

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO**  
**DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**TEMA:**

**“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE  
LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA INGENIO AZUCARERO DEL NORTE”**

**AUTOR: WILSON MICHAEL PEÑA ZARUMA**

**DIRECTOR: MSC. RAMIRO VICENTE SARAGURO PIARPUEZAN**

**IBARRA – ECUADOR**

**2024**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**  
**TECNICA DEL NORTE**

**1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente Trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>		070660855-1	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		Wilson Michael Peña Zaruma	
<b>DIRECCIÓN:</b>		Ibarra	
<b>EMAIL:</b>		<a href="mailto:wmpenaz@utn.edu.ec">wmpenaz@utn.edu.ec</a>	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	S/N	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	+593 998435226
<b>DATOS DE LA OBRA</b>			
<b>TÍTULO:</b>		OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE LAS HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA INGENIO AZUCARERO DEL NORTE	
<b>AUTOR(ES):</b>		Wilson Michael Peña Zaruma	
<b>FECHA: DD/MM/AA</b>		09-01-2024	
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO</b>			
<b>PROGRAMA:</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>	
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>		Ingeniería Industrial	
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>		Ing. Ramiro Saraguro	

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de Enero de 2024

### EL AUTOR:



Wilson Michael Peña Zaruma

070660855-1



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**CERTIFICADO DEL TUTOR**

Ingeniero Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezan, Director de Trabajo de Grado desarrollado por el señor estudiante **WILSON MICHAEL PEÑA ZARUMA**.

**CERTIFICA**

Que, el proyecto de Trabajo de grado titulado **“OPTIMIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN A TRAVÉS DE HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN LA EMPRESA INGENIO AZUCARERO DEL NORTE”**, ha sido elaborado en su totalidad por el señor estudiante **Wilson Michael Peña Zaruma**, bajo mi dirección, para la obtención del título de Ingeniero Industrial. Luego de ser revisado, considerando que se encuentra concluido y cumple con las exigencias y requisitos académicos de la Facultad de Ingenierías en Ciencias Aplicadas. Carrera de Ingeniería Industrial, autoriza su presentación y defensa para que pueda ser juzgado por el tribunal correspondiente.

Ibarra, 04 de Enero del 2024.

**ING. RAMIRO SARAGURO, MSc**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DEDICATORIA**

*Este trabajo es dedicado a mi familia, en especial a mi madre y abuela quienes me han apoyado en todo este proceso, le dedico mi trabajo y mi esfuerzo a mi yo del futuro indicándole que si se pudo y mostrando que siempre se podrá.*



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a mi profesores, amigos, tutor y familia por todo el apoyo brindado, por confiar en mí y permitirme llegar a donde estoy, gracias a mi madre que siempre estuvo pendiente en cada paso y mi abuela por estar conmigo en cada momento delicado, mis amigos que me han acompañado en este proceso universitario en especial a Daniela, Elizabeth, Byron, Emily y Jessica. Gracias a mi tutor Saraguro por todo lo enseñado y por siempre ayudarme a pesar de los inconvenientes, siempre mantener la paciencia y aportar a mi formación.*

*A todos y cada uno GRACIAS.*

## ÍNDICE

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

<b>TECNICA DEL NORTE</b> .....	ii
<b>CERTIFICADO DEL TUTOR</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xii
<b>ANEXOS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>Capítulo I</b> .....	16
<b>1. Generalidades</b> .....	16
<b>1.1 Introducción</b> .....	16
<b>1.2 Problema</b> .....	17
<b>1.3 Objetivos</b> .....	18
<b>1.3.1 Objetivo general</b> .....	18
<b>1.3.2 Objetivo específico</b> .....	18
<b>1.4 Justificación</b> .....	19
<b>1.5 Alcance</b> .....	20
<b>Capítulo II</b> .....	21

<b>2. Marco Teórico</b> .....	21
<b>2.1 Ingenio azucarero</b> .....	21
<b>2.2 Producción</b> .....	21
<b>2.2.1 Producción industrial</b> .....	21
<b>2.2.2 Tipos de producción industrial</b> .....	22
<b>2.3 Gestión de la producción</b> .....	22
<b>2.4 Administración de operaciones</b> .....	23
<b>2.4.1 Objetivos de la administración de operaciones</b> .....	23
<b>2.4.2 Enfoque</b> .....	23
<b>2.5 Estudio del trabajo</b> .....	24
<b>2.5.1 Técnicas de Medición del trabajo</b> .....	24
<b>2.5.2 Estudio de tiempos</b> .....	25
<b>2.6 Lean Manufacturing</b> .....	27
<b>2.6.1 Antecedentes de Lean Manufacturing</b> .....	28
<b>2.6.2 Objetivos</b> .....	29
<b>2.6.3 Principios y características</b> .....	30
<b>2.6.4 Herramientas de Lean Manufacturing</b> .....	33
<b>2.6.5 Marco legal</b> .....	46
<b>Capítulo III</b> .....	48
<b>3.1 Metodología</b> .....	48
<b>3.1.1 Tipo de investigación</b> .....	48

<b>3.1.2 Método de investigación</b> .....	48
<b>3.1.3 Técnicas de investigación</b> .....	48
<b>3.1.4 Instrumentos</b> .....	49
<b>3.2 Análisis organizacional de la empresa</b> .....	49
<b>3.2.1. Antecedentes empresariales</b> .....	49
<b>3.2.2. Descripción empresarial</b> .....	49
<b>3.2.3 Localización empresarial</b> .....	50
<b>3.2.4 Misión</b> .....	51
<b>3.2.5 Visión</b> .....	51
<b>3.2.6 Organigrama</b> .....	51
<b>3.2.7 Jornada laboral</b> .....	52
<b>3.2.8 Lay out</b> .....	53
<b>3.2.9 Proveedores</b> .....	54
<b>3.2.10 Productos</b> .....	57
<b>3.3 Descripción del proceso productivo</b> .....	59
<b>3.11.1 Recepción y análisis de la caña</b> .....	60
<b>3.11.2 Molienda</b> .....	61
<b>3.11.3 Generación de vapor. (Caldero)</b> .....	61
<b>3.11.4 Clarificación</b> .....	61
<b>3.11.5 Evaporación</b> .....	62
<b>3.11.6 Cristalización</b> .....	63

<b>3.11.7 Centrifugación</b> .....	63
<b>3.11.8 Secado y envasado</b> .....	64
<b>3.4 Estudio de desperdicios</b> .....	64
<b>3.5 Tiempos productivo e improductivos</b> .....	67
<b>3.6 Tiempos de Lean Manufacturing</b> .....	67
<b>3.6.1 Cálculo del Takt time</b> .....	67
<b>3.6.2 Calculo de la Disponibilidad</b> .....	69
<b>3.6.3 Calculo de la Productividad</b> .....	69
<b>3.6.4 Cálculo de Eficiencia</b> .....	70
<b>3.8 Mapa de cadena de valor actual (VSM)</b> .....	71
<b>3.9 Mapa de cadena de valor futuro (VSM)</b> .....	76
<b>Capítulo IV</b> .....	78
<b>4.1 Fase 1: Recolección y búsqueda</b> .....	78
<b>4.2 Fase 2. Análisis del sistema productivo</b> .....	79
<b>4.2.1 Indicadores de Lean Manufacturing</b> .....	80
<b>4.2.2 Priorización de herramientas Lean Manufacturing</b> .....	80
<b>4.3 Fase 3: Propuesta de mejora</b> .....	82
<b>4.3.1 5's</b> .....	82
<b>4.3.2 TPM</b> .....	92
<b>4.4 Fase 4: Análisis de resultados</b> .....	106
<b>4.4.1. Costo de inversión</b> .....	108

<b>Conclusiones</b> .....	112
<b>Recomendaciones</b> .....	113
<b>Referencias</b> .....	114
<b>Anexos</b> .....	118

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.....	30
Figura 2.....	33
Figura 3.....	34
Figura 4.....	39
Figura 5.....	42
Figura 6.....	43
Figura 7.....	46
Figura 8.....	52
Figura 9.....	53
Figura 10.....	59
Figura 11.....	60
Figura 12.....	66
Figura 13.....	69
Figura 14.....	71
Figura 15.....	73
Figura 16.....	77
Figura 17.....	84
Figura 18.....	108

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1. ....	26
Tabla 2. ....	27
Tabla 3. ....	36
Tabla 4. ....	51
Tabla 5. ....	54
Tabla 6. ....	58
Tabla 7. ....	58
Tabla 8. ....	65
Tabla 9. ....	67
Tabla 10. ....	68
Tabla 11. ....	75
Tabla 12. ....	80
Tabla 13. ....	81
Tabla 14. ....	84
Tabla 15. ....	93
Tabla 16. ....	98
Tabla 17. ....	106
Tabla 18. ....	107
Tabla 19. ....	109
Tabla 20. ....	110
Tabla 21. ....	111

**ANEXOS**

Anexo 1.....	118
Anexo 2.....	118
Anexo 3.....	119
Anexo 4.....	119
Anexo 5.....	122
Anexo 6.....	123
Anexo 7.....	124
Anexo 8.....	124
Anexo 9.....	125

## RESUMEN

Este proyecto de investigación se centra en la optimización de la producción mediante LM, el cual fue desarrollado en la industria azucarera IANCEN en el norte del país. La empresa determino por medio de un examen de rendimiento que los equipos estuvieron en uso un 76%, siendo el factor principal de baja producción en la industria.

Se realizó un levantamiento documental de la información que posee la empresa y se diagnosticó su situación con base en criterios de tiempo, eficiencia y productividad. Los preparativos para el actual VSM identificaron los residuos que tienen mayor impacto en la empresa y sus posibles herramientas de solución que se presentarán en futuros VSM.

Las recomendaciones de mejora incluyen el uso de herramientas como 5'S y TPM para reducir los desperdicios detectados o actividades que no agregan valor al producto, reducir el tiempo del ciclo de fabricación de 4032 horas a 3885 horas, además de aumentar la productividad en 2,1 bolsas/hora., lo que permitió que la empresa pudiera aprovechar al máximo sus recursos y que el proyecto cumpliera con los objetivos de la investigación.

## **ABSTRACT**

This research project focuses on production optimization using LM, which was developed at the IANCEN sugar industry in the north of the country. An evaluation of the company determined that equipment utilization was 76%, which was the main reason for the drop in production levels.

A documentary survey of the company's information was carried out and its situation was diagnosed based on time, efficiency and productivity criteria. The preparations for the current VSM identified the wastes that have the greatest impact on the company and their possible solution tools that will be presented in future VSMs.

The recommendations for improvement include the use of tools such as 5'S and TPM to reduce the waste detected or activities that do not add value to the product, reduce the manufacturing cycle time from 4032 hours to 3885 hours, in addition to increasing productivity by 2.1 bags/hour, which allowed the company to make the most of its resources and the project to meet the research objectives.

## **Capítulo I**

### **1. Generalidades**

#### **1.1 Introducción**

La industria azucarera siempre busca optimizar, utilizar sus recursos y mejorar continuamente sus sistemas de producción. En la era actual un factor relevante es la eficiencia, la calidad y la competitividad, por ello, los métodos Lean Manufacturing (LM) contribuyen a estas características de las organizaciones industriales proporcionando avance tecnológico al hacer más con menos recursos.

Según el Banco central del Ecuador y el Centro de investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE) la industria azucarera promueve más de 30.000 empleos directamente y 80.000 indirectamente (Sánchez y otros, 2020). En el 2006 la superficie cosechada para producción de azúcar fue 69,156 ha, de las cuales el 89% se concentra en la Cuenca Baja del Río Guayas (provincias de Guayas, Cañar y Los Ríos), donde están ubicados los ingenios de mayor producción: ECUDOS, San Carlos y Valdez (Castillo, 2013). El 11% restante corresponde a los ingenios IANCEM, en la provincia de Imbabura y Monterrey en la provincia de Loja.

Aplicar la metodología Lean Manufacturing radica en poder ofrecer a los clientes un producto en el cual se ahorró tiempo, se optimizó los recursos disponibles y abarató el proceso productivo en general, logrando un enfoque comercial y financiero basado en los requerimientos de los clientes. Al aplicar la metodología LM reduce considerablemente los tiempos de espera, reduce los gastos de producción, aumenta la productividad y mejora la calidad provocada por un

control minucioso en los desperdicios del proceso. (Production Tools, 2023)

Este proyecto de grado propone optimizar la producción de azúcar refinada aplicando las herramientas Lean Manufacturing (LM), reduciendo los desperdicios que involucran, los cuales son: esperas, defectos, sobreproducción y transporte, para contrarrestar estos desperdicios se da uso del proyecto de reducción de desperdicios por medio de herramientas adecuadas como; 5'S y Mantenimiento Productivo Total (TPM).

## **1.2 Problema**

La caña de azúcar es uno de los cultivos alimentarios y tecnológicos más importantes del mundo. Este producto representa alrededor del 86% de la producción mundial de azúcar, con Brasil, India, China y Tailandia a la cabeza.

La industria azucarera del Ecuador ha experimentado desarrollos complejos y condicionados que han determinado su creación, funcionamiento y sostenibilidad. En el Ecuador, el área de producción de caña de azúcar es de aproximadamente 110,000 has, la mayoría se utiliza para la fabricación de azúcar y el resto es utilizado en la elaboración artesanal de panela y alcohol. (Crear Comunicación, 2013)

IANCEN, es una empresa productora de azúcar proveniente de la caña, siendo ésta su principal actividad. Trabaja con una disponibilidad del 76% de maquinaria en el nivel productivo, ocasionado por insuficiencias en la cadena de producción.

Este proyecto tiene el propósito de analizar la situación actual de la empresa y obtener una

imagen clara del proceso de producción mejorando el nivel actual de fabricación determinando la disponibilidad del proceso en 76% y diseñando recomendaciones de mejora.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo general**

- Diseñar una propuesta de mejora en base a las herramientas Lean Manufacturing para el incremento de la productividad en la elaboración y refinación de azúcar de caña en la industria Ingenio Azucarero del Norte.

#### **1.3.2 Objetivo específico**

- Desarrollar el marco teórico que determine propuestas de mejora y el desarrollo de las herramientas, revisando bases teóricas y científicas para mejorar el modelo de producción del Ingenio Azucarero del Norte (IANCEN).
- Diagnosticar la situación actual de la empresa aplicando diferentes técnicas y herramientas de diagnóstico para la identificación de herramientas Lean aplicables en la empresa.
- Proponer mejoras basadas en herramientas LM, para optimizar los procesos y tiempos en la línea de producción del azúcar de caña refinada.

## 1.4 Justificación

La caña de azúcar es de los cultivos con mayor presencia en el Ecuador debido a la superficie de cultivo, valor de producción y generación de empleo directo. Las principales regiones productoras de azúcar son Guayas, Imbabura, Cañar, Loja y Los Ríos, pero el sector produce en todo el país, excepto Tungurahua, Sucumbíos y Galápagos.

Actualmente, las empresas manufactureras o de servicios enfrentan el problema de encontrar e implementar métodos organizativos y de producción nuevos o llamativos que pueden competir en los mercados internacionales. El modelo de fabricación ajustada, conocido como Lean Manufacturing, es una alternativa consolidada y su aplicación tiene un potencial que debe ser tenido en cuenta por cualquier empresa que pretenda ser competitiva. (IDOIPE, 2013)

La optimización de la producción es de vital importancia para el ingenio, permitiendo un mejor aprovechamiento de la sacarosa e incrementándolo, sin desviarnos del cumplimiento del Plan de Creación de Oportunidades (2021–2025), específicamente con los objetivos nacionales de desarrollo del Eje 1: económico y generación de empleo, enfocados en el objetivo 3 “Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular”

El objetivo de justificación de la empresa IANCEN es realizar un estudio de mejora para minimizar desperdicios y problemas en la producción del azúcar de caña refinada, siendo importante en la mejora continua y todo el proceso sigue su curso fluyente y directa.

### **1.5 Alcance**

El estudio incluye una colección bibliográfica basada en la búsqueda de datos para diseñar un marco teórico con temas y subtemas relevantes para el análisis propuesto. Los resultados del análisis de diagnóstico ayudan a adaptar y solucionar problemas en la investigación aplicada.

El proyecto tiene como objetivo investigar el modelo productivo del refinado de caña de azúcar en el Ingenio azucarero del norte (IANCEN), ubicado en Panamericana Norte km 25, vía Tulcán. Específicamente en el área de producción la cual cuenta con 82 operarios y 12 administrativos, con la finalidad de diseñar una propuesta de mejora de la producción basado en la herramienta LM acoplándose al objetivo de alcanzar la mejora de la productividad y optimización de tiempos.

## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1 Ingenio azucarero

El objetivo principal de un ingenio azucarero es producir azúcar mediante el proceso de transformación de la caña en azúcar. Estos se describen brevemente a continuación. Después de la cosecha de la caña de azúcar, la materia prima es movilizada en camiones, se pesan y luego se descarga el producto. Para su limpieza antes de entrar a la fábrica de jugos.

En la unidad de procesamiento, el jugo se purifica y luego se envía a un evaporador multiefecto donde se concentra y forma un almíbar. Luego se transfiere a tanques donde se forman cristales de sacarosa, que se separan de la miel en una centrífuga. En el paso final del proceso, los cristales húmedos se transfieren a una secadora y se envasan.

#### 2.2 Producción

Analizando el significado de la producción, según (Larrama, 2021) dice que “La producción es toda actividad económica en la que un conjunto de factores productivos crea bienes/servicios, mediante un proceso que, a partir de determinados inputs (insumos), obtiene determinados outputs (productos) “, siendo la producción el eje principal para la actividad económica rigiéndose en los fundamentos principales de satisfacer las demandas del cliente.

##### 2.2.1 Producción industrial

El proceso se dirige principalmente al sector secundario de la economía. Desarrollar un producto comercializable requiere la integración de mano de obra y diversos recursos.

### 2.2.2 Tipos de producción industrial

Existen 4 tipos de producción principales, las cuales responden a las principales variables como el costo, plazo y calidad.

Según (Westreicher, 2020) los principales tipos de producción industrial son:

- **Por encargo:** La empresa fabrica los bienes cada vez que un cliente los solicita, siendo el resultado diferente cada vez. Requiere mucha mano de obra y se relaciona principalmente con bienes especializados.
- **Por lotes:** Se producen varios productos idénticos en una cantidad limitada. Requiere el uso de una plantilla o modelo, lo que reduce el tiempo de fabricación.
- **En Masa:** Se producen unidades idénticas del mismo producto en grandes cantidades. El objetivo es automatizar tareas para producir más con la misma cantidad de trabajadores.
- **Flujo continuo:** El proceso industrial permanece activo las 24 horas del día. Los procesos están totalmente automatizados.

### 2.3 Gestión de la producción

La gestión de la producción es fundamental para el éxito de una empresa u organización. Esto se debe a que el factor más importante de una empresa es la producción. Por tanto, está controlado y organizado para mantener el óptimo desarrollo de la actividad.

La gestión de la producción es un conjunto de herramientas administrativas destinadas a maximizar el nivel de productividad de una empresa, por lo tanto, la gestión de la producción se centra en la planificación, demostración, ejecución y control de muchas otras formas entre sí para obtener el producto (RUIZ, 2017).

## **2.4 Administración de operaciones**

La gestión ajustada es esencial para todo tipo de organización porque los objetivos solo se pueden alcanzar mediante la gestión exitosa de personas, capital, información y materiales. En un tiempo se ocupaba principalmente de la producción manufacturera. (Gómez, 2017) esto quiere decir que la dirección y el control de los procesos se transforman en bienes y servicios terminados.

La gestión de operaciones se entiende como “el arte de combinar los recursos e insumos de una organización para producir productos o proporcionar servicios”. Dado que la gestión de operaciones se ocupa de la producción de bienes y servicios.

### **2.4.1 Objetivos de la administración de operaciones**

Existen cuatro objetivos básicos de la Administración de Operaciones:

1. Servir y satisfacer las necesidades del cliente (externo)
2. Dar bienestar a los empleados (cliente interno)
3. Producir rendimiento a los inversionistas de la empresa
4. Cumplir su responsabilidad ante la comunidad.

### **2.4.2 Enfoque**

Se han desarrollado muchos enfoques para describir el papel del director de operaciones.

Los tres primeros son:

1. **Enfoque funcional:** es el enfoque tradicional o clásico y se centra la planificación, organización y dirección de los directivos que gestionan las actividades de una organización.

2. **Enfoque conductista:** se basa en las relaciones y se centra en las relaciones interpersonales y el comportamiento organizacional. En este esquema o enfoque, los gerentes colaboran con otros miembros para gestionar las actividades de una organización.
3. **Enfoque de toma de decisiones:** también conocido como enfoque de sistemas, se basa en el uso de datos y métodos cuantitativos para tomar decisiones que faciliten el logro de objetivos. Los gerentes de operaciones son los principales responsables de los sistemas operativos o la toma de decisiones en los sistemas operativos.

## **2.5 Estudio del trabajo**

El estudio de operaciones es la evaluación sistemática de los métodos utilizados para implementar actividades con el fin de optimizar el uso eficiente de los recursos y establecer estándares de desempeño para las actividades que se llevan a cabo. (Conduce tu empresa, 2018)

Incluye técnicas de medición del trabajo y métodos de investigación para el uso eficiente de materiales y personal para realizar tareas específicas.

### **2.5.1 Técnicas de Medición del trabajo**

Cuando se menciona el término Medición del Trabajo, no es equivalente al término Estudio de Tiempos, queremos decir que el Estudio de Tiempos es sólo una de las técnicas contenidas en el conjunto "Medición". Las técnicas principales utilizadas en la medición del trabajo son:

- Muestreo del Trabajo
- Estimación Estructurada
- Estudio de Tiempos
- Normas de Tiempo

- Datos

### **2.5.2 Estudio de tiempos**

Es la aplicación de técnicas para la medida del trabajo y conocer el tiempo estándar que se requiere al ejecutar una determinada actividad, operación o proceso la cual puede ser realizada por una maquina o un operario, con la finalidad de aumentar la productividad de la empresa.

#### **Cronometro**

Se utilizó un cronometro digital utilizando tecnología de tiempo a cero, que reinicia el reloj al inicio del curso, hace una pausa al final de la actividad de aprendizaje, registra el tiempo invertido y luego reinicia el cronometro a cero. La deserción es consistente con otros procesos y la cantidad de controles requeridos.

#### **Número de observaciones a cronometrar**

Para determinar el número de inspecciones sectoriales requeridas se utilizó el siguiente cronograma de General Electric, el cual determina el número de inspecciones a realizar durante el ciclo de servicio.

**Tabla 1.***Número de observaciones*

<b>Tiempos de ciclos en minutos</b>	<b>Número recomendando de observaciones</b>
0.10	200
0.25	100
0.5	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Nota: Elaboración propia

**Evaluación del factor de desempeño**

Esta es la tasa de trabajo promedio que recibe cada empleado u operador mientras realiza su trabajo. Se considera que un rendimiento del 100% significa que el operador está operando a velocidad normal y con un rendimiento de calidad. Aquí su coeficiente de rendimiento es 1, lo que corresponde el 100% según su rendimiento.

**Suplementos u holguras**

Este es un valor porcentual que representa la cantidad de tiempo libre que tiene un empleado debido a las condiciones en las que realiza su trabajo. Las tarifas adicionales se basan en el siguiente programa OTI.



transportes, re trabajos por parte de equipos y personas. (Jauregui & Gisbert Soler, 2017)

Este método se enfoca en el despilfarro, el principal problema de las situaciones negativas de las empresas, estos despilfarros ocasionan costos elevados, cuellos de botella, desaprovechamiento de los procesos, etc. Por lo tanto, todo lo que no es absolutamente necesario en términos de equipos, materiales, piezas, espacio y esfuerzo para crear clientes se llama desperdicio.

El desperdicio o redundancia se refiere a cualquier esfuerzo realizado por una empresa que no es esencial para agregar valor al producto o servicio según los requisitos del cliente. Estos esfuerzos aumentan los costos y reducen los niveles de servicio, impactando los resultados que obtiene la empresa.

Toyota clasifica en siete grupos los desperdicios o mudas:

1. Muda de sobreproducción.
2. Muda de sobre inventario.
3. Muda de productos defectuosos.
4. Muda de transporte de materiales y herramientas.
5. Muda de procesos innecesarios.
6. Muda de espera.
7. Muda de movimientos innecesarios del trabajador. (SOCCONINI, 2020)

### **2.6.1 Antecedentes de Lean Manufacturing**

El Lean Manufacturing surgió de la cultura adoptada por las empresas japonesas que pretendían implantar mejoras en la planta de fabricación. Aunque no fueron los primeros en

intentar optimizar la producción y la rentabilidad de la empresa, lograron mejorar el rendimiento del lugar de trabajo y de la línea de producción.

Henry Ford construyó su primer automóvil, el Modelo T, en 1896 y produjo 15 millones de unidades; en 1913, Ford revolucionó la fabricación al crear la línea de montaje.

El desencadenante de la necesidad de desarrollar un nuevo sistema distinto del Taylorismo que dominaba todo por aquellos años, surge porque Toyota había probado con la producción en masa y había fracasado y en ese proceso se dio cuenta de diversas cosas, la producción en masa no funcionaba en Japón y se necesitaba un sistema adecuado a las circunstancias concretas del país. (Quijada, 2019)

Al final de la crisis del petróleo de 1973, el nuevo sistema de fabricación ajustada se introdujo en muchos sectores y empezó a transformar la vida económica mundial mediante la difusión del toyotismo como sustituto del fordismo y el taylorismo (Andrés, 2017). El objetivo de esta nueva forma de trabajar era eliminar todos los elementos innecesarios del espacio de producción para reducir costes y satisfacer las necesidades del cliente.

### **2.6.2 Objetivos**

Los objetivos principales de la filosofía lean son:

- Reducir costes.
- Mejorar los procesos.
- Disminuir el tiempo de reacción.
- Mejorar el servicio al cliente.

- Incrementar la calidad.
- Reducir el tiempo de entrega.
- Depurar el desperdicio.
- Aumentar la productividad y la rentabilidad de la empresa.

### 2.6.3 Principios y características

Los principios básicos de la Gestión Lean son:

- Valor
- La cadena de valor
- Flujo
- Sistema “Pull”
- Perfección (mejora continua)

#### Figura 1.

##### *Principios de Lean*



*Nota.* Definición y principios del Lean Management, por Asturias Corporación Universitaria, 2019.

#### 2.6.2.1 Valor

El principio fundamental del Lean Management es el “valor”, lo que significa que el producto o servicio y sus atributos y características deben satisfacer las necesidades del cliente.

Entonces, el valor debe tener un enfoque externo hacia el cliente. Lo que significa que en

la gestión Lean cualquier actividad que no genere valor debe ser eliminada y desechada, entonces se define como importante las actividades que generan valor en los clientes.

Los fabricantes no deben pensar por el cliente porque hay muchas razones por las que es difícil determinar con precisión el valor de un producto para el cliente. También puede estar condicionado por:

- Experiencia como ingeniero de producto.
- Tecnología disponible y equipos de producción existentes.
- Los mercados en los que se producen los productos, las tendencias y culturas comparativas de la organización fabricante. (Asturias Corporación Universitaria, 2019)

#### **2.6.2.2 La cadena de valor**

La cadena de valor admite identificar y analizar las actividades de mayor importancia para obtener una "ventaja competitiva".

Es una herramienta de gestión que le permite visualizar el desarrollo de las actividades de una empresa. El proceso comienza con la materia prima y llega hasta la distribución del producto final, estudiando qué actividades generan valor (Andalucía Emprende, 2016). Entonces al agregar valor al producto inicial llamado también input, provoca que la empresa pueda vender y generar ganancias del producto terminado siendo parte fundamental del valor agregado en el mercado.

#### **2.6.2.3 Flujo**

El flujo se refiere al movimiento continuo de objetos físicos y datos dentro de una empresa. Hay que poner los medios para favorecer el flujo y eliminar los obstáculos del proceso que ralentizan el flujo de valor. (Asturias Corporación Universitaria, 2019)

El flujo constituye todo el proceso de producción sin problemas, va desde la compra de materiales hasta la distribución de productos manufacturados. Mayormente la concentración de cuellos de botella y desperdicios se producen en esta fase ya que es el todo el cuerpo de producción, esta clase se la denomina también cadena de suministro.

#### **2.6.2.4 Sistema “Pull”**

Pull manufacturing permite a las empresas producir y entregar productos a tiempo y en las cantidades solicitadas por los clientes.

Con este sistema se pretende producir productos de mayor calidad mediante la producción justa en inventario y materia prima, se caracteriza principalmente por trabajar bajo pedido, evita costos de almacenamiento y derroche de materia prima al producir.

Los sistemas Pull incluyen Just-In-Time (JIT) y teoría de restricciones (TOC). Los sistemas JIT permiten la traducción justo a tiempo. Ya no se trata de un sistema de producción para elaborar el tipo de unidades suficientes, en el tiempo requerido y en las cantidades necesarias. (Jhon Jairo Vargas Sánchez, 2019)

#### **2.6.2.5 Perfección**

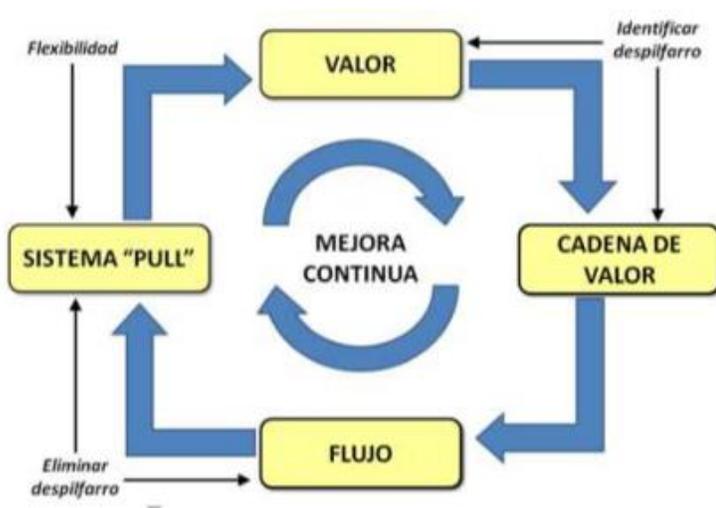
La Mejora Continua es uno de los principios de la Gestión de la Calidad Total. Puede definirse como una actividad recurrente destinada a aumentar la capacidad de cumplir los objetivos y expectativas de la organización. (Asturias Corporación Universitaria, 2019)

La mejora continua es un ciclo ininterrumpido a través del cual se identifican áreas de

mejora, se planifican cómo implementarlas, se implementan, se verifican los resultados y se toman acciones para corregir desviaciones o proponer otra meta más desafiante.

**Figura 2.**

*Ciclo de la mejora continua*



*Nota.* Definición y principios del Lean Management, por Asturias Corporación Universitaria, 2019.

#### **2.6.4 Herramientas de Lean Manufacturing**

La figura 3, “casa de herramientas Lean” muestra las herramientas de base y los pilares, just in time y el jidoka siendo un principio para definir las 6 herramientas.

**Figura 3.***Casa de herramientas Lean*

*Nota.* La casa de herramientas Lean es la directriz que tomar para la investigación, siendo útiles las bases inferiores. Tomado de Lean Manufacturing y sus herramientas, por N. M. Rosario, 2021, EOI.

#### **2.6.4.1 Herramienta de diagnóstico**

##### **VSM**

El mapeo de la cadena de valor permite representar gráficamente el estado actual y futuro del sistema de producción, para que los usuarios conozcan mejor las actividades de desperdicio que necesitan eliminarse. (García & Amador, 2019)

Es un diagrama de flujo que contiene un conjunto de símbolos que representan diferentes actividades laborales y flujos de información. Cada paso del proceso de producción se registra en función de si representa valor agregado desde la perspectiva del cliente. De esta forma, las empresas pueden saber qué pasos pueden saltarse si no aportan valor.

#### **2.6.4.1.1 Tipos de VSM**

Idealmente, se debe ordenar que cada cambio de proceso sea controlado o revisado según sea necesario para verificar la relevancia de los cambios en el flujo de trabajo. Se debe tener claro los tipos de VSM existentes.

- **VSM actual**

Un mapa del estado actual es esencialmente una instantánea de cómo van las cosas actualmente. Esto se logra rastreando el producto seleccionado de principio a fin y observando cada proceso. El segundo aspecto del mapa del estado actual es el flujo de información, que describe cómo cada proceso sabe qué hacer y cuánto hacer.

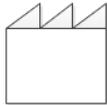
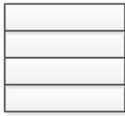
- **VSM futuro**

Un mapa del estado futuro es un plan de implementación que describe las herramientas lean necesarias para eliminar el desperdicio del flujo de valor. Crear un mapa de estado futuro se hace respondiendo a un conjunto de preguntas sobre cuestiones relacionadas con la eficiencia y aplicación técnica relacionados con el uso de las herramientas Lean. (Porwal et al., 2010)

#### **2.6.4.1.2 Simbología**

La simbología usada en este tipo de gráfico está en la tabla siguiente.

**Tabla 3.***Simbología del VSM.*

	Fuentes externas: Este símbolo representa clientes y proveedores.
	Flecha de traslado: Este símbolo personifica el movimiento de materias primas y producto terminado. De proveedor a planta o de planta a cliente.
	Transporte mediante camión de carga.
	Información transmitida de manera electrónica.
	Relámpago Kaizen: El símbolo indica los puntos donde deben elaborarse las mejoras enfocados a la implementación de la herramienta Lean Manufacturing expresada.
	Operación del proceso.
	Casillero de datos con indicadores del proceso.
	Flecha de empuje para conectar el flujo de materiales entre operaciones cuando éste se realiza mediante un sistema de empuje.
	Inventario: De materia prima, producto en proceso, producto terminado.
	Línea de tiempo: Señala los tiempos de ciclo de las actividades que agregan valor y las que no agregan valor.

*Nota.* La tabla presenta las simbologías y significados de las herramientas usadas en la gráfica VSM. Tomado de *Cómo aplicar “Value Stream Mapping”*, por García y Amador, 2019, 3C Tecnología.

#### 2.6.4.1.3 Mediciones

- **Lead time interno:** Empieza desde la entrada de materia prima, hasta la entrega de producto.

$$DTD = \text{tiempo de inventario de mp} + t \text{ de inv pp} + t \text{ de prod} + t \text{ de inv final}$$

- **Overall equipment efficiency:** La eficiencia general del sistema es una métrica que relaciona la eficiencia de una máquina considerando la disponibilidad, la calidad y la eficiencia de la producción.

$$OEE = \text{Disponibilidad} * \text{calidad} * \text{eficiencia}$$

- **Productividad:** Es la relación existente entre los recursos o inputs y outputs del proceso que busca satisfacer al cliente, teniendo en cuenta las entradas utilizadas, el tiempo, y los resultados con calidad. (Juárez et al., 2018)

$$\text{Productividad} = \frac{\# \text{ productos o servicios realizados}}{\# \text{ recursos utilizados}}$$

- **Takt time:** Es la medida de los procesos basados en el tiempo que permite determinar el ritmo de producción para satisfacer la demanda. (Keim, 2019)

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tiempo disponible}}{\text{Unidades requeridas}}$$

#### 2.6.4.2 Herramienta básica

##### 5'S

Esta metodología se desarrolla en 5 pasos y genera una cultura organizacional de disciplina en cuanto a orden y limpieza de cualquier área dentro de la empresa. Esta es la base para implementar herramientas de mejora adicionales. Estos cinco pasos son eliminación, organización,

limpieza, estandarización y disciplina. Se recomienda se sigan los pasos en orden durante su implementación. (Soler, 2017)

Para una correcta implantación e integración en la misma. Por ello, se especifican y detallan los pasos a seguir:

- SEIRI (Seleccionar). Retire y deseche los elementos innecesarios de su área de trabajo.
- SEITON (Organizar). Organice los elementos que necesite e identifique su ubicación específica para que sean más fáciles de encontrar y usar.
- SEISO (Limpiar). Retire el polvo y mantenga limpio el área de trabajo para evitar que el polvo entre en pisos, maquinaria y equipos.
- SEIKEITSU (Estandarizar). Los procedimientos, prácticas y actividades logradas en las tres primeras etapas se desarrollan consciente y regularmente para garantizar un alto nivel de limpieza y organización del área de trabajo.
- SHITSUKE (Disciplina y Hábito). Los procedimientos, prácticas y actividades logradas en las tres primeras etapas se desarrollan consciente y regularmente para garantizar un alto nivel de limpieza y organización del área de trabajo.

### **Objetivo**

Los objetivos que se plantea esta metodología se centran en las áreas de trabajo y el rendimiento de los trabajadores, midiendo de manera paulatina que se vayan cumpliendo, estos objetivos son:

- Mejora de la permanencia en el área de trabajo.
- Mejorar en el rendimiento tanto individual como grupal.
- Más orden, clasificación, cuidado y compromiso.
- Desarrollar innovaciones.

- Mejorar en el producto final resultante.
- Mejorar la gestión de las crisis.

**Figura 4.**

*Etapas de la herramienta 5'S*



*Nota.* Metodología de la aplicación 5'S (pag.29), por Martínez et al., 2017, Investigaciones Sociales

#### **2.6.4.3 Herramienta de calidad**

##### **QFD**

La Función de Calidad (QFD) es una metodología que permite el alineamiento estructural de las especificaciones y características técnicas de un producto o servicio con los requisitos y la voz del cliente. La técnica se usa en el proceso de diseño o mejora, ya que permite recolectar información valiosa para entender las necesidades de los clientes para maximizar la satisfacción de compra. (Montoya, 2021)

Es parte del pensamiento Lean porque reconoce que todo producto debe elaborarse eficazmente desde el principio, QFD pretende unir la información, tecnología y restricciones de los procesos de la empresa en 4 matrices.

- **Planificación del producto a diseñar**

La matriz se elabora colocando las especificaciones técnicas que exigen los clientes para el producto. El eje horizontal muestra las especificaciones técnicas y técnicas que debe tener el producto, así como los estándares técnicos y funcionales del producto para cumplir con los requisitos del cliente.

Estos requisitos se ponderan cuantitativamente y se analiza la situación actual de la empresa en términos de ingeniería y capacidad industrial para fabricar los componentes del nuevo producto.

- **Despliegue de las partes, componentes y funciones del producto**

Esta matriz integra los requisitos técnicos y la tecnología que debe tener el producto y reconoce los problemas de compatibilidad que pueden existir hoy y en el futuro cuando se desarrolle la gama de productos. (PROGRESSA LEAN, 2016)

Este proceso es llamado "Casa de la Calidad" porque garantiza que todas las especificaciones técnicas y tecnológicas sean únicas y estén interrelacionadas para garantizar la máxima confiabilidad del producto y una mejora significativa, incluida la seguridad, al menor costo posible.

- **Planificación del proceso industrial**

Esta matriz incluye no sólo los procesos de fabricación actuales disponibles para la empresa, sino también los nuevos procesos y tecnologías necesarios para fabricar nuevos productos. La metodología Lean Design o metodología de diseño eficiente trata sobre los futuros procesos de fabricación que las empresas deben preparar para la producción de acuerdo con los

principios de mejora continua con el fin de garantizar la productividad en el lugar de trabajo, el trabajo y la productividad de los empleados. Promueve el pensamiento.

- **Planificación de la producción**

Esta matriz planifica todos los recursos, máquinas y estándares de trabajo dentro de una instalación de producción. Esta propuesta de eficiencia a nivel industrial nos motiva a pensar desde el diseño, cómo deben ser los procesos productivos y los modos operativos para ejecutar. (PROGRESSA LEAN, 2016)

Esto significa que se debe analizar la capacidad de producción global de la fábrica para asegurar la disponibilidad de capacidad industrial a la hora de incorporar nuevos productos a los cronogramas de producción y a los procesos productivos diarios.

### **Objetivos**

QFD se centra esencialmente en:

- Identificar las necesidades y expectativas del cliente tanto externo como internamente.
- Priorizar el cumplimiento de estas expectativas en función de su importancia.
- Concentrar todos los recursos humanos y materiales para cumplir con estas expectativas.

La metodología QFD consiste esencialmente en transformar “lo que el cliente quiere” en “cómo satisfacer sus necesidades” aplicándolo de forma secuencial a lo largo de toda la cadena de clientes externos e internos. Esta metodología proporciona el mecanismo de traducción del "Qué" (o "necesidades") al "Cómo" y su valoración relativa. (Rojas, 2009, págs. 11-12)

**Figura 5.***Esquema de la matriz QFD*

#### 2.6.4.4 Herramienta de mantenimiento

##### TPM

El TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas a lo largo de la vida del sistema productivo, maximizando su eficiencia e implicando a todos los departamentos y a todo el personal, desde los operarios hasta la alta dirección, y orientando sus acciones en base a actividades en pequeños grupos (Álvarez, 2018). Esto significa que múltiples medidas de mantenimiento pueden evitar pérdidas debido a paradas no planificadas de la máquina.

##### Objetivo

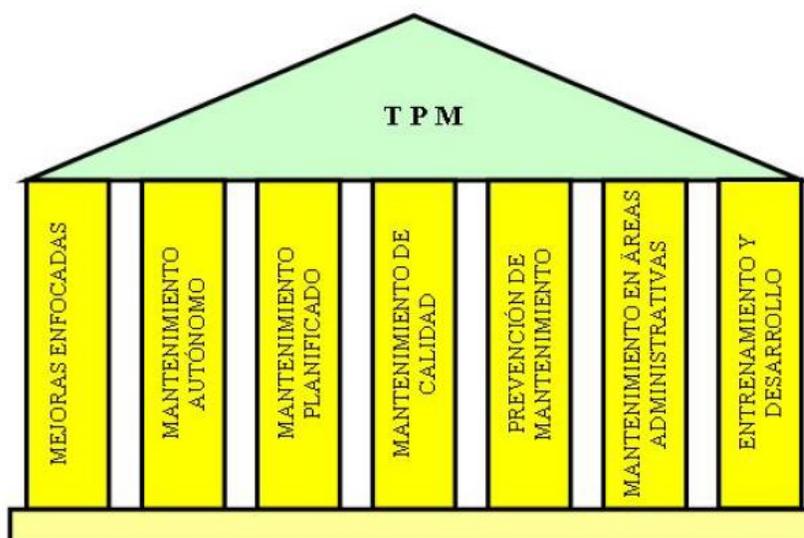
El TPM en plantas industriales se basa en el desarrollo de actividades de planificación, organización, programación y control, y juega un papel importante en el proceso productivo, ya que permite aumentar la fiabilidad y disponibilidad de los equipos, minimizando el coste de su ciclo de vida (Lisbet, 2017, pág. 24). El propósito de un programa TPM es aumentar significativamente la producción y aumentar la motivación y la satisfacción laboral de los

empleados.

Esta herramienta se rige bajo 7 pilares fundamentales para su correcta aplicación, resultando efectivo al estudiar el sistema de proceso ocasionando la correcta afluencia de los procesos.

**Figura 6.**

*Los 7 pilares del TPM*



*Nota. Herramientas y técnicas de Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad, por Villalva, 2008, Universidad autónoma del estado de Hidalgo.*

#### **2.6.4.5 Herramienta de control**

##### **Kanban**

Kanban es una herramienta de producción muy eficaz que utiliza tarjetas para que los trabajadores sepan qué están produciendo, qué características tiene, qué van a producir a continuación, qué características tendrá y para transportar. (Villalva, 2008)

## Objetivo

Según (Lendínez, 2019) los objetivos principales que se pretenden conseguir con el sistema

Kanban son:

- Cree un cronograma que le permita visualizar la producción.
- Controlar el flujo de materiales.
- Facilitar el mantenimiento de los procesos estandarizados.
- Evitar la sobreproducción.
- Administrar niveles de inventario.
- Mejorar y aumentar la comunicación entre procesos y centros de trabajo.
- Minimizar el producto en proceso.

Para el cumplimiento de estos objetivos es necesario seguir la implementación correcta del sistema Kanban, los pasos a seguir son:

1. Capacita a todo tu equipo de trabajo sobre el método Kanban y hazles conscientes de los beneficios que brinda este sistema.
2. No es necesario implementar Kanban para cada proceso de la cadena desde el principio. Recomendamos analizar los centros con más problemas para identificar posibles problemas desconocidos.
3. Introduzca Kanban en su lugar de trabajo. Los empleados de primera línea son la principal fuente de información y brindan opiniones e ideas para mejorar el sistema.
4. Mantenimiento y revisión continúa del sistema Kanban.

#### **2.6.4.6 Herramienta de mejora de tiempos**

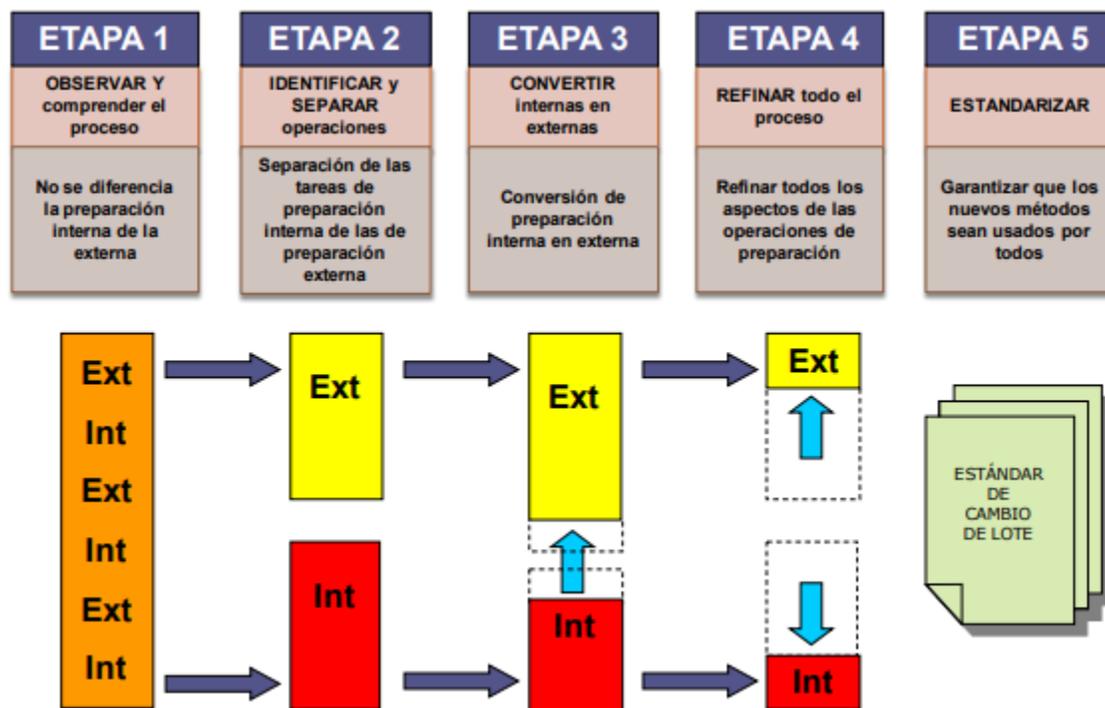
##### **SMED**

Es una metodología o conjunto de técnicas encaminadas a reducir el tiempo de preparación de la máquina. Esta se logra estudiando el proceso e incorporando cambios en la máquina, utillaje, herramientas e incluso en el propio producto (Álvarez, 2018). Esto se refiere a reducir los tiempos, eliminar ajustes y estandarizar las operaciones mediante nuevos mecanismos de procesos.

Según (Villalva, 2008) “la herramienta SMED es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión. Pero esto requiere una constancia en el propósito, si no, la meta nunca será obtenida”. Entre los beneficios que ofrece esta metodología están:

- Reducir el tiempo de preparación y convertirlo en tiempo de producción.
- Reducir el tamaño del inventario.
- Reducir el tamaño del lote de producción.
- Reducir múltiples modelos en la misma máquina o línea de producción el mismo día.

Para la correcta aplicación de esta metodología existen 5 pasos esenciales a seguir, estos son:

**Figura 7.***Fases del SMED*

*Nota.* TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DEL TIEMPO PREPARACIÓN (p. 8), por F. E. Carbonell, 2013, 3C Tecnología.

### 2.6.5 Marco legal

Todo trabajador de un ingenio azucarero, según el Registro oficial N o 414 de salarios mínimos de Ecuador, ve que los trabajadores, desde un supervisor, ganan 445,89 dólares hasta los operarios de producción y mantenimiento, ganando un salario de 433,16 en el marco legal del Ecuador.

Para tener una idea más clara sobre el marco legal en el trabajador, nos enfocaremos en la Ley de las Industrias Azucarera, Alcohólica y Similares de la República Mexicana, la cual dice en base a la jornada laboral los artículos tomados de referencia son: Artículo 8, 9, 10, 11 y 17.

El artículo 8 y 9 mencionan los horarios de trabajo dependiendo de jornadas, como las labores de cada ingenio y los salarios dependiendo de si es por tiempo, este empezará a activarse cuando el trabajador se presente a su puesto de trabajo.

El artículo 10 y 11 hablan de las jornadas rotativas y sus descansos reglamentarios de 30 min y de los relevos si no se presenta un trabajador, el operario doblando su turno, pero reconociéndole en su salario.

El artículo 17 habla sobre los derechos de los trabajadores y sus obligaciones indicando que ningún trabajador puede desempeñar dos o más puestos de trabajo en la misma jornada laboral.

## Capítulo III

### 3.1 Metodología

#### 3.1.1 Tipo de investigación

**Investigación de campo:** Se realizaron visitas a la planta, la información obtenida, niveles de producción, tiempos, procesos que ejecuta la empresa, permiten establecer el tipo de herramientas de ingeniería que la empresa necesita.

**Investigación documental:** Se consultaron fuentes bibliográficas y documentales para obtener conceptos e información histórica.

#### 3.1.2 Método de investigación

**Cualitativa:** Con este modelo de investigación se ha recogido y trabajado datos no numéricos e interpretamos el significado de estos datos.

**Cuantitativa:** Se ha obtenido datos como tiempos y calculado mediante operaciones matemáticas reflejando resultados útiles para la investigación.

#### 3.1.3 Técnicas de investigación

**Observación:** Con esta técnica se analizó el proceso de fabricación para identificar los limitantes y áreas existentes en la empresa cuando se hace las visitas.

**Entrevistas:** Es una técnica muy valiosa la cual ha servido para recoger datos de primera mano, se ha entrevistado a los encargados de cada área y en especial a los supervisores de quienes se ha obtenido la mayor información posible.

**Fotografía:** Nos hemos ayudado de la tecnología como es la cámara fotográfica donde capturamos eventos, áreas y espacios para posteriormente hacer uso de la información.

### **3.1.4 Instrumentos**

- Encuestas
- Cuestionario
- Cámara
- Laptop
- Cronometro

## **3.2 Análisis organizacional de la empresa**

### **3.2.1. Antecedentes empresariales**

La primera industria azucarera en Imbabura se estableció en 1908 para aprovechar las condiciones climáticas favorables para el cultivo de la caña de azúcar. Los orígenes de esta fábrica se remontan al año 1964, cuando la Caja de Seguridad Social decidió construir una fábrica de azúcar en la zona y encargó a las empresas FIVES LILLE CAIL y Granda Centeno.

En 1985 se constituyó la Empresa de Economía Mixta Ingenio Azucarero del Norte, con aportes del IESS, cañeros de Imbabura y Carchi, accionistas privados y empleados de la empresa. El Ingenio Azucarero es la empresa agroindustrial más importante de Imbabura y Carchi, con proveedores y 4600 hectáreas de programas de cultivo de caña de azúcar. (Tababuela, 2022)

### **3.2.2. Descripción empresarial**

Ingenio Azucarero Del Norte (IANCEN) es una macroempresa de alto crecimiento especializada en la producción y comercialización de azúcar refinada de caña y melaza. La empresa cuenta con aproximadamente 224 empleados en el mercado y produce aproximadamente 729.671 sacos de 50 kg al año. Procesamos y empaquetamos estos productos y los entregamos a varios clientes.

El objetivo en base a su actividad económica se ubica dentro del CIIU de la siguiente manera:

Operación principal: C1072.02; Elaboración y refinado de azúcar de caña y melaza de caña; remolacha azucarera, etcétera. (Superintendencia de Compañías, 2017)

#### Objetivos Estratégicos

- Ser honestos y transparentes en todo lo que hacemos.
- Proporcionar a nuestros clientes productos y servicios superiores.
- Trabajar en equipo con pasión y lealtad, ser participativo y eficaz, para alcanzar las metas organizacionales.
- Tratar a todos los empleados de manera justa y equitativa y promover
- Adoptar y aplicar las mejores prácticas que permitan la mejora continua y el control de los procesos para lograr productos de alta calidad.

#### **3.2.3 Localización empresarial**

La empresa Ingenio azucarero del norte se encuentra a las afueras de la ciudad de Ibarra, tabla 4.

**Tabla 4.***Localización de la empresa*

LOCALIZACIÓN	
<b>PAÍS:</b>	Ecuador
<b>PROVINCIA:</b>	Imbabura
<b>CIUDAD:</b>	Ibarra
<b>UBICACIÓN:</b>	Panamericana Norte Km 25 Vía A Tulcán Panamericana Ibarra - Imbabura.

Nota: Elaboración propia

### 3.2.4 Misión

Cultivar caña de azúcar, elaborar y comercializar sus productos derivados, cumpliendo los requisitos de calidad, responsabilidad social y ambiental, mediante la mejora continua de los procesos, para satisfacer las expectativas de nuestros clientes. (Tababuela, 2022)

### 3.2.5 Visión

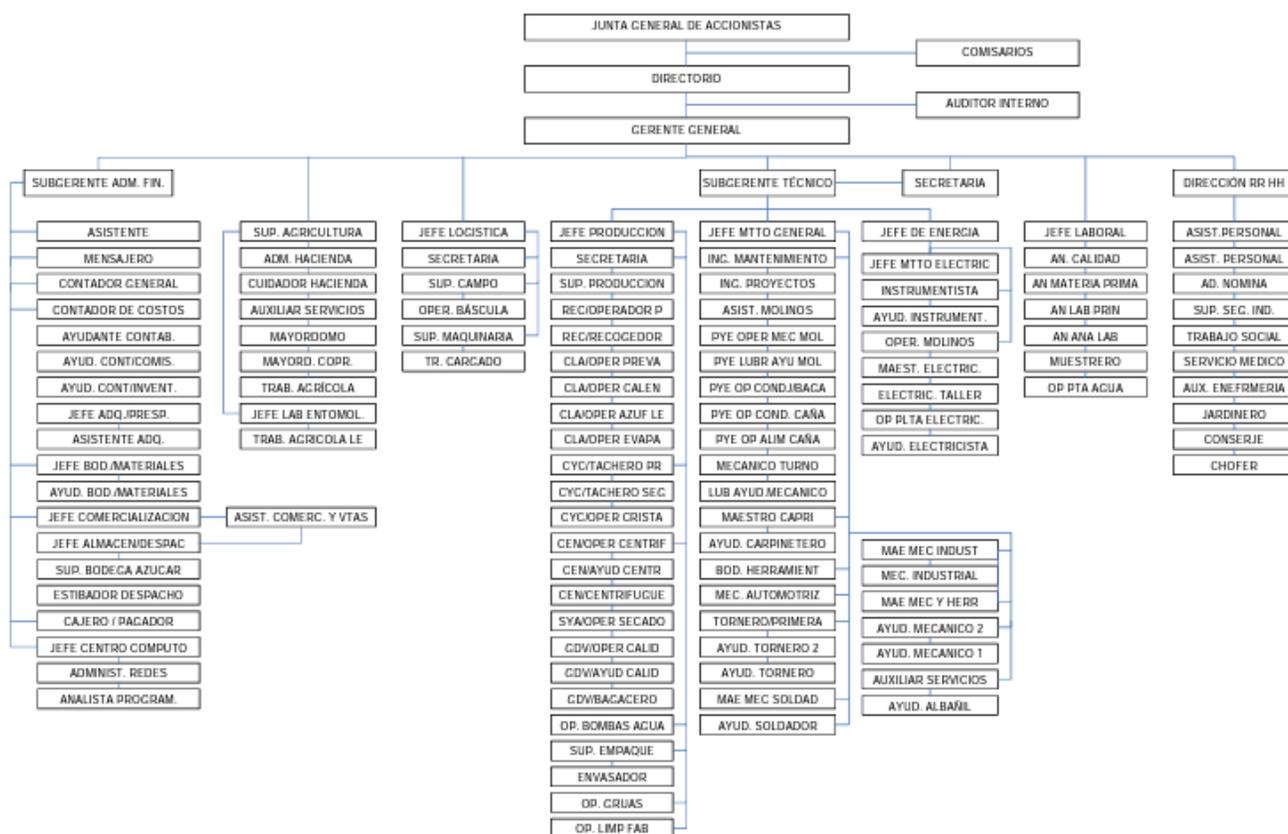
Ser la agroindustria líder en la zona norte del Ecuador (Carchi, Imbabura, Esmeraldas y Sucumbíos). (Tababuela, 2022)

### 3.2.6 Organigrama

Es vital entender los niveles de jerarquía de una entidad con un organigrama, permitiendo identificar los lineamientos de mandos para evitar duplicidad de funciones. El organigrama de la empresa se puede visualizar en la figura a continuación.

**Figura 8.**

*Estructura organizacional de la empresa Ingenio Azucarero del Norte*



### 3.2.7 Jornada laboral

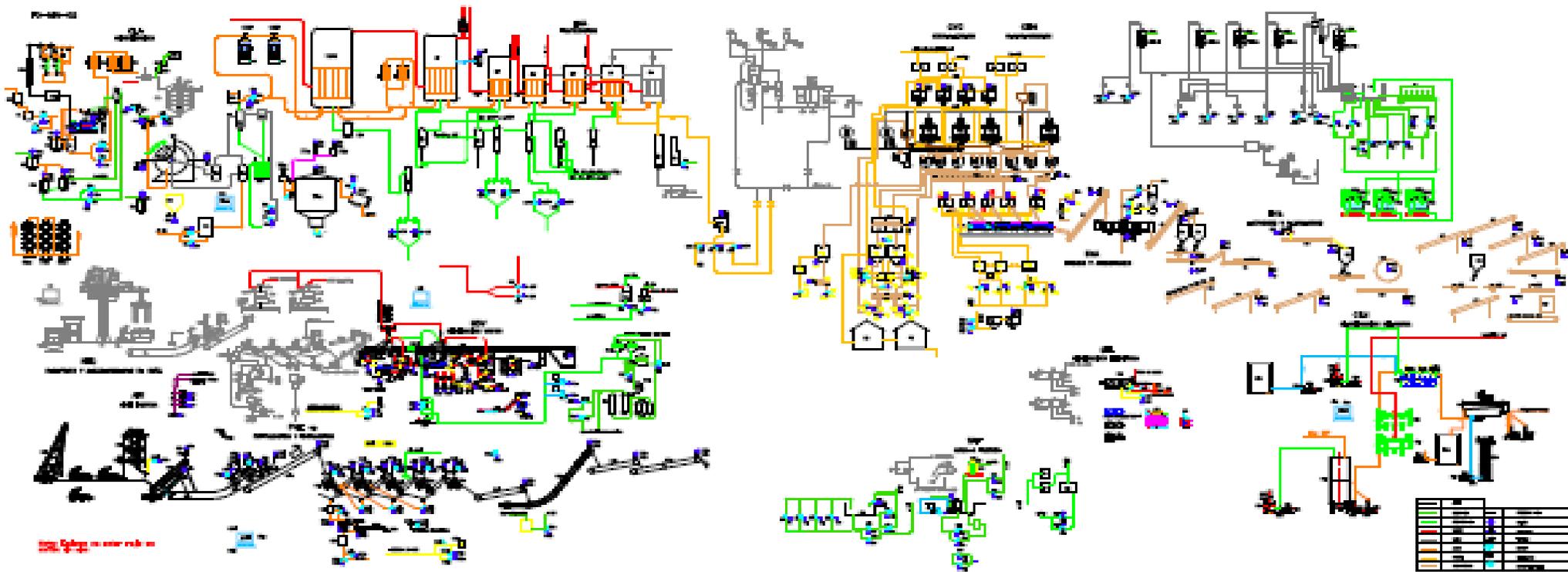
La jornada laboral en el Ingenio Azucarero del Norte se divide en 3 categorías: administración, mantenimiento y producción. En la investigación nos centramos en la jornada laboral de operarios de producción que inicia desde las 6:00 am a 14:00 pm de lunes a domingo, el segundo equipo inicia desde 14:00 pm a 22:00 pm y el tercer equipo desde 22:00 pm a 6:00 am incluye 30 min destinados para el almuerzo al equipo a y desayuno al equipo c y b. Con 10 min reservados para descansos activos, el tiempo real de la empresa es de 470 min por día laboral.

### 3.2.8 Lay out

Ingenio Azucarero del Norte cuenta con una amplia infraestructura con diversas máquinas que procesan la caña de azúcar hasta obtener azúcar refinada como producto final.

**Figura 9.**

*Lay out de la empresa Ingenio azucarero del norte*



*Nota:* Lay out del sistema de producción, por Tababuela, 2022.

### 3.2.9 Proveedores

Ingenio Azucarero del Norte cuenta con una gran cantidad de proveedores que abastecen a la industria para la producción y procesamiento de azúcar refinada. Algunos de ellos se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Proveedores*

Área	Producto	Descripción	Proveedor
<b>Molinos</b>	Procide BC-800	Biocida	<b>Produtecnica</b>
	Proquat BC50		
<b>Clarificación de Jugo</b>	Rio Cal	Cal	<b>Riocal</b> <b>Petroecuador</b> <b>Quimpac</b> <b>Disan</b>
	Azufre	Azufre	
	Chemfloc 932	Clarificante	
	Ácido Fosforico	Acido	
	Granozyme Fgdx Cal	Cal	
<b>Clarificación de Meladura</b>	Chemfloc 932	Clarificante	<b>Produtecnica</b>
	Profloc Di	Coagulante	
	Profosf 550	Floculante	
<b>Evaporación</b>	Sosa Caustica	Hidróxido de	<b>Quimpac</b> <b>Disan</b>
		Sodio	
<b>Tachos</b>	Propeg 606	Tensoactivo No	<b>Quimpac</b> <b>Disan</b>
		Iónico	
	Alcohol Etílico	Alcohol	

<b>Calderos</b>	Hidróxido de Sodio Liquido		<b>Ecolab</b> <b>Quimpac</b> <b>Disan</b>
	Nalco 9546	Polímero	
	Nalco 750	Antiespumante	
	Nalco 1700	Secuestrante De Oxígeno	
	Nalco 22310	Tratador De Agua	
	Sal En Grano	Sal	
	Sosa Caustica	Hidroxido De Sodio	
<b>Lechada de Cal</b>		Medidor De Acido	<b>Mm-</b> <b>Representaciones</b>
	Papel Indicador PH Rango 0-14		
<b>Piscinas agua clara</b>	Policloruro Aluminio (Pac)	Floculante	<b>Avalchem</b>
	Hipoclorito de Sodio	Cloro	
	Ácido Clorhídrico	Acido	
<b>Torres de enfriamiento</b>	Dc-6147u	Dispersante	<b>Di-Chem</b>
	Dc-Unibrom Plus	Anti-Incrustate	
	Posca 6302	Rotulador	
<b>Envase</b>	Funda Papel 3 Capas 80/95gr L86cm A57cm	Papel	<b>Smurfit Kaapa</b> <b>Plasticsacks</b> <b>Productos Paraíso</b>
	Funda Azúcar Tipo A 1 Libra		
	Funda Azúcar Tipo A 1 Kilogramo	Fundas	

Funda Azúcar Tipo A 2 Kilogramos		
Hilo De 12/4 Para Cosedora 1 Klg	Hilos	
Hilo De 20/7 Para Cosedora 2klg		
Papel Ribbette Para Cosedora (Precio/Kg = \$1.70)	Papel	
Saco Polipropileno 50kg Gris 60 X 95 90gr Bilaminado (Industrial)	Sacos	
Saco de Polipropileno Blanco 60 X 85 Cm		
Sacos de Polipropileno 20 Klg. Con Logotipo (Habanos)		
Sacos de Polipropileno 25 Klg. Con Logotipo (Habanos)		
Saco Polipropileno 25kg. 50x85 Con Logotipo (Blancos)		
Sacos de Polipropileno 10 Klg. Con Logotipo		
Saco Polipropileno 60x90 Con Logotipo (40 Kg)		

	Saco de Polipro. Para envasar Fundas de 454 Gr.		
	Saco de Polipro. Para envasar Fundas de 1 Kg.		
	Saco de Polipro. Para Envasar Fundas De 2kg.		
	Saco Polipropileno Hab 60 X 95cm con Logotipo 90 G		
	Saco Polipropileno 25f 2k Ha Azu. Mor 70g.X60x100		
	Saco Polipropileno 60 X 90cm La Fabril		
	Rollos Para Enfardado 700 Kg C/U azúcar morena	Rollo de Funda	
	Rollos de fundas para azúcar morena 20 Kg C/U		

*Nota:* Proveedores de suministro, por Tababuela, 2022.

### 3.2.10 Productos

El Ingenio azucarero del norte tiene 3 productos y un subproducto, tabla 6.

**Tabla 6.***Productos de Tababuela*

<b>Producto</b>	<b>Tipo</b>	<b>Especificación</b>
<b>Azúcar</b>	Blanca/Morena	Sacos de 50 kg
<b>Melaza</b>	Color parduzco	Vitamina del grupo B
<b>Bagazo</b>		
<b>Cachaza</b>		

Nota: Elaboración propia

**3.2.10.1 Datos de producción**

El ingenio azucarero del norte trabaja 4 tipos de productos, 3 de ellos son productos espontáneos porque no cuentan con una producción específica. La línea de producción que se estudiará saldrá de la melaza o la azúcar blanca, según los datos del volumen de demanda del año 2021, tabla 7.

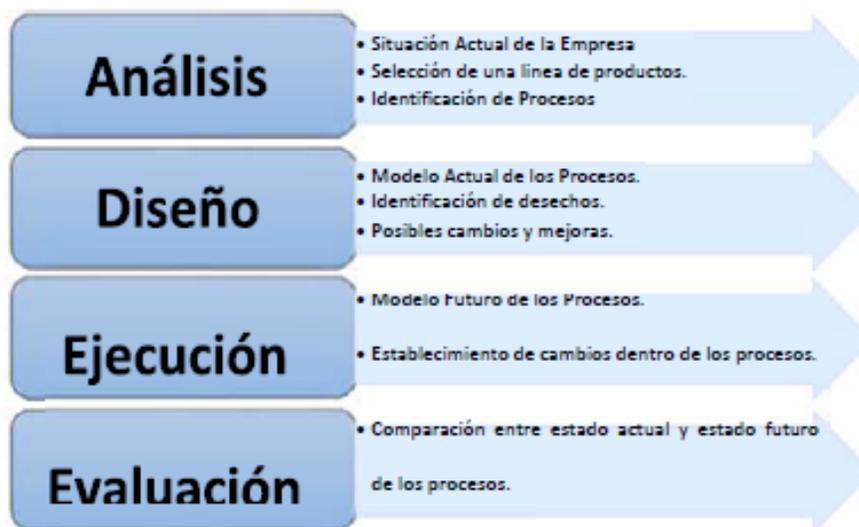
**Tabla 7.***Demanda mensual del año 2021*

Linea	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
<b>Azucar blanca</b>	50 kg/saco	45.788	65.653	51.838	61.566	75.228	62.738	67.275	75.453	76.411	75.253	39.543	64.161	760.907
<b>Melaza</b>	Kilogramos	533.878	1.131.787	944.347	1.131.896	1.238.422	1.273.586	1.285.683	1.336.362	1.338.050	1.473.753	373.778	1.211.624	13.273.166
<b>Total</b>		579.666	1.197.440	996.185	1.193.462	1.313.650	1.336.324	1.352.958	1.411.815	1.414.461	1.549.006	413.321	1.275.785	14.034.073

Nota: Demanda mensual, por Tababuela, 2022.

La tabla 7 indica que la demanda de azúcar blanca es más elevada que la melaza, tomando en cuenta las líneas producción, por lo tanto, debido a la complejidad del proceso y el tiempo necesario para completar el trabajo, el estudio se centrará únicamente en las líneas de producción de azúcar blanca.

Según el modelo VSM se implementa un plan de acción para determinar todas las estrategias de mejora posibles.

**Figura 10.***Metodología*

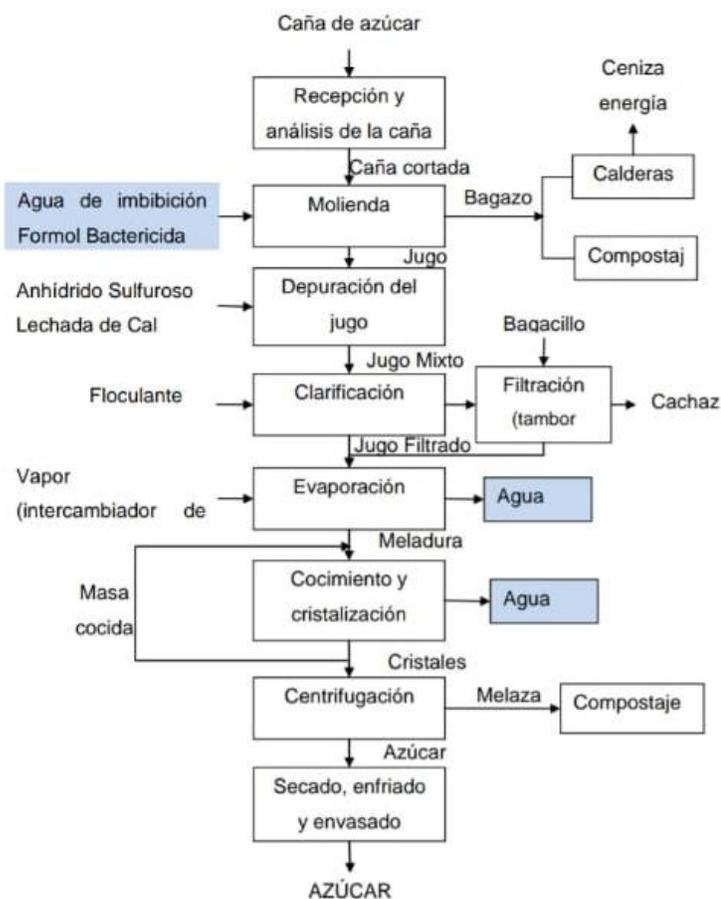
Nota: Elaboración propia

### **3.3 Descripción del proceso productivo**

Para comprender la evolución de la producción de azúcar blanco se elabora el siguiente diagrama de flujo, desde la recepción y análisis de la materia prima hasta el secado, enfriamiento y envasado del producto final. Utilizando la información proporcionada en un diagrama de flujo, podrás identificar errores y las áreas a las que pertenecen, e identificar los residuos que existen dentro de tu empresa.

**Figura 11.**

Diagrama de flujo



Nota: Elaboración propia

### 3.11.1 Recepción y análisis de la caña

La recolección se realiza a mano quemando la caña de azúcar para facilitar el trabajo del zafrero y del molino. Luego es transportado en camión hasta el ingenio azucarero donde es pesado.

Determinar las siguientes características de la caña de azúcar cultivada: B. Contenido de sacarosa, fibra y niveles de impurezas. El muestreo se realiza mediante una tractor sonda. Luego se bajará mediante una grúa.

### **3.11.2 Molienda**

Una vez que la caña de azúcar pasa por la picadora es transportada a los molinos a través de una banda transportadora para la extracción de jugo; (Tababuela, 2022) señala que el proceso de extracción está compuesto por un tándem de 5 molinos, el jugo que sale del primer molino se denomina jugo de primera extracción y el jugo que sale del último molino, jugo residual. Se añade agua de absorción a contracorriente al molino final para extraer la máxima cantidad de sacarosa residual.

### **3.11.3 Generación de vapor. (Caldero)**

El bagazo (un subproducto del proceso) se utiliza como combustible y se utiliza para alimentar el hogar de una caldera acuotubular para producir vapor sobrecalentado a alta presión. Este vapor se utiliza para impulsar las turbinas y los generadores de turbinas eléctricas de la fábrica. Dependiendo del diseño de las turbinas y turbogeneradores, el vapor de alta presión generado puede ser de entre 200 psig hasta 1500 psig. (Alfaro et al., 2018)

Luego de que el vapor a alta presión suministra su energía a la turbina (molino y/o turbogenerador), se utiliza vapor de escape o vapor de escape con una presión de 20 a 25 psig para los procesos involucrados en la producción. producción de azúcar.

### **3.11.4 Clarificación**

El jugo mezclado se trata con una columna de sulfatación y todas las sustancias extrañas e impurezas se separan con dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). El dióxido de azufre oxida y decolora el jugo, ayudando a separar las impurezas y destruyendo las bacterias. Una vez que el jugo se convierte en

sulfato, neutralízelo con lechada de lima o sacarato de calcio. Este jugo neutralizado también se llama jugo alcalinizado.

La depuración de las impurezas solidas es más eficiente si es realizado en caliente, por ello se calienta el jugo alcalizado hasta una temperatura no mayor a los 110 °C, por encima de esta temperatura ocasionaría la destrucción de la molécula de sacarosa y simultáneamente una reacción irreversible de oscurecimiento del jugo que origina unos cristales de azúcar (sacarosa) de alta coloración.

(Tababuela, 2022) nos dice que, el jugo alcalizado se bombea a los clarificadores en donde con la adición de floculantes el jugo se decanta, saliendo por rebose el jugo clarificado (jugo claro) que posee aproximadamente un 82-87% de agua, acumulándose en el fondo los lodos o cachaza que son extraídos por bombas hacia los filtros de vacío y se obtiene el jugo filtrado. Por otro lado, la cachaza se descarga en volcadores de tornillo sin fin.

### **3.11.5 Evaporación**

Durante la evaporación se elimina el agua del jugo previamente clarificado y se forman cristales de azúcar. En la industria azucarera, este proceso se desarrolla en dos partes: evaporación y ebullición.

El objetivo fundamental de la evaporación es eliminar el agua presente en el jugo y concentrar los sólidos, partiendo de una concentración de 15 a 17 ° Brix, se obtiene a un líquido viscoso llamado meladura que tiene aproximadamente 60 ° Brix; este proceso se realiza en unos equipos interconectados que forman un sistema de seis evaporadores en corriente directa, con vapor de escape del turbogenerador en el pre evaporador y vapor vegetal en los demás vasos de

evaporación. (Tababuela, 2022)

### **3.11.6 Cristalización**

Según (Caicedo y Ramiro, 2012) la cristalización consiste en concentrar el jarabe hasta el punto de saturación, en ese punto se introduce una cantidad de azúcar pulverizada en finos granos mezclada con alcohol etílico para que sirvan de núcleos en los cristales de azúcar; de esta manera se forma la masa cocida. Una vez lista la masa preparada se deja en un cristalizador y de allí se pasa a una centrifuga donde se separan los cristales y la miel.

En esta etapa del proceso los equipos más importantes son los denominados tachos. Estos tachos son los tanques dilutores de mieles A, B y C, que mediante agitadores que giran a baja velocidad cumplen la función de mezclar y mantener siempre una homogeneidad en su contenido, ya que son sustancias líquidas con presencia abundante de sólidos en suspensión.

### **3.11.7 Centrifugación**

Esta es la etapa donde la miel es separada de los cristales de azúcar, los mismos son lavados, todo este proceso se lo denomina centrifugación.

La masa pasa por una centrífuga, una máquina rotativa en la que los cristales se separan de las aguas madre mediante una masa centrífuga aplicada a un tambor giratorio con una criba interna. El tambor gira a una velocidad de 100 a 1800 revoluciones por minuto (rpm). Luego, la masa forma capas verticales en las paredes de la cesta.

Cuando esta capa adquiere el espesor deseado se suspende la entrada de la masa cocida. Seguidamente la máquina es acelerada hasta alcanzar la velocidad de operación. La miel que sale

de las centrifugadoras se bombea a tanques de almacenamiento y luego se somete a evaporaciones y cristalizaciones superiores en las cubas. Al final del ciclo, un conductor descarga el azúcar y lo transporta al techo de la fábrica, donde está instalada una secadora.

### **3.11.8 Secado y envasado**

El secado se realiza mediante un secador rotatorio, accionado manualmente por un operador para controlar el tiempo de secado y la humedad requerida por el azúcar. El azúcar se seca a una temperatura de aproximadamente 60°C. Luego pasa por un enfriador rotativo inclinado que transporta el aire frío en contracorriente, donde su temperatura se reduce a aproximadamente 40-45°C antes de ser enviado al contenedor.

El azúcar en polvo y el azúcar enfriado se envasan en bolsas de diferente peso y presentación según el mercado y se envían al almacén de producto terminado para su posterior venta y comercialización. Esto indica que el azúcar será envasado luego de alcanzar la humedad y temperatura adecuadas. Ya están listas para su venta las presentaciones (envases de papel de 50 kg, envases de polietileno de 50, 10, 2, 1 kg y 1 libra).

### **3.4 Estudio de desperdicios**

Para identificar los desperdicios existentes en la empresa se elaboró una tabla que describe los fallos en cada área con sus respectivos tiempos, mediante los fallos se da a conocer a que desperdicio pertenece. Tabla 8.

Tabla 8.

## Desperdicios

	ESTUDIO DE DESPERDICIOS			
	Ingenio Azucarero del Norte			
<b>Producto:</b>	Azúcar refinada		<b>Realizado por:</b>	Wilson Peña
<b>Área:</b>	Producción		<b>Fecha inicio:</b>	13/3/2023
<b>Método:</b>	Actual		<b>Fecha final:</b>	26/3/2023
Área	Desperdicio	Código	Falla	Tiempo
Recepción de materia prima	Espera	1X	Falta de caña	9:30:00
	Espera	34A	Refrigeración defectuosa	1:03:00
			No acciona por daño de mangueras	2:02:00
Defectos	1B	Sobrecarga de material	0:22:00	
Molienda	Sobreproducción	205B	Capacidad de fábrica sobrepasada	78:39:00
	Defectos	21B	Sobrecarga de material	3:09:00
	Defectos	22B	Sobrecarga de material	10:53:00
	Espera		Roturas de partes	0:18:00
	Defectos	23B	Falta de agarre en las mazas	6:08:00
	Defectos		Mala operación	1:25:00
	Defectos	24B	Mala operación	16:29:00
	Espera		Sobrecarga de material	8:22:00
	Defectos	86B	Roturas de partes	1:15:00
	Espera		Falta de agarre en las mazas	6:30:00
	Defectos	48B	Taponamiento	0:59:00
Defectos	86B	Sobrecarga de material	1:15:00	
Espera		Vibración alta	0:17:00	
Defectos	91B	Desgaste de material	2:00:00	
Generación de vapor	Espera	17D	Taponamiento de alimentadores	17:53:00
	Defectos		Deficiente generación de vapor	56:16:00
	Espera		Bagazo no combustiona	8:01:00
	Espera		Deficiente cantidad de bagazo	0:33:00
	Defectos	101F	Mala operación	0:38:00
	Espera		Falta de vapor	31:28:00
	Espera		Incrustación	3:53:00

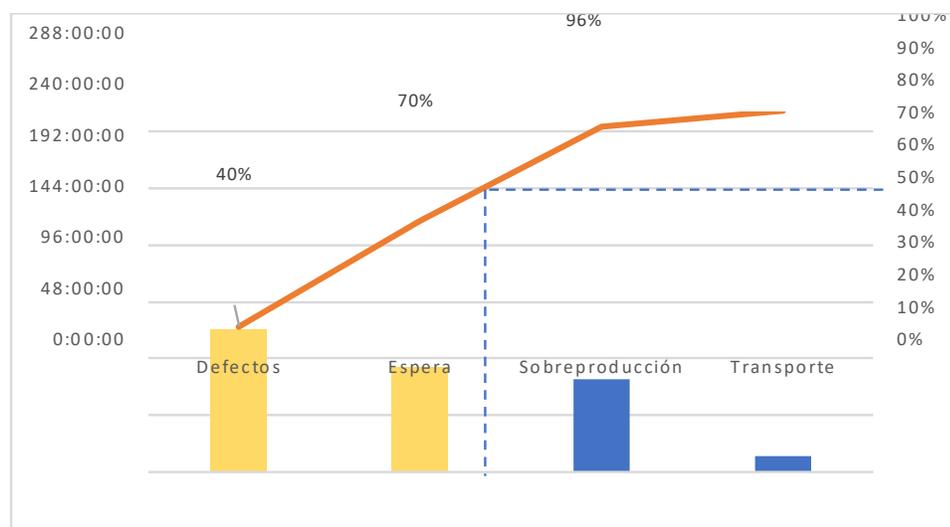
	Defectos	4D	Sobrecarga de material	14:04:00
	Transporte		Descarrilamiento por embagazamiento	13:09:00
	Defectos	16K	Falla operativa	0:45:00
Evaporación	Espera	4F	Incrustación	0:35:00
Cristalizadores	Defectos	106G	Mala operación	2:50:00

*Nota: La descripción de los códigos ver en anexo 1.*

Una vez identificado los desperdicios según las fallas de la tabla anterior, se procede a priorizar los desperdicios para el proyecto. La priorización se elaborará por medio de un diagrama de Pareto donde el 20% de los desperdicios representan en 80% de las pérdidas de la empresa.

**Figura 12.**

*Priorización de desperdicios*



Nota: Elaboración propia

Según el estudio de desperdicios, la empresa tiene 4 desperdicios donde 2 de ellos representan el 80% de las pérdidas de la empresa provocando tiempos inoperativos. El proyecto se centrará en 2 desperdicios: defectos y espera. Para ver a detalle el diagrama ver anexo 2.

### 3.5 Tiempos productivo e improductivos

Los tiempos productivos e improductivos son la suma del tiempo de trabajo total, estas variables se calcularon mediante los estudios de desperdicios, por lo tanto, 5 áreas tienen tiempos improductivos. Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Tiempo de producción*

<b>Tiempo de producción total</b>				
<b>Producto:</b>	Azúcar refinada	<b>Método:</b>	Actual	
<b>Proceso:</b>	Producción	<b>Realizado por:</b>	Wilson Peña	
<b>Hoja:</b>	1	<b>Fecha inicio:</b>	13/3/2023	
		<b>Fecha final:</b>	26/3/2023	
<b>Núm</b>	<b>Proceso</b>	<b>V. A</b>	<b>S.V. A</b>	<b>T. Ciclo</b>
1	Recepción de materia prima	491:03:00	12:57:00	504:00:00
2	Molienda	366:21:00	137:39:00	504:00:00
3	Generación de vapor	357:30:00	146:30:00	504:00:00
4	Clarificación	504:00:00	0:00:00	504:00:00
5	Evaporación	503:25:00	0:35:00	504:00:00
6	Cristalización	501:30:00	2:30:00	504:00:00
7	Centrifugación	504:00:00	0:00:00	504:00:00
8	Secado y envasado	504:00:00	0:00:00	504:00:00
	<b>TOTAL</b>	<b>3731:49:00</b>	<b>300:11:00</b>	<b>4032:00:00</b>

Nota: Elaboración propia

### 3.6 Tiempos de Lean Manufacturing

En esta sección, calculamos el tiempo del ciclo, la disponibilidad, la productividad y la eficiencia del proceso en función del tiempo requerido para la producción interna de azúcar para determinar el estado actual.

#### 3.6.1 Cálculo del Takt time

Este cálculo es el ritmo en que el azúcar debe elaborarse para satisfacer las necesidades del cliente, la velocidad a la que compra y el tiempo que la empresa debe producir.

$Tiempo\ disponible = Horas\ por\ turno - Descanso - Alimentación$  (Wyngaard, 2021)

$$Demanda\ diaria = \frac{Demanda\ mensual}{Días\ laborables}$$

$$Tiempo\ takt = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda\ diaria}$$

En la tabla 10 se observa el cálculo del tiempo takt y de igual modo cada cuanto tiempo está dispuesto el cliente a comprar un saco de 50 kg.

**Tabla 10.**

*Proceso de solicitud y tiempo requerido*

Línea	Unidad	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Azúcar blanca	50 kg/saco	45.788	65.653	51.838	61.566	75.228	62.738	67.275	75.453	76.411	75.253	39.543	64.161	760.907

Días laborales	31						Tiempo disponible (min)	1380 min						
Horas turno	8						Demanda diaria	2045 sacos	Demanda mensual	63409 sacos				
Turno	3													
Descanso por turno (min)	0						Takt time	0,67 min/saco						
Almuerzo (min)	30							40,5 seg/saco						

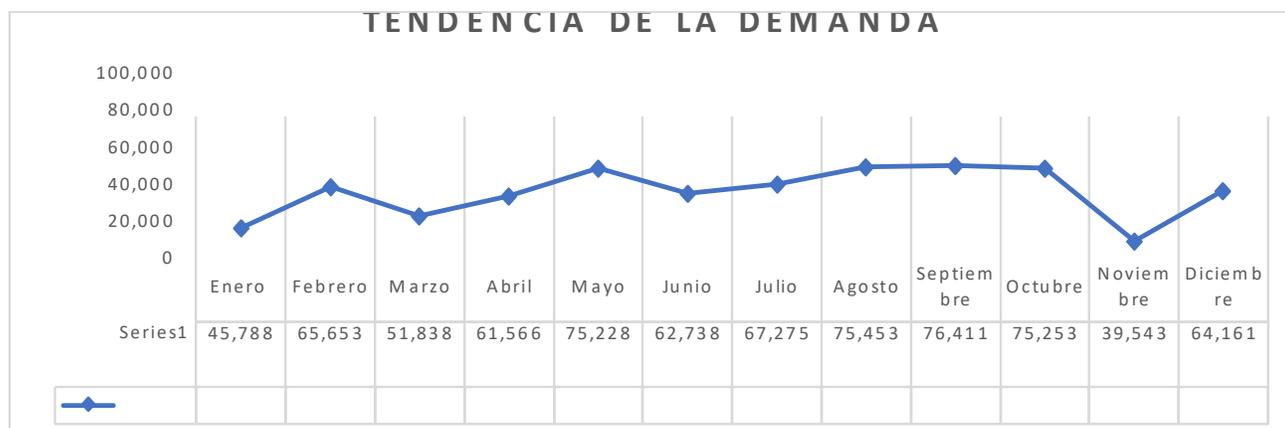
*Nota:* Demanda mensual de la azúcar blanca, por Tababuela, 2022.

Según la tabla anterior, el cálculo del takt time es de 40,5 segundos. Esto significa que, si se necesitan 63.409 sacos al mes, el cliente puede preparar sacos de 50 kg cada 40,5 segundos con 1.380 minutos disponibles en un día.

La tendencia de la demanda se refleja en esta figura, notando que noviembre es el con menor producción.

**Figura 13.**

Tendencia de la demanda

*Nota: Elaboración propia*

### 3.6.2 Calculo de la Disponibilidad

Cantidad de tiempo que un equipo funciona en comparación con el periodo en que estuvo disponible para funcionar, estas paradas pueden ser planificadas como no planificadas.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en producción}}{\text{Tiempo programado para producir}} \times 100 \quad (\text{Galván, 2022})$$

$$\text{Disponibilidad} = \frac{91.08 \text{ h}}{120 \text{ h}} \times 100$$

$$\text{Disponibilidad} = 75.9\%$$

El tiempo de producción comparado con el programado existe una diferencia alta, igual que los tiempos en producción se ven afectados por la capacidad de fábrica y deficiencia de vapor generando una disponibilidad del 75.9%.

### 3.6.3 Calculo de la Productividad

Este cálculo es un indicador económico que permite evaluar la capacidad de una empresa para utilizar los recursos disponibles para la producción de azúcar. Se mide el desempeño de la empresa.

$$Productividad = \frac{Unidades\ producidas}{Insumos\ invertidos} \quad (\text{Cañas, 2021})$$

$$Productividad = \frac{10873\ sacos + 13969\ sacos + 15547\ sacos}{744\ h}$$

$$Productividad = 54,3\ sacos/h$$

Por la productividad refleja que la empresa produce 54,3 sacos por hora al mes, lo que pretende aumentar la productividad y sin dejar de lado la calidad del producto.

### 3.6.4 Cálculo de Eficiencia

Este cálculo es un estándar económico que describe la capacidad de producir resultados máximos con recursos, energía y tiempo mínimos, optimizando los recursos disponibles para lograr los resultados deseados.

En la tabla 9, se encuentran los tiempos productivos e improductivos del proceso de fabricación de azúcar refinada usándolos para el cálculo de la eficiencia mediante la siguiente formula:

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ que\ agrega\ valor}{Tiempo\ que\ agrega\ valor + Tiempo\ que\ no\ agrega\ valor} \times 100 \quad (\text{SENTRIO, 2022})$$

$$Eficiencia = \frac{2219.49\ h}{2219.49\ h + 300.11\ h} \times 100$$

$$Eficiencia = 88.08\%$$

Como resultado del proceso de fabricación de azúcar refinada es de 88.08% de eficiencia por lo tanto el 11.92% son desperdicios, lo que evidentemente son problemas que no generan valor a la empresa.

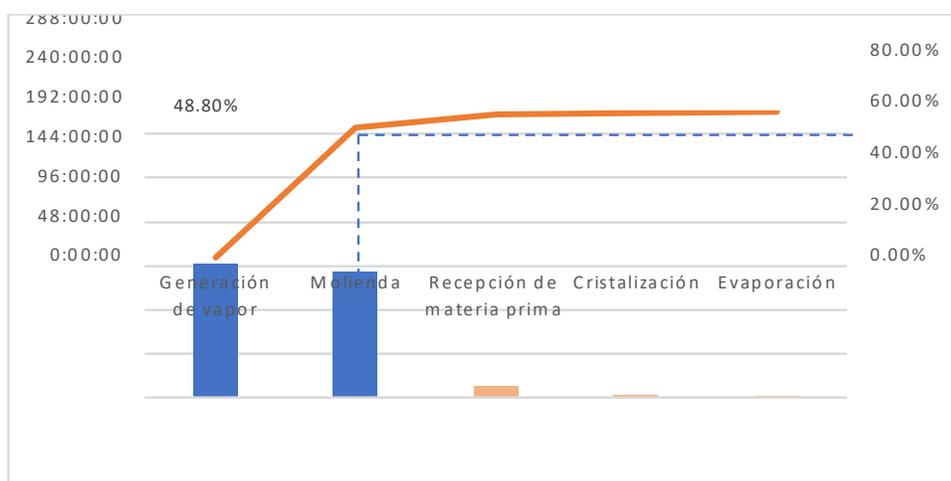
### 3.8 Mapa de cadena de valor actual (VSM)

Para crear un mapa de la cadena de valor, determine el flujo de los procesos de fabricación de azúcar refinada con base en la descripción del proceso de fabricación, a su vez se toma los estudios de tiempos productivos e improductivos donde se definen las actividades que determina el valor añadido y de igual modo los tiempos inoperativos que perjudica la productividad del proceso.

Para determinar las áreas que requieren de mejora se realiza un Pareto usando los tiempos inoperativos de la tabla 9, haciendo uso del 80-20 se determina los procesos críticos y sus desperdicios.

**Figura 14.**

*Diagrama de Pareto de tiempos inoperativos*



*Nota. El diagrama representa que el 20% de los procesos representa el 80% de pérdidas en la empresa.*

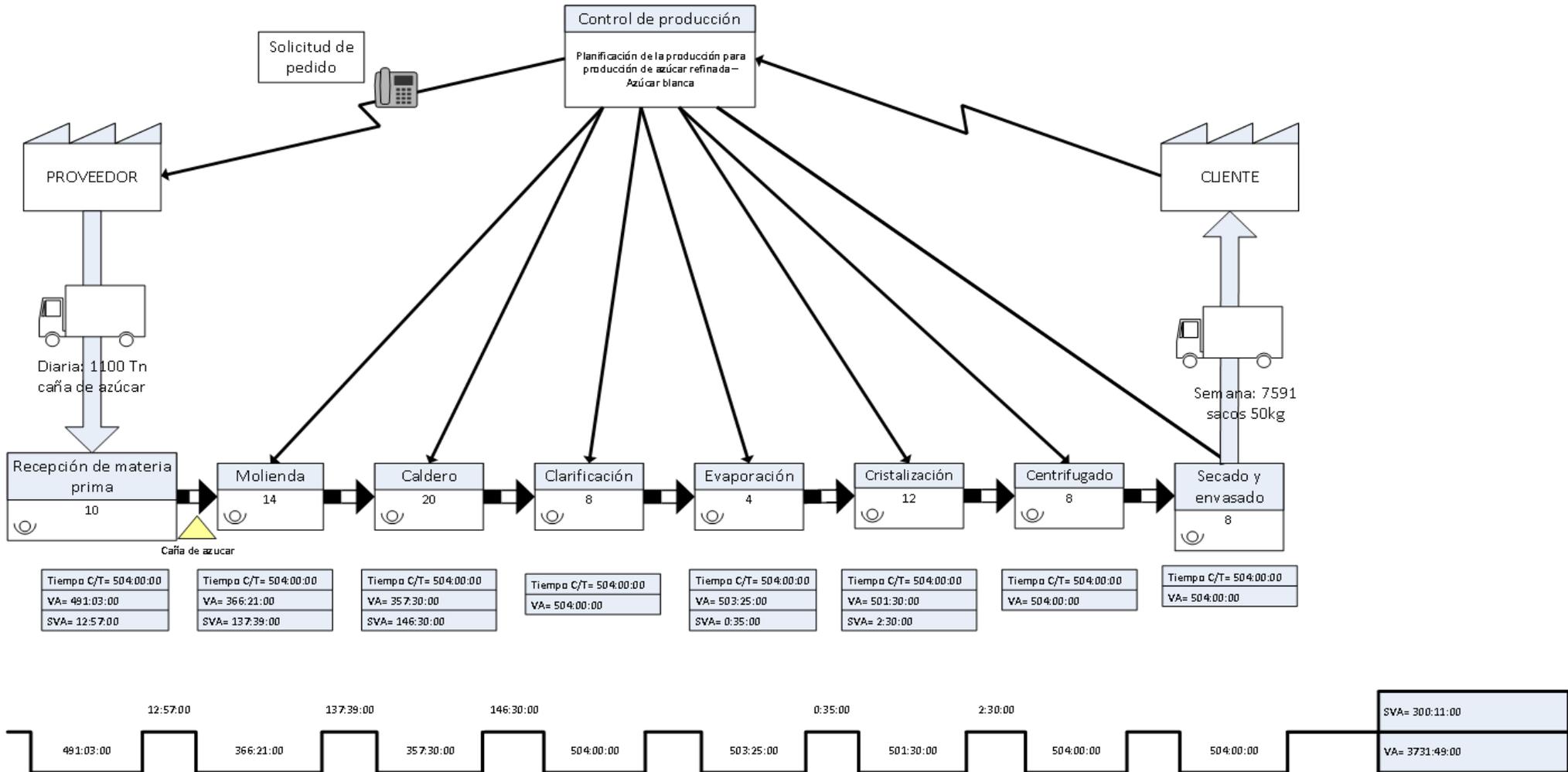
Los procesos críticos que requieren de mejora son: Generación de vapor y Molinos. Estos presentan el mayor porcentaje de tiempos inoperativos que afectan al proceso de elaboración de azúcar refinada, para analizar el resultado y observar el ABC del proceso ver anexo 3.

La propuesta en base a las áreas de mejora previstas se planteará en el área de generación de vapor, las herramientas lean aplicables a nuestra investigación se visualizarán de manera directa. Además, esta es el área con mayor criticidad teniendo el 49% de tiempos inoperativos causando pérdidas a la empresa.

La figura 15 muestra el mapa actual de la cadena de valor del Ingenio Azucarero del Norte por valor agregado, tiempo de inactividad y tiempo de ciclo. Además, destaca cómo mejorar la productividad de su empresa e identificar y reducir los desperdicios.

**Figura 15.**

*VSM actual*



Los indicadores que se han evaluado es el tiempo total (C/T) de cada proceso, este fue el resultado del tiempo que agregan valor y los que no agregan valor, de igual modo se refleja la cantidad de operarios que intervienen en cada proceso.

Con lo antes mencionado se describirá los resultados obtenidos del VSM Actual:

- El tiempo final de clico del proceso es de 4032 horas.
- El tiempo de valor agregado (VA) es de 3731 horas con 49 minutos
- El tiempo que no agrega valor (SVA) es de 300 horas con 11 minutos.
- El tiempo de abastecimiento es constante, todos los días la empresa recibe 1100 tn de caña.

La empresa tiene contacto con sus clientes por medios electrónicos por correo o llamada, de este modo se acogen los pedidos y se atienden, cada proceso de la fábrica es monitoreada por un cuarto de control y los supervisores que vigilan el flujo del proceso.

En la tabla 11 se agregan todos los desperdicios ifentificados.

**Tabla 11.***Desperdicios*

<b>Desperdicios detectados</b>	<b>Causa</b>	<b>Herramienta lean</b>	<b>Descripción</b>
Espera	Falta de caña	Kanban	Mejora el flujo de las operaciones y aprovecha al máximo los recursos
	Roturas de partes	TPM	Maximiza la efectividad de la planta y los equipos, además reduce gastos de mantenimiento correctivo y mejora la productividad
	Falta de agarre en las mazas	TPM	
	Taponamiento	TPM	
	Vibración alta	TPM	
	Incrustación	TPM	
	Refrigeración defectuosa	TPM	
	No acciona por daño de mangueras	TPM	
	Deficiente cantidad de bagazo	5'S	Mejora efectivamente las áreas de trabajo y eleva la productividad
	Bagazo no combustiona	5'S	
Falta de vapor	KPI's	Ayuda a lograr los objetivos estratégicos permitiendo medir los resultados	
Defecto	Sobrecarga de material	5'S	Elimina tiempos muertos entre tareas y optimiza la calidad de trabajo
	Mala operación	5'S	
	Deficiente generación de vapor	5's	
	Desgaste de material	Control visual	Permite observar errores, optimizar los procesos y ser más eficientes.
	Falla operativa	Las 8 ds	Identifica, corrige y elimina problemas recurrentes.
Sobreproducción	Capacidad de fábrica sobrepasada	Kanban	Mejora el flujo de trabajo y aumenta la productividad.
Transporte	Descarrilamiento por embagazamiento	Poka Yoke	Finaliza el proceso con 0 defectos o errores.

Según la tabla 12, las herramientas más relevantes que se pueden utilizar en el proyecto son los 5s y TPM atacando a los desperdicios de mayor impacto, por lo que el proyecto diseñará

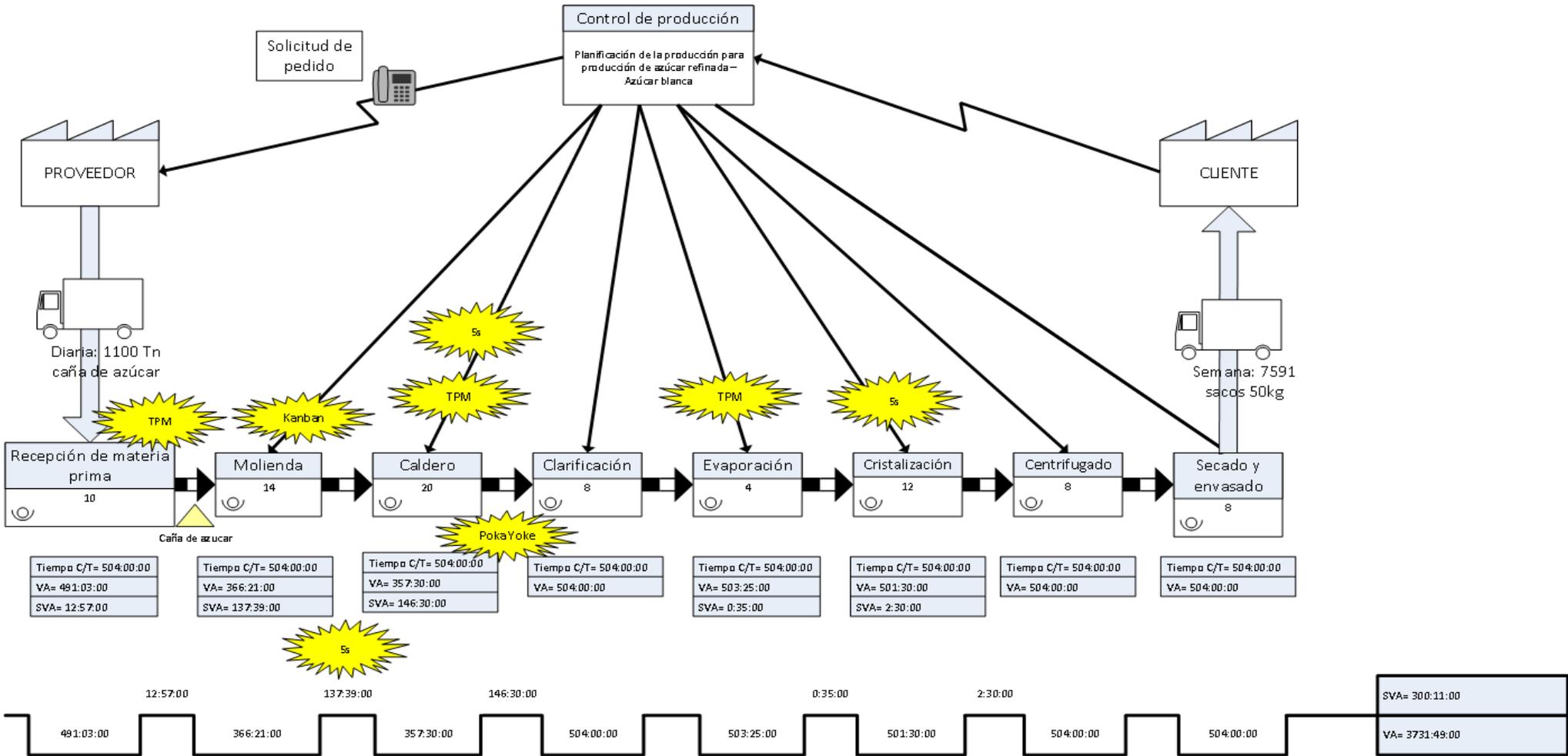
una propuesta basada en estas dos herramientas expuestas.

### **3.9 Mapa de cadena de valor futuro (VSM)**

A continuación, en la figura 16 se muestra el mapa de valor futuro, donde se señala las posibles herramientas lean aplicables a la investigación.

**Figura 16.**

*VSM futuro*



## Capítulo IV

Sugerencias de mejora basadas en herramientas de manufactura esbelta para optimizar procesos y tiempos en líneas de producción de caña de azúcar refinada.

### 4.1 Fase 1: Recolección y búsqueda

Con el análisis de la demanda total del año 2021, tabla 7, el resultado del producto estrella de la empresa IANCEN es la azúcar blanca, este producto abarca 74.16% del total de producción.

Este proyecto consiste en proponer el uso de varias herramientas Lean. Esto significa que se necesita un enfoque estructurado de la filosofía, los objetivos y los beneficios de la fabricación ajustada y debería proporcionar información relevante para la investigación. Es importante recordar que no existe una metodología aplicable, por lo que se tienen en cuenta diversos factores como empresa, producto y proceso.

Se realizan las siguientes tareas para crear una propuesta:

1. Entrevistar a ingenieros de producción, supervisores y trabajadores para determinar las causas de la pérdida de tiempo y las posibles soluciones.
2. Tomar fotografías del lugar de trabajo, las máquinas, las condiciones de trabajo y también utilizar listas de verificación ayudará a visualizar el orden y la limpieza en su empresa.
3. Creación de diagramas de procesos para todas las áreas de trabajo, incluyendo información detallada sobre las actividades individuales dentro de los subprocesos de producción de azúcar blanca.
4. Preparar cálculos de tiempo de fabricación ajustada, como tiempo takt, eficiencia

general del equipo, productividad y eficiencia para comprender el estado actual de la empresa.

5. Hacer recomendaciones de mejora en función de los residuos identificados durante el diagnóstico inicial.

#### **4.2 Fase 2. Análisis del sistema productivo**

En la Fase 2, analizamos el proceso de fabricación de azúcar blanca con base en información recopilada a través de observaciones, entrevistas con empleados y visitas diarias a la empresa.

Identificamos desperdicios internos, cálculo del tiempo requerido por el cliente (takt time), actividades con valor agregado y sin valor agregado, estructura organizacional, tipos de productos, procesos involucrados en la fabricación, etc.

Herramientas de gestión de la calidad utilizadas en el proyecto fueron:

- Value Stream Mapping: Técnica que ayuda a visualizar, analizar y mejorar el flujo dentro de un proceso de producción al visualizar los procesos y la información de principio a fin. Esta técnica se utiliza para identificar actividades con valor agregado y sin valor agregado.
- Diagrama de procesos: representación gráfica de los principales procesos realizados en la elaboración de azúcar blanca, mostrando la secuencia e interacción de las actividades mediante símbolos gráficos.
- Diagrama de Pareto: Esta técnica le permite categorizar gráficamente la información de mayor a menor relevancia para identificar los temas más

importantes en los que centrarse.

Estas herramientas ayudan a encontrar soluciones a los problemas que surgen de diversas herramientas de fabricación ajustada y a determinar cuáles son aplicables al proyecto. La propuesta adopta un enfoque sistemático y riguroso para encontrar soluciones y resolver los problemas encontrados.

#### 4.2.1 Indicadores de Lean Manufacturing

Indicadores que mejoran con la introducción de herramientas de manufactura esbelta.

Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Indicador de mejora al aplicar LM*

<b>INDICADORES DE LEAN MANUFACTURING</b>		
<b>Indicador</b>	<b>Situación actual</b>	<b>Objetivo</b>
Takt Time	40,5 segundos	Tiempo de ciclo ser igual o menos al takt time
Eficiencia	88,08 %	Incrementar
Productividad	54,3 sacos/h	Incrementar
Disponibilidad	75,9 %	Incrementar

*Nota:* Se muestra los beneficios que se conseguirían al implementar herramientas de LM sugeridas.

#### 4.2.2 Priorización de herramientas Lean Manufacturing

Luego de analizar la situación actual de una empresa a través de encuestas, entrevistas y análisis de flujo de valor, desglosamos los problemas de cada proceso y proponemos soluciones a

los problemas que más impactan la producción de azúcar blanca.

Para esto se diseñó la tabla 12 realizada con la ayuda de los supervisores de la empresa, el tutor de tesis y se utilizó la información donde detallan los desperdicios existentes, sus causas, posibles soluciones y descripción.

Para hacer la priorización de las herramientas se atribuye la siguiente puntuación a las variables: muy importante 9, importante 6, poco importante 4, no importa 1. El orden de aplicación se establece posteriormente, tabla 13.

**Tabla 13.**

*Matriz de enfoque*

<b>MATRIZ DE ENFOQUE</b>							
<b>Herramienta LM</b>	Costo	Tiempo	Factibilidad	Viabilidad	Total	Porcentaje	<b>Orden de priorización</b>
<b>5's</b>	6	6	9	9	30	54,55%	1ro
<b>TPM</b>	6	9	4	6	25	45,45%	2do
					55	100,00%	

*Nota:* La calificación de las distintas variables se realizó desde un criterio científico en base a la información obtenida acerca de las herramientas LM.

Una vez finalizada la recopilación de datos, se identificó el estado actual de la producción de azúcar blanca y su eliminación, destacando los tiempos de espera, el sobre procesamiento y los defectos. Priorizamos el problema y sus posibles herramientas y proponemos mejoras en base a las herramientas de manufactura esbelta que se pueden aplicar al estudio, tabla 12.

La herramienta propuesta en el estudio se basa en el ciclo de Deming, que significa

planificar, hacer, comprobar, actuar. Este estudio se centra en el análisis de la producción, con la colaboración de la empresa, la cual proporciona la información necesaria para el desarrollo posterior del proyecto, centrándose principalmente en el área de producción. Las herramientas seleccionadas para la mejora llegan a la fase de propuesta, que se centra en el ciclo de Deming. Esto significa que llegamos a la fase de planificación y ejecución, ya que la siguiente fase, comprobar y actuar, es parte de la implementación.

### **4.3 Fase 3: Propuesta de mejora**

Una vez realizado el diagnóstico actual de la empresa, se realiza el desarrollo de las herramientas de la metodología lean manufacturing previamente analizada.

#### **4.3.1 5's**

Esta herramienta se enfoca en el orden, la seguridad y la limpieza para mejorar su ambiente de trabajo. Esto implica principalmente capacitar al personal y a los gerentes de producción sobre la importancia de mantener un área de trabajo limpia y ordenada.

#### **Planificación**

1. Seleccionar al líder del equipo.
2. Proporcionar formación e interacción a los empleados de la empresa.
3. Evaluar la situación actual.
4. Planificar el uso de las herramientas.
5. Se realiza las mejoras.
6. Realizar un seguimiento continuo.

## **Hacer**

### **Seleccionar el equipo**

Para poner en práctica las 5'S es necesario seleccionar un líder de equipo y su grupo de trabajo. Esto significa que no sólo los miembros de la organización que forman parte del equipo, sino también cada gerente de área es responsable de implementar la herramienta y asegurar el correcto progreso.

### **Capacitación**

Se debe realizar capacitación para explicar a todos los empleados qué es el 5'S, su propósito y cómo implementarlo, con el objetivo de garantizar que todos los participantes tengan una comprensión clara del 5'S y su significado.

Para ello, las empresas necesitan contratar formadores con el conocimiento y el perfil adecuados en áreas como la reducción de residuos, las 5'S y las buenas condiciones laborales. Esta formación está dirigida a directivos de empresa, jefes de área de producción, jefes de área y empleados preseleccionados.

Le recomendamos que compruebe la eficacia de la formación realizando una prueba escrita sobre el contenido cubierto en la formación. Se recomiendan los siguientes perfiles para un buen desempeño de los formadores: Ingeniero Industrial, Pasante de Ingeniería Industrial, Certificado Yellow Belt, Black Belt.

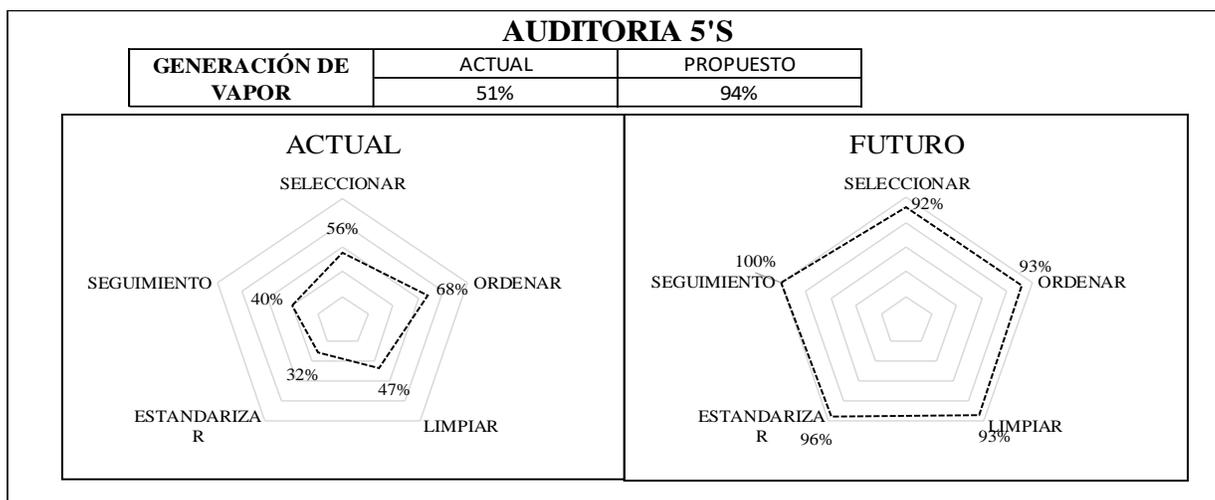
### **Análisis de la situación actual**

El diagnóstico real de la herramienta se determinó mediante una auditoría de cinco etapas.

Con base en los resultados obtenidos se inicia una propuesta de acuerdo a los requerimientos y se alcanza el nivel de propuesta para esa área.

**Figura 17.**

*Auditoria de 5's*



*Nota:* La auditoría se realizó al área de generación de vapor donde se aplicará la propuesta del proyecto por criticidad evaluada anteriormente.

El porcentaje general de la auditoria actualmente es del 51% que se realizó con una auditoria al jefe de área. Anexo 4. Esto demuestra las debilidades del proceso con respecto a la herramienta 5's, cuando se implemente la herramienta es necesario realizar una nueva auditoría para visualizar los resultados en el proceso.

### **Plan de implementación**

Las 5's cuenta con 5 etapas de desarrollo con sus objetivos, materiales, actividades, responsables e indicadores. Tabla 14.

**Tabla 14.**

*Plan de implementación*

5's	Objetivo	Actividades	Herramientas	Indicador	Participantes	Fecha
<b>Seiri</b>	Todos los objetos que no son necesarios ni facilitan las tareas y tratan de que exista solo objetos	<p>Registro fotográfico del área</p>  <p>Fotografía del área de generación de energía.</p>	Fotografía	-Check list -5's	-jefe de área -Supervisor de producción	Semana 1
		<p>En esta etapa se retira del área de trabajo los artículos o herramientas innecesarios y se ordena las herramientas que estén mal ubicadas, por lo tanto, en esta etapa se elimina todo aquello que no sea necesario y ordena lo necesario.</p> 	Fotografía	-Check list -5's	-jefe de área -Supervisor de producción	Semana 1

	<p>necesarios.</p>	<p>Se establece criterio de clasificación y evaluación basados en la frecuencia de uso, tiempo y cantidad. Además, los artículos considerados innecesarios son ubicados en un área de desechos o almacén.</p> <pre> graph TD     A[Objetos Necesarios] --&gt; B(Organizarlos)     C[Objetos Obsoletos] --&gt; D{¿Son útiles?}     D -- SI --&gt; E[Repararlos]     D -- No --&gt; F[Descartarlos]     G[Objetos Dañados] --&gt; F     H[Objeto Demás] --&gt; I{¿Son útiles para alguien más?}     I -- SI --&gt; J[Dotar Transferir Vender]     I -- No --&gt; F     </pre>	<p>-Check list -Fotografía</p>	<p>-Check list -5's</p>	<p>-Jefe de área -Supervisor de producción</p>	<p>Semana 1</p>
		<p>Diseña tarjetas rojas y amarillas teniendo en cuenta los elementos que consideres innecesarios, completa la información, colócalas en un lugar destacado y asegúrate de que no se caigan. Recomendamos utilizar esta técnica inmediatamente después de que su administrador apruebe su propuesta.</p>	<p>-Tarjeta roja y amarilla -Fotografía</p>	<p>-Check list -5's</p>	<p>-Jefe de área -Supervisor de producción</p>	<p>Semana 1</p>

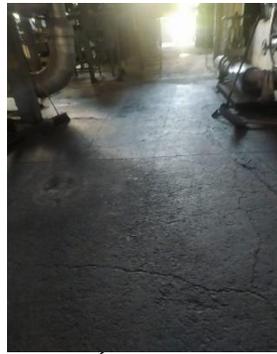
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarjeta roja: se utiliza para eliminar los elementos innecesarios. Anexo 5.</li> <li>• Tarjeta amarilla: se utiliza para localizar los elementos que no se encuentran en su ubicación prevista. Anexo 6.</li> </ul>				
		Haga una lista de los objetos requeridos en el área y se eliminan los objetos declarados obsoletos. Anexo 7.	Check list de objetos necesarios	-Check list -5's	-Jefe de área -Supervisor de producción	Semana 1
<b>Seiton</b>	Exista un lugar para cada artículo y que estos se encuentren preparados para su utilización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usar los objetos necesarios. Anexo 7.</li> <li>• Diseñar una guía de ubicación para los artículos dependiendo del uso y utilidad.</li> <li>• Designar y establecer el lugar de ubicación de cada herramienta para disminuir tiempo de búsqueda y tiempo de ciclo de producción.</li> </ul>	-Fotografía -Lay out -Estanterías -Check list de objetos necesarios	-Check list -5's	-Jefe de área -Supervisor de producción	Semana 2

<p><b>Seiso</b></p>	<p>Establecer una metodología para mantener limpias las máquinas y el ambiente de</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseñar la planificación de actividades de limpieza.</li> <li>• Determinar los métodos de limpieza.</li> <li>• Asignar responsables de limpieza.</li> <li>• Establecer la disciplina.</li> <li>• Definir la frecuencia y cuando se debe realizar.</li> <li>• Listar las actividades de limpieza que se deben realizar.</li> <li>• Listar los útiles y artículos necesarios para la limpieza.</li> <li>• Documentar las actividades en un procedimiento.</li> </ul>	<p>-Artículos de limpieza -Registro de limpieza -Fotografía</p>	<p>-Check list -5's</p>	<p>-Jefe de área -Supervisor de producción</p>	<p>Semana 3</p>
---------------------	---	---	---	-----------------------------	--	---------------------

trabajo.



Área contaminada



Área limpia



Área contaminada



Área limpia



<p><b>Seiketsu</b></p>	<p>Desarrollar las condiciones de trabajo que eviten retroceder en las primeras 3 S y lograr que los procedimientos, prácticas y actividades se ejecuten constantemente.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer una capacitación al personal seleccionado sobre el bienestar y seguridad personal.</li> <li>• Continuar con el desarrollo de las primeras 3S</li> <li>• Análisis de posibles riesgos laborales.</li> <li>• Evaluar los resultados de las 3 primeras S. Anexo 8.</li> <li>• Identificar oportunidades de mejora</li> </ul>	<p>-Evaluaciones -Motivación personal</p>	<p>-Check list -5's</p>	<p>-Jefe de área -Supervisor de producción</p>	<p>Semana 4</p>
------------------------	--	--	---	-----------------------------	--	-----------------

<p><b>Shitsuke</b></p>	<p>Crear hábitos que se basen en 4S anteriores para cerciorarse de que se mantenga el área limpia y ordenada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar socializaciones de lo que se ha logrado con la herramienta.</li> <li>• Fortalecer la comunicación y coordinación interna.</li> <li>• Mantener el estado alcanzado con las primeras 3 S</li> <li>• Fotografiar y exponerlas de manera visible como se debe mantener los equipos y el área.</li> <li>• Coordinar acciones de mejora con el comité 5's.</li> <li>• Seguir las reglas y políticas de la empresa.</li> </ul>	<p>Tabla de gestión visual</p>	<p>-Check list -5's</p>	<p>- Jefe de área -Supervisor de producción</p>	<p>Semana 5</p>
------------------------	---	---	--------------------------------	-----------------------------	---	---------------------

*Nota: Elaboración propia*

### **4.3.2 TPM**

Desarrollar un programa integral de mantenimiento productivo en el área de estudio requiere de la cooperación de operadores que conozcan los procesos y maquinaria y que por ende sean responsables del mantenimiento o que informen al área de mantenimiento sobre posibles averías de las máquinas.

#### **Planificación**

1. Defina la maquina donde se ejecuta el TPM.
2. Proporcionar de formación al personal sobre el TPM.
3. Desarrollar planes de mantenimiento.

#### **Hacer**

##### **Identificación de los equipos**

Para identificar las maquinarias, lo primero que se hizo fue visitar el área donde se contabilizo la cantidad de equipos que poseen. Se diferencian las maquinarias usando una codificación para tener un control y organización de los elementos, para llevar un registro organizado.

Los dispositivos están codificados con tres letras los cuales indican el nombre de la empresa IA, seguido de letras que indican la región a la que pertenece el dispositivo, después las iniciales del nombre del equipo y al final 3 números que indican la cantidad de máquinas existentes.

**Tabla 15.***Codificación de los equipos*

<b>CODIGO</b>	<b>MAQUINA</b>	<b>CANTIDAD</b>
IA-G-TB-006	Tb (Cadena transportadora)	6
IA-G-BAN-001	Banda de caucho	1
IA-G-MOT-017	Motor	17
IA-G-CAL-001	Caldera	1
IA-G-BOM-005	Bomba de dosificación	5
IA-G-DIS-001	Distribuidor de vapor	1
IA-G-SIF-007	Sin fin	7

*Nota: Elaboración propia***Capacitación**

Para que el trabajo funcione correctamente, cada operador debe estar dedicado a la empresa y comprender su tarea. Capacite a los operadores en capacidades de inspección mediante el desarrollo de programas de inspección, lubricación, limpieza y ajuste.

Se debe especificar la importancia de desarrollar un sistema de informes manual y utilizar un formato de registro para programar la secuencia de actividades en orden de importancia para

permitir un control eficiente de la máquina.

Como parte del diagnóstico inicial, limpiamos e inspeccionamos el dispositivo para identificar posibles problemas como grietas, corrosión, desgaste o elementos sueltos o rotos.

### **Planes de mantenimiento**

El plan de mantenimiento se centra en la planificación preventiva, la cumplimentación de la documentación técnica y el cumplimiento de los estándares de calidad y seguridad de la maquinaria del sector de generación de vapor. El mantenimiento se realizará en un corto período de tiempo. Como: diariamente, semanalmente o mensualmente para evitar cualquier inconveniente o falla que afecte el funcionamiento de la máquina. Estas actividades son:

- Lubricar las piezas de la maquina
- Verificar los suministros de aceite, vapor y aire.
- Inspeccionar los equipos de mantenimiento
- Inspeccionar la maquinaria para su limpieza correspondiente con aire comprimido, escoba o cepillo.
- Descartar equipos de mantenimiento dañadas o desgastadas.

Para realizar la planificación también es necesario encuestar a los operarios sobre los posibles problemas que se presentan en las maquinas. Entre ellas encontramos:

- Ruptura de cadena.
- Corrosión en las maquinas.
- Falta de lubricación.
- Aislamiento de ejes.

- Taponamiento de tuberías
- Fugas de líquido.
- Sobrecalentamiento de láminas.
- Taponamiento de tubos fluxes.

También se hizo un seguimiento al operario y al área para verificar los problemas. Se revisó:

- Ruidos que producen las maquinas.
- Sobrecalentamiento del motor.
- Desconfiguraciones en la maquinaria.
- Banda desgastada o rota
- Indicadores de monitoreo de maquinaria en rojo.
- Posibles fugas de aceite.
- Posibles fugas de aire.
- Vibraciones de la maquinaria.
- Estado del metal de la caldera.
- Nivel de combustión.
- Velocidad de las tb e ingreso de bagazo.
- Tensión de cadena.

### **Limpieza**

El dispositivo se suministra con un manual de funcionamiento y mantenimiento que proporciona consejos sobre el correcto uso y cuidado de la máquina según marca, aplicación y

antigüedad. Sin embargo, todas las máquinas requieren un mantenimiento general o básico para mantener el equipo funcionando y en buenas condiciones. Estos son:

- Al inicio de cada turno realizar una limpieza de las maquinarias, como polvo, grasa o materiales sólidos. Se puede usar cepillo, escoba, trapo o aire comprimido dependiendo de la necesidad.
- Aceitar engranajes de manera paulatina según el grado de desgaste para tener un mayor rendimiento.
- Cada cierto tiempo se limpia el área y las máquinas, evitando el desgaste innecesario de las piezas y atascos.
- Periódicamente ajustar los tornillos de las maquinarias debido a las vibraciones y altas temperaturas para prevenir que las piezas se muevan.
- Revisar los niveles de presión y temperatura que produce la caldera para evitar pérdidas de temperatura produciendo que haya un desnivel en el distribuidor de vapor.
- Lubricar los ejes de los motores y el sin fin para evitar atascamientos de material.
- Limpiar las boquillas del quemador de la caldera.
- Purgar la caldera tanto de fondo como de sus columnas y parrillas.

### **Lubricación**

Se debe lubricar:

- Pernos
- Ejes
- Carriles

- Engranajes
- Reductor de velocidad
- Bandas de transmisión
- Compresores
- Bandas de compresor.

La frecuencia con la que se debe lubricar los equipos está especificada en el manual de mantenimiento de cada máquina.

### **Recomendaciones para el mantenimiento**

- Mantenga un conjunto de herramientas y equipos de mantenimiento cerca de la máquina o en un lugar estratégico.
- Evite el sobrecalentamiento de las piezas. Si alguna pieza se sobrecalienta, comuníquese con un mecánico.
- Recuerde que la finalidad de los lubricantes es evitar el desgaste de las piezas debido por contacto y fricción con los mecanismos.

**Tabla 16.***Plan general de mantenimiento*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Actividad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Responsable</b>
IA-G-TB-006	Tb (Cadena transportadora)	6	Limpieza	1) limpiar con aire comprimido la superficie. 2) limpiador usando un producto adecuado y dejar reposar por 10 a 15 min. 3) corroborar la tensión ajustándola correctamente.	Semanal	Operario
			Lubricación	1) cepillar el lubricante sobre las placas de la cadena. 2) aplicar lubricante entre las placas interiores y exteriores. 3) aplicar lubricante entre las placas interiores y rodillos.	Semanal	Operario
			Mantenimiento general	1) Prevenir la entrada de agua al interior del motor. 2) Checar que todos los tornillos estén ajustados. 3) Identificar cual es el estado de la banda. 4) Determinar el nivel de desgaste de los rodillos.	Mensual	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico

IA-G-BAN-001	Banda de caucho	1	Limpieza	1) limpiar en seco con un trapo limpio frotándola en las superficies. 2) Enjuague previamente con un poco de agua y un paño para eliminar las partículas más pequeñas. 3) limpiador usando un producto adecuado y dejar reposar por 10 a 15 min. 4) corroborar la tensión ajustándola correctamente.	Semanal	Operario
			Lubricación	1) cepillar el lubricante sobre las placas de la cadena. 2) aplicar lubricante entre las placas interiores y exteriores. 3) aplicar lubricante entre las placas interiores y rodillos.	Mensual	Operario
			Mantenimiento general	1) Prevenir la entrada de agua al interior del motor. 2) Checar que todos los tornillos estén ajustados. 3) Identificar cual es el estado de la banda. 4) Determinar el nivel de desgaste de los rodillos.	Mensual	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico
IA-G-MOT-017	Motor	17	Limpieza	1) limpiar con aire comprimido la superficie. 2) usar un limpiador usando un producto adecuado y dejar reposar por 10 a 15 min. 3) limpie el área alrededor del puerto de ventilación y llenado de combustible. 4) confirmar la limpieza mediante una inspección.	Semanal	Operario

			Lubricación	1) Asegúrese de que su pistola engrasadora contenga el lubricante correcto. 2) Retire el tapón de alivio o el tapón de drenaje. 3) Aplique grasa al rodamiento. 4) Compruebe que salga la grasa por el orificio de alivio y el orificio de ventilación. 5) Caliente brevemente el motor para expulsar el exceso de grasa antes de volver a instalar la bujía.	Mensual	Operario
			Mantenimiento general	1) Revisar visualmente cada parte del motor. 2) Detectar vibraciones. 3) Revisar funcionamiento de los rodamientos. 4) Limpiar y lubricar periódicamente. 5) Probar el bobinado del motor.	Mensual	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico

IA-G-CAL-001	Caldera	1	Limpieza	<p>1) Desconectar toda fuente eléctrica. 2) Cerrar la llave de administración de gas. 3) Limpiar el exterior e interior con cepillos. 4) Destornillar el ducto de la caldera. 5) Desmontaje de puerta del multiciclón y extraer el hollín escobas, cerda metálica, espátula y recogedor 6) Limpiar con agua a presión la recámara de agua 7) Limpiar el ventilador, láminas y las toberas del quemador con aire comprimido y un cepillo. 8) Comprobar el estado de los electrodos y limpiarlo una vez comprobado con aire comprimido y trapo. 9) Limpiar los conductos de humo. 10) usar el detector de gases para verificar si existe una fuga.</p>	Diaria	Operario
--------------	---------	---	----------	--	--------	----------

			Mantenimiento general	1) Checar el funcionamiento del quemador mediante la observación. 2) Verificar la presión del combustible. 3) Inspeccionar las uniones flexibles. 4) Inspeccionar visualmente el funcionamiento del ventilador, mantenerlo limpio e informar cualquier anomalía. 5) Compruebe diariamente si el control de nivel funciona correctamente. 6) Verifique los sistemas de alarma y apagado de bajo nivel de agua. 7) Revisar la válvula de seguridad y asegurarse de que este en buen estado. 8) Asegúrese de que todos los accesorios estén lubricados. 9) Verificar continuamente que el equipo esté funcionando correctamente e informar cualquier anomalía. 10) Lleve consigo todos los días la hoja de control de encendido/limpieza.	Semanal	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico
IA-G-BOM-005	Bomba de dosificación	5	Limpieza	1) Enjuague con agua durante 10 min, luego durante 5 min y verifique que se haya drenado el agua en las tuberías. 2) Apague la fuente de alimentación y retire todas las válvulas. 3) Lave las válvulas y sus partes con agua limpia. 4) Vuelva a instalar todas las válvulas. 5) Remoje en agua durante 5 min para verificar si existe cristalizaciones.	Semanal	Operario

			Lubricación	1) Asegúrese de que su pistola engrasadora contenga el lubricante correcto. 2) Retire el tapón de alivio o el tapón de drenaje. 3) Aplique grasa al rodamiento. 4) Compruebe que salga la grasa por el orificio de alivio y el orificio de ventilación. 5) Caliente brevemente el motor para expulsar el exceso de grasa antes de volver a instalar la bujía.	Semanal	Operario
			Mantenimiento general	1) Realizar limpieza de línea de aire y línea de DEF. 2) Utiliza fluidos de escape de diésel. 3) Asegurar que el DEF no este expuesto al sol, fuentes de calor y polvo. 4) Mantener el contenedor siempre tapado. 5) Cuando encienda una lámpara relacionada al sistema de postratamiento y actuar en el mejor tiempo.	Mensual	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico
IA-G-DIS-001	Distribuidor de vapor	1	Limpieza	1) Limpiar la superficie exterior de las tuberías. 2) Limpiar los filtros de toda la instalación.	Semanal	Operario

			Mantenimiento general	1) Inspeccionar el estado de los anclajes y soportes del sistema de tubería. 2) Determinar si existe vibraciones en las tuberías. 3) Inspeccionar que los ganchos o soportes no estén doblados o desprendidos. 4) Reparare cualquier rotura o grieta que tenga el forro aislante. 5) Comprobar todos los equipos que trabajan con vapor estén en buen funcionamiento. 6) Revisar los tanques de condensado y sus accesorios. 7) Revisar el funcionamiento de las válvulas reductoras de presión. 8)Chequear las tuberías de entrada y salida a las válvulas y asegurarse que no ocasiones deformación en el cuerpo de la válvula.	Mensual	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico
IA-G-SIF-007	Sin fin	7	Limpieza	1) limpiar con aire comprimido la superficie. 2) limpiador usando un producto adecuado y dejar reposar por 10 a 15 min. 3) corroborar la tensión ajustándola correctamente.	Diaria	Operario
			Lubricación	1) cepillar el lubricante sobre las placas de la cadena. 2) aplicar lubricante entre las placas interiores y exteriores. 3) aplicar lubricante entre las placas interiores y rodillos.	Semanal	Operario

			Mantenimiento general	1) Prevenir la entrada de agua al interior del motor. 2) Checar que todos los tornillos estén ajustados. 3) Identificar cual es el estado de la banda. 4) Determinar el nivel de desgaste de los rodillos.	Semanal	Operario
			Cambio de pieza	Cambiar las piezas averiadas, aisladas y rotas.	Según manual	Mecánico
			Mantenimiento correctivo	Según el mecánico y la situación.	Cuando sea necesario	Mecánico

*Nota: Elaboración propia*

### Ficha de control de mantenimiento preventivo

Para el control rutinario de las maquinas es recomendable un registro, este debe llenarse por cada máquina y ser archivado al expediente. Tabla 17.

**Tabla 17.**

*Registro de mantenimiento*

Código	Cantidad	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IA-G-TB-006	6	Tb (Cadena transportadora)												
IA-G-BAN-001	1	Banda de caucho												
IA-G-MOT-017	17	Motor												
IA-G-CAL-001	1	Caldera												
IA-G-BOM-005	5	Bomba de dosificación												
IA-G-DIS-001	1	Distribuidor de vapor												
IA-G-SIF-007	7	Sin fin												

Para verificar el cumplimiento del TPM se utiliza los indicadores, esta guía es útil al determinar el resultado de la propuesta determinando lo que se hizo y no se hizo. Anexo 9.

#### 4.4 Fase 4: Análisis de resultados

Finalmente, la fase 4 propone la aplicación de herramientas de producción ajustada, con el objetivo de eliminar o reducir actividades que no agregan valor, desperdicio, orden a las actividades y mantener un flujo continuo de procesos. Los datos recopilados fueron registrados.

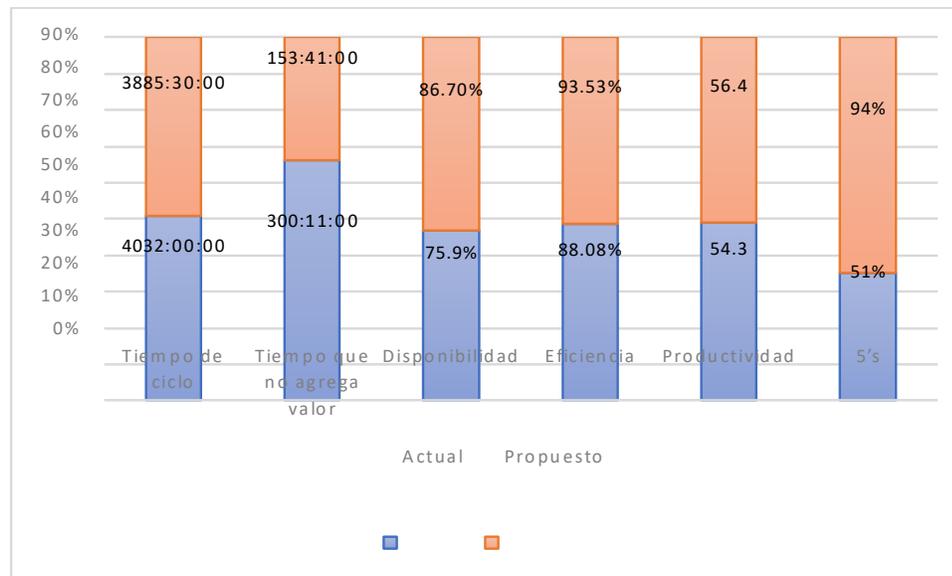
Tabla 18.

**Tabla 18.***Indicadores de los resultados*

<b>Análisis de los resultados del antes y después de la propuesta</b>				
<b>Indicador</b>	<b>Actual</b>	<b>Propuesto</b>	<b>Mejora</b>	<b>Unidades</b>
Tiempo de ciclo	4032:00:00	3885:30:00	-146:30:00	hh:mm:ss
Tiempo que no agrega valor	300:11:00	153:41:00	-146:30:00	hh:mm:ss
Disponibilidad	75,9%	86,7%	+10,8%	Porcentaje
Eficiencia	88,08%	93,53%	+5,45%	Porcentaje
Productividad	54,3	56,4	+2,1	Sacos/h
5's	51%	94%	+43%	Porcentaje

El proyecto mediante los resultados es viable, debido a que no se gastara en equipos costosos, por lo contrario, se enfocara en los recursos de la propia empresa para ser más eficientes en la producción de azúcar. Con la implementación de dos herramientas se prevé disminuir los desperdicios y alcanzar los objetivos propuestos en la tabla 19.

Para indicar de manera visible las mejoras que se alcanzarían al implementar el proyecto de lean manufacturing, se procede a graficar los resultados. Figura 18.

**Figura 18.***Resultados de la propuesta*

Según los resultados publicados, la introducción de herramientas aplicables a la investigación supone un aumento de la productividad, que es el principal objetivo del proyecto. Acorta los tiempos de ciclo y minimiza el tiempo sin valor agregado, contribuyendo a una mayor productividad. Además, el uso de TPM aumenta la disponibilidad del sistema y alinea la eficiencia con los objetivos empresariales.

#### **4.4.1. Costo de inversión**

##### **Inversión del 5's**

La siguiente tabla demuestra la inversión para la implementación de las 5's con sus herramientas y costo de capacitor. Tabla 19.

**Tabla 19.***Costo de inversión de 5's*

<b>INVERSION DE 5'S</b>					
<b>Rubro</b>	<b>Descripción</b>	<b>U/M</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>V. Total</b>
<b>Inversiones Fijas</b>					
Bienes Muebles					
Estante para herramientas	Organizador de herramientas necesarias	U	1	\$ 147,00	\$ 147,00
Pintura amarilla	Para señalética	Gal	2	\$ 22,41	\$ 44,82
Thinner	Disolvente de pintura	Lt	4	\$ 1,50	\$ 6,00
Brocha	Bronca plana de 3"	U	2	\$ 2,62	\$ 5,24
Resma de papel	Para tarjetas y registros	U	2	\$ 3,30	\$ 6,60
Basurero	Con ruedas de 50 galones	U	1	\$ 70,00	\$ 70,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 279,66
<b>Inversiones Diferidas</b>					
Capacitación	Ing. Industrial o profesional certificado	Hora	2	\$ 206,00	\$ 412,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 412,00
<b>Inversión total</b>					<b>\$ 691,66</b>

El costo de la inversión total e la implementación de la 5's es de \$691,66 los cuales surgen de los bienes muebles que servirán para organizar el área de trabajo y el capacitador en la inducción a la herramienta.

### Inversión del TPM

La siguiente tabla demuestra la inversión para la implementación del mantenimiento productivo total con sus herramientas y costo de capacitador. Tabla 20.

**Tabla 20.**

*Costo de inversión del TPM*

INVERSION DE TPM					
Rubro	Descripción	U/M	Cantidad	V. Unitario	V. Total
<b>Inversiones Fijas</b>					
Bienes Muebles					
Cepillo de alambre	Para quitar oxido de las maquinas	U	12	\$ 5,00	\$ 60,00
Franela	Microfibra	U	24	\$ 0,60	\$ 14,40
Grasa	Para altas temperaturas	Oz	1	\$ 24,00	\$ 24,00
Lubricante	Para cadena	Ml	12	\$ 8,80	\$ 105,60
Lubricante	Para engranajes	Gal	1	\$ 162,00	\$ 162,00
Kit de herramienta	Para mantenimiento	U	1	\$ 112,00	\$ 112,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 478,00
<b>Inversiones Diferidas</b>					
Capacitación	Ing. Industrial o profesional certificado	Hora	2	\$ 206,00	\$ 412,00
				<b>TOTAL</b>	\$ 412,00
<b>Inversión total</b>					\$ <b>890,00</b>

El costo de la inversión total para implementar el TPM es \$890 dólares de los cuales se dividen en bienes muebles útiles para el mantenimiento y correcto funcionamiento de los equipos y maquinaria y un capacitador con conocimientos sobre el tema a tratar.

### **Inversión total de la propuesta**

La inversión total es la suma de ambas herramientas propuestas en el proyecto. Tabla 21.

**Tabla 21.**

*Inversión total*

<b>COSTO DE INVERSIÓN TOTAL</b>	
Herramienta	Valor total
Inversión 5's	\$ 691,66
Inversión TPM	\$ 890,00
<b>Total</b>	<b>\$1581,66</b>

Al implementar técnicas de manufactura esbelta, el valor total de implementación es de \$1,581.66. Sin embargo, según los criterios de priorización de herramientas, se pueden lograr resultados con menos inversión implementando primero las 5'S y luego el TPM.

## Conclusiones

- La metodología de Manufactura esbelta es fundamental para cualquier empresa mejorando su productividad, eficiencia y calidad mediante herramientas que eliminan o minimizan desperdicios existentes en la industria, la investigación teórica y científica nos ayudó a conocer sobre la filosofía y sus conceptos del LM, sus principio, desperdicios y posibles herramientas aplicables a la empresa.
- Diagnosticar la situación actual de la empresa IANCEN y conocer sus procesos fue fundamental para identificar los desperdicios, los cuales fueron esperas, defectos, sobreproducción y transporte impactando directamente la productividad de la empresa.
- Aplicando 5's y TPM en la empresa se abarca gran parte de los desperdicios haciendo viable el proyecto, obteniendo resultados como un incremento de la productividad en un +2,1 sacos/h además la disponibilidad de los equipos se incrementa en 10,8% permitiendo que el proceso de fabricación sea fluido reduciendo el tiempo de ciclo 146 horas con 30 minutos.

### **Recomendaciones**

- Aplicar el proyecto al proceso de generación de vapor para obtener los resultados propuestos y permitir que la empresa obtenga mayores beneficios de sus recursos aprovechándolos al máximo.
- Hacer una investigación más detallada donde se involucren las herramientas que no fueron tomadas para el desarrollo de la propuesta y lograr un mayor beneficio aplicando la propuesta a todas las áreas que presentan desperdicios o fallas.
- Capacitar a todos los trabajadores de la empresa periódicamente para que conozcan sobre la metodología, sus herramientas y beneficios que se lograrían al implementarla.
- Hacer seguimiento a los indicadores como tiempo de ciclo, productividad, disponibilidad, entre otros, permitiendo el incremento de la productividad y aprovechamiento de los equipos.

## Referencias

- Alfaro, J. L., Velásquez, E., Monterroso, L., & Espinosa, R. (2018). *El proceso de la fabricación de azúcar. cencicana*.
- Álvarez, E. F. (2018). *Gestión de Mantenimiento: Lean Maintenance y TPM*. Universidad de Oviedo.
- Andalucía Emprende. (2016). *CADENA DE VALOR*. Fundación Pública Andaluza .
- Andrés, F. (27 de Febrero de 2017). *CIENCIAHistoria del Lean Manufacturing*. CIENCIAHistoria del Lean Manufacturing: <https://historia-biografia.com/historia-del-lean-manufacturing/>
- Asturias Corporación Universitaria. (2019). *Definición y Principios del Lean Management*. Asturias Corporación Universitaria .
- Caicedo, V., & Ramiro, I. (2012). *Sistema de Información para los procesos de producción del Ingenio Azucarero del Norte*. Universidad Tecnica del Norte.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1737>
- Cantó, M. G., & Gandia, A. A. (2019). *CÓMO APLICAR “VALUE STREAM MAPPING” (VSM)*. Valencia: C Tecnología Glosas de innovación aplicadas a la pyme.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n2e30.68-83>
- Cañas, C. A. (2021). ¿Como medir la productividad? *Planning*(1302).  
[http://www.planning.com.co/bd/valor\\_agregado/Febrero2013.pdf](http://www.planning.com.co/bd/valor_agregado/Febrero2013.pdf)
- Carbonell, F. E. (2013). *TÉCNICA SMED. REDUCCIÓN DEL TIEMPO PREPARACIÓN*. 3C tecnología.
- Castillo, N. R. (2013). *La cadena productivo de la caña de azúcar vinculada a los pequeños productoras campesinos del cantón Chaguarpamba*. Universidad nacional de Loja.  
<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/6790/1/Le%20c3%20Castillo%20Nancy%20Ricarda%20.pdf>
- Conduce tu empresa. (2018). *Conduce tu empresa*. Conduce tu empresa:  
<https://blog.conducetuemprsa.com/2011/06/que-es-el-estudio-del-trabajo.html>
- Crear Comunicación. (2013). *CINCAE*. CINCAE: <https://cincae.org/industria-azucarera/>
- ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES. (2019). *EL DIAGRAMA*

CAUSA-EFECTO . Universidad de Vigo.

Estellés, S., Palmer, G., Albarracim, G., & Romano, A. (2012). *Una revisión de las Tablas de Suplementos de la Organización Internacional del Trabajo*. Universidad Politécnica de Valencia.

Galván, J. (2022). Calculando correctamente la disponibilidad operacional. *Congreso de mantenimiento y confiabilidad*. <https://cmc-latam.com/wp-content/uploads/2022/01/CALCULANDO-CORRECTAMENTE-LA-DISPONIBILIDAD-OPERACIONAL%E2%80%8B.pdf>

García, C. M., & Amador, G. A. (2019). *CÓMO APLICAR “VALUE STREAM MAPPING” (VSM)*. Valéncia, España: 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019>.

Gómez, R. C. (2017). *El sistema de producción y operaciones*. Universidad Nacional de Mar del Plata.

IDOIPE, J. C. (2013). *Lean manufacturing. Concepto, técnicas e implantación* . EOI ESCUELA DE ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL.

ISOTools Excellence. (2021). *Gestión por Procesos*. Gestión por Procesos: <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/gestion-por-procesos/>

Jauregui, A. P., & Gisbert Soler, V. (2017). *Lean Manufacturing: Herramientas para mejorar la productividad en las empresas* . Lima, Peru: 3C Empresa. <https://doi.org/doi:10.17993/3cemp.2017.especial.116-124>

Jhon Jairo Vargas Sánchez, J. M. (2019). Comparación por simulación de sistemas de manufactura tipo push y pull. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 81-94.

Juárez, L. S., Gonzáles , R. G., & Ramírez , I. G. (2018). *Manufactura esbelta en pymes de la industria del vestido en Tehuacán, Puebla. Como herramienta para incrementar su competitividad*. Tehuacan: Repositorio de la Red internacional de Investigadores en Competitividad.

Keim, E. M. (2019). *Rethinking the Basics: Takt Time and Workload Balancing* (Vol. N.º 4). Cincinnati: The Journal for Quality and Participation.

Larrama, A. (Octubre de 2021). *Economía gestione a su favor*. Definición de Producción: <https://economia.org/produccion.php>

- Lendínez, L. C. (2019). *KANBAN. METODOLOGÍA PARA AUMENTAR LA*. 3C Tecnología. Glosas de innovación aplicadas a la pyme. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno/2019.v8n1e29/30-41>
- Lisbet, V. C. (2017). *APLICACIÓN DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE HILOS ACRÍLICOS DE LA EMPRESA HILADOS CHEVIOT E.I.R.L., SAN JUAN DE LURIGANCHO, 2016*. (U. C. Vallejo, Ed.) Lima, Peru. [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1965/Valencia\\_CSL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/1965/Valencia_CSL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Martínez, N., Acevedo, L., Herrera, T., & Kidomiranda, J. C. (2017). Metodología de la aplicación 5'S. *Investigaciones Sociales*, 29-41.
- Montoya, L. A. (2021). *ENFOQUE QFD PARA DISEÑO DE SERVICIOS EN EL SECTOR DE HOTELERÍA EN LIMA-PERÚ*. (U. d. Lima, Ed.) Lima, Peru. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/13300>
- Porwal, V., Solis, F., Lavy, S., & Rybkowski, Z. (2010). *Last planner system implementation challenges*. Israel: Proceedings IGLC-18.
- Production Tools. (7 de Julio de 2023). *Production Tools*. Production Tools: <https://productiontools.es/lean/ventajas-y-desventajas-del-lean-manufacturing/>
- PROGRESSA LEAN. (28 de Enero de 2016). *Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para diseñar o mejorar productos*. Despliegue de la Función de Calidad (QFD) para diseñar o mejorar productos: <https://www.progressalean.com/despliegue-de-la-funcion-de-calidad-qfd-para-disenar-o-mejorar-productos/#:~:text=QFD%20es%20una%20herramienta%20de,en%204%20tipos%20de%20matri> ces.
- Quijada, J. A. (2019). *Lean Manufacturing* (1.0 ed.). España: Elearning S.L. <https://doi.org/ISBN:978-84-17814-90-8>

- Rojas, A. R. (2009). *DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD (QFD)*. Madrid: Universidad Pontificia Comillas.
- Rosario, N. M. (2021). *Lean Manufacturing y sus herramientas*. EOI:  
<https://www.eoi.es/blogs/nayellymercedeslazala/2011/12/18/lean-manufacturing-y-sus-herramientas/>
- RUIZ, R. V. (2017). *LA GESTIÓN EN LA PRODUCCIÓN*. Universidad Tecnológica del Perú .
- Sánchez, A. M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2020). Sector Azucarero del Ecuador.  
*Observatorio económico y social de Tunguragua .*
- SENTRIO. (1 de Marzo de 2022). *Eficiencia de flujo (Lean): mejora tus procesos de desarrollo y entrega de software*. Eficiencia de flujo (Lean): mejora tus procesos de desarrollo y entrega de software:  
<https://sentrío.io/blog/eficiencia-flujo-lean/>
- SOCCONINI, L. (2020). *LEAN MANUFACTURING, PASO A PASO*. Marge Books.
- Soler, A. P. (2017). LEAN MANUFACTURING: HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LAS EMPRESAS . *3C Empresa*, 116-124.
- Superintendencia de Compañías, V. y. (2017). *ACTIVIDAD ECONÓMICA RECEPTORA DE LA OPERACIÓN HOMOLOGACIÓN SEGÚN CIU REVISIÓN 4*. ACTIVIDAD ECONÓMICA RECEPTORA DE LA OPERACIÓN HOMOLOGACIÓN SEGÚN CIU REVISIÓN 4:  
<https://www.seps.gob.ec>
- Tababuela. (2022). *Ingenio Azucarero del Norte*. Ingenio Azucarero del Norte:  
[https://www.tababuela.com/?page\\_id=12031/](https://www.tababuela.com/?page_id=12031/)
- Villalva, G. M. (2008). *Herramientas y técnicas de Lean Manufacturing en sistemas de producción y calidad*. Universidad autónoma del estado de Hidalgo.
- Westreicher, G. (1 de Abril de 2020). *Producción industrial*. economipedia:  
<https://economipedia.com/definiciones/produccion-industrial.html>
- Wyngaard, G. (2021). *Modulo 4: Producción*. Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

## Anexos

### Anexo 1.

*Descripción de código de los equipos*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
1X	Abastecimiento de caña
1B	Mesa de alimentación
34A	Cargadora de caña
205B	Molinos capacidad
24B	Molino cuarto
21B	Molino primero
22B	Molino segundo
23B	Molino tercero
48B	Bomba de jugo mixto
86B	Picador
91B	Desfibrador
17B	Caldero dallas
101F	Evaporadores conjuntos
4D	Transportador de bagazo
16K	Turbogenerador
4F	Evaporador uno
106G	Cristalización conjunta

### Anexo 2.

*ABC de desperdicios*

<b>Desperdicio</b>	<b>Tiempo</b>	<b>%</b>	<b>% acumulado</b>	<b>Categoría</b>
Defectos	119:31:00	40%	40%	A
Espera	91:25:00	30%	70%	
Sobreproducción	78:39:00	26%	96%	B
Transporte	13:09:00	4%	100%	C
Total	301:41:00	100%		

**Anexo 3.***ABC de tiempos inoperativos*

PROCESO	T. INOPERATIVO	%	% acumulativo	Categoría
Generación de vapor	146:30:00	49%	48,80%	A
Molienda	137:39:00	46%	94,66%	
Recepción de materia prima	12:57:00	4%	98,97%	B
Cristalización	2:30:00	1%	99,81%	
Evaporación	0:35:00	0%	100,00%	C
Total	<b>300:11:00</b>	100%		

**Anexo 4.***Auditoria de 5's al proceso de generación de vapor*

Ponderación: 1 muy malo; 2 malo; 3 regular; 4 bueno; 5 muy bueno							
HERRAMIENTAS	Nº	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN	PUNTAJE		% DE CUMPLIMIENTO	
				Actual	Futuro	Actual	Futuro
SELECCIONAR	1	Herramienta	¿Están clasificadas las herramientas al usarse en el proceso? ¿Se cuenta con estrictamente lo necesario? Ejemplo: Escoba, recogedor, pala, etc.	4	5	56%	92%
	2	Maquinaria	¿Están clasificadas las maquinas? ¿Se cuentan con máquinas que funcionen y que agreguen valor al proceso?	4	5		
	3	Materiales e insumos	¿Están clasificados los materiales e insumos a utilizarse en el proceso?	3	5		
	4	Control visual	¿Existe control visual en las estaciones del área?	2	4		
	5	Documentos	¿Están establecidos parámetros de 5's en el área?	1	4		

ORDENAR	6	Herramienta	¿Existen lugares establecidos y claramente identificados para colocar las herramientas?	4	5	68%	93%
	7	Maquinaria	¿Existen lugares establecidos y claramente identificados para colocar el bagazo?	4	5		
	8	Materiales e insumos	¿Existen lugares establecidos y claramente identificados para colocar los materiales?	4	5		
	9	Indicadores de lugar	¿Las estaciones se encuentran marcadas, señalizadas y rotuladas?	2	4		
	10	Posición de los artículos	¿Están marcados los lugares en donde se deben colocar los artículos utilizados?	3	4		
	11	Indicadores de calidad	¿Están establecidos e identificados los valores máximos y mínimos?	1	4		
	12	Vías de acceso	¿Están establecidos e identificados vías de acceso en el área?	5	5		
	13	Área de almacenaje	¿Están establecidas e identificadas áreas de almacenaje e inventario en el proceso?	4	5		
LIMPIAR	14	Maquinaria	¿Están limpias y listas para su uso la maquinaria?	3	5	47%	93%
	15	Estaciones de trabajo	¿Están despejadas y limpias las estaciones de trabajo?	2	5		
	16	Pisos y pasillos	¿Están limpios y libres los pisos, es decir, no está obstaculizado los pisos y pasillos del área?	2	5		

	17	Limpieza e inspección	¿Se cuenta con una planificación adecuada en donde se menciona responsables para la limpieza e inspección del área?	3	4		
	18	Normas de limpieza	¿Se encuentran definidas las normas de limpieza? ¿Es de conocimiento de todos los miembros del área dichas normas?	2	5		
	19	Habito de limpieza	¿El operador limpia pisos y maquinaria regularmente?	2	4		
ESTANDARIZAR	20	Estándar Seiri	¿Existe estándares para la herramienta Seiri en el área?	1	5	32%	96%
	21	Estándar Seiton	¿Existe estándares para la herramienta Seiton en el área?	2	5		
	22	Estándar Seiso	¿Existe estándares para la herramienta Seiso en el área?	2	5		
	23	Procedimientos	¿Se encuentra documentados los procesos de la herramienta 5's en el área?	2	4		
	24	Mejora continua	¿Existe planificación de talleres de mejora continua referentes a las herramientas 5`s en el área?	1	5		
SEGUIMIENTO	25		¿Se aplica las primeras cuatro S?	2	5	40%	100%
	26		¿Se cumplen las normas de la empresa y del equipo de trabajo?	2	5		
	27		¿Se cumplen con la programación de las acciones 5`s?	2	5		
<b>TOTAL</b>				69	127		
<b>PORCENTAJE DE CUMPLIMIENTO</b>				51%	94%		

**Anexo 5.***Tarjeta roja*

<b>TARJETA ROJA</b>		
<b>Nombre del elemento:</b>		<b>Cantidad :</b>
<b>CATEGORIA</b>	Materia prima	
	Productos en proceso	
	Productos terminados	
	Máquinas y equipos	
	Herramientas y suministros	
	Útiles y plantillas	
	Productos químicos	
	Equipos de seguridad	
	Otros (especifique)	
<b>RAZON Y/O MOTIVO</b>	Materiales sobrantes	
	Defectuoso o deteriorado	
	Contaminante o peligroso	
	Obsoleto o vencido	
	Reduce espacio	
	Otros (especifique)	
<b>Evaluador:</b>		
<b>Área identificada:</b>		
<b>Fecha de notificación:</b>		
<b>Propuesta sugerida:</b>		
<b>Supervisor:</b>		
<b>Disposición final:</b>		
<b>Observaciones:</b>		

**Anexo 6.***Tarjeta amarilla*

<b>TARJETA AMARILLA</b>		
<b>Nombre del elemento:</b>		<b>Cantidad:</b>
<b>CATEGORIA</b>	Materia prima	
	Productos en proceso	
	Productos terminados	
	Máquinas y equipos	
	Herramientas y suministros	
	Útiles y plantillas	
	Productos químicos	
	Equipos de seguridad	
Otros (especifique)		
<b>RAZON Y/O MOTIVO</b>	Materiales sobrantes	
	Defectuoso o deteriorado	
	Contaminante o peligroso	
	Obsoleto o vencido	
	Reduce espacio	
	Otros (especifique)	
<b>Evaluator:</b>		
<b>Área identificada:</b>		
<b>Fecha de notificación:</b>		
<b>Propuesta sugerida:</b>		
<b>Supervisor:</b>		
<b>Disposición final:</b>		
<b>Observaciones:</b>		

**Anexo 7.***Lista de objetos necesarios*

<b>Lista de objetos necesarios</b>		
<b>Área:</b>		Generación de energía
<b>N°</b>	<b>Objeto</b>	<b>Ubicación</b>
1	Guantes	Área de generación de energía
2	Gafas	
3	Pala	
4	Escoba	
5	Gancho	
6	Horquilla	
7	Carretilla	
8	Respirador 3M	
9	Radio de comunicación	

**Anexo 8.***Evaluación de resultados*

<b>EVALUACIÓN</b>	<b>CRITERIO</b>	<b>CALIFICACIÓN (0-3)</b>
Seiri	¿Existen objetos innecesarios en el área y centro de trabajo?	
Seiton	¿El área de trabajo está organizada y ordenada?	
Seiso	¿El área de trabajo, elementos, maquinaria, etc.? ¿se encuentran limpias?	
<b>Puntaje total</b>		
<b>Clasificación puntaje total obtenido</b>		
0-2	Deficiente	
3-5	Regular	
6-7	Bueno	
8-9	Excelente	

**Anexo 9.***Indicador de TPM*

<b>Actividad</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Meta</b>	<b>Indicador</b>
Elaborar el mantenimiento productivo total de la maquinaria.	Mantener en condiciones óptimas y el funcionamiento de la maquinaria y equipos para eliminar fallas o inconformidades.	Realizar el TPM de las maquinarias y equipos según el plan de mantenimiento.	$PCM = \frac{ME}{MP} \times 100$
Porcentaje cumplimiento de mantenimiento PCM, Mantenimiento programado MP y Mantenimiento ejecutados ME			