> <li>• <b>Precio</b>, según el comparativo con el precio del mercado y respecto a la competencia, este tendrá una calificación igual al 25% del promedio total.</li> <li>• <b>Documentación</b> se refiere a la entrega de documentación en forma oportuna: permisos</li> </ul>	<p>-Técnico responsable de compras.</p> <p>-Director de mantenimiento</p>

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 14/16

	<p>legales, copias de cedula, la no contratación de personas menores de edad. Este criterio tiene una calificación que equivale al 25% del promedio total</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Aceptación de acuerdos, efectividad y confidencialidad del servicio</b>, lineamientos legales, políticas, criterios de certificaciones a los que está sujeta Bioalimentar Cía. Ltda., siempre que mantengan relación con las actividades de los asociados de negocio; se consideran: acuerdo de seguridad, acepta la visita de auditores internos, se compromete en el cumplimiento de criterios básicos de control y seguridad, acepta las políticas y procedimientos internos en el manejo y gestión del ingreso de proveedores. Este criterio tiene una calificación que equivale al 25% del promedio total.</li> </ul>	
6	<p>Calificar en formato de evaluación a través de una escala con un rango del 1-5 que representa valores cualitativos: 5=Cumple muy satisfactoriamente; 4=Cumple satisfactoriamente; 3 =Cumple parcialmente satisfactoriamente; 2= Incumple con lo deseado; 1= Definitivamente no cumple con lo deseado.</p>	<p>-Técnico responsable de compras.</p>
7	<p>Seleccionar un proveedor en base a la calificación más alta obtenida.</p>	<p>-Director de mantenimiento</p>




<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-002
Trabajo estandarizado	Página: 16/16

### Formato de evaluación a proveedores

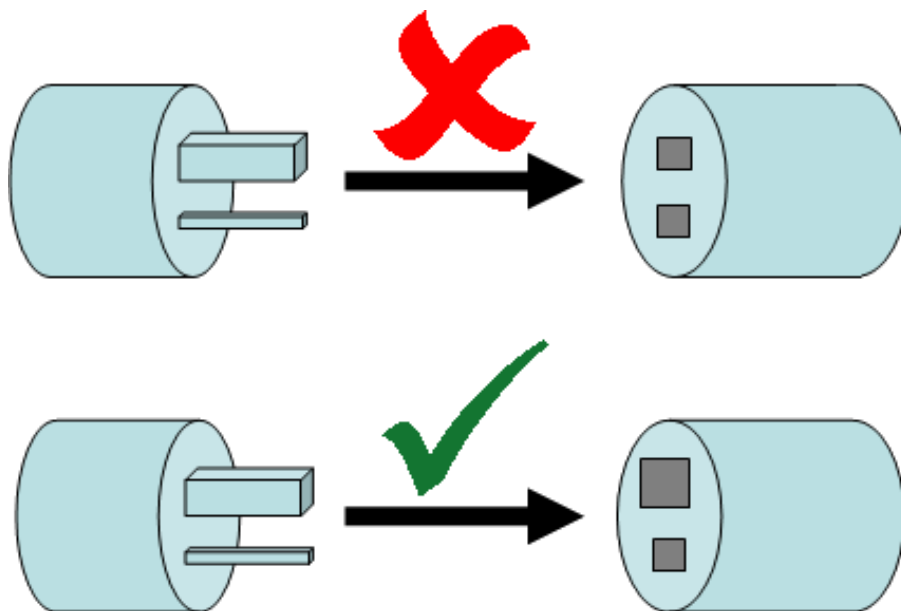
La tabla 39 muestra el formato propuesto para la calificación de proveedores de repuestos. Se ejemplifica la calificación de 5 proveedores que se desarrolla en base a los criterios explicados, el porcentaje de aceptación debe superar el 70% y se debe seleccionar al que obtenga la calificación mas alta, en este caso por ejemplo se seleccionaría a Demaco.

**Tabla 39.** Matriz de evaluación de proveedores.

 <b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>																								
<b>CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES MANTENIMIENTO</b>																								
PROVEEDORES	CRITERIOS DE CALIFICACIÓN																				PROM	%		
	CALIDAD					PRECIO					DOCUMENTACIÓN					ACUERDOS								
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5				
Disensa			3				2								5					5	3.75	75%		
Ecuaimco				4					4					3						5	4	80%		
Comercial Kwvi S.A.			3					3							5				4		3.75	75%		
Megahierro				5				3				2								5	3.75	75%		
Demaco				4					4						5				4		4.25	85%		
																					#DIV/0!	0%		
																					#DIV/0!	0%		


BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 1/18

**DESARROLLO DE MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE POKA YOKE**



GO-M-LM-003

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.


BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 2/18

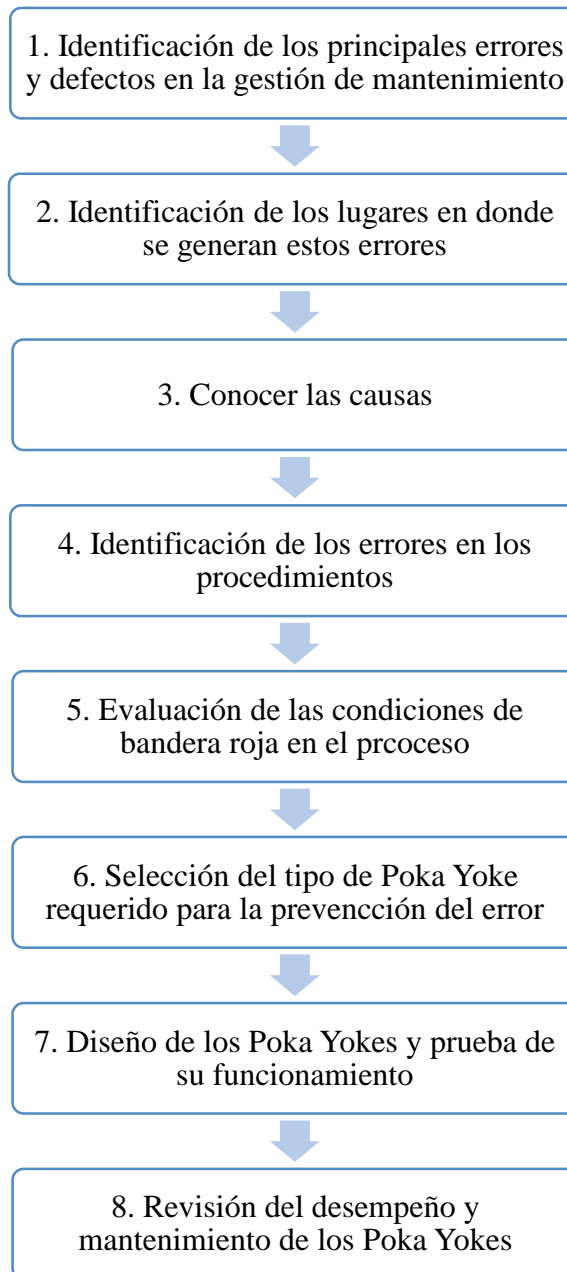
**Introducción:** El desarrollo de esta herramienta Lean en el área de mantenimiento tiene como propósito el disminuir significativamente los errores en el manejo ineficiente de herramientas, maquinas herramientas y repuestos dentro del proceso de mantenimiento y reparación de las líneas de producción de la empresa Bioalimentar.

Es así que, considerando que esta técnica japonesa permitirá evitar los errores humanos en las operaciones de mantenimiento de la empresa y eliminar las deficiencias en los procesos establecidos, la propuesta de implementación estará enfocado en los siguientes tipos de Poka Yoke:

- a) **Tipo secuencial:** Mecanismos que garantizan el orden y la secuencia de un proceso; es decir, no permite omisiones de por medio, manifestando el incumplimiento de estos, como errores, con el principal objetivo de salvaguardar la seguridad de los operadores y la optimización en el uso de los recursos.
- b) **Tipo Informativo:** A través de mecanismos y herramientas de retroalimentación que aseguran una comunicación clara y efectiva dentro de un proceso de gestión de mantenimiento.
- c) **Agrupado:** comúnmente se trata de Kits de herramientas o repuestos que tienen como principal propósito que el trabajador no se olvide ningún elemento que intervenga directa o indirectamente en el proceso de mantenimiento o reparación de una maquina dentro de la línea de producción.
- d) **Físico:** Se trata de mecanismo o dispositivos que tienen a función de asegurar el cumplimiento de ciertos parámetros a través de la identificación de inconsistencias físicas dentro de la gestión del mantenimiento.

El procedimiento (Ver figura 39) para la implementación de Poka Yoke para un mejoramiento continuo de la gestión de mantenimiento se describe como una serie de actividades (8 pasos) consecutivas y que deberán ser cumplidas a través de un programa o plan de implementación de esta herramienta Lean.


BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 3/18



**Figura 39.** Pasos para implementación de Poka Yoke.

Los principales errores que pueden ser corregidos a través de un Poka Yoke que se determinaron dentro del estudio fueron:


- **Inspección en las máquinas:** Este error se genera dentro del programa de mantenimiento preventivo en donde no se lleva un control efectivo de las

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 4/18

máquinas debido a la falta de personal o al desbalance que existe en la asignación de sus tareas; esto se debe, además, con el poco conocimiento sobre las zonas o partes críticas a ser inspeccionadas dentro de la rutina de monitoreo.


- **Registro de averías:** Dentro del proceso de inspección inicial de una máquina averiada, no se manejan los campos necesarios para tener una trazabilidad en las causas y periodicidad de las averías en las máquinas, esta solución se conecta con el procedimiento de análisis de averías.
- **Manejo de proveedores:** No existe un proceso secuencial que garantice la selección de proveedores confiables; es decir, se carece parámetros que permitan evaluar y calificar a los proveedores durante el proceso de selección para el suministro de repuestos.
- **Almacenamiento de repuestos:** El almacén no cuenta con una gestión visual que le permita al colaborador identificar de forma rápida cada una de las herramientas, es decir, no existe una adecuada organización y gestión en la ubicación de las herramientas, máquinas herramientas y repuestos.
- **Diseño complejo de máquinas:** La rotación del personal en las áreas de producción es alta por lo que los colaboradores no cuentan con el conocimiento adecuado sobre las piezas y partes de las máquinas, por tal razón, la complejidad de las partes y de su funcionamiento afecta en la efectividad de la reparación y puesta en marcha de las mismas.

En la tabla 40 se puede observar la caracterización de los errores Poka Yoke según los pasos 1, 2, 3, 4 y 5 dentro del procedimiento de la implementación de esta herramienta; misma que permitió analizar las causas físicas y de los procesos por los cuales se generan estos errores.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 5/18


**Tabla 40.** Caracterización de los errores Poka Yoke.

<b>Error</b>	<b>Lugar</b>	<b>Causas</b>	<b>Deficiencia en el proceso</b>	<b>Bandera roja</b>
Inspección en las máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de producción (ubicación propia de la máquina dentro del proceso).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconocimiento sobre el funcionamiento de las máquinas</li> <li>• Gestión y asignación de recursos humanos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia en la gestión de tareas.</li> <li>• No se optimiza el plan de trabajo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poco personal de mantenimiento</li> <li>• Sobrecarga de órdenes de trabajo</li> </ul>
Registro de averías	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficinas de gerencia y líderes de mantenimiento</li> <li>• En campo (instalaciones de la planta, ubicación de las máquinas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La información registrada no permite profundizar el análisis de la repetitividad de los paros no programados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formatos inadecuados.</li> <li>• No se consideran todos los campos respecto a la información de las averías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos no contundentes</li> <li>• Trazabilidad en la información de las averías.</li> </ul>
Manejo de proveedores	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Oficinas de gerencia y líderes de mantenimiento.</li> <li>• Bodega de repuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se ha determinado adecuadamente el nivel de stock que se debe tener en inventario de repuestos.</li> <li>• No se maneja un adecuado plan de requerimiento de materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No se maneja un sistema estandarizado en la selección de proveedores.</li> <li>• No se califica a los proveedores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proveedores no calificados.</li> <li>• Análisis del stock y del plan de requerimiento de materiales</li> </ul>

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 6/18

**Tabla 40.** Caracterización de los errores Poka Yoke (continuación).


Error	Lugar	Causas	Deficiencia en el proceso	Bandera roja
Almacenamiento de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodega de repuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodega de repuesto desorganizada en la que no se conoce eficientemente las existencias.</li> <li>• Gestión deficiente de repuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se carece de gestión visual para la ubicación y organización por grupos de repuestos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desorganización de en la disposición de las herramientas y repuestos</li> <li>• Etiqueta y separación de las herramientas</li> </ul>
Diseño complejo de máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En campo (instalaciones de la planta, ubicación de las máquinas)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de capacitación en el mantenimiento de las máquinas</li> <li>• No se identifica adecuadamente las zonas o partes críticas de las máquinas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deficiencia en el conocimiento de manuales de operatividad de las máquinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partes y zonas críticas en el funcionamiento de las máquinas.</li> <li>• Desconocimiento del funcionamiento de máquinas.</li> </ul>

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 6/18

**Tabla 40.** Caracterización de los errores Poka Yoke (continuación).

Cambio de repuestos, mallas y matriz en máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En campo (instalaciones de la planta, ubicación de las máquinas).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal insuficiente para las tareas</li> <li>• Se desconoce efectivamente la existencia de ciertos repuestos</li> <li>• No se lleva un registro de los repuestos por máquina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas documentales no optimizadas para el registro de información</li> <li>• Recursos visuales en la trazabilidad del uso de repuestos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazabilidad en el uso y destinación de los repuestos empleados en la reparación de las máquinas.</li> </ul>
--	---	--	--	---



BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 8/18

### Relación Error-defecto

En la tabla 41 se presenta un análisis de la relación que existe entre los errores identificados y los defectos o desperdicios que estos generan dentro la gestión de mantenimiento. Con esta información se puede crear un plan de acción según las prioridades a solucionar de los errores presentados.


**Tabla 41.** Relación Error-Defecto.

Defectos Errores	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	Espera
Inspección en las maquinas	B	A	A	B	A
Registro de averías	B	A	A	A	B
Manejo de proveedores	B	B	B	A	A
Almacenamiento de repuestos	A	B	B	A	A
Diseño complejo de maquinas	A	A	B	B	B
Cambio de repuestos, mallas y matriz en maquinas	A	A	A	B	A

Codificación:


A= Relación Alta

B= Relación Baja


<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 9/18

**Tabla 42.** Selección del tipo de Poka Yoke.


Proceso	Error	Acciones de mejoramiento	Tipo de Poka Yoke Requerido
Proceso de inspección periódica del funcionamiento de las máquinas	Inspección en las máquinas	• Señalar las partes o zonas críticas de mayor atención dentro del proceso de inspección de máquinas.	Secuencial
		• Manejar un Check list sobre estas zonas o partes críticas	Informativo
Programas de mantenimiento preventivo y predictivo	Registro de averías	• Determinar causas comunes en la avería de máquinas	Informativo
		• Manejar una base de datos y tablas dinámicas con causas preestablecidas de las averías.	Informativo
		• Representación gráfica a través de Power Bi sobre las averías.	Informativo
Selección de proveedores y gestión de la requisición de repuestos	Manejo de proveedores	• Matriz de calificación de los proveedores con una programación gráfica de alertas de los proveedores que no entran dentro del rango aceptable de calificación.	Informativo
		• Tablas dinámicas y Power Bi con alertas para el plan de requerimiento de materiales.	Informativo

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 9/18

Proceso	Error	Acciones de mejoramiento	Tipo de Poka Yoke Requerido
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Procedimientos estandarizados sobre la aprobación en la requisición de materiales</li> </ul>	Secuencial
Gestión en el manejo de herramientas y repuestos	Almacenamiento de repuestos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tableros etiquetados para las herramientas según su función; es decir; manuales y mecánicas, siendo así que, se pueden clasificar según su uso, como por ejemplo de medición, trazado, sujeción, corte, desbaste, golpe y maquinado.</li> </ul>	Agrupado
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Código de colores según el tipo de repuestos y las máquinas a las que corresponden.</li> </ul>	Agrupado
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Zonas delimitadas de almacenamiento de los repuestos según la familia de máquinas a las cuales pertenecen.</li> </ul>	Agrupado
	Diseño complejo de maquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Etiquetas en las zonas o piezas críticas de las máquinas</li> </ul>	Físico
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Planos de las máquinas ubicadas en las mismas.</li> </ul>	Físico
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Señales visuales sobre la obligación de las máquinas averiadas dentro de cada una de las líneas de producción</li> </ul>	Físico

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 11/18

Gestión en la reparación y mantenimiento de las máquinas	Cambio de repuestos, mallas y matriz en máquinas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Matriz de repuestos comunes según la máquina, es decir, una hoja que describa los repuestos más comunes y necesarios para reparar cada una de las maquinas</li> </ul>	Informativo
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Cintas de seguridad sobre las partes y zonas de reparación de las máquinas.</li> </ul>	Físico
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Formato de registro de repuestos usados según las zonas o partes averiadas de las máquinas.</li> </ul>	Informativo

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	C3digo: GO-M-LM-003
Poka Yoke	P3gina: 12/18


## DESARROLLO POKA YOKE UNO

Como s3ptimo paso, y considerado este, el m3s importante, se dise1an los sistemas y acciones POKA YOKE considerando el proceso, el error, las acciones de mejora y el tipo seleccionado. Para este paso, la opini3n y experiencia del personal t3cnico de mantenimiento cumple con un papel importante en el dise1o del sistema, considerando que son los due1os del proceso, estos, son quienes conocen de primera mano las causas que producen los desperdicios en el mismo.

Para el proceso de inspecci3n aut3nomo previo al funcionamiento de la m3quina, se ha propuesto el se1alar las partes o zonas cr3ticas y de mayor recurrencia de desgaste o aver3as, para esto se puede dise1ar un sistema de iluminaci3n secuencial que indica progresivamente las partes a ser limpiadas, ajustadas o lubricadas y botones de desactivaci3n de forma que el operador realice correctamente el desarrollo del procedimiento, como se muestra en la tabla 43.

**Tabla 43.** Formato de dise1o de Poka Yoke para la inspecci3n en las m3quinas

<b>Proceso:</b> Inspecci3n en las m3quinas
<b>Error:</b> No se consideran todas las parte o zonas cr3ticas de mayor recurrencia al desgaste o aver3as
<b>Tipo de Poka Yoke:</b> Secuencial
<b>Soluci3n:</b> Enumerar y etiquetar las zonas o piezas cr3ticas.
<b>Bandera roja:</b> Zonas o piezas cr3ticas con mayor probabilidad de desgaste o aver3a.
<b>Descripci3n del proceso:</b> Los colaboradores de mantenimiento deben ejecutar el procedimiento estandarizado de mantenimiento aut3nomo que engloba las actividades que se pueden desarrollar directamente por el operario, de forma que apoya directamente al 3rea de mantenimiento para reducir la probabilidad de ocurrencia de


<p><b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b></p>	
<p>Manual Lean Maintenance</p> <p>Poka Yoke</p>	<p>Código: GO-M-LM-003</p> <p>Página: 13/18</p>

daños por este tipo de causas; fomenta la cooperación y aporta a que el plan de mantenimiento programado se desarrolle de acuerdo con las planificaciones, disminuyendo pérdidas en el proceso. El POKA YOKE que se propone para este primer caso trata el señalar e identificar las zonas o piezas críticas que generan averías a causa de la falta de limpieza, ajuste o lubricación.


**Situación inicial**

En la imagen se puede observar una de las mezcladoras alimenta a la línea de extrusión y peletizado.



<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance  Poka Yoke	Código: GO-M-LM-003  Página: 14/18

**Propuesta Poka Yoke**




Para la mezcladora, la iluminación led secuencial para verificación de limpieza se colocaría en:

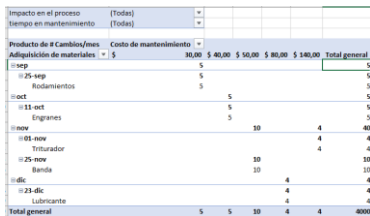
1. La banda rotatoria
2. Observación de la rotación del motor
3. Verificación de la compuerta de inspección y limpieza para no contaminar el producto afectando su calidad.
4. Verificación de funcionamiento de bomba eléctrica.

## **DESARROLLO POKA YOKE DOS**


Para el programa de mantenimiento preventivo y predictivo, el principal inconveniente es que no se cuenta con una buena gestión en el registro de averías; por lo cual, la data usada para la gestión del mantenimiento no es totalmente acertada. Por esta razón se propone como primer paso, determinar las causas más comunes en las averías de cada una de las máquinas; paso 2, identificar las zonas y partes más críticas y generar un formato Check-List para cada máquina; 3, la información recolectada, se alimentará una base de datos y se lo interpretará en una tabla dinámica que puede ser complementada por una representación gráfica haciendo uso de Power BI o macros. Tabla 44.

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 15/18

**Tabla 44.** Formato de diseño de Poka Yoke para el programa de mantenimiento preventivo y predictivo.

Proceso: programa de mantenimiento preventivo y predictivo.																																											
<b>Error:</b> El registro y gestión de datos de las averías es ineficiente																																											
<b>Tipo de Poka Yoke:</b> Informativo																																											
<b>Solución:</b> Check-list por máquina de las zonas o partes críticas y análisis dinámico de la data.																																											
<b>Bandera roja:</b> no se consideran todas las zonas y partes críticas, la inspección no es efectiva, el análisis de datos es básico.																																											
<b>Descripción del proceso:</b> Los colaboradores de mantenimiento deben realizar una inspección de las máquinas dentro del programa de mantenimiento preventivo con el fin de identificar zonas o piezas críticas, desgastadas o con posibles averías y poder analizarlas a través de la representación gráfica de datos dinámicos.																																											
<b>Por ejemplo:</b> Partes críticas de la peletizadora <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rotor de martillos</li> <li>• Cámara de molienda</li> <li>• Martillos de choque</li> <li>• Alimentador</li> </ul> <p>Las averías que se presentan en esta máquina que se coloca en tres líneas de producción en la planta de balanceado, para la producción de alimento balanceados para aves, cerdos, y animales menores. Las averías en estas partes generan la mayor parte de parada, siendo necesaria el análisis de data es primordial.</p>																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>Parte crítica</th> <th># Cambios/m</th> <th>Impacto en el proceso</th> <th>gestión de los materiales</th> <th>costo de materiales</th> <th>tiempo en mantenimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Banda</td> <td>10</td> <td>ALTO</td> <td>2022-11-25</td> <td>\$ 50,00</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Engranajes</td> <td>5</td> <td>BAJO</td> <td>2022-10-11</td> <td>\$ 40,00</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Rodamientos</td> <td>5</td> <td>ALTO</td> <td>2022-09-25</td> <td>\$ 30,00</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Lubricante</td> <td>4</td> <td>MEDIO</td> <td>2022-12-23</td> <td>\$ 80,00</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Tritrador</td> <td>4</td> <td>BAJO</td> <td>2022-11-01</td> <td>\$ 140,00</td> <td>8</td> </tr> </tbody> </table>	#	Parte crítica	# Cambios/m	Impacto en el proceso	gestión de los materiales	costo de materiales	tiempo en mantenimiento	1	Banda	10	ALTO	2022-11-25	\$ 50,00	4	2	Engranajes	5	BAJO	2022-10-11	\$ 40,00	10	3	Rodamientos	5	ALTO	2022-09-25	\$ 30,00	3	4	Lubricante	4	MEDIO	2022-12-23	\$ 80,00	2	5	Tritrador	4	BAJO	2022-11-01	\$ 140,00	8	
#	Parte crítica	# Cambios/m	Impacto en el proceso	gestión de los materiales	costo de materiales	tiempo en mantenimiento																																					
1	Banda	10	ALTO	2022-11-25	\$ 50,00	4																																					
2	Engranajes	5	BAJO	2022-10-11	\$ 40,00	10																																					
3	Rodamientos	5	ALTO	2022-09-25	\$ 30,00	3																																					
4	Lubricante	4	MEDIO	2022-12-23	\$ 80,00	2																																					
5	Tritrador	4	BAJO	2022-11-01	\$ 140,00	8																																					




<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 16/18

### **POKA YOKE TRES**


Para el proceso de selección de proveedores y la requisición de partes, piezas, equipos y materiales se ha identificado que el principal problema la gestión de requisición de materiales como tal y el manejo de proveedores; el tiempo de entrega de los materiales es demasiado extenso y se han presentado caso en los que se ha parado la producción por más de 5 horas porque la pieza utilizada para reparar una avería en la línea de extrusión no cumplía con las características lo que ocasionó una avería mayor que implicó la contratación de un empresa externa generando altos costos; por lo que, genera inconvenientes. La propuesta POKA YOKE es elaborar una matriz que reúna todos los proveedores calificados y se analice los resultados a través de un histograma o análisis de Pareto en donde se pueda visualizar gráficamente y tener alertas de los proveedores que no están dentro del rango aceptable de calificación por medio de criterios claros, simples y efectivos en cuanto a la aprobación de la compra de los mismos. Ver Tabla 45.

**Tabla 45.** Formato de diseño de Poka Yoke para la gestión de requerimiento de materiales.

<b>Proceso: Gestión de requerimiento de materiales</b>
<b>Error:</b> El registro y gestión de datos de las averías es ineficiente
<b>Tipo de Poka Yoke:</b> informativo
<b>Solución:</b> procesos estandarizados y matriz de calificación de proveedores con un análisis de calificaciones de los proveedores a través de un diagrama de Pareto.
<b>Bandera roja:</b> Los proveedores no cuentan con un compromiso en el suministro de materiales, y no se cuenta con un análisis de los proveedores potenciales
<b>Descripción del proceso:</b> Según los requerimientos de materiales, el responsable de compras cotiza o se comunica con el proveedor para gestionar la compra del artículo.

<b>BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.</b>	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 17/18

**Evaluación y selección de proveedores:** se realiza de acuerdo con la matriz y la escala de valoración con 5 ponderaciones que se describen en el proceso de evaluación y selección de proveedores de la propuesta documental 2 que se expone en esta investigación.


 <b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>																						
<b>CALIFICACIÓN DE PROVEEDORES MANTENIMIENTO</b>																						
PROVEEDORES	CRITERIOS DE CALIFICACIÓN																				PROM	%
	CALIDAD					PRECIO					DOCUMENTACIÓN					ACUERDOS						
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5		
Disensa			3				2								5					5	3,75	75%
Ecuimco				4					4					3						5	4	80%
Comercial Kwvi S.A.			3						3						5					4	3,75	75%
Megahierro					5				3			2								5	3,75	75%
Demaco				4						4					5					4	4,25	85%
																					#DIV/0!	0%
																					#DIV/0!	0%

#### POKA YOKE 4

Para el proceso de gestión en el manejo de herramientas y repuestos, el principal problema es el almacenamiento de repuestos y que dificulta la localización de una herramienta o conjunto de herramientas para el mantenimiento de una maquina en específico; por esta razón, el Poka Yoke propuesto para este proceso consiste en la creación de tableros etiquetados para las herramientas según su función, considerando su uso (medición, trazado, sujeción, corte, desbaste, golpe y maquinado) y el tipo (manual y mecánica). Para los repuestos, se plantea el uso de etiquetas con código de colores según el tipo de repuesto y la máquina a la que corresponden. Finalmente, la disposición física es de gran importancia; es así que, se delimitaran las zonas de almacenamiento de repuestos según la familia de máquinas a las cuales pertenecen, ver tabla 46.

**Tabla 46.** Formato de diseño de Poka Yoke para el manejo de herramientas y repuestos.

<b>Proceso:</b> Gestión de manejo de herramientas y repuestos
<b>Error:</b> Almacenamiento y disposición de herramientas y repuestos
<b>Tipo de Poka Yoke:</b> Agrupado

BIOALIMENTAR CÍA. LTDA.	
Manual Lean Maintenance	Código: GO-M-LM-003
Poka Yoke	Página: 18/18

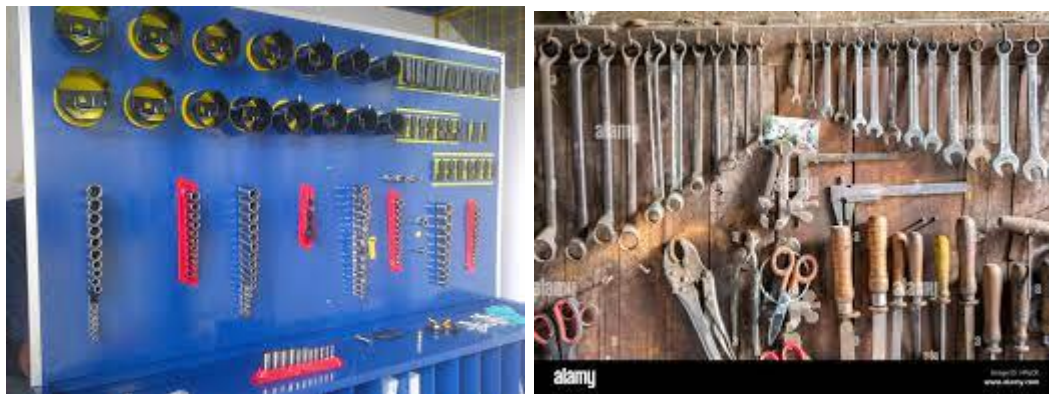
**Solución:** Tablero etiquetado por Familia de herramientas, etiquetas con código de colores según los repuestos y la máquina a la que pertenecen, zonas físicas delimitadas con los repuestos según la familia de máquinas a la que pertenecen.

**Bandera roja:** Desorganización en la disposición de las herramientas y repuestos, repuestos similares para maquinas similares

**Descripción del proceso:** Según la máquina o máquina herramienta destinada a darle mantenimiento preventivo o correctivo, el colaborador debe ir al almacén de repuestos y herramientas y seleccionar un grupo de herramientas y de repuestos.

**Evaluación y selección de proveedores**

Agrupación de herramientas según su uso



Agrupación de repuestos según la familia de maquinas



## CAPÍTULO IV

### 4.1. Conclusiones

La gestión de mantenimiento de Bioalimentar Cía. Ltda. se diagnostica a través del análisis cuantitativo de indicadores como el índice de eficiencia global OEE que está compuesto por indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad que se dan en el proceso productivo, así como también cobra importancia el análisis de indicadores como horas de para no programada debido a causas de mantenimiento, estos datos fueron recolectados de forma presencial, también se analiza el aspecto cualitativo a través de entrevistas, análisis de causa y la herramienta de evaluación COVENIN 2500-93 que amplía el análisis a 12 áreas críticas en la gestión del mantenimiento, determinando que las áreas críticas de la gestión de mantenimiento actual en Bioalimentar Cía. Ltda. actualmente son el mantenimiento correctivo, el área de recursos y el mantenimiento por avería.

Se proponen principalmente 5 herramientas Lean Maintenance basadas en la literatura revisada y direccionada a mejorar las áreas diagnosticadas como críticas determinando los desperdicios; encontrando que los principales desperdicios son: esperas, retrabados a causa de agentes contaminadores como harinas resultado del proceso productivo, movimientos y entre otros. Con base a estas se determina las herramientas Lean Maintenance a proponer documentalmente por medio de la herramienta de análisis jerárquico proponiendo una estructura de jerarquización que relaciona los desperdicios y las herramientas Lean Maintenance a través de una calificación cuali-cuantitativa. Se seleccionan 3 herramientas Lean Maintenance que son 5S con una representación del 47,0 %, trabajo estandarizado con 26,4% y Poka Yoke con 10,9% teniendo una totalidad entre las tres herramientas del 84,3% del 100% analizado, determinando que estas son las herramientas a desarrollar documentalmente en la propuesta.

Se desarrolla la herramienta 5S iniciando con la evaluación inicial y su correspondiente propuesta de mejora en el que se establecen procedimientos, formatos y establecen responsables para el desarrollo de la herramienta, también se expone un plan de capacitación con temas tentativos relacionados con la herramienta, con el objetivo de

mantener colaboradores que apoyan y fomenten la aplicación de la propuesta de forma activa.

Las otras dos herramientas que se proponen refuerzan la corrección de los errores visualizados para generar cambios específicos en la gestión de mantenimiento actual; de modo que, se desarrolla la herramienta de trabajo estandarizado a través de la implementación de 3 procesos que se describen, justifican, designan responsables de ejecución. Estos procedimientos se enfocan en detectar las causas de las averías por medio del análisis de averías y determinación de fuentes de contaminación, se establece el procedimiento para realizar mantenimiento autónomo en la planta productiva y la evaluación y selección de proveedores, el fin es mejorar la entrega de materiales que cumplan con criterios como: repuestos de calidad, con características correctas y garantía efectiva esto garantiza la mantención del crecimiento del indicador de disponibilidad y eficiencia.

Finalmente, la propuesta de la herramienta de Poka Yoke genera el apoyo fundamental para las anteriores herramientas, a través de Poka Yokes de tipo informativo, agrupado y secuencial en el que se proponen apostar por sistemas de indicación en las máquinas que impida que los trabajadores se olviden fácilmente de las indicaciones, charlas o capacitaciones que se realicen, para entrenarlos en el mantenimiento autónomo (principalmente en actividades de limpieza, lubricación y ajustes menores en caso de requerirse). En el caso de la propuesta del Poka Yoke agrupado se aporta a mejorar la gestión visual y por lo tanto la disminución de pérdidas de tiempo en búsquedas de repuestos y herramientas funcionales para utilizarlas en las actividades planificadas de mantenimiento.

## **4.2. Recomendaciones**

Las herramientas de evaluación de la gestión de mantenimiento están diversificadas ya que el mantenimiento es un área dinámica y que cambia en función del tamaño, tecnificación de la empresa y otros aspectos; Por lo que se sugiere, valorar con otros métodos de evaluación de gestión ya que el objetivo es mantenerse en mejora continua. Realizar el seguimiento continuo de las medidas propuestas para que la aplicación de las herramientas sea efectiva y garanticen la mejora continua de los departamentos de producción y mantenimiento de forma proactiva.

A largo plazo analizar la factibilidad de implementación de las otras dos herramientas evaluadas TPM y SMED, que brindará competitividad a la empresa y datos aún más tecnificados a través del estudio de tiempos para mejorar aún más esta gestión crítica en las empresas manufactureras.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] E. Álvarez Fernández, “Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM,” *Trabajo Fin de Máster Título de Máster Universitario en TECNOLOGÍAS MARINAS Y MANTENIMIENTO*, p. 63, 2018.
- [2] J. Isaías Salas Hernández, N. Rodríguez Laverde, and A. Diaz Portillo, “Auditoría de mantenimiento: La unión de dos herramientas esenciales para beneficio de la producción industrial moderna,” *CICAG: Revista del Centro de Investigación de Ciencias Administrativas y Gerenciales*, vol. 15, no. 1, pp. 226–258, 2017.
- [3] J. Ardila Marin, M. Ardila Marín, D. Rodríguez, and D. Hincapié Zuluaga, “La gerencia del mantenimiento: Una revisión,” *Dimensión empresarial*, vol. 14, no. 2, pp. 129–144, 2016.
- [4] V. Ames, W. Vásquez, I. Macassi, and C. Raymundo, “Maintenance management model based on Lean Manufacturing to increase the productivity of a company in the Plastic sector,” *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2019-July, no. July 2019, pp. 24–26, 2019, doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.33.
- [5] M. C. GASCA, L. L. CAMARGO, and B. MEDINA, “Gestión del mantenimiento para la confiabilidad operacional,” *Espacios*, vol. 41, no. 47, pp. 250–261, 2020, doi: 10.48082/espacios-a20v41n47p18.
- [6] E. Pérez Adán, “Diseño de una metodología para generar un plan de mantenimiento a través de la integración de Reliability Centered Maintenance, World Class Manufacturing y Lean Manufacturing aplicable en procesos de trefilado de alambroón Caso de estudio: Empresa Mexicana,” Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2019.
- [7] A. H. Mauricio Rimachi and P. Olarte Rojas, “Implementación de Lean maintenance para optimizar los costos de mantenimiento de unidades en una empresa de transportes de carga pesad., SJL 2020,” 2020.
- [8] V. Jáuregui, M. Alexander, S. Tinoco, and A. Edwin, “Implementación de la metodología Lean Maintenance para la línea de producción ‘ gres porcelánico ’ en una empresa del rubro cerámico,” 2021.
- [9] G. Fajardo Marin, “La industria 4.0: un análisis comparado entre países Latinoamericanos países desarrollados,” *Angewandte Chemie International Edition*, vol. 6, no. 11, pp. 951–952, 2018.
- [10] R. Suárez Vicente, “Aplicación de herramientas lean en el área de mantenimiento de una empresa minera,” 2015.

- [11] M. Meraz-Mendez, C. Lerma-Hernández, and G. Corral-Ramírez, “La industria 4.0 en el mantenimiento industrial,” *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 3, no. 7, pp. 17–24, 2019, doi: 10.35429/jie.2019.7.3.17.24.
- [12] J. Y. Uzcátegui-Gutiérrez, A. Varela-Cárdenas, and J. I. Díaz-García, “Aplicación de herramientas de clase mundial para la gestión de mantenimiento en empresas cementeras basado en la metodología MCC,” *Respuestas*, vol. 21, no. 1, pp. 77–88, 2016, doi: 10.22463/0122820x.639.
- [13] M. Antonio Cestas Jara and E. I. Cerna Gómez, “Implementación de la metodología Lean Maintenance en el Proceso de gestión de Mantenimiento de la empresa Stracon S.A en el Proyecto minero Shahuindo Cajamarca para aumentar la disponibilidad y confiabilidad,” Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [14] O. Cáceres Roa and J. Gamez Puchuri, “Aplicación de la herramienta TPM para mejorar la productividad en el proceso de granallado, empresa JCB Estructuras S.A.C., 2019,” 2019.
- [15] N. Martínez and J. C. Osorio, “Gestión de inventarios de repuestos considerando el riesgo,” *Espacios*, vol. 39, p. 29, 2018.
- [16] C. Dominguez Torres and I. C. Rincon Paez, “Aplicación de los pilares del TPM para la mejora en el mantenimiento de la flota de ETIB S.A.S,” 2019.
- [17] G. Herrera-Sánchez, L. del C. Morán-Bravo, J. L. Gallardo-Navarro, and A. Silva-Juárez, “Gestión del mantenimiento y la industria 4.0,” *Revista de Ingeniería Innovativa*, vol. 4, no. 15, pp. 18–28, 2020, doi: 10.35429/joie.2020.15.4.18.28.
- [18] P. A. García Hurtado, “Propuesta de gestión del mantenimiento en la empresa ‘POPIS CIA.LTDA,’” Universidad de las Américas, 2018.
- [19] J. D. Suárez Negrete, “Desarrollo de un sistema de gestión de mantenimiento para reducir la presencia sistemática de fallas y paras imprevistas en equipos y maquinarias en la empresa productos AVON Ecuador,” 2018.
- [20] A. F. Forero Rodriguez, “La gestión del mantenimiento productivo total como herramienta de mejoramiento en empresas de sector manufactura,” 2020. [Online]. Available: <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- [21] J. C. Bucay and M. E. Carrillo, “Optimización de la gestión de mantenimiento basado en la disponibilidad operacional de equipos en la planta de pintura de le empresa CIAUTO Ambato,” 2018. [Online]. Available: <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/9825>
- [22] A. Bakri *et al.*, “Addressing the issues of maintenance management in smes: Towards sustainable and lean maintenance approach,” *Emerging Science Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 367–379, 2021, doi: 10.28991/esj-2021-01283.



- [23] D. Perez Cotrina, “Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística Y mantenimiento para incrementar la rentabilidad de un molino de alimento balanceado, Trujillo, 2020,” Universidad Privada del Norte, 2020.
- [24] A. D. Cabrera Saez, “Propuesta de mejora mediante herramientas del Mantenimiento Productivo Total (TPM) para disminuir los costos operativos del área de peletizado de la empresa avícola El Rocío S.A,” 2017.
- [25] T. Pal Singh and I. Singh Ahuja, “Evaluating manufacturing performance through strategic total productive maintenance implementation in a food processing industry,” 2017.
- [26] V. Humarán- Sarmiento, F. E. Parra- Téllez, and W. Castro-Leal, “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento, basado en la metodología TPM, en planta productora de alimento balanceado para ganado bovino,” *Revista de Ingeniería Industrial*, vol. 3, no. 9, pp. 26–35, 2019, doi: 10.35429/jie.2019.9.3.26.35.
- [27] J. A. García Segura, Danny Jhoel Quesquén Zegarra, “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL ( TPM ) PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD EN LA EMPRESA DE ALIMENTOS BALANCEADOS ABANOR SRL, CHICLAYO,” 2019.
- [28] F. Piro Guerrero, “Propuesta de mejora del proceso de mantenimiento de una planta de fabricación de de alimento balanceado utilizando la metodología TPM,” 2018.
- [29] R. R. Geldres Marchena, “Propuesta de mejora del sistema de gestion de mantenimiento basado en RCM, para aumenta la disponibilidad del mezclador de dosificación de una empresa de alimentos balanceados acuícola,” 2019.
- [30] G. García, “Propuesta De Mejora De La Gestión De Mantenimiento En Una Empresa De Elaboración De Alimentos Balanceados, Mediante El Mantenimiento Productivo Total (TPM),” Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2018. [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/196532889.pdf>
- [31] F. Pérez, *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial*. 2021.
- [32] A. Ysique, Summer; Maldonado, “SISTEMA DE MEJORA CONTINUA BASADO EN EL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA RDUCIR LOS DESPERDICIOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA INDUAMERICA S.A.C. LAMBAYEQUE 2016,” 2017.
- [33] O. Garcia Palencia, *Gestion moderna del mantenimiento industrial*. Ediciones de la U, 2012.
- [34] L. Villar Ledo, A. Díaz Concepción, M. B. Infante Abreu, J. A. Vilalta Alonso, A. Alfonso Álvarez, and Á. A. Rodríguez Soto, “Analysis of Tools for the Diagnosis

- of Maintenance Management,” *Universidad y Sociedad*, vol. 14, no. 1, pp. 493–510, 2022.
- [35] G. Vásquez and J. Emiro, “Instrumento de Medición para Diagnosticar la Gestión del Mantenimiento,” no. March, pp. 1–15, 2013.
- [36] G. Esteban and E. Erikson, “Gestión del mantenimiento para la operatividad de la maquinaria de movimientos de tierras ICCGSA en la vía Huancayo-Ayacucho,” Universidad Nacional del centro de Perú, 2017.
- [37] C. Casco, “Desarrollo de un plan de mantenimiento basado en el Mantenimiento Productivo Total (TPM) para el sistema de captación, conducción y casa de máquinas en la central Hidroeléctrica RÍO VERDE CHICO,” 2021.
- [38] J. Espejo, “Aplicación del Lean Maintenance para aumentar la productividad de envases plásticos en la empresa Laboratorios SMA S.A.C., distrito Ate, Año 2016,” 2016.
- [39] M. Flores, D. Medina, D. Vargas, and B. Remache-Vinueza, “Assignment of maintenance model based on criticity and availability of the equipment,” *CienciAmerica*, vol. 9, 2020.
- [40] J. Tapia Coronado, T. Escobedo Portillo, E. Barrón López, G. Martínez Moreno, and V. Estebané Ortega, “Marco de Referencia de la Aplicación de Manufactura Esbelta en la Industria TT - A FRAMEWORK FOR THE IMPLEMENTATION OF LEAN MANUFACTURING IN THE INDUSTRY,” *Ciencia & trabajo*, vol. 19, no. 60, pp. 171–178, 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Cuestionario de entrevista sobre la gestión del mantenimiento

#### Entrevista 1

**Objetivo:** Determinar la situación inicial de la gestión del mantenimiento en el campus industrial Pachanlica de Bioalimentar Cía. Ltda.

**Dirigido a:** Analista de mantenimiento

Saludos,

**1. ¿Cuáles son los tipos de mantenimiento que se realizan a los equipos de la planta productiva?**

En la planta de producción de balanceado Bioalimentar Cía. Ltda. se desarrolla mantenimiento de tipo correctivo, preventivo, predictivo y se busca la implementación del autónomo.

**2. ¿Cómo es la comunicación entre las áreas operativas de mantenimiento y producción?**

Normalmente dentro del departamento de mantenimiento y quienes lo componemos mantenemos una buena comunicación; sin embargo, con producción existen deficiencias. Con el alto grado de cambio de personal que se tiene en mantenimiento y con los cambios recientes en el que se ha establecido a un solo gerente de producción y mantenimiento, se espera tener una canal de comunicación mejorado.

**3. ¿Cómo se mide la gestión de mantenimiento dentro de la planta productiva?**

Mantenimiento controla indicadores que tratan de cubrir aspectos de gestión, producción, costos y seguridad laboral, entre los que se documentan dentro de la gestión esta: disponibilidad de maquinaria, tiempo promedio entre falla (MTBF), tiempo promedio de reparación (MTTR), Cantidad de órdenes de trabajo, horas de para y entre otros.

**4. ¿Los activos de la empresa se encuentran debidamente identificados?**

Si, el mantenimiento que se desarrolla se realiza de acuerdo a la línea productiva y características de los equipos, por ejemplo: en los equipos rotatorios se aplica un mantenimiento predictivo, que se basa en la medición de vibraciones, termometrías, etc.

**5. Respecto la gestión de repuestos, ¿Cómo se realiza la compra, almacenamiento y control de repuestos?**

Todo repuesto se registra en el sistema ERP que se maneja en la planta, se realiza la cotización y compra de repuestos de diferentes proveedores dependiendo del repuesto que se requiere. Se trata de gestionar a través de un análisis ABC en el que se identifique el de mayor uso. En la bodega de repuestos se tiene también almacenadas las herramientas.

**6. ¿Qué se considera para plantear las mejoras a realizar en la gestión del mantenimiento?**

Mantenimiento se ha propuesto una pirámide de mantenimiento, compuesta de 5 niveles y que de acuerdo con los indicadores y datos que se registran, nosotros consideramos que estamos en un nivel 3 (mantenimiento proactivo). Con expectativas de mejora ya que en años próximos nos gustaría alcanzar un mantenimiento de clase mundial.

Despedida

## **ANEXO 2: Cuestionario de entrevista para evaluación de la gestión del mantenimiento**

### **Entrevista 2**

**Objetivo:** Diagnosticar la gestión del mantenimiento que se desarrolla en el campus industrial Pachanlica de Bioalimentar Cía. Ltda.

**Dirigido a:** Gerente de operaciones, Analista de mantenimiento

Saludos,

#### **Área 1: Organización de la empresa**

**1. ¿La empresa cuenta con organigramas, funciones y responsabilidades definidas?**

Si, Bioalimentar Cía. Ltda. cuenta con una estructura administrativa bien fundamentada en cada una de sus áreas (operaciones, calidad, marketing y otros), que se dan a conocer al ingresar al puesto de trabajo por medio del adiestramiento. Respecto al rango de autoridad, se respeta los niveles que conforman el organigrama y las funciones que se asignaron a cada una de ellas. En el organigrama predomina una organización vertical. Para toda la información se trata a través de un sistema de información en el que se registra de acuerdo a indicaciones la información.

**2. ¿La toma de decisiones se realiza previa consulta a niveles superiores?**

No, operaciones es una de las áreas que conforman toda la actividad en Bioalimentar por lo que me permito tomar decisiones de importancia de acuerdo a la ruta establecida a través del establecimiento de la misión y visión de la empresa, por lo que de forma independiente se puede tomar decisiones que permiten el cumplimiento de las mismas.

## **Área 2: Organización de mantenimiento**

### **3. ¿Mantenimiento cuenta con organigrama, funciones y responsabilidades definidas?**

Si, el departamento de mantenimiento cuenta con un organigrama que se modifica de acuerdo con los cambios de personal que se realizan, las funciones que desempeñan cada uno se encuentran definidas de acuerdo a los grupos que se organizan y si poseen habilidades técnicas en el área eléctrica o mecánica y un número de técnicos que se dirigen directamente a soporte.

### **4. ¿Cómo se realiza la toma de decisiones, respecto a problemas rutinarios o que surgen?**

De acuerdo con el organigrama el director de mantenimiento se encuentra sujeto a seguir el direccionamiento e indicaciones que provienen de gerencia de operaciones, por lo que existen decisiones en las que se debe pasar por un proceso extenso provocando demoras, además de aparecer conflictos respecto a responsabilidades en caso de fallos.

### **5. ¿Los procedimientos se encuentran estandarizados?**

Respecto a la realización de actividades en cada equipo, no, debido a la gran cantidad de partes y la diferencia de fallos. En las operaciones básicas para la compra de repuestos, y quienes proveen los mismos no se cuenta con procedimientos estandarizados así también no hay procedimientos que midan el impacto real de los diferentes tipos de mantenimiento.

## **Área 3: Planificación de mantenimiento**

### **6. ¿Se establecen objetivos a cumplir de parte de mantenimiento?**

La planificación de mantenimiento se desarrolla de acuerdo con los datos que se recolectan de cada una de las máquinas, en donde se planea cumplir con la programación anual que se establece de acuerdo con la planificación de producción. Por lo que se estima que se cumple con los objetivos propuestos anualmente.

**7. ¿Se han establecido prioridades para las actividades de mantenimiento?**


Para el desarrollo de actividades, se ha realizado el respectivo análisis de criticidad a través del cual se estima la priorización de mantenimiento de equipos, además se considera los costos que generan en caso de que la maquina esta parada, como repercute al proceso productivos y se registran datos de frecuencias y tiempos de respuesta para la reparación que sirven como soporte para el desarrollo de la actividad de mantenimiento.

### ANEXO 3: Captura de planeación de mantenimiento preventivo semanal

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
TAREA		DESCRIPCIÓN EQUIPO		TAREA ASIGNADA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA		DESCR
1	MÁQUINA	CODIGO	Tolva # 1 para recepción de soja	Inspección visual del estado de la carcasa de la tolva	Mensual	Mecánico	MÁQUINA	CODIGO	F
2	Tolva de recibo 1	T01-M-TV01		Inspección visual del estado de la rejilla de la tolva de recibo 1	Mensual	Mecánico	Peletizadora #2	E02-M-PT2	
3	Facilitador: Asistente M			Comprobar y ajustar pernos de la manivela de compuerta	Mensual	Mecánico	Facilitador: Asistente M		
4	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28		Inspección visual del estado de la compuerta	Semanal	Mecánico	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28	
5	TAREA			DESCRIPCIÓN EQUIPO	TAREA ASIGNADA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA	
6	MÁQUINA	CODIGO	Elevador de cangilones #1 hacia silos 8	Inspección visual de existencia de sedimentos en bota del elevador	Mensual	Mecánico	MÁQUINA	CODIGO	Zaranda
7	Elevador TDTTGa1 para	E01-M-EL01		Cambio de cangilones	Mensual	Mecánico	Zaranda 2	Z01-M-HL01	
8	Facilitador: Asistente M			Comprobar y ajustar de los pernos de anclaje del elevador	Mensual	Mecánico			
9	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28		Inspección visual de posibles fisuras del órgano de tracción de banda	Mensual	Mecánico	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28	
10	Motor TDTTGa1	E01-M-EL02		Limpieza interior, exterior y pintura si es necesario	Mensual	Mecánico	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28	
11	Facilitador: Asistente M		Motor eléctrico del elevador TDTTGa1	Limpieza exterior del motor eléctrico	Mensual	Mecánico	Motor E01-M-PT1	E01-M-PT1	Moto
12	Facilitador: Asistente M			Cambio de rodamientos del motor eléctrico	Trimestral	Eléctrico	Facilitador: Asistente M		
13	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28		Lubricación de rodamientos del motor eléctrico	Semanal	Mecánico	Fecha:	Fecha:	
14	TAREA		DESCRIPCIÓN EQUIPO	TAREA ASIGNADA	FRECUENCIA	RESPONSABLE	TAREA		DESCR
15	MÁQUINA	CODIGO	Tolva # 1 para recepción de soja	Aplicación de grasa en rodamientos	112 h	Mecánico	MÁQUINA	CODIGO	Caza fue
16	Distribuidor rotativo #2 hacia	T02-M-TV01		Inspección y limpieza de cribas del molino de martillos	Quincenal	Mecánico	Casa de fuerza	CF01-M-E01	
17	Facilitador: Asistente M			Verificación de la alineación del eje y porta martillos	Trimestral	Mecánico	Facilitador: Asistente M		
18	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28		Inspección visual y limpieza de la cámara de los martillos	Mensual	Mecánico	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28	
19	MÁQUINA	CODIGO	Elevador de cangilones #1 hacia silos 8	Cambio de criba del molino de martillos	2115 h	Mecánico	MÁQUINA	CODIGO	Extruso
20	Elevador TDGa2	E02-M-EL01		Cambio de cangilones	Trimestral	Mecánico			
21	Facilitador: Asistente M			Limpieza de criba del molino de martillos	Mensual	Mecánico	EXT- 03	ET-M-EL03	
22	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28		Inspección visual de posibles fisuras del órgano de tracción de banda	Mensual	Mecánico	Facilitador: Asistente M		
23	Motor TDTTGa1	E01-M-EL02		Limpieza interior, exterior y pintura si es necesario	Semanal	Mecánico	Fecha: 22-28	Fecha: 22-28	
24	Facilitador: Asistente M		Motor eléctrico del	Limpieza exterior del motor eléctrico	Semanal	Mecánico	Motor E02	E02-M-EM	Moto
25	Facilitador: Asistente M			Cambio de rodamientos del motor	Semanal	Mecánico	Facilitador: Asistente M		
26	Facilitador: Asistente M								



**ANEXO 4: Imágenes de máquinas que intervienen en el proceso.**

Peletizadora en Mantenimiento	Zona de Zaranda	Alimentador
		

## ANEXO 5. Cálculo Proceso Analítico Jerárquico

### Nivel 2. Determinación de prioridades en los desperdicios

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "CRITERIOS"					
CRITERIOS	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	Espera
Movimientos y transportes	1	1/4	1/3	1/9	1/5
Retrabajos	4	1	1/2	1/7	1/2
Correcciones	3	2	1	1/5	1/6
Inventario	9	7	5	1	1
Espera	5	2	6	1	1
SUMA	22,0000	12,2500	12,8333	2,4540	2,8667

MATRIZ NORMALIZADA "CRITERIOS"						
CRITERIOS	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	Espera	SUMA
Movimientos y transportes	0,045	0,020	0,026	0,045	0,0698	0,207
Retrabajos	0,182	0,082	0,039	0,058	0,1744	0,535
Correcciones	0,136	0,163	0,078	0,082	0,0581	0,517
Inventario	0,409	0,571	0,390	0,408	0,3488	2,126
Espera	0,227	0,163	0,468	0,408	0,3488	1,614

CRITERIOS	PRIOR. RELATIVAS
Movimientos y transportes	0,0414
Retrabajos	0,1070
Correcciones	0,1034
Inventario	0,4253
Espera	0,3229

Nivel 3. Determinación de prioridades de la alternativa vs el desperdicio

**Prioridades de alternativas en función a Movimientos y transporte**

Matriz de comparaciones pareadas

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>
<b>SMED</b>	1	1	1	1/3	1/5
<b>Poka yoke</b>	1	1	1/3	1	1/7
<b>TPM</b>	1	3	1	1	1/4
<b>Trabajo estandarizado</b>	3	1	1	1	1/5
<b>5'S</b>	5	7	4	5	1
<b>SUMA</b>	<b>11,000</b>	<b>13,000</b>	<b>7,333</b>	<b>8,333</b>	<b>1,793</b>

Matriz de comparaciones normalizada

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>	<b>SUMA</b>
<b>SMED</b>	0,0909	0,0769	0,1364	0,0400	0,1116	0,4557
<b>Poka yoke</b>	0,0909	0,0769	0,0455	0,1200	0,0797	0,4130
<b>TPM</b>	0,0909	0,2308	0,1364	0,1200	0,1394	0,7175
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,2727	0,0769	0,1364	0,1200	0,1116	0,7176
<b>5'S</b>	0,4545	0,5385	0,5455	0,6000	0,5578	2,6962

Matriz de prioridades

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>PRIO. RELATIVA</b>	<b>PRIO. CRITERIO</b>	<b>PRIORIDADES</b>
<b>SMED</b>	0,0911	0,0414	0,0038
<b>Poka yoke</b>	0,0826		0,0034
<b>TPM</b>	0,1435		0,0059
<b>Trabajo</b>	0,1435		0,0059
<b>5'S</b>	0,5392		0,0223

Prioridades de alternativas en función a **Retrabajos**

Matriz de comparaciones pareadas

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>
<b>SMED</b>	1	1/3	1	1/7	1/5
<b>Poka yoke</b>	3	1	1/2	1/2	1/5
<b>TPM</b>	1	2	1	1/2	1/3
<b>Trabajo estandarizado</b>	7	2	2	1	1
<b>5'S</b>	5	5	3	1	1
<b>SUMA</b>	<b>17,000</b>	<b>10,333</b>	<b>7,500</b>	<b>3,143</b>	<b>2,733</b>

Matriz de comparaciones normalizada

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>	<b>SUMA</b>
<b>SMED</b>	0,0588	0,0323	0,1333	0,0455	0,0732	0,3430
<b>Poka yoke</b>	0,1765	0,0968	0,0667	0,1591	0,0732	0,5722
<b>TPM</b>	0,0588	0,1935	0,1333	0,1591	0,1220	0,6667
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,4118	0,1935	0,2667	0,3182	0,3659	1,5560
<b>5'S</b>	0,2941	0,4839	0,4000	0,3182	0,3659	1,8620

Matriz de prioridades

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>PRIO. RELATIVA</b>	<b>PRIO. CRITERIO</b>	<b>PRIORIDADES</b>
<b>SMED</b>	0,0686	0,1070	0,0073
<b>Poka yoke</b>	0,1144		0,0122
<b>TPM</b>	0,1333		0,0143
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,3112		0,0333
<b>5'S</b>	0,3724		0,0399

## Prioridades de alternativas en función a Correcciones

Matriz de comparaciones pareadas

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>
<b>SMED</b>	1	1/5	1/3	1/2	1/9
<b>Poka yoke</b>	5	1	1/2	1/2	1/4
<b>TPM</b>	3	2	1	1/2	1/8
<b>Trabajo estandarizado</b>	2	2	2	1	1/5
<b>5'S</b>	9	4	8	5	1
<b>SUMA</b>	<b>20,000</b>	<b>9,200</b>	<b>11,833</b>	<b>7,500</b>	<b>1,686</b>

Matriz de comparaciones normalizada

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Poka yoke</b>	<b>TPM</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>5'S</b>	<b>SUMA</b>
<b>SMED</b>	0,0500	0,0217	0,0282	0,0667	0,0659	0,2325
<b>Poka yoke</b>	0,2500	0,1087	0,0423	0,0667	0,1483	0,6159
<b>TPM</b>	0,1500	0,2174	0,0845	0,0667	0,0741	0,5927
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,1000	0,2174	0,1690	0,1333	0,1186	0,7384
<b>5'S</b>	0,4500	0,4348	0,6761	0,6667	0,5931	2,8206

Matriz de prioridades

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>PRIO. RELATIVA</b>	<b>PRIO. CRITERIO</b>	<b>PRIORIDADES</b>
<b>SMED</b>	0,0465	0,1034	0,0048
<b>Poka yoke</b>	0,1232		0,0127
<b>TPM</b>	0,1185		0,0123
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,1477		0,0153
<b>5'S</b>	0,5641		0,0584

## Prioridades de alternativas en función a Inventario

Matriz de comparaciones pareadas

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>POKA YOKE</b>	<b>5'S</b>	<b>TPM</b>
<b>SMED</b>	1	1/4	1	1/7	1/4
<b>Poka yoke</b>	4	1	1	1/2	1/6
<b>TPM</b>	1	1	1	1/4	1/8
<b>Trabajo estandarizado</b>	7	2	4	1	1/2
<b>5'S</b>	4	6	8	2	1
<b>SUMA</b>	<b>17,000</b>	<b>10,250</b>	<b>15,000</b>	<b>3,893</b>	<b>2,042</b>

Matriz de comparaciones normalizada

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>SMED</b>	<b>Trabajo estandarizado</b>	<b>POKA YOKE</b>	<b>5'S</b>	<b>TPM</b>	<b>SUMA</b>
<b>SMED</b>	0,0588	0,0244	0,0667	0,0367	0,1224	0,3090
<b>Poka yoke</b>	0,2353	0,0976	0,0667	0,1284	0,0816	0,6096
<b>TPM</b>	0,0588	0,0976	0,0667	0,0642	0,0612	0,3485
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,4118	0,1951	0,2667	0,2569	0,2449	1,3753
<b>5'S</b>	0,2353	0,5854	0,5333	0,5138	0,4898	2,3576

Matriz de prioridades

<b>ALTERNATIVAS</b>	<b>PRIO. RELATIVA</b>	<b>PRIO. CRITERIO</b>	<b>PRIORIDADES</b>
<b>SMED</b>	0,0618	0,4253	0,0263
<b>Poka yoke</b>	0,1219		0,0519
<b>TPM</b>	0,0697		0,0296
<b>Trabajo estandarizado</b>	0,2751		0,1170
<b>5'S</b>	0,4715		0,2005

## Prioridades de alternativas en función a Espera

Matriz de comparaciones pareadas

<i>ALTERNATIVAS</i>	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5'S
SMED	1	1	1	1/6	1/3
Poka yoke	1	1	1	1/2	1/6
TPM	1	1	1	1/4	1/8
Trabajo estandarizado	6	2	4	1	1/2
5'S	3	6	8	2	1
<b>SUMA</b>	<b>12,000</b>	<b>11,000</b>	<b>15,000</b>	<b>3,917</b>	<b>2,125</b>

Matriz de comparaciones normalizada

<i>ALTERNATIVAS</i>	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5'S	SUMA
SMED	0,0833	0,0909	0,0667	0,0426	0,1569	0,4403
Poka yoke	0,0833	0,0909	0,0667	0,1277	0,0784	0,4470
TPM	0,0833	0,0909	0,0667	0,0638	0,0588	0,3636
Trabajo estandarizado	0,5000	0,1818	0,2667	0,2553	0,2353	1,4391
5'S	0,2500	0,5455	0,5333	0,5106	0,4706	2,3100

Matriz de prioridades

ALTERNATIVAS	PRIO. RELATIVA	PRIO. CRITERIO	PRIORIDADES
SMED	0,0881	0,3229	0,0284
Poka yoke	0,0894		0,0289
TPM	0,0727		0,0235
Trabajo estandarizado	0,2878		0,0929
5'S	0,4620		0,1492

MATRIZ DE RESUMEN DE PRIORIDADES PARA HERRAMIENTAS LEAN MAINTENANCE.

<i>ALTERNATIVAS</i>	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	espera	PRIORIDADES
SMED	0,0038	0,0073	0,0048	0,0263	0,0284	<b>0,0706</b>
Poka yoke	0,0034	0,0122	0,0127	0,0519	0,0289	<b>0,1091</b>
TPM	0,0059	0,0143	0,0123	0,0296	0,0235	<b>0,0856</b>
Trabajo estandarizado	0,0059	0,0333	0,0153	0,1170	0,0929	<b>0,2644</b>
5S	0,0223	0,0399	0,0584	0,2005	0,1492	<b>0,4702</b>

**CÁLCULO DE CONSISTENCIA:**

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "CRITERIOS"

CRITERIOS	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	Espera
Movimientos y transportes	1	1/4	1/3	1/9	1/5
Retrabajos	4	1	1/2	1/7	1/2
Correcciones	3	2	1	1/5	1/6
Inventario	9	7	5	1	1
Espera	5	2	6	1	1
SUMA	22,0000	12,2500	12,8333	2,4540	2,8667

MATRIZ NORMALIZADA "CRITERIOS"

CRITERIOS	Movimientos y transportes	Retrabajos	Correcciones	Inventario	Espera
Movimientos y transportes	0,045	0,020	0,026	0,045	0,070
Retrabajos	0,182	0,082	0,039	0,058	0,174
Correcciones	0,136	0,163	0,078	0,082	0,058
Inventario	0,409	0,571	0,390	0,408	0,349
Espera	0,227	0,163	0,468	0,408	0,349

SUMA	$\lambda$
0,207	0,910
0,535	1,311
0,517	1,327
2,126	1,044
1,614	0,926
$\lambda_{max}$	5,518

CRITERIOS	PRIOR. RELATIVAS
Movimientos y transportes	0,041
Retrabajos	0,107
Correcciones	0,103
Inventario	0,425
Espera	0,323

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,103}{1,11}$$

CR= 0,093

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,214	0,041	5,183
0,546	0,107	5,106
0,580	0,103	5,612
2,387	0,425	5,612
1,790	0,323	5,543
	$\lambda_{max}$	5,4112

Nº de Elementos Comparados	IA								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Índice Aleatorio de Consistencia	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,4	1,45

$$\sum C.1 \times ((n_{11} + n_{12} + \dots + n_{1m}) / m) = 1$$

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	1	1	1	1/3	1/5
Poka yoke	1	1	1/3	1	1/7
TPM	1	3	1	1	1/4
Trabajo estandarizado	3	1	1	1	1/5
5S	5	7	4	5	1
SUMA	11,0000	13,0000	7,3333	8,3333	1,7929

MATRIZ NORMALIZADA "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	0,0909	0,0769	0,1364	0,0400	0,1116
Poka yoke	0,0909	0,0769	0,0455	0,1200	0,0797
TPM	0,0909	0,0769	0,1364	0,1200	0,1394
Trabajo estandarizado	0,2727	0,2308	0,1364	0,1200	0,1116
5S	0,4545	0,3846	0,5455	0,6000	0,5578

SUMA	$\lambda$
0,4557	1,003
0,4130	1,074
0,5636	0,827
0,8714	1,452
2,5424	0,912
$\lambda_{max}$	5,267

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

ALTERNATIVAS	PRIOR. RELATIV	PRIOR. CRITER	PRIORIDADES
SMED	0,0911	0,0414	0,0038
Poka yoke	0,0826		0,0034
TPM	0,1127		0,0047
Trabajo estandarizado	0,1743		0,0072
5S	0,5085		0,0210

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,1016}{1,11}$$

CR= 0,0915

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,018	0,004	4,896
0,019	0,003	5,548
0,031	0,005	6,680
0,031	0,007	4,273
0,119	0,021	5,634
$\lambda_{max}$		5,406



MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	1	1/3	1	1/7	1/5
Poka yoke	3	1	1/2	1/2	1/5
TPM	1	2	1	1/2	1/3
Trabajo estandarizado	7	2	2	1	1
5S	5	5	3	1	1
<b>SUMA</b>	<b>17,0000</b>	<b>10,3333</b>	<b>7,5000</b>	<b>3,1429</b>	<b>2,7333</b>

ALTERNATIVAS	PRIO. RELATIV	PRIO. CRITER	PRIORIDADES
SMED	0,0686	0,1070	0,0073
Poka yoke	0,1144		0,0122
TPM	0,1333		0,0143
Trabajo estandarizado	0,3112		0,0333
5S	0,3724		0,0399

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,0827}{1,11}$$

**CR= 0,0745**

MATRIZ NORMALIZADA "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	0,0588	0,0323	0,1333	0,0455	0,0732
Poka yoke	0,1765	0,0968	0,0667	0,1591	0,0732
TPM	0,0588	0,1935	0,1333	0,1591	0,1220
Trabajo estandarizado	0,4118	0,1935	0,2667	0,3182	0,3659
5S	0,2941	0,4839	0,4000	0,3182	0,3659

SUMA	$\lambda$
0,3430	1,166
0,5722	1,182
0,6667	1,000
1,5560	0,978
1,8620	1,018
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	<b>5,345</b>

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,038	0,007	5,233
0,066	0,012	5,392
0,076	0,014	5,329
0,178	0,033	5,332
0,214	0,040	5,367
<b><math>\lambda_{max}</math></b>		<b>5,331</b>

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	1	1/5	1/3	1/2	1/9
Poka yoke	5	1	1/2	1/2	1/4
TPM	3	2	1	1/2	1/8
Trabajo estandarizado	2	2	2	1	1/5
5S	9	4	8	5	1
<b>SUMA</b>	<b>20,0000</b>	<b>9,2000</b>	<b>11,8333</b>	<b>7,5000</b>	<b>1,6861</b>

ALTERNATIVAS	PRIO. RELATIV	PRIO. CRITER	PRIORIDADES
SMED	0,0645	0,1034	0,0067
Poka yoke	0,1416		0,0146
TPM	0,1416		0,0147
Trabajo estandarizado	0,1938		0,0201
5S	0,7880		0,0815

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,1077}{1,11}$$

**CR= 0,0970**

MATRIZ NORMALIZADA "ALTERNATIVAS vs Movimientos y transportes"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	0,0588	0,0194	0,0444	0,1591	0,0407
Poka yoke	0,2941	0,0968	0,0667	0,1591	0,0915
TPM	0,1765	0,1935	0,1333	0,1591	0,0457
Trabajo estandarizado	0,1176	0,1935	0,2667	0,3182	0,0732
5S	0,5294	0,3871	1,0667	1,5909	0,3659

SUMA	$\lambda$
0,3224	1,289
0,7081	1,303
0,7082	1,676
0,9692	1,454
3,9399	1,329
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	<b>7,051</b>

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,034	0,007	5,033
0,086	0,015	5,852
0,084	0,015	5,745
0,108	0,020	5,401
0,418	0,082	5,123
<b><math>\lambda_{max}</math></b>		<b>5,431</b>

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "ALTERNATIVAS vs Inventario"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	1	1/4	1	1/7	1/4
Poka yoke	4	1	1	1/2	1/6
TPM	1	1	1	1/4	1/8
Trabajo estandarizado	7	2	4	1	1/2
5S	4	6	8	2	1
<b>SUMA</b>	<b>17,0000</b>	<b>10,2500</b>	<b>15,0000</b>	<b>3,8929</b>	<b>2,0417</b>

ALTERNATIVAS	PRIO. RELATIV	PRIO. CRITER	PRIORIDADES
SMED	0,0707	0,4253	0,0300
Poka yoke	0,1371		0,0583
TPM	0,0828		0,0352
Trabajo estandarizado	0,3280		0,1395
5S	0,5770		0,2454

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,0864}{1,11} = 0,0779$$

MATRIZ NORMALIZADA "ALTERNATIVAS vs Inventario"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	0,0588	0,0242	0,1333	0,0455	0,0915
Poka yoke	0,2353	0,0968	0,1333	0,1591	0,0610
TPM	0,0588	0,0968	0,1333	0,0795	0,0457
Trabajo estandarizado	0,4118	0,1935	0,5333	0,3182	0,1829
5S	0,2353	0,5806	1,0667	0,6364	0,3659

SUMA	$\lambda$
0,3533	1,201
0,6855	1,405
0,4142	1,243
1,6398	1,277
2,8848	1,178
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	<b>6,304</b>

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,161	0,030	5,362
0,324	0,058	5,563
0,189	0,035	5,368
0,730	0,139	5,234
1,276	0,245	5,201
<b><math>\lambda_{max}</math></b>		<b>5,346</b>

MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS "ALTERNATIVAS vs Inventario"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	1	1	1	1/6	1/3
Poka yoke	1	1	1	1/2	1/6
TPM	1	1	1	1/4	1/8
Trabajo estandarizado	6	2	4	1	1/2
5S	3	6	8	2	1
<b>SUMA</b>	<b>12,0000</b>	<b>11,0000</b>	<b>15,0000</b>	<b>3,9167</b>	<b>2,1250</b>

ALTERNATIVAS	PRIO. RELATIV	PRIO. CRITER	PRIORIDADES
SMED	0,0928	0,3229	0,0300
Poka yoke	0,1018		0,0329
TPM	0,0828		0,0267
Trabajo estandarizado	0,3162		0,1021
5S	0,5652		0,1825

$$CR = \frac{IC}{IA} = \frac{0,0579}{1,11} = 0,0522$$

MATRIZ NORMALIZADA "ALTERNATIVAS vs Inventario"

ALTERNATIVAS	SMED	Poka yoke	TPM	Trabajo estandarizado	5S
SMED	0,0588	0,0968	0,1333	0,0530	0,1220
Poka yoke	0,0588	0,0968	0,1333	0,1591	0,0610
TPM	0,0588	0,0968	0,1333	0,0795	0,0457
Trabajo estandarizado	0,3529	0,1935	0,5333	0,3182	0,1829
5S	0,1765	0,5806	1,0667	0,6364	0,3659

SUMA	$\lambda$
0,4639	1,113
0,5090	1,120
0,4142	1,243
1,5809	1,238
2,8260	1,201
<b><math>\lambda_{max}</math></b>	<b>5,915</b>

$$IC = \frac{\lambda_{max} - m}{m - 1}$$

$\sum (a_{ij} \times W_{ij})$	$W_{ij}$	$\lambda$
0,167	0,030	5,589
0,171	0,033	5,204
0,138	0,027	5,156
0,546	0,102	5,346
0,888	0,182	4,865
<b><math>\lambda_{max}</math></b>		<b>5,232</b>

ALTERNATIVAS	PRIORIDADES
SMED	0,08
Poka yoke	0,12
TPM	0,10
Trabajo estandarizado	0,30
5S	0,57

1

CRITERIOS	CONSISTENCIA	CRITERIOS	CONSISTENCIA
OBJETIVO	0,0926	Movimientos y transportes	0,0915
		Retrabajos	0,0745
		Correcciones	0,0970
		Inventario	0,0779
		Espera	0,0522
<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0926</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0754</b>

<b>PROMEDIO</b>	<b>0,0840</b>
-----------------	---------------