



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA
MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA**

Daniel Oswaldo Morales Charles

Asesorado por el Ing. Luis Eduardo Paiz Aldana

Guatemala, octubre de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA
MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE
FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

DANIEL OSWALDO MORALES CHARLES
ASESORADO POR EL ING. LUIS EDUARDO PAIZ ALDANA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

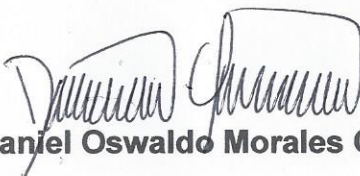
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. María Eugenia Aguilar Bobadilla
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
SECRETARIO	Ing. Pablo Christian de León Rodriguez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 19 de enero de 2017.



Daniel Oswaldo Morales Charles

Guatemala, 23 de Julio de 2019

Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Ingeniero:

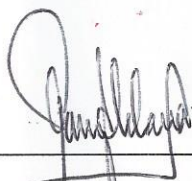
Por medio de la presente hago de su conocimiento que he sido requerido por el estudiante Daniel Oswaldo Morales Charles, para asesorar su trabajo de graduación. Titulado:

“PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD POR MEDIO DE LA MEDICION DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE FABRICACION DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCION CARNICA”

De acuerdo con el procedimiento especificado he revisado el trabajo de graduación desarrollado, por lo que me permito en mi función de asesor dar mi aprobación al referido trabajo para los efectos de graduación profesional en el campo de la Ingeniería Industrial.

Sin otro particular, se despide de usted.

Atentamente,



Luis Eduardo Paiz Aldana
Ingeniero Industrial
Colegiado numero: 5419
Asesor de trabajo de Graduación

Ing. Luis Eduardo Paiz A.
Colegiado 5419



REF.REV.EMI.064.019

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Oswaldo Morales Charles**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'R. Medina Galindo'.

Rocío Carolina Medina Galindo
Ingeniera Industrial
Col. 8957

Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2019.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

REF.DIR.EMI.144.019

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor **PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA**, presentado por el estudiante universitario **Daniel Oswaldo Morales Charles**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Cesar Ernesto Urquizu Rodas', written over a horizontal line.

Ing. Cesar Ernesto Urquizu Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2019.

/mgp

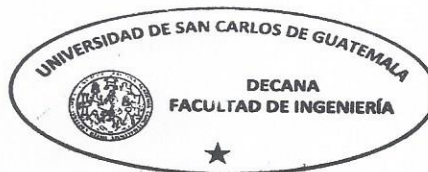


La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD A TRAVÉS DE LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE) EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE EMPANIZADOS EN UNA EMPRESA DE PRODUCCIÓN CÁRNICA**, presentado por el estudiante universitario: **Daniel Oswaldo Morales Charles**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
Decana

Guatemala, Octubre de 2019



/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por su protección, cuidado, amor y ser la fuente principal para ser un hombre de bien.
- Mis padres** Oswaldo Morales y Mayra Charles de Morales, por sus oraciones, consejos sabios, atenciones especiales, paciencia y apoyo incondicional.
- Mis hermanas** Saraí Morales y Magdiel Morales, por su ejemplo y motivación de permanecer fuertes sin importar las circunstancias adversas.
- Mi abuela** Cecilia Paniagua, por su cariño, preocupación y hablar con su ejemplo de vida para el buen camino.
- Mi familia** Toda mi familia materna y paterna, por ayudarme a seguir y compartir cada etapa de mi vida.
- Mis amigos** Que son como hermanos, por ser esa mano derecha y por los buenos momentos que hemos pasado.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la bienvenida a un nuevo mundo de conocimiento.
Facultad de Ingeniería	Por haberme aceptado para ser parte de ella y ofrecerme herramientas para desarrollar en la carrera.
Docentes	Por brindar sus conocimientos y experiencias laborales.
Mi asesor	Ingeniero Luis Eduardo Paiz Aldana, por brindarme recursos y la guía para desarrollar el trabajo de graduación.
Toda persona	Que fue de soporte personal en el transcurrir de mis estudios y en aportar conocimiento para realizar este trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVIII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planeación estratégica.....	1
1.2.1. Visión.....	2
1.2.2. Misión.....	2
1.2.3. Política de calidad.....	2
1.2.4. Valores.....	2
1.3. Estructura organizacional.....	3
1.4. Gestión de procesos.....	4
1.4.1. Gestión de proceso como marco de mejora continua.....	4
1.4.2. Diferencia entre gestión y mejora continua de procesos.....	4
1.5. La productividad.....	5
1.5.1. Importancia y función de la productividad.....	8
1.5.2. Herramientas de la productividad para aplicación....	8
1.5.2.1. Kaizen.....	8

	1.5.2.1.1.	Ventaja de usar la herramienta Kaizen	10
	1.5.2.1.2.	Relación con costos	10
	1.5.2.1.3.	Resolución de problemas	11
1.5.2.2.		Justo a Tiempo (JIT)	11
	1.5.2.2.1.	Alcance a corto plazo	11
	1.5.2.2.2.	Alcance a largo plazo	12
	1.5.2.2.3.	Los despilfarros	12
1.5.2.3.		Mantenimiento productivo total (TPM)	13
	1.5.2.3.1.	Principios básicos	13
	1.5.2.3.2.	Procesos fundamentales.....	15
1.5.2.4.		Eficiencia general de los equipos (OEE)	16
	1.5.2.4.1.	Asociación del OEE y TPM	17
	1.5.2.4.2.	El OEE como herramienta de mejora continua.....	17
	1.5.2.5.	Alcance que persigue el OEE.....	19
	1.5.2.6.	Ventajas de la aplicación del OEE	20
1.6.		Herramientas complementarias para aplicación	23
	1.6.1.	Diagrama causa-efecto	23
2.		DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	25
	2.1.	Análisis actual del proceso productivo de medallones	25

2.1.1.	Análisis FODA de la planta de especialidades del área de empanizados	26
2.1.2.	Diseño actual del proceso productivo de medallones	28
2.1.2.1.	Diagrama del proceso productivo de medallones	28
2.1.2.2.	Descripción en secuencia del diagrama del proceso productivo de medallones	30
2.1.2.3.	Producto final.....	40
2.1.3.	Programación de la producción	41
2.1.4.	Registro de datos del proceso productivo de medallones	43
2.1.4.1.	Recolección de datos en formato	43
2.1.5.	Recolección y procesamiento de datos	45
3.	PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD USANDO LA HERRAMIENTA OEE.....	55
3.1.	Diseño metodológico de investigación	56
3.1.1.	Planteamiento del problema y los objetivos del estudio	57
3.1.2.	Revisión bibliográfica.....	58
3.1.3.	Identificación de herramientas a utilizar.....	58
3.1.4.	Identificación de puntos críticos y variables.....	59
3.1.5.	Elaboración de metodología para medir la productividad con la herramienta OEE	64
3.2.	Diseño metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE	65

3.2.1.	Primer segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE.....	67
3.2.2.	Segundo segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE.....	69
3.2.3.	Tercer segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE.....	73
3.2.4.	Cuarto segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE.....	81
3.3.	Propuesta para análisis de costo por PNP	82
4.	APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEDIR LA PRODUCTIVIDAD USANDO LA HERRAMIENTA OEE	85
4.1.	Identificación de la línea del proceso productivo	86
4.2.	Información técnica de la máquina en estudio	86
4.3.	Recolección y procesamiento de datos.....	88
4.4.	Cálculo del OEE	94
4.5.	Análisis y control estadístico del proceso.....	96
4.5.1.	Análisis total de las detenciones en línea del proceso productivo de medallones.....	96
4.5.1.1.	Histograma de frecuencia.....	97
4.5.1.2.	Gráfica de puntos de frecuencia.....	98
4.5.1.3.	Diagrama causa-efecto de los principales paros no programados	99
4.6.	Resultados	101

4.6.1.	Análisis de resultados del cálculo de la herramienta OEE	101
4.6.2.	Análisis de resultados del cálculo por variable de la herramienta OEE	102
4.6.3.	Frecuencia de detenciones por fallas	105
4.6.4.	Pérdidas en unidades no programadas de la producción	105
4.7.	Análisis de costo por PNP	106
5.	MEJORA CONTINUA.....	109
5.1.	Controles	110
5.1.1.	Medición del progreso	111
5.1.2.	Indicadores ideales.....	112
5.2.	Cultura de mejora continua.....	113
5.2.1.	Evaluación de desempeño	114
5.2.2.	Creación de equipos de evaluación.....	114
5.2.3.	Mejoras en la línea de proceso.....	115
5.2.4.	Evaluación de resultados.....	115
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	121
	BIBLIOGRAFÍA.....	123
	ANEXO	125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Excelencia de fabricación.....	18
2.	Diagrama causa-efecto	24
3.	Análisis FODA de la planta de especialidades del área de empanizados.....	27
4.	Diagrama del proceso productivo de medallones	29
5.	Materia prima cárnica en canasto plástico	31
6.	Materia prima cárnica en carrito de acero inoxidable	32
7.	Alimentación de pasta cárnica en la máquina	33
8.	Aplicación de batido	34
9.	Aplicación de empanizado	35
10.	Prefritura lineal	35
11.	Horno lineal	36
12.	Túnel de congelado.....	37
13.	Llenado de bolsa	38
14.	Detector de metales	39
15.	Embalaje	39
16.	Báscula industrial	40
17.	Etiqueta de factores nutritivos	41
18.	Diagrama del diseño metodológico de investigación	56
19.	Primer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación ..	57
20.	Segundo paso del diagrama del diseño metodológico de investigación	58
21.	Tercer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación ..	59

22.	Cuarto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación...	60
23.	Las seis grandes pérdidas clasificadas en la herramienta OEE	63
24.	Quinto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación...	64
25.	Diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE	66
26.	Primer segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE	67
27.	Segundo segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE	69
28.	Tercer segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE	74
29.	Multiplicación de las variables de la herramienta OEE	75
30.	Variable de disponibilidad de la herramienta OEE	75
31.	Variable de rendimiento de la herramienta OEE	76
32.	Variable de calidad de la herramienta OEE	77
33.	Calificativo de los valores estandarizados	79
34.	Diagrama del cálculo de la herramienta OEE	80
35.	Cuarto segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE	81
36.	Costo de pérdidas por PNP	82
37.	Máquina formadora.....	87
38.	Histograma de frecuencia de paros no programados	98
39.	Gráfica de puntos de frecuencia de paros no programados en porcentaje	99
40.	Diagrama causa-efecto de los principales paros no programados	100
41.	Resumen de resultados del cálculo de la herramienta OEE	102
42.	Resumen de resultados del cálculo por variable de la herramienta OEE	103

TABLAS

I.	Plan operativo por el departamento de producción	42
II.	Primer registro de datos del proceso.....	44
III.	Segundo registro de datos del proceso.....	45
IV.	Tercer registro de datos del proceso.....	46
V.	Cuarto registro de datos del proceso	47
VI.	Quinto registro de datos del proceso.....	48
VII.	Sexto registro de datos del proceso	49
VIII.	Séptimo registro de datos del proceso	50
IX.	Octavo registro de datos del proceso	51
X.	Noveno registro de datos del proceso.....	52
XI.	Décimo registro de datos del proceso	53
XII.	Ejemplo de especificaciones técnicas	68
XIII.	Formato propuesto para registro de datos	70
XIV.	Ejemplo de primer registro de datos del proceso	72
XV.	Ejemplo de primer tiempo total de paros programados y no programados	73
XVI.	Ejemplo de procesamiento de datos para las variables de la herramienta OEE	78
XVII.	Ejemplo de resultado de las variables de la herramienta OEE	78
XVIII.	Ejemplo de cálculo de costo de pérdida.....	83
XIX.	Relación entre golpe y unidades	87
XX.	Especificaciones técnicas de la máquina	88
XXI.	Primer tiempo total de paros programados y no programados	89
XXII.	Segundo tiempo total de paros programados y no programados.....	89
XXIII.	Tercer tiempo total de paros programados y no programados.....	90
XXIV.	Cuarto tiempo total de paros programados y no programados	90
XXV.	Quinto tiempo total de paros programados y no programados	91

XXVI.	Sexto tiempo total de paros programados y no programados	92
XXVII.	Séptimo tiempo total de paros programados y no programados	92
XXVIII.	Octavo tiempo total de paros programados y no programados	93
XXIX.	Noveno tiempo total de paros programados y no programados	93
XXX.	Décimo tiempo total de paros programados y no programados	94
XXXI.	Tiempos calculados para integrar en las variables del OEE para la línea de proceso de empanizados	95
XXXII.	Resultado de datos calculados asociados a las variables de la herramienta OEE en el proceso productivo de medallones	95
XXXIII.	Frecuencia de paros programados y no programados	96
XXXIV.	Frecuencia de paros no programados	97
XXXV.	Costos de pérdidas por PNP	107

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
Q	Quetzales (moneda de Guatemala)

GLOSARIO

Área de empanizados	Lugar donde se estudió el proceso productivo de medallones.
MPC	Materia prima cárnica, utilizada en el proceso productivo de medallones.
MPNC	Materia prima no cárnica, complemento para el proceso productivo de medallones.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> , eficiencia general de los equipos. Razón porcentual.
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> , mantenimiento productivo total.
Plan operativo	Programa entregado por el departamento de producción.
PP	Paros Programados, pérdidas planificadas en el plan operativo.
PNP	Paros No Programados, pérdidas no planificadas en el plan operativo.

RESUMEN

Este trabajo se ha desarrollado con el objetivo de proponer un plan para aumentar la productividad a través de la herramienta de medición de eficiencia general de los equipos (OEE por sus siglas en inglés), con el fin de obtener mejores índices de calidad, disponibilidad y rendimiento.

Como punto de partida se presenta una investigación de temas afines a la industria que complementan el estudio del modelo OEE. Consecuente, se diagnostica la situación actual del área de empanizados para la producción de medallones. Los impedimentos presentes para el rendimiento adecuado de la capacidad de la máquina han sido fallas, paros y acumulación de materia prima. Mediante los indicadores de la herramienta OEE y el diagrama causa-efecto se estableció que el indicador disponibilidad es el que hace ineficiente la línea productiva de medallones, considerándolo como el principal cuello de botella.

En segunda instancia se presenta la propuesta del diseño metodológico de investigación de la herramienta OEE. El diseño presenta una estructura básica donde se describen las actividades principales a desarrollar. Por medio del diseño se analizan e integran las variables y herramientas de ingeniería para elaborar la metodología que evalúa el indicador OEE, en consecuencia se establece como modelo metodológico viable para el momento de la aplicación.

Finalmente se demuestra la metodología para medir el OEE a través de la validación generada con datos reales obtenidos de la documentación y toma de

muestras de la línea de producción de medallones, con la finalidad de obtener resultados precisos y exactos para el correcto análisis estadístico.

OBJETIVOS

General

Proponer un plan para aumentar la productividad a través de la herramienta de medición de eficiencia general de los equipos (OEE por sus siglas en inglés) en el proceso de fabricación de empanizados en una empresa de producción cárnica.

Específicos

1. Analizar la situación actual de la línea de producción de medallones.
2. Diseñar la propuesta metodológica de carácter investigativo, con el propósito de complementarlo al modelo OEE.
3. Diseñar la propuesta del modelo OEE para calcular la productividad según los indicadores de la herramienta.
4. Realizar la clasificación de los resultados según los indicadores de la herramienta OEE.
5. Determinar el indicador de la herramienta OEE que hace ineficiente la línea de producción de medallones.
6. Determinar las cantidades de pérdidas más comunes del proceso productivo de medallones.

7. Establecer el costo de pérdidas del período de estudio de la línea productiva de medallones.

INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria cárnica se observa variedad de líneas de proceso, las cuales tienen por objetivo la elaboración de los múltiples productos requeridos por el mercado, estos deben ser producidos dentro de los estándares de calidad exigidos por los consumidores y en el tiempo que estos requieran, por ello es importante un adecuado y efectivo funcionamiento de las máquinas utilizadas en la elaboración de dichos productos, además es de suma importancia considerar el aumento de costos que se encuentran por pérdidas de tiempo de producción, eliminación desmedida de mermas, atrasos en entregas, entre otros aspectos.

En la industria a menudo existe la necesidad de poder cuantificar la productividad y eficientar los procesos productivos. Desde esta posición se debe tener en cuenta que solo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Ahí es donde se introduce la idea del desarrollo de una herramienta capaz de indicar, de manera porcentual, la eficacia real de cualquier proceso productivo con el fin de disminuir los costos en la línea de producción. Esto se considera un factor clave para identificar y disminuir los errores que generan ineficiencias encontrando su origen durante el proceso de fabricación.

Por medio del tema de investigación se pretende crear una metodología de medición de eficiencia general de los equipos, utilizando como base de estudio y aplicación el indicador conocido como OEE, el cual muestra el porcentaje de productividad efectiva de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

Esta metodología es bastante conveniente para la industria, ya que ayudará considerablemente en la disminución de cuellos de botella en la línea de proceso productivo de medallones que se encuentra en el área de empanizados, además contribuirá en la reducción de mermas y paros no programados que diariamente se generan.

Por otro lado, la utilización de esta herramienta facilita la toma de decisiones sobre nuevas inversiones a nivel gerencial, ya que enlaza el rendimiento de las operaciones en la industria cárnica con la toma de decisiones de carácter financiero.

1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA

1.1. Antecedentes

La industria cárnica fue la primera planta en Guatemala en implementar procesos sincronizados en línea. En junio de 1972 inicia sus operaciones en el beneficio de la materia cárnica. Los departamentos existentes en esa época fueron muelle, evisceración y empaque. No obstante, y debido a la creciente demanda, se agregan las instalaciones de las actuales áreas de empaque y administración. A principios de 1996 se funda la planta de especialidades. Esta produce variedad de productos reconocidos en el mercado nacional e internacional.

Actualmente la planta cuenta con una capacidad de producción diaria máxima, con la ayuda de colaboradores que trabajan en un proceso totalmente automatizado con atención en puntos estratégicos en donde la maquinaria no puede realizar un mejor control que los colaboradores.

1.2. Planeación estratégica

La imagen de marca creada por la industria cárnica es positiva y fácilmente identificable por cualquier consumidor o trabajador. Para cuidar su percepción desde el exterior ha creado políticas fuertes de trabajo.

1.2.1. Visión

“Crecer inteligentemente, consolidarnos y diversificarnos”.¹

1.2.2. Misión

“Proveer alimentación nutritiva de calidad”.²

1.2.3. Política de calidad

“Trabajamos comprometidos con nuestro Sistema de Gestión de la Calidad SQF”³, para asegurar la calidad, la inocuidad y la seguridad alimentaria de los productos y servicios que se brindan a los clientes, proporcionando bienestar a los colaboradores y operando responsablemente con el medio ambiente, la sociedad y su entorno, así como la seguridad biológica y el bienestar de los animales.

1.2.4. Valores

La empresa cuenta con un código de valores que se definirán a continuación:

- Respeto: guardamos la más alta consideración a nuestros colaboradores, clientes, consumidores, proveedores, acreedores y a las leyes del país.
- Responsabilidad: respondemos por el impacto y las implicaciones de las decisiones que adoptamos tanto individuales y como empresa.

¹ Cámara de Industria de Guatemala. *Gremial de embutidos y carnes elaboradas*. [https://cig.industriaguatemala.com / institucional / gremiales / gremial-de-embutidos-y-carnes-elaboradas /](https://cig.industriaguatemala.com/institucional/gremiales/gremial-de-embutidos-y-carnes-elaboradas/). Consulta: 26 de marzo de 2019.

² *Ibíd.*

³ *Ibíd.*

- Agilidad: somos proactivos para enfrentar los retos en la empresa.
- Calidad: buscamos satisfacer las necesidades reales de nuestros clientes por medio de productos y servicios de excelencia.
- Ética: nuestro compromiso es pensar, decidir y actuar de acuerdo con la conciencia y cultura de la empresa.
- Accesibilidad: proveemos una política de puertas abiertas, que permite a nuestros colaboradores aportar ideas y compartir a todo nivel.
- Desarrollo humano: propiciamos un ambiente que ofrece oportunidades para los colaboradores y para la comunidad donde laboramos.⁴

1.3. Estructura organizacional

La industria cárnica posee una estructura de tipo funcional, agrupando a los empleados de acuerdo con sus áreas de experiencia y los recursos que necesitan para llevar a cabo una serie común de tareas. Esta permite el desarrollo profesional y el intercambio de conocimientos entre superiores y subordinados, además promueve la resolución de alta calidad de problemas técnicos.

Es fundamental optimizar la gestión de procesos, sin importar que la organización sea pequeña, mediana o grande, pues a medida que las organizaciones crecen se encuentra mayor dificultad para corregir los errores de procesos, haciendo improbable que se logren los objetivos empresariales. Asimismo, esto provoca una sensación de frustración y desmotivación de los equipos. Si se pretende fortalecer la estrategia empresarial, alinearla con los objetivos, optimizar los recursos y eliminar o, por lo menos, minimizar el riesgo de errores, es necesario aprender a mejorar continuamente los procesos.

⁴ Cámara de Industria de Guatemala. *Gremial de embutidos y carnes elaboradas*. [https://cig.industriaguatemala.com / institucional / gremiales / gremial-de-embutidos-y-carnes-elaboradas /](https://cig.industriaguatemala.com/institucional/gremiales/gremial-de-embutidos-y-carnes-elaboradas/). Consulta: 26 de marzo de 2019.

1.4. Gestión de procesos

La gestión por procesos se confirma como uno de los mejores sistemas de organización empresarial para conseguir buenos índices de calidad, productividad y excelencia.

1.4.1. Gestión de proceso como marco de mejora continua

Constituye el marco organizativo ideal para llevar a cabo planes de mejora continua, optimización de gastos y aprovechamiento de recursos. Para ello es fundamental planificar y tomar cada una de las decisiones empresariales en función del proceso en su conjunto, pensando en el bien general de la empresa. Aunque los departamentos se mantengan en funcionamiento, la visión y el interés deben ser, en todo momento, lineal y general.

Para lograr un flujo eficaz y constante de mejora continua es necesario seleccionar adecuadamente los proyectos de mejora y gestionarlos de manera óptima con la metodología adecuada y las herramientas idóneas.

Con la metodología y organización adecuada, sumado a una implicación decisiva de la dirección y los empleados, es factible solucionar la mayor parte de conflictos y obstáculos, logrando así unos proyectos de mejora exitosos y alineados con los objetivos y el interés general de la organización.

1.4.2. Diferencia entre gestión y mejora continua de procesos

La gestión de procesos es una estrategia empresarial a través de la cual se logra cohesionar a todas las personas, colaboradores y equipos de la

organización para mejorar la comunicación corporativa y el enfoque hacia el cliente.

Se trata de ir eliminando barreras a través de instrumentos metodológicos que permitan clarificar los niveles de responsabilidad e identificar claramente cuáles son las actividades que le corresponde a cada departamento, con el objetivo de ver que todo en la compañía está organizado y todas las personas se necesitan entre ellas.

La mejora continua de procesos es un complemento de la gestión por procesos que está orientado al incremento de la productividad y la mejora continua de la calidad de productos y servicios. Debe ser algo que permita en el día a día ir mejorando constantemente e ir promoviendo que los mismos empleados vayan identificando aspectos de mejora siempre enfocados en la satisfacción y necesidades del cliente.

1.5. La productividad

Incrementar la productividad en la empresa significa obtener más resultados con la misma cantidad de recursos, o el logro de una mayor producción en volumen y calidad con el mismo insumo. El tiempo es a menudo un buen denominador, puesto que es una medida universal y está fuera del control humano. Cuanto menor tiempo lleve lograr el resultado deseado, más productivo es el sistema.

La esencia del mejoramiento de la productividad es trabajar de manera estratégica. Un trabajo más esforzado da por resultado mayor reducción de la productividad debido a las limitaciones físicas del ser humano.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT) viene promoviendo desde hace muchos años un criterio progresista de la productividad que se basa en la utilización eficaz y eficiente de todos los recursos: el capital, la tierra, los materiales, la energía, la información y el tiempo, además del trabajo. Para impulsar esa idea es necesario combatir algunos errores comunes acerca de la productividad.

En primer lugar, la productividad no es solamente la eficiencia del trabajo o la productividad del trabajo. Un criterio más apropiado de la eficiencia es, por tanto, el producto obtenido por cada unidad monetaria gastada. La productividad debe tener en cuenta el aumento del costo de la energía y de las materias primas, junto con la mayor preocupación por el desempleo y la calidad de la vida de trabajo.

La segunda idea incorrecta se relaciona con la posibilidad de medir el rendimiento simplemente por el producto. Este último puede aumentar sin un incremento de la productividad si, por ejemplo, los costos de los insumos se han elevado en forma desproporcionada. Además, en los aumentos del producto en comparación con años anteriores se deben tener en cuenta los incrementos de los precios y la inflación. Ese enfoque se debe a menudo a que se adopta una orientación hacia los procesos, a costa de prestar menos atención a los resultados finales.

El tercer problema está constituido por la confusión entre la productividad y la rentabilidad. Se pueden obtener beneficios debido a la recuperación de los precios, aun cuando la productividad haya descendido. A la inversa, una productividad elevada no siempre va acompañada de altos beneficios, puesto que los bienes que se producen con eficiencia no son forzosamente demandados.

De ahí se deduce un nuevo error que consiste en confundir la productividad con la eficiencia. Eficiencia significa producir bienes de alta calidad en el menor tiempo posible. Sin embargo, debe considerarse si esos bienes se necesitan.

Un quinto error es creer que las reducciones de los costos siempre mejoran la productividad. Cuando se llevan a cabo de manera indiscriminada, a la larga pueden empeorar la situación.

Un sexto error es confundir productividad y producción. Se entiende por producción el proceso que combina factores de producción para dar como resultado productos terminados. Es decir, existe una relación entre la cantidad de productos obtenidos y la cantidad de factores productivos empleados en el proceso, mientras que en la productividad lo que importa es la cantidad de producto que puede obtenerse mediante la aplicación de un factor productivo, asignando valores fijos a las cantidades utilizadas de otros factores.

Asimismo, el concepto de productividad está cada vez más vinculado con la calidad del producto, de los insumos y del propio proceso. Un elemento trascendental es la calidad en la mano de obra, su administración y sus condiciones de trabajo, y generalmente se ha admitido que la elevación de la productividad suele llevar aparejado el mejoramiento de la calidad de la vida de trabajo.

El modelo de productividad consiste en identificar los componentes del producto y del insumo correcto de acuerdo con las metas de desarrollo en largo, mediano y corto plazo de la empresa, el sector o el país.

1.5.1. Importancia y función de la productividad

Es importante porque una parte mayor del aumento del ingreso nacional bruto se produce mediante el mejoramiento de la eficacia y la calidad de la mano de obra, y no mediante la utilización de más trabajo y capital.

Por consiguiente, se reconoce que los cambios de la productividad tienen considerable influencia en numerosos fenómenos sociales y económicos, tales como el rápido crecimiento económico, el aumento de los niveles de vida, las mejoras de la balanza de pagos de la nación, el control de la inflación e incluso el volumen y la calidad de las actividades recreativas. Esos cambios influyen en los niveles de las remuneraciones, las relaciones costos/precios, las necesidades de inversión de capital y el empleo.

Una mayor productividad nacional no solo significa un uso óptimo de los recursos, sino que contribuye también a crear un mejor equilibrio entre las estructuras económicas, sociales y políticas de la sociedad.

1.5.2. Herramientas de la productividad para aplicación

A continuación, se muestran las herramientas utilizadas de la productividad para aplicación.

1.5.2.1. Kaizen

Se basa en la búsqueda hacia la mejora continua en materia de calidad, niveles de satisfacción, productividad y costos. Es una estrategia que se esfuerza por dar atención tanto al proceso como a los resultados. La cultura japonesa propone que Kaizen es fundamental para el mejoramiento que

involucra a todas las personas dentro de la organización, y que como punto de partida reconoce una necesidad hacia el cambio constante. El mensaje de la estrategia Kaizen es que no debe pasar un día sin que se haya hecho alguna clase de mejora en algún lugar de la empresa.

El mejoramiento continuo muestra aspectos importantes cuando su aplicación está enfocada en el proceso, hace referencia a que la mejora continua del mismo se lleva a cabo mediante la aplicación del proceso del ciclo de Deming. Los resultados rara vez son visibles de inmediato, sino en un proceso continuo, aparte no se requiere una inversión necesariamente grande para aplicarse en la empresa, pero sí requiere una gran cantidad de esfuerzo continuo y dedicación.

Las prácticas administrativas en referencia a Kaizen son por lo general aquellas que proporcionan mejor calidad, orientadas al cliente interno (trabajadores dentro de la organización), así como el externo (clientes finales), tratando siempre que se alcance una buena disciplina en el lugar de trabajo.

- Cuando se indica el término, involucrar a todos se refiere a cada uno dentro de la jerarquía administrativa, desde el gerente general, gerente de planta, encargados de cada área y hasta el último empleado.
- Aporta grandes beneficios, desarrolla credibilidad, creatividad en las personas y los hace capaces de lograr los objetivos que se propongan hasta sentirse recompensados.
- Se logra reducir la centralización, pues propicia la delegación de responsabilidad. Además, la aportación de ideas e identificación de problemas favorece el oír y produce una buena retroalimentación.

- Integra una mayor disciplina en el lugar de trabajo, de manera que la práctica constante sea practicada dentro de la misma.

1.5.2.1.1. Ventaja de usar la herramienta Kaizen

Su importancia radica en que los beneficios que aporta se transforman en una cadena de ventajas que traspasan los límites laborales, las cuales favorecen a cada persona dentro de su trabajo. Su pensamiento también está orientado hacia el logro de mejoras pequeñas pero significativas, por tanto se esperan cambios pequeños pero continuos.

1.5.2.1.2. Relación con costos

Al utilizar la herramienta de productividad Kaizen se utilizan más medidas físicas que financieras para dirigir y controlar las operaciones diarias. En general se logran controlar muy estrechamente los inventarios, los niveles de productividad, la eficiencia operativa, tiempo del proceso y niveles de calidad, entre otros.

El sistema de costos en Kaizen básicamente lo integran los aspectos de mejora continua aplicada en la fase de fabricación del producto, prestación de servicios, encontrando formas de incrementar su eficiencia. Pretende determinar dónde hay posibilidad de reducción de costos, la estabilización del proceso y eliminación de las causas que reflejan el problema. Por lo tanto, la palabra costo en Kaizen se refiere más bien a la administración de costos, que tiene que ver con el manejo apropiado de los diversos recursos, y a la eliminación de todos los tipos de gastos innecesarios, en forma tal que se refleje en los inventarios. De tal manera se puede observar que el programa se

inclina más en costos de mejorar constantemente los procesos a fin de que estos puedan ser reducidos continuamente.

1.5.2.1.3. Resolución de problemas

La herramienta Kaizen inicia con el reconocimiento de que existe un problema, reconociendo que la persona que crea el problema no sufre las consecuencias directas de este. La mejor forma de romper la mala costumbre de pasar la culpa de una persona a otra es que cada individuo resuelva que nunca debe pasar un problema al proceso que le sigue.

1.5.2.2. Justo a Tiempo (JIT)

El principio del JIT es eliminar fuentes de pérdida industrial consiguiendo las cantidades necesarias en el momento necesario con la calidad requerida, es un acercamiento a lograr la excelencia en la reducción o eliminación del total de pérdidas que son las actividades que no agregan valor.

1.5.2.2.1. Alcance a corto plazo

Mediante la herramienta de productividad JIT se intenta reducir la ineficiencia y el tiempo improductivo de los sistemas de producción, a fin de mejorar continuamente dichos procesos y la calidad del producto o servicio correspondiente. La estrategia incluye un flujo de línea para lograr una producción de alto volumen a bajo costo, tiene como objetivo un procesamiento continuo sin interrupciones de la producción. Conseguir este objetivo supone la minimización del tiempo total necesario desde el comienzo de la fabricación hasta la facturación del producto.

1.5.2.2. Alcance a largo plazo

Otros objetivos de la filosofía JIT son los denominados a medio y largo plazo. Objetivos que no son inmediatos pero sí alcanzables en el tiempo aplicando JIT:

- Las necesidades de los clientes son el enfoque mayor para el negocio, ayudarán a la empresa a conocer qué es lo que quiere el cliente y lo que se requiere para producir.
- La relación costo / calidad óptima. La organización debe enfocarse en tener un proceso de producción de cero-defecto.
- Reducir innecesarios. Debe eliminarse todo aquello que no proporcione valor adicional a los productos.

1.5.2.3. Los despilfarros

Es una actividad derrochadora o cualquier obstrucción que impida el flujo de una actividad. En otras palabras es todo aquello que no añade valor al producto final, por tanto en términos de producción, innecesario. Entre los siete despilfarros clásicos descritos por Onho se tienen:

- Despilfarro por sobreproducción
- Despilfarro por exceso de inventarios
- Despilfarro de procesamiento
- Despilfarro por transporte
- Despilfarro por movimientos
- Despilfarro por tiempos de espera

- Despilfarro por fallos y reparaciones

Comprender la razón de ser de cada una de ellas y los métodos para su detección, prevención y eliminación es uno de los principales objetivos en materia de capacitación tanto de directivos como de personal.

1.5.2.3. Mantenimiento productivo total (TPM)

Es una herramienta de renovación de los procesos de la compañía, en forma permanente y no tiene un fin. Como estrategia es eficaz para transformar una fábrica, incrementar la capacidad de los equipos, reducir las pérdidas de la operación, todo esto basado en los principios de implicación de todos los empleados y el trabajo de mejora continua en pequeños equipos autoliderados. El objetivo de este concepto es convertir las actividades de mantenimiento en actividades productivas.

1.5.2.3.1. Principios básicos

Entre los principios fundamentales del TPM se pueden enumerar:

- Cero defectos: trata de eliminar las seis grandes causas de pérdidas que son: averías, preparación y ajuste, paradas menores y tiempos vacíos, velocidad reducida, defectos de calidad y reducción en rendimiento. Esto por medio de equipos de diagnóstico adecuados, órganos de control y automatización.
- Inventarios cero: con base en la producción justo a tiempo y el aseguramiento de las compras y ventas, eliminando sistemas de bodegaje.

- Rentabilidad total: lo cual requiere desarrollo de sistemas preventivo, predictivo, productivo, así como prevención de mantenimiento acompañado de actividades de pequeños grupos.
- Productividad: esta debe ser maximizada y está dada por la relación de salidas reflejadas en producción, calidad, bajo costo, entregas, seguridad, entorno moral y costo de vida útil económica, con respecto a las entradas.
- Participación total: es necesaria la participación de todos y cada uno de los empleados de la empresa en forma consciente. Combina la fijación de metas arriba-abajo por parte de la alta dirección con actividades de mejora y mantenimiento de los pequeños grupos o círculos.
- Mejora de la eficacia: pretende que los equipos estén libres de mantenimiento y que el costo de ciclo de su vida útil sea económico.
- Logística y tecnología: la logística es la ciencia que se encarga de los productos, las materias primas, los sistemas, los programas y equipos. La tecnología es la ingeniería de mantenimiento, se encarga del diseño, ingeniería, montaje y mantenimiento de equipos. Es así como el sistema hace parte de la tecnología y esta a su vez de la logística y, entre más estén interrelacionadas, existirán más equipos libres de fallas.
- Mejoramiento de los lugares de trabajo: aplicación del sistema de administración japonés de las 5S.

1.5.2.3.2. Procesos fundamentales

Los procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Los procesos fundamentales han sido llamados pilares, los cuales son de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva.

- Los cimientos: los cimientos del edificio que sustenta el TPM son las 5S. Esta base ha de ser lo suficientemente sólida para poder desarrollar un mantenimiento productivo total de forma efectiva.
- Mejoras enfocadas o Kaizen: es un pilar que contribuye a definir y mantener las condiciones del equipo para que no se produzcan defectos de calidad, teniendo como base las rutinas de inspección de equipos, ya sean autónomas o de mantenimiento especializado.
- Mantenimiento autónomo: el mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.
- Mantenimiento planificado o progresivo: su objetivo es el de eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción.

- Mantenimiento de calidad: mejora la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto.
- Prevención de mantenimiento: son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costos de mantenimiento durante su explotación. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.
- Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación: las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo con las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo.

1.5.2.4. Eficiencia general de los equipos (OEE)

En una empresa moderna la prioridad es disminuir a cero, en la producción, las paradas imprevistas, las fallas, las averías, los desperfectos y conseguir ser más competitivos. El objetivo se puede conseguir con la medición del OEE en tiempo real. Es la herramienta de productividad ideal para la detección, análisis y corrección de los problemas en la planta de estudio.

El resultado al usar la herramienta OEE muestra qué tan bien la empresa está utilizando sus recursos, que incluyen el equipo, el trabajo y la habilidad de satisfacer a sus clientes de la calidad especificada. El OEE mide la efectividad

de la máquina y toma en consideración tres componentes principales en los procesos de fabricación: disponibilidad, rendimiento y calidad, permitiendo ver en forma sencilla el estado en curso del proceso de fabricación y sus efectos en el proceso productivo.

1.5.2.4.1. Asociación del OEE y TPM

La eficiencia general de los equipos fue utilizada por primera vez por Seiichi Nakajima, el fundador del TPM (mantenimiento productivo total), como la herramienta de medición fundamental para conocer el rendimiento productivo de la maquinaria industrial. Su reto fue aún mayor al crear un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas y los responsables de mantenimiento para trabajar en la mejora continua y optimizar la eficiencia global de los equipos.

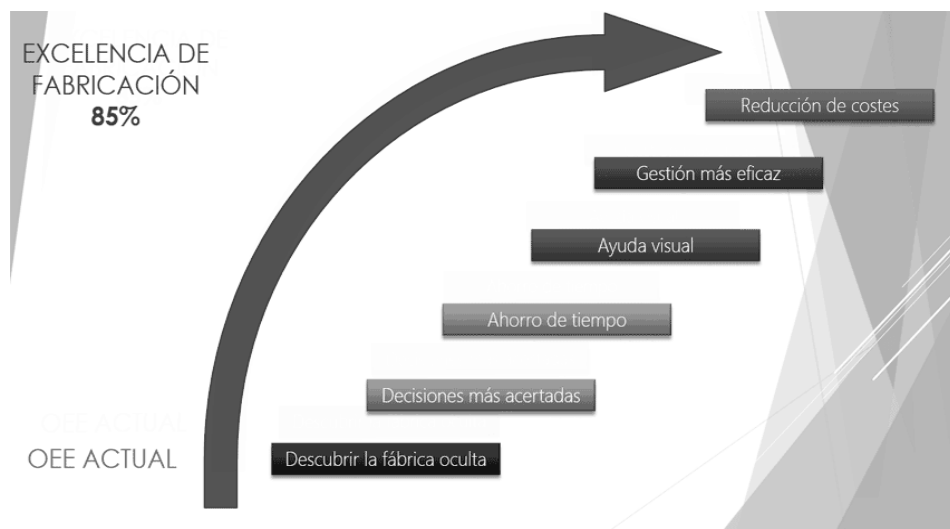
El concepto del OEE nace como un KPI (indicador clave de desempeño) asociado a un programa estándar de mejora de la producción TPM. La ventaja del OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales en la producción industrial.

1.5.2.4.2. El OEE como herramienta de mejora continua

La herramienta OEE mide la eficiencia de los procesos industriales, por lo que se convierte en una herramienta ideal para desarrollar la cultura de mejora continua en las empresas y obtener una mayor productividad utilizando los mismos recursos disponibles.

A continuación, en la figura 1, se muestra un gráfico de las posiciones a seguir como empresa para alcanzar la denominada excelencia de fabricación, para la cual hay que lograr un OEE mayor del 85 %.

Figura 1. **Excelencia de fabricación**



Fuente: Smart OEE. *La fabricación inteligente*. www.sistemasoe.com. Consulta: 8 de agosto de 2017.

- Descubrir la fábrica oculta: en primer lugar es imprescindible descubrir la fábrica oculta, término que hace referencia a una serie de eventos que reducen la eficiencia de los procesos de manufactura, sin que el personal encargado de supervisar la productividad sea consciente de ello.
- La mejor forma de solucionar este problema es medir la productividad utilizando la herramienta OEE, y así medir y cuantificar las pérdidas y priorizar acciones de mejora.

- Tomar las decisiones acertadas: una vez obtenida esta información fiable, objetiva y detallada, se realiza un análisis de la misma para tomar decisiones acertadas.
- Ahorrar tiempo a los empleados: al realizar una captura del OEE, operarios, mandos intermedios y gestores, ahorran mucho tiempo en recopilar información referente al proceso productivo. Además esto les ayuda a centrarse en el trabajo que están llevando a cabo, aumentando la eficiencia.
- Ayudas visuales: trabajar con información en tiempo real resulta en una mayor reactividad e implicación de todo el personal de la empresa.
- Realizar una gestión más eficaz: implantar un sistema basado en la herramienta OEE permite realizar planes de acciones de mejora y un seguimiento y control de los procesos mucho más exhaustivo y eficaz.
- Reducir costes: aplicando todas estas acciones de mejora se reducen los costes de producción asociados a horas de personal, costes energéticos, aprovechamiento de espacio, entre otros.

1.5.2.5. Alcance que persigue el OEE

Mediante el análisis de la herramienta OEE se puede detectar las fallas más comunes a fin de mejorar los puntos débiles de la planta, por medio de una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva de la maquinaria industrial y proceso de manufactura.

- Para los jefes de producción es de vital importancia tener información correcta y oportuna, de todas las fuentes posibles, que permitan emprender acciones correctas, a fin de solucionar problemas o evitarlos en cuanto se presenten los hechos que evidencien las situaciones negativas. Para esto se deben conocer las actividades de mantenimiento concretas, el mantenimiento preventivo, la inspección, las reparaciones y la eliminación de puntos débiles.
- Se pretende reducir los costos relacionados al despilfarro de las variables de la herramienta OEE. Tienen como finalidad hacer más productiva y eficiente la planta, por lo tanto la reducción de costos.

1.5.2.6. Ventajas de la aplicación del OEE

Existen diferentes motivos que hacen que el OEE se utilice como herramienta de mejora continua en empresas de todo el mundo. Estos son unos de los beneficios más importantes que proporciona:

- Retorno de inversión (ROI): las empresas realizan grandes inversiones en maquinaria y necesitan obtener el máximo retorno de su inversión en el menor tiempo posible. El sistema OEE persigue obtener la máxima productividad posible de estos procesos y el retorno de inversión desde su implantación es elevado.
- Competitividad: es fundamental disminuir las pérdidas productivas y conseguir una mayor competitividad.
- Saca el máximo rendimiento a la maquinaria: uno de los mayores beneficios de utilizar un sistema OEE es que el rendimiento de las

máquinas aumenta rápidamente desde su despliegue. Su aplicación se adapta perfectamente, tanto para exprimir nueva maquinaria desplegada en una línea de producción, como para implementarlo en otras máquinas con las que ya se esté trabajando.

- Incrementa la calidad de los procesos: los costes asociados a producto defectuoso suponen en empresas de todo el mundo una de las causas que generan mayor pérdida económica. Uniendo el sistema OEE y la tecnología se consiguen sistemas de trazabilidad más eficaces, que permiten hallar el origen de los descensos de calidad. Conseguir minimizar retrabajos y productos defectuosos es clave y genera un enorme ahorro de costes.
- Capacidad de medir y decidir: solo lo que se mide se puede gestionar y mejorar. Es muy importante conocer si un proceso productivo es eficiente o ineficiente, y cómo se puede optimizar.

El sistema OEE permite cuantificar la eficiencia y conocer el funcionamiento real de los procesos productivos. Esta información es determinante, ya que gracias a ella se pueden tomar las decisiones adecuadas para conseguir mejorar. A su vez, el sistema OEE es una herramienta de medición estándar que se utiliza en todo el mundo y cuyo crecimiento en la actualidad es exponencial.

- Descubrir la fábrica oculta: habitualmente, la eficiencia de los procesos es mucho menor de la que se presupone antes de ser medida. Descubrir este hecho denominado la fábrica oculta es el primer paso para poder mejorar la productividad industrial.

- Facilita el trabajo a todas las personas que participen en el proceso de fabricación: utilizar información fiable en tiempo real repercute en que el personal de una planta pueda saber realmente cómo están trabajando, lo que posibilita activar acciones de mejora inmediata a todos los niveles. El sistema OEE proporciona el detalle del origen de las pérdidas productivas, siendo este el punto de partida de la mejora de productividad de la planta.
- Reduce costes de reparación de maquinaria: conocer el rendimiento real de la maquinaria es sinónimo de saber si está funcionando correctamente o si, por el contrario, existen causas que puedan desembocar en una reparación. Disponer de un sistema OEE capaz de anticipar estos hechos (analizando paradas inesperadas, velocidades reducidas, entre otros) supone un gran ahorro tanto en mantenimiento preventivo de maquinaria, como en los altos costes asociados al propio fallo de la máquina.
- Escalabilidad: se comienza utilizando un sistema OEE, en una única máquina o proceso, e ir ampliando su implementación hasta llegar a utilizarlo en múltiples plantas productivas. Esta escalabilidad hace que se convierta en un sistema muy versátil y se pueda adaptar a cualquier tipo de empresa, independientemente de su tamaño.
- Punto de partida: el sistema OEE es el punto de partida para mejorar la eficacia de las plantas de fabricación y puede ir creciendo progresivamente hasta cubrir todas las funcionalidades de un sistema, tales como planificación, calidad o mantenimiento.

1.6. Herramientas complementarias para aplicación

Las siguientes herramientas pueden ser complementarias al método, ya que todas apuntan a la misma dirección: determinación y corrección de problemas en la producción de bienes y servicios.

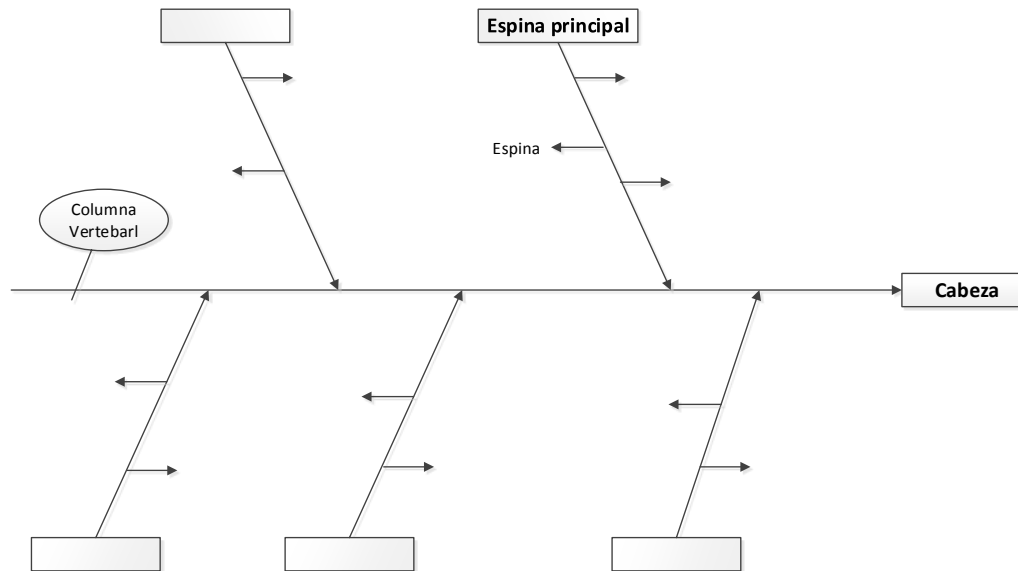
1.6.1. Diagrama causa-efecto

El diagrama causa-efecto fue desarrollado para analizar problemas de calidad en la producción de bienes, pero es aceptable en la solución de problemas en la productividad de bienes y servicios.

El diagrama muestra en forma gráfica el esqueleto de los problemas, relacionando las causas que los provocan. Permite, así, tener una visión de conjunto de los aspectos que hay que atender si realmente se quiere suprimir el problema en su raíz, en sus causas reales y potenciales, y no solamente en sus efectos.

El diagrama causa-efecto está compuesto por un recuadro (cabeza), una línea principal (columna vertebral), y líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (espinas principales). Estas últimas poseen a su vez líneas inclinadas (espinas), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario. Se observa en la figura 2:

Figura 2. Diagrama causa-efecto



Fuente: elaboración propia.

El diagrama causa-efecto permite analizar problemas o fenómenos propios de diversas áreas del conocimiento. Para ello se tendrá que describir el problema, reducirlo a una pregunta fundamental, y desglosar ese contenido en preguntas a investigar.

En el proceso de construcción del diagrama causa-efecto hay dos opciones que facilitan la construcción: establecer primero las categorías y después determinar las posibles causas; o establecer primero las causas y después crear las categorías. Las dos vías pueden ser complementarias.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Análisis actual del proceso productivo de medallones

Cada etapa de la producción busca cumplir con el objetivo de satisfacer las necesidades demandadas del cliente en su totalidad, a razón de que el consumo del pollo ha aumentado en nuestros medios.

La planta de productos de especialidades implementó el área de empanizados en donde se procesan alimentos con valor agregado, que incluyen productos cárnicos de pollo como milanesas, alitas y medallones, que es el producto en estudio.

El diagnóstico de la situación actual de la empresa cárnica en el área de empanizados con el producto de medallones se analizó utilizando herramientas de apoyo como el análisis FODA, el estudio de la línea de producción por medio del diagrama de proceso, registro de datos de la programación del plan operativo entregado por el departamento de producción para posterior análisis estadístico de muestras y tiempos.

Los datos registrados se relacionarán con las variables que necesita la herramienta de productividad OEE para obtener los resultados, se dará mayor detalle de esta herramienta en la propuesta metodológica del capítulo 3.

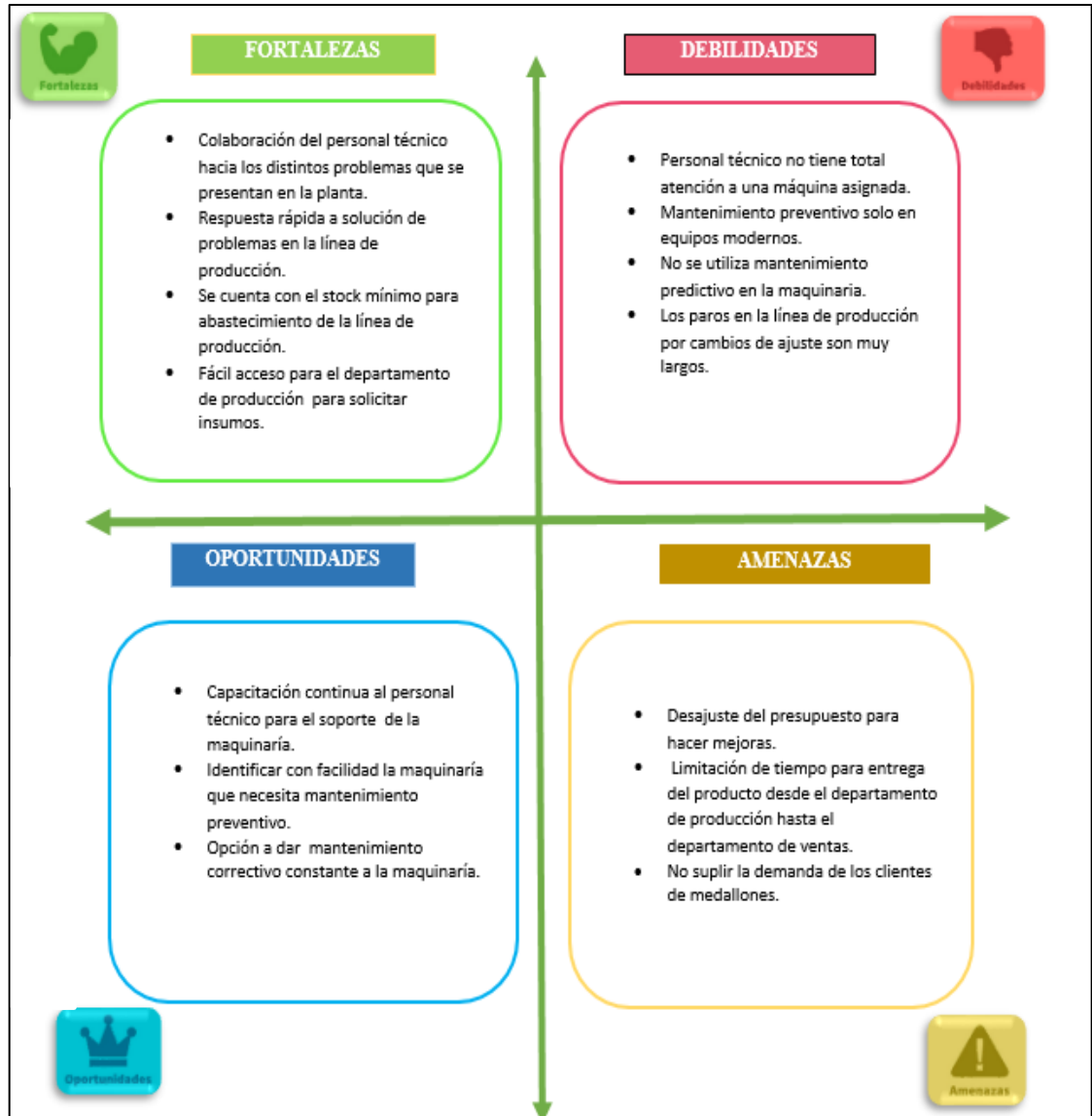
2.1.1. Análisis FODA de la planta de especialidades del área de empanizados

El análisis FODA agrupa toda la información recaudada en la planta de especialidades para el proceso productivo de medallones. Es importante el uso de esta herramienta para analizar e identificar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas encontradas.

El uso de la herramienta facilitará obtener un diagnóstico claro de la planta, será de uso complementario para la aplicación del diagrama causa-efecto que se presentará en la sección 4.5.1.3.

A continuación se observa en la figura 3 este punto:

Figura 3. **Análisis FODA de la planta de especialidades del área de empanizados**



Fuente: elaboración propia.

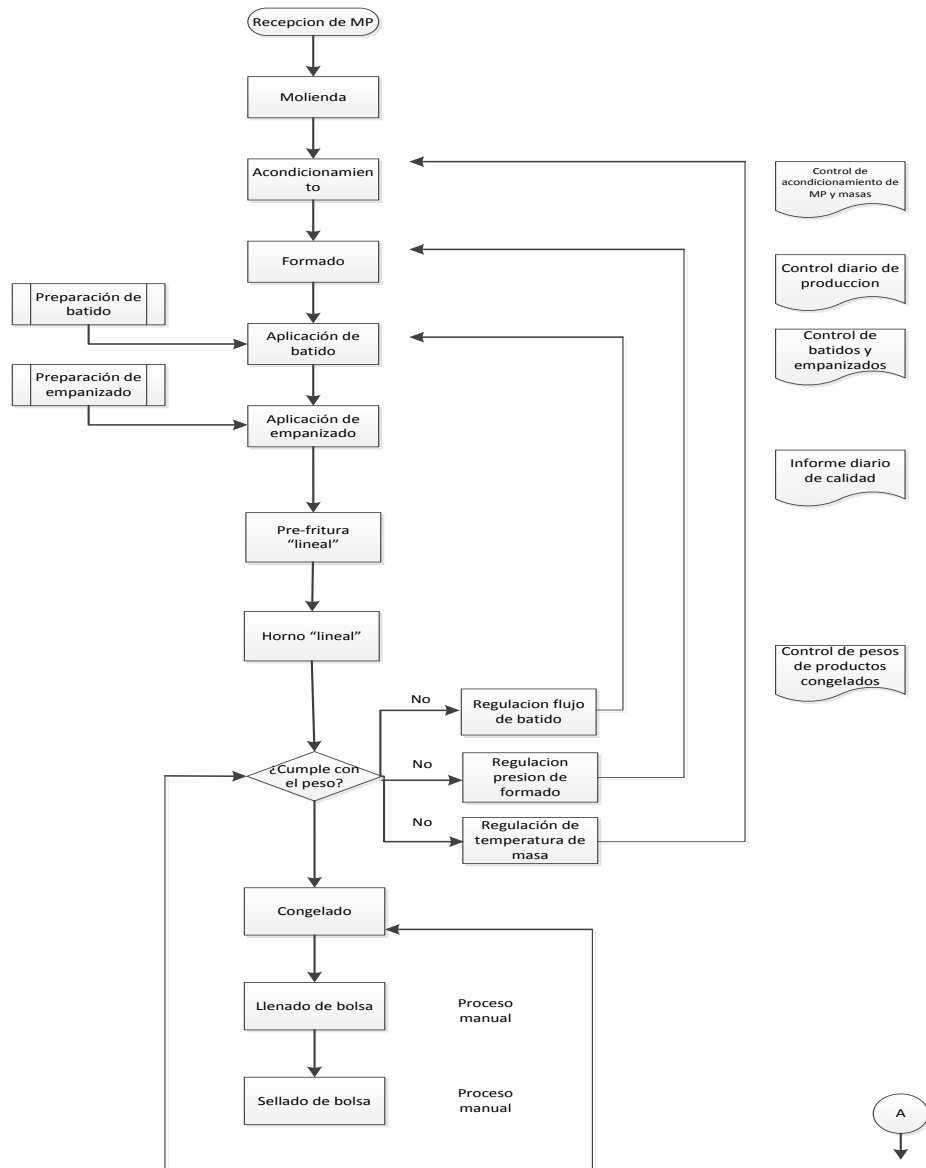
2.1.2. Diseño actual del proceso productivo de medallones

El proceso productivo tiene una entrada de insumos que se procesan para dar como resultado final el producto de los medallones. Es necesario tener un proceso productivo diseñado para que cumpla con todos los pasos necesarios para estudiar la productividad del proceso.

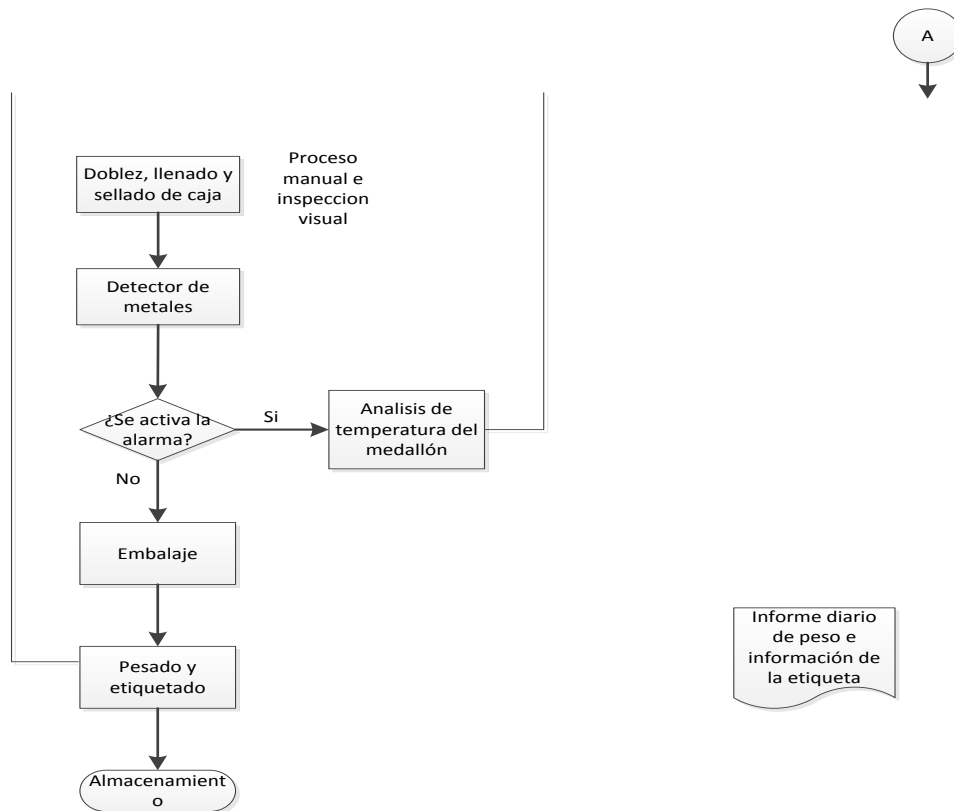
2.1.2.1. Diagrama del proceso productivo de medallones

Se puede observar en la figura 4 el diagrama del proceso productivo de medallones que se encuentra en el área de empanizados, se describirá en pasos secuenciales detallados en el desarrollo del diagrama.

Figura 4. Diagrama del proceso productivo de medallones



Continuación de la figura 4.



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Descripción en secuencia del diagrama del proceso productivo de medallones

A continuación se describen los principales pasos a seguir del proceso productivo para la elaboración de medallones:

- Programa de producción: se entrega desde el departamento de producción, el plan operativo semanal lo recibe el supervisor del área de

especialidades, incluye la cantidad y el tiempo prolongado para el proceso productivo de medallones.

- Recepción y despacho de la materia prima: se obtiene la materia prima de la requisición a la bodega, esta se despacha en la planta en el área de empanizados. En la figura 5 se observa este punto:
 - La materia prima cárnica como la materia prima no cárnica son clasificadas para su uso. La materia prima ingresa en calidad de insumo: carne de pollo, grasa de pollo, proteína vegetal de soya, condimentos y agua.

La materia prima cárnica se recibe en canasto plástico.

Figura 5. **Materia prima cárnica en canasto plástico**



Fuente: elaboración propia.

- La materia prima no cárnica son los condimentos e insumos que bodega entrega pesados para la producción de medallones establecida en el área de empanizados.
- Moldeadora: la materia prima cárnica se encuentra congelada. Se muele la materia prima cárnica, se coloca en carritos de acero inoxidable y se carga en el elevador que se encuentra a un lado del equipo. En la figura 6 se observa este punto:
 - Se debe considerar la temperatura de la masa para ingresar a este proceso.

Figura 6. **Materia prima cárnica en carrito de acero inoxidable**



Fuente: elaboración propia.

- Acondicionamiento: estos son los procesos de tratamiento que modifican las condiciones para adecuarlas a la necesidad según el producto, estos son:
 - Control de acondicionamiento de materia prima y masas

- Control diario de producción
 - Control de apanados y batidos
 - Informe diario de calidad
 - Control de pesos de producto congelado
- Formado: se utiliza una máquina formadora. Se alimenta la máquina con la pasta cárnica.
 - El medallón utiliza un molde específico. La máquina tiene un programa establecido que marca la velocidad con diferentes especificaciones de acuerdo al tipo de producto. En la figura 7 se observa este punto.

Figura 7. **Alimentación de pasta cárnica en la maquina**



Fuente: elaboración propia.

- Aplicación de batido: se realiza el batido en un tanque mezclador. El formado del medallón pasa en la banda transportadora hacia el aplicador de *predust* (se puede aplicar solo abajo, encima o en ambos lados de este), *batter* (aplicado uniformemente en todas las unidades) y

empanizadora (aplicado uniformemente en todas las unidades) en filas de formados. En la figura 8 se observa este punto:

Figura 8. **Aplicación de batido**



Fuente: elaboración propia.

- Aplicación de empanizado: se utiliza una empanizadora. Se regula la banda del apanado para obtener una cobertura total del formado de medallón. Se verifica la uniformidad del producto apanado para evitar una aplicación defectuosa. En la figura 9 se observa este punto:

Figura 9. **Aplicación de empanizado**



Fuente: elaboración propia.

- Prefritura lineal: los parámetros de tiempo y temperatura están regulados de acuerdo al producto. Se controla el proceso en función de las sustancias resultantes del deterioro sufrido durante el calentamiento de los aceites. En la figura 10 se observa este punto:
 - Se llena un formato del control de temperaturas, con la información obtenida en el momento.

Figura 10. **Prefritura lineal**



Fuente: elaboración propia.

- Horno lineal: los parámetros de tiempo y temperatura están regulados de acuerdo al producto. En la figura 11 se observa este punto:
 - Se llena un formato del control de temperaturas, con la información obtenida en el momento.

Figura 11. **Horno lineal**



Fuente: elaboración propia.

- Pesado: se verifica el peso del producto dependiendo del proceso en que se encuentre, si este no cumple con el peso se hacen las siguientes modificaciones:
 - Regulación de flujo de batido
 - Regulación de presión de formado
 - Regulación de temperatura de masa
- Congelado: el producto sale del horno lineal en la banda transportadora hasta llegar al túnel de congelado. En la figura 12 se observa este punto:

- Los parámetros de tiempo y temperatura están regulados de acuerdo al producto. Se tiene registro del control de temperaturas.

Figura 12. **Túnel de congelado**



Fuente: elaboración propia.

- Llenado de bolsa: el producto sale del túnel de congelado en la banda transportadora que clasifica los medallones en grupos. En la figura 13 se observa este punto:
 - El empaque es un proceso manual.
 - Se llena la bolsa con la cantidad de producto necesario. La presentación es de 10 unidades de medallón.

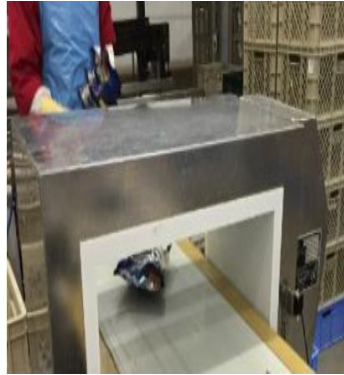
Figura 13. **Llenado de bolsa**



Fuente: elaboración propia.

- Doble, llenado y sellado de caja: todo el proceso es de forma manual, se traslada la bolsa llena a la banda transportadora y antes de ser sellada la caja de presentación de medallones, al inicio de la banda transportadora se forman las cajas y estas son enviadas en la banda transportadora para colocar en el proceso las bolsas llenas de medallones en la caja formada.
- Detector de metales: una vez empacados los productos, estos pasan en la banda transportadora hasta llegar al detector de metales que se encuentra hasta el final de la banda transportadora. En la figura 14 se observa este punto:
 - En caso de existir falsos positivos (empaquete detectado), se revisa el producto y se pasa de nuevo por el detector de metales 2-3 veces para asegurarse que no se tenga un material extraño dentro del empaque. Si se confirma el material extraño el producto se desecha.

Figura 14. **Detector de metales**



Fuente: elaboración propia.

- Embalaje: se coloca la cantidad de cajas de empaque necesarias para completar la caja *master*. Una vez llena la caja *master*, se estiban en una tarima según las dimensiones requeridas del soporte de la tarima. En la figura 15 se observa este punto:

Figura 15. **Embalaje**



Fuente: elaboración propia.

- Pesado y etiquetado: se pesa cada caja *master* en la báscula industrial colocándola de forma manual, se verifica que el peso sea aceptado por la báscula. Si el peso es adecuado se imprime una etiqueta con los datos codificados que han sido programados en la báscula para poder identificar al producto, la etiqueta se coloca en uno de los lados de la caja. En la figura 16 se puede observar este punto:

Figura 16. **Báscula industrial**



Fuente: elaboración propia.

- Almacenado: se almacenan las cajas en la nevera, estas permanecerán adentro hasta ser despachadas.

2.1.2.3. Producto final

La calidad del empaque hace perdurable al producto y satisface la necesidad demandada. El empaque de los medallones cumple con un conjunto de atributos reconocibles e identificables para el comprador.

Dentro de los atributos al presentar el producto final con el cliente, es el factor de carácter informativo que contiene los ingredientes y factores nutricionales que se presentan en la etiqueta. La etiqueta de los alimentos debe ofrecer información completa, útil y precisa sobre nutrición. En la figura 17 se observa este punto:

Figura 17. **Etiqueta de factores nutritivos**



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Programación de la producción

Según información entregada por el departamento de producción, la estructura organizacional del departamento de producción está diseñada para integrar a todos los que participan en la producción. Esto permite realizar un trabajo integrado, participativo y sistemático.

La programación del departamento de producción se planifica a través de reuniones operativas semanales con los responsables para ejecutar las variables siguientes:

- Materia prima
- Inventarios
- Pedidos de venta

Antes de terminar el plan operativo se verifica la disposición de la maquinaria involucrada en el proceso de producción.

A continuación se presenta en la tabla I el plan operativo para la producción de medallones, información entregada por el departamento de producción desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017.

Se presenta en la tabla la descripción de la cantidad de medallones planificada a producir en libras, hora de inicio del proceso, hora final del proceso y las horas transcurridas desde inicio hasta final.

Tabla I. Plan operativo por el departamento de producción

Fecha	Línea	Inicio proceso (hora)	Termino proceso (hora)	Total (Horas)	Libras
20/12/2016	Medallones	6:00 a. m.	7:40 a. m.	1,7	3 000
23/12/2016	Medallones	6:00 a. m.	7:40 a. m.	2,7	4 000
28/12/2016	Medallones	6:00 a. m.	8:13 a. m.	2,2	4 000
3/01/2017	Medallones	6:00 a. m.	10:15 a. m.	4,3	4 000
6/01/2017	Medallones	6:00 a. m.	7:40 a. m.	1,7	3 000
12/01/2017	Medallones	6:00 a. m.	9:20 a. m.	3,3	5 000
19/01/2017	Medallones	6:00 a. m.	8:46 a. m.	2,8	5 000
24/01/2017	Medallones	6:45 a. m.	9:30 a. m.	3,3	4 000
9/02/2017	Medallones	6:00 a. m.	8:40 a. m.	2,7	4 000
17/02/2017	Medallones	6:00 a. m.	8:40 a. m.	2,7	4 000

Fuente: elaboración propia.

Estos datos serán utilizados para la medición de los indicadores de la herramienta OEE, en la sección 3.2.3 se presenta más detalles para la aplicación de la metodología.

2.1.4. Registro de datos del proceso productivo de medallones

Es necesario para tener resultados medibles de la productividad obtener datos de las muestras de medallones. Estos datos se registrarán en el formato que es propuesto en el inciso 3.2.2., en la descripción del segundo segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE.

El registro de datos que se tomen en el formato se recolectará y se hará el procesamiento de datos para poder ser aplicados y así medir la productividad con la herramienta OEE, como se observa en el capítulo 4.

2.1.4.1. Recolección de datos en formato

Según el formato propuesto en el inciso para toma de muestras se procede a recolectar datos para el posterior cálculo del OEE.

A continuación se presenta, de la tabla II a la tabla XI, la corrida de todos los datos conforme a las especificaciones requeridas del formato aplicándolo a la línea del proceso productivo de medallones del primer turno:

Se presenta en la tabla II el registro de datos del día 20 de diciembre de 2016, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla II. Primer registro de datos del proceso

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 20/12/16

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla técnica del túnel de congelado	00:20:00
Termino producción 9:20 am			

T1	Unidades buenas	72 080	Unidades Defectuosas	12 283
----	-----------------	--------	----------------------	--------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla III el registro de datos del día 23 de diciembre de 2016, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla III. Segundo registro de datos del proceso

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 23/12/16

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla de banda anterior freidora	00:31:00
Termino producción 9:50 am			

T1	Unidades buenas	94 520	Unidades Defectuosas	25 968
----	-----------------	--------	----------------------	--------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla IV el registro de datos del día 28 de diciembre de 2016, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla IV. Tercer registro de datos del proceso

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 28/12/16

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla túnel de congelado	00:12:00
Termino producción 9:25 am			

T1	Unidades buenas	93 160	Unidades Defectuosas	16 264
----	-----------------	--------	----------------------	--------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla V el registro de datos del día 3 de enero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla V. **Cuarto registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 3/01/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PP	Prueba producción de Ala (incluye cambio y limpieza de línea)	02:02:00
Termino producción 12:20 am	PNP	Prueba producción de Ala	00:18:00
	PNP	Corte de Energía eléctrica	00:02:00
	PNP	Falta de materia prima	00:10:00

T1	Unidades buenas	129 880	Unidades Malas	13 662
----	-----------------	---------	----------------	--------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla VI el registro de datos del día 6 de enero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla VI. **Quinto registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 6/01/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla descarrilamiento de banda	00:05:00
	PNP	Falla maquinaria de formado	00:03:00
Termino producción 9:25 am			

T1	Unidades buenas	71 400	Unidades Defectuosas	0
----	-----------------	--------	----------------------	---

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla VII el registro de datos del día 12 de enero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla VII. **Sexto registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 12/01/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Espera solicitud de cajas para empaque	00:09:00
	PNP	Falla de banda de la línea de formado	00:16:00
Termino producción 10:40 am			

T1	Unidades buenas	118 320	Unidades Defectuosas	4 109
----	-----------------	---------	----------------------	-------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla VIII el registro de datos del día 19 de enero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla VIII. Séptimo registro de datos del proceso

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 19/01/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
Termino producción 10:45 am			

T1	Unidades buenas	118 320	Unidades Defectuosas	2 580
----	-----------------	---------	----------------------	-------

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla IX el registro de datos del día 24 de enero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla IX. **Octavo registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 24/01/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
Termino producción			

T1	Unidades buenas	95 200	Unidades Malas	0
----	-----------------	--------	----------------	---

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla X el registro de datos del día 9 de febrero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla X. **Noveno registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 9/02/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Ajuste de banda	00:11:00
	PNP	Atasco maquinaria de formado	00:10:00
Termino producción 10:45 am			

T1	Unidades buenas	93 510	Unidades Defectuosas	0
----	-----------------	--------	----------------------	---

Fuente: elaboración propia.

Se presenta en la tabla XI el registro de datos del día 17 de febrero de 2017, se indica la cantidad en unidades de medallones buenas y defectuosas producida en tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la duración, siendo estas clasificadas en paradas planificadas (PP) y paradas no planificadas (PNP).

Tabla XI. **Décimo registro de datos del proceso**

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 17/02/17

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla en formadora, acumulación de MP	00:04:00
Termino producción 10:35 am			

T1	Unidades buenas	95 200	Unidades Defectuosas	9 930
----	-----------------	--------	----------------------	-------

Fuente: elaboración propia.

3. PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA MEDICIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD USANDO LA HERRAMIENTA OEE

En la elaboración del estudio del proceso productivo de medallones que se encuentra en el área de empanizados se presentan los pasos de la metodología propuesta.

Las herramientas propuestas serán ejemplificadas, si es necesario, para tener mayor comprensión, aunque al finalizar este capítulo se hará toda la aplicación de la propuesta metodológica para medir la productividad usando la herramienta OEE. Esta información es presentada en el capítulo 4.

En el desarrollo de este capítulo se presenta la descripción de las herramientas propuestas a utilizar, estas son: diagrama metodológico de investigación, diagrama del diseño metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE, control estadístico del proceso productivo y procesamiento de datos.

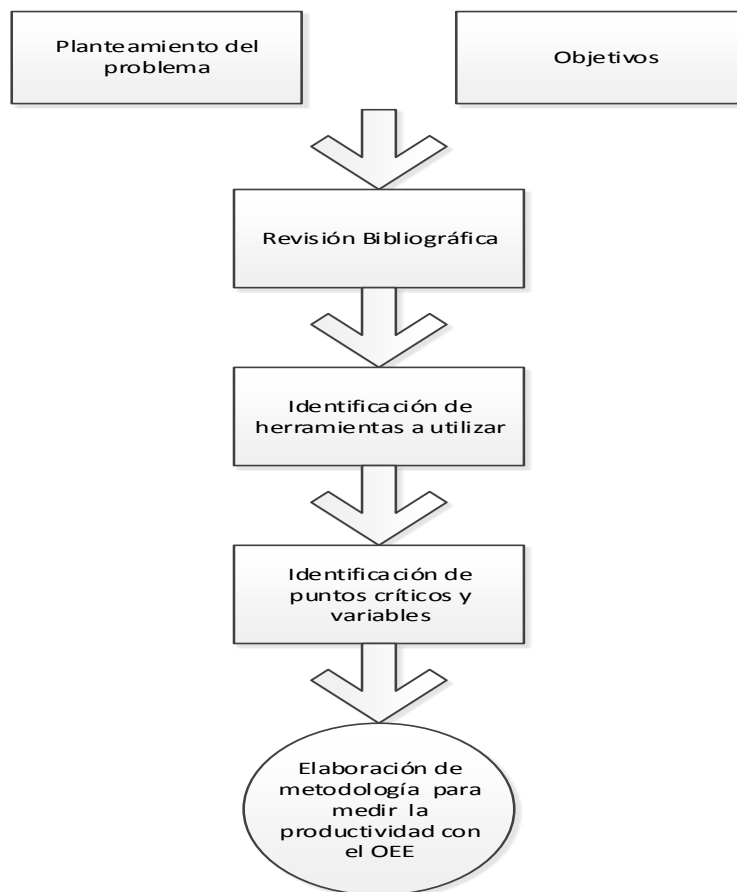
Si al medir la productividad no alcanza los niveles óptimos se tiene como resultado la ineficiencia de maquinaria, disminución de bienes y por lo tanto pérdida de utilidades para la empresa cárnica, por lo que dentro de la propuesta se analiza el costo de las pérdidas de Paros No Programados (PNP).

La propuesta radica en la posibilidad de obtener mejores resultados, una vez corregidas las deficiencias o resueltos los problemas.

3.1. Diseño metodológico de investigación

Para comprender de manera más clara la propuesta metodológica que busca medir la productividad utilizando la herramienta OEE, se presentará la descripción con los pasos generales de las actividades a seguir para que el desarrollo del estudio de carácter investigativo sea el adecuado. Se observa en el diagrama de la figura 18:

Figura 18. Diagrama del diseño metodológico de investigación



Fuente: elaboración propia.

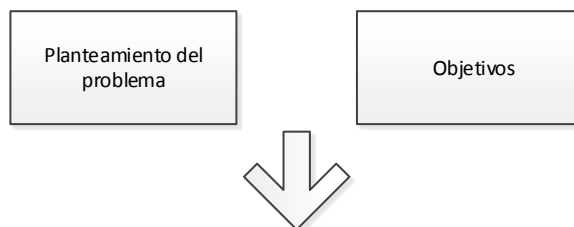
3.1.1. Planteamiento del problema y los objetivos del estudio

El planteamiento del problema se creó por la necesidad de obtener registro de datos del comportamiento de la maquinaria del proceso productivo de medallones con base en las variables objetivas de estudio, esto con el propósito de indagar la línea de producción para identificar pérdidas que son generadas.

Posteriormente, la implementación de esta herramienta OEE como modelo tecnológico dependerá de los intereses propios de la empresa para obtener esta información que muestra datos reales en situaciones reales, con el fin de lograr un control digital sobre los procesos de elaboración de productos.

A continuación se presenta el primer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación:

Figura 19. **Primer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación**



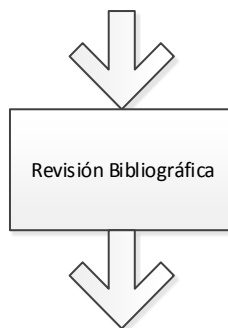
Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Revisión bibliográfica

Es necesario hacer un estudio previo de fuentes bibliográficas y técnicas, con el fin de evitar errores en la implementación de la metodología propuesta. Estas fuentes de información han sido desarrolladas en los dos capítulos anteriores.

A continuación se presenta el segundo paso del diagrama del diseño metodológico de investigación:

Figura 20. **Segundo paso del diagrama del diseño metodológico de investigación**



Fuente: elaboración propia.

3.1.3. Identificación de herramientas a utilizar

Las principales herramientas a utilizar en la elaboración de la metodología de medición de eficiencia general de equipos son: control estadístico de procesos a través de toma y análisis de muestras, que para el caso del estudio son tiempos de detenciones en el proceso, diagramas de causa y efecto,

fórmulas de medición de la herramienta OEE y procesamiento de datos, entre otros que mejor se acerquen al modelo de trabajo.

Estas herramientas fueron elegidas para su implementación principalmente por su capacidad de análisis y entendimiento para los resultados finales. A continuación se presenta el tercer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación:

Figura 21. **Tercer paso del diagrama del diseño metodológico de investigación**



Fuente: elaboración propia.

3.1.4. Identificación de puntos críticos y variables

Se deben identificar los puntos críticos que se van a estudiar de la maquinaria y problemas que provoquen altos grados de ineficiencia en la producción. Teniendo los puntos críticos básicos se procede a la identificación en las variables empleadas para el cálculo de la herramienta OEE, las cuales son: calidad, rendimiento y disponibilidad de la máquina.

A continuación se presenta el cuarto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación:

Figura 22. **Cuarto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación**



Fuente: elaboración propia.

La herramienta OEE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas (puntos críticos) que pueden suceder en un proceso productivo. Esta clasificación proviene de la misma manera del TPM, en el que se definen las seis grandes pérdidas. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar. A continuación se describen:

- Disminución de disponibilidad

La pérdida de tiempo se define como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo pero no lo ha estado, cuando ningún producto sale de la máquina. Las pérdidas son:

- Avería (primera pérdida): una avería genera una pérdida en el tiempo de producción (error al operar la máquina, pobre mantenimiento del equipo, entre otros). Para la herramienta OEE el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto y considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.

- Esperas (segunda pérdida): el tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo: debido a un cambio por mantenimiento o por un paro para almorzar. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tiene que apagarse durante algún tiempo, cambiar herramientas, útiles u otras partes. Para la herramienta OEE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.
- Disminución de rendimiento

Una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima. Existen dos tipos de pérdidas de velocidad:

- Microparadas (tercera pérdida): pequeños problemas producen interrupciones cortas en el funcionamiento de una máquina. Las microparadas y las pérdidas de velocidad constante son causadas por bloqueos en su funcionamiento, estas pequeñas paradas son realmente pérdidas de tiempo, aunque por corta duración no se registren como tales.
- Velocidad reducida (cuarta pérdida): la velocidad teórica o de diseño de una máquina con frecuencia está subutilizada. La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad con la que opera una máquina actualmente y la velocidad teórica o de diseño, pero podría darse el caso (bastante frecuente) de que la velocidad de producción se ha rebajado intencionalmente para evitar otras pérdidas, como defectos de calidad y averías. En otras palabras, pérdidas por baja velocidad hace referencia a la diferencia entre la

velocidad planeada y la velocidad de operación real que puede producirse por diferentes razones.

- Disminución de calidad

La pérdida de calidad ocurre cuando la máquina fabrica productos que no son buenos a la primera. Se pueden diferenciar dos tipos de pérdidas de calidad:

- Desechos (quinta pérdida): desechos son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad. El objetivo es tener cero defectos, fabricar siempre productos de primera calidad desde la primera vez.
- Un tipo específico de pérdida de calidad son las pérdidas en los arranques. Estas pérdidas ocurren cuando:
 - Durante el arranque de la máquina, la producción no es estable inicialmente y los primeros productos no cumplen las especificaciones de calidad.
 - Los productos del final de la producción de un lote se vuelven inestables y no cumplen las especificaciones.
 - Aquellos productos que no se consideran como buenos para la orden de fabricación y, consecuentemente, se consideran una pérdida.

- Normalmente este tipo de pérdidas se consideran inevitables. Sin embargo, el volumen de estas puede ser sorprendentemente grande.
 - Retrabajo (sexta pérdida): los productos retrabajados son productos que no cumplieron los requisitos de calidad la primera vez que pasaron por todo el ciclo del proceso productivo, pero pueden ser reprocesados y convertidos en productos de buena calidad.

A continuación se presenta en la figura 23 el diagrama de las seis grandes pérdidas, para clasificar con facilidad las pérdidas que se identifiquen en el registro de datos estudiados según las variables de la herramienta OEE:

Figura 23. **Las seis grandes pérdidas clasificadas en la herramienta OEE**

La OEE considera 6 grandes pérdidas:		
1	Paradas / Averías	Disponibilidad
2	Configuración y ajustes	
3	Pequeñas paradas	Rendimiento
4	Reducción de velocidad	
5	Rechazos por puesta en marcha	Calidad
6	Rechazos de producción	

Fuente: CRUELLES, Agustín. *La teoría de la medición del despilfarro*. p. 62.

3.1.5. Elaboración de metodología para medir la productividad con la herramienta OEE

Finalmente, obtenidos todos los datos de estudio se elabora la metodología para medir la productividad utilizando la herramienta OEE.

A continuación se presenta el quinto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación:

Figura 24. **Quinto paso del diagrama del diseño metodológico de investigación**



Fuente: elaboración propia.

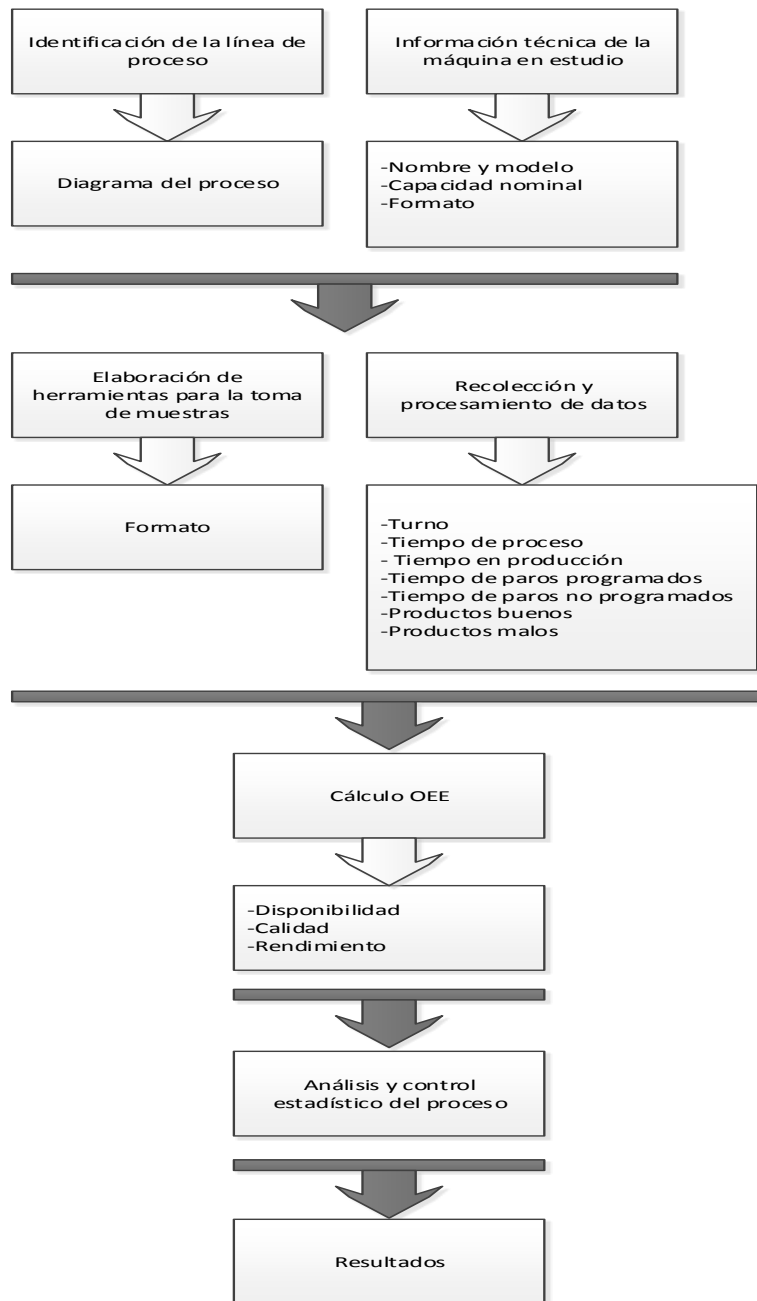
La elaboración de la metodología propuesta se detalla en el siguiente inciso, donde se desarrolla cada segmento para su cumplimiento y así obtener resultados en la aplicación del registro de datos tomados en el proceso productivo de medallones.

La metodología se podrá unir a la tecnología para conseguir sistemas de trazabilidad más eficaces (observar anexo 1).

3.2. Diseño metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

Una vez establecidos los puntos del diseño metodológico de investigación (planteados en el inciso 3.1.), para su estudio se procede a la elaboración de la metodología propuesta para la medición de la productividad utilizando la herramienta OEE, la cual se diagrama en la figura 25 y será descrita en los siguientes incisos clasificados por segmentos:

Figura 25. Diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

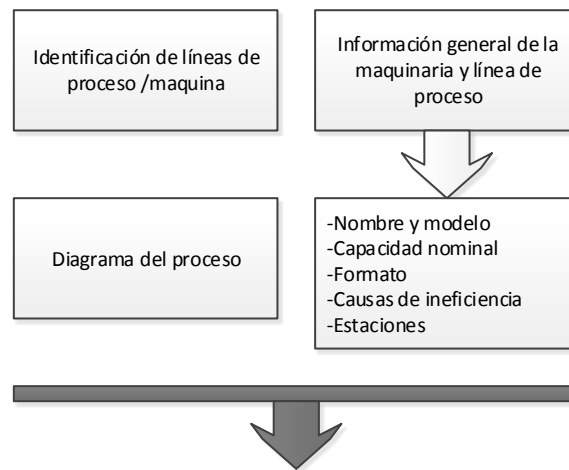


Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Primer segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

A continuación se presenta el primer segmento del diagrama y las descripciones:

Figura 26. **Primer segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE**



Fuente: elaboración propia.

- Identificación de línea de proceso productivo

Se busca tener una visión general de la línea del proceso productivo a estudiar, para ello es muy práctico elaborar un diagrama de proceso que muestre la distribución física de cada línea.

- Información técnica de la máquina en estudio

Desde la primera toma de datos se deberá tomar muestras de los siguientes antecedentes:

- Nombre y modelo de la máquina.
- Capacidad nominal de la máquina: se refiere a la cantidad de golpes por minuto que la máquina produce o cantidad de producto elaborado por minuto, multiplicado por hora. Para concepto de cálculos se toma como capacidad nominal los golpes por minuto que actualmente está dando la máquina y no la capacidad entregada por el fabricante.
- Unidades de medida en que la máquina trabaja.
- Descripción de causas de ineficiencia.

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación tomando en cuenta la descripción que se colocó anteriormente. En el inciso 4.2. se encuentra mayor detalle de la aplicación total.

Tabla XII. **Ejemplo de especificaciones técnicas**

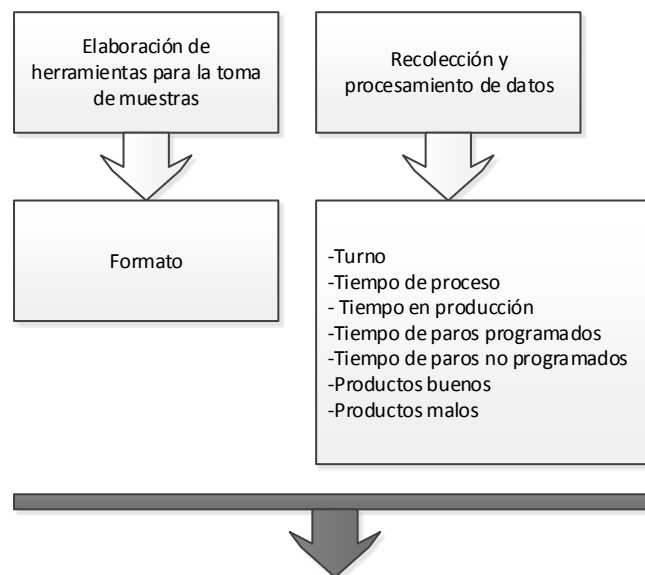
		Capacidad Nominal	
Línea	Unidades	Golpes/minuto	Unidades/hora
Formadora	Libras	60	61 200

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Segundo segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

A continuación se presenta el segundo segmento del diagrama y las descripciones en la figura 27:

Figura 27. Segundo segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE



Fuente: elaboración propia.

- Elaboración de herramientas para la toma de muestras

Se crea un formato que permita registrar la información requerida, donde se indica la cantidad producida real por hora en turno (T1) y las distintas causas de las detenciones (PP, PNP), ya sean programadas como no programadas, los tiempos de producción y la línea.

La información que se pretende obtener es para:

- Medir la productividad de la línea del proceso.
- Desplegar estos resultados para identificar el desempeño de la maquinaria.
- Las principales causas de ineficiencia están identificadas.
- Tomar medidas correctivas generando resultados reales.

En la tabla XIII se muestra el formato propuesto para el registro de datos según la toma de muestras:

Tabla XIII. Formato propuesto para registro de datos

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: -----

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción			
Termino producción			

T1	Unidades buenas		Unidades Defectuosas	
----	-----------------	--	----------------------	--

Fuente: elaboración propia.

- Recolección y procesamiento de datos

Una vez obtenido el formato para toma de muestras, además de indicar la cantidad producida se deben tomar muestras de los siguientes datos:

- Tiempo total del proceso: a qué hora se inició el proceso y a qué hora finaliza.
- Tiempo total en producción.
- Tiempos de Paros Programados (PP): se considera como paros programados todos los paros que el operador debe hacer en la línea de proceso de manera obligatoria, ya sea limpieza general de la máquina, cambios de formato, entre otros.
- Tiempos de Paros No Programados (PNP): se consideran paros no programados a todos los paros que por razones externas a la producción ocasionan detenciones, ya sean fallas inesperadas, idas al baño, enfermedad del operario, entre otras.
- Productos buenos elaborados por turno.
- Productos malos o a reproceso por turno.
- Total de productos elaborados.

A continuación se presenta un ejemplo de la aplicación para la fecha 20 de diciembre de 2016, tomando en cuenta la descripción que se colocó anteriormente. En el inciso 2.1.4.1. se encuentra mayor detalle del registro total.

Tabla XIV. Ejemplo de primer registro de datos del proceso

Empresa: Industria Cárnica	Línea: Medallones
Formato: Registro de detenciones	Fecha: 20/12/16

	Causa (PP/PNP)	Descripción breve de la causa	Duración
T1			
Inicio producción 5:40 am	PP	Mantenimiento planificado	00:20:00
	PP	Preparación de línea	00:10:00
	PP	Parada de túnel de congelado	00:50:00
	PNP	Falla técnica del túnel de congelado	00:20:00
Termino producción 9:20 am			

T1	Unidades buenas	72 080	Unidades Defectuosas	12 283
----	-----------------	--------	----------------------	--------

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se obtiene el dato a nivel operativo, ahora se continúa con el procesamiento de datos.

En la tabla XV se presenta un ejemplo de la aplicación para la fecha 20 de diciembre de 2016, tomando en cuenta la sumatoria total de los registros de detenciones de la línea, clasificándolos Paros Programados (PP) con tiempos

totales y Paros No Programados (PNP) con tiempos totales. En el inciso 4.3. se encuentra mayor detalle de la aplicación total.

Tabla XV. **Ejemplo de primer tiempo total de paros programados y no programados**

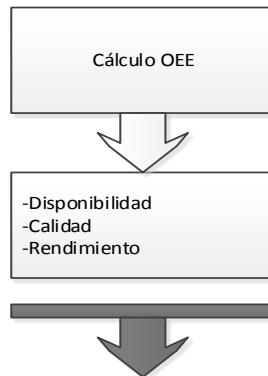
Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	20/12/2016	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	20/12/2016	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	20/12/2016	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	01:20:00		
T1	20/12/2016	Medallones	00:20:00	Falla técnica túnel congelado	PNP
		TOTAL	0:20:00		

Fuente: elaboración propia

3.2.3. Tercer segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

A continuación se presenta el tercer segmento del diagrama y las descripciones:

Figura 28. **Tercer segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE**



Fuente: elaboración propia

- **Cálculo de la herramienta OEE**

El cálculo de la herramienta OEE será efectuado en una hoja electrónica de Excel con las ecuaciones matemáticas básicas. La información que se ingresará es la recolección y procesamiento de datos que se relacionan a las tres grandes variables asociadas al proceso de producción: disponibilidad, rendimiento y calidad.

El OEE resulta de multiplicar tres razones porcentuales: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. Se presenta en la figura 29:

Figura 29. **Multiplicación de las variables de la herramienta OEE**

$$\begin{array}{c} \text{Ecuación de la herramienta OEE} \\ \text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad} \end{array}$$

Fuente: elaboración propia.

- Disponibilidad: cuánto tiempo ha estado funcionando la máquina o equipo respecto del tiempo que se planificó que estuviera funcionando.

Esta variable resulta de dividir el tiempo de operación (TO) por el tiempo planificado de producción (TPO) que la máquina podría haber estado produciendo, multiplicado por cien porque el resultado se presenta en porcentaje. Se presenta en la figura 30:

Figura 30. **Variable de disponibilidad de la herramienta OEE**

$$\text{Disponibilidad} = (TO/TPO) \times 100$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- TPO= tiempo total de trabajo - tiempo de paradas planificadas
- TO= TPO – paradas o averías

- Rendimiento: durante el tiempo que ha estado funcionando la máquina, cuánto ha fabricado (bueno y malo) respecto de lo que tenía que haber fabricado a tiempo de ciclo ideal.

El rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido durante el tiempo en funcionamiento de la máquina. La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina.

- Capacidad nominal: en general, esta es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o línea. Si no se conoce el rendimiento real medido, la capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto.
- Las unidades del rendimiento real son: unidades/hora.

En la siguiente figura se presenta la ecuación para medir la variable de rendimiento de la herramienta OEE:

Figura 31. **Variable de rendimiento de la herramienta OEE**

$$\text{Rendimiento} = (\text{No Total de unidades} / \text{PPP})$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- PPP (piezas por producir) = tiempo de operación x capacidad nominal.
- Calidad: cuánto se ha fabricado bueno a la primera respecto del total de la producción realizada.

El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de paradas, ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes.

La variable calidad solo considera buenas las piezas que salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por lo tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse rechazos, es decir, malas.

Se mide en número de unidades conformes con respecto al número total de unidades fabricadas incluyendo piezas rechazos o retrabajadas. En la siguiente figura se presenta la ecuación para medir la variable de calidad de la herramienta OEE:

Figura 32. **Variable de calidad de la herramienta OEE**

$$Calidad = \frac{No\ unidades\ conformes}{No\ unidades\ totales}$$

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVI se presenta un ejemplo de la aplicación para la fecha 20 de diciembre de 2016, se clasifica el procesamiento de datos para utilizarlos en el cálculo de las variables de la herramienta OEE. En el inciso 4.4. se encuentra mayor detalle de la aplicación total:

Tabla XVI. **Ejemplo de procesamiento de datos para las variables de la herramienta OEE**

	Fecha	Línea	Inicio proceso (Hora)	Termino proceso (Hora)	Total (Hora)	Inicio producción (Hora)	Termino producción (Hora)	Total (Hora)	PP Total (Hora)	PNP Total (Hora)	TPO (Hora)	TO (Hora)
1	20/12/2016	Medallones	06:00 a. m.	07:40 a. m.	1.7	05:40 a. m.	09:20 a. m.	3.7	1.3	0.3	0.4	0.1

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XVII se presenta un ejemplo de la aplicación para la fecha 20 de diciembre de 2016, se muestra el resultado de calcular las variables de la herramienta OEE. En el inciso 4.4. se encuentra mayor detalle de la aplicación total:

Tabla XVII. **Ejemplo de resultado de las variables de la herramienta OEE**

Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE	Clasificación
25%	100%	85%	21%	Inaceptable

Fuente: elaboración propia.

- **Calificativo:** la métrica estandarizada para utilizar la herramienta OEE deberá cumplir con los requerimiento condicionados por lo que establece un calificativo de la posición de los valores porcentuales del índice final de la herramienta. En la figura 33 se presenta el calificativo:

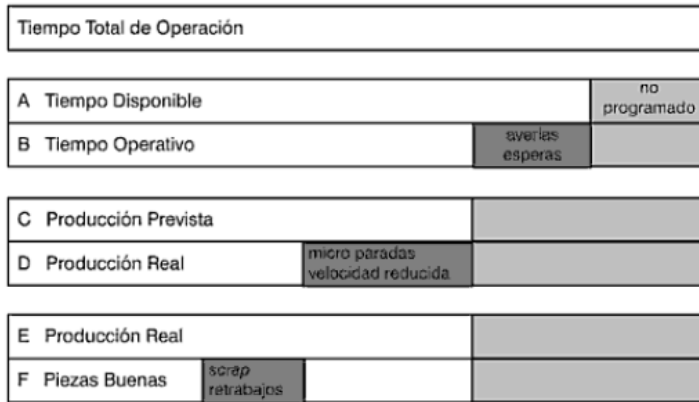
Figura 33. **Calificativo de los valores estandarizados**

OEE	Calificativo	Consecuencias
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en valores considerados "World Class".
OEE > 95%	Excelente	Competitividad Excelente.

Fuente: CRUELLES, Agustín. *La teoría de la medición del despilfarro*. p. 82.

- **Diagrama del cálculo:** para mayor compresión se presenta en la figura 34 un diagrama que grafica toda la descripción teórica anterior a una forma práctica para medir la productividad utilizando la herramienta OEE:

Figura 34. Diagrama del cálculo de la herramienta OEE



Fuente: CRUELLES, Agustín. *La teoría de la medición del despilfarro*. p. 80.

- Donde:
 - Disponibilidad= B/A
 - Rendimiento=D/C
 - Calidad=F/E
 - OEE= B/A x D/C x F/E

3.2.4. Cuarto segmento del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE

A continuación se presenta el cuarto segmento del diagrama y las descripciones:

Figura 35. Cuarto segmento del diagrama metodológico de la herramienta OEE



Fuente: elaboración propia.

- Análisis y control estadístico del proceso

Una vez obtenidos los resultados en porcentajes de la productividad utilizando la herramienta OEE de la máquina en estudio en el tiempo asignado, se procedo al análisis estadístico con el fin de interpretar los datos obtenidos y explicar de forma más clara el comportamiento de la máquina.

En este inciso solo se describirán las herramientas propuestas de apoyo que facilitarían la presentación gráfica del registro de datos procesados. En el inciso 4.5. se encuentra la aplicación total de estas herramientas. Las herramientas propuestas son: histogramas, diagramas de frecuencia y diagrama de causa-efecto.

- Resultados

Finalmente se entregará en forma gráfica (con apoyo de las herramientas propuestas) los resultados totales obtenidos durante la investigación, con el fin de lograr llegar a interpretaciones estadísticas y conclusiones que sean de ayuda en la toma de decisiones a los encargados del área.

3.3. Propuesta para análisis de costo por PNP

El cálculo del costo resulta de la cantidad en unidades perdidas de la producción por paros no programados al presentarse fallas en la línea, multiplicada por el costo de producir cada unidad. En la figura 36 se observa la ecuación:

Figura 36. Costo de pérdidas por PNP

$$\text{Costo de pérdidas} = \text{Unidades perdidas} \times \text{costo unidad}$$

Fuente: elaboración propia.

Donde:

- Costo unidad: Q. 0,5/unidad (dato entregado por el departamento de producción).

En la tabla XVIII se presenta un ejemplo de la aplicación para la fecha 20 de diciembre de 2016, se muestra el resultado de calcular el costo de pérdidas. En el inciso 4.7. se encuentra mayor detalle de la aplicación total:

Tabla XVIII. Ejemplo de cálculo de costo de pérdida

No.	Fecha	Perdidas por PNP (unidades)	Costo pérdidas (Quetzales)
1	20/12/2016	18 360	9 180

Fuente: elaboración propia.

4. APLICACIÓN DE LA PROPUESTA PARA MEDIR LA PRODUCTIVIDAD USANDO LA HERRAMIENTA OEE

Se integran los datos del análisis del proceso productivo de medallones, la programación del plan operativo entregado por el departamento de producción y el procesamiento de los datos para usar las variables de la herramienta OEE, toda esta información registrada en el capítulo 2.

En este capítulo se presenta la aplicación de las herramientas propuestas en el desarrollo de la aplicación de la propuesta metodológica, estas son: diagrama de diseño metodológico para medir la herramienta OEE, control estadístico del proceso productivo, histogramas, diagramas de frecuencia, procesamiento de datos y diagrama de causa-efecto.

Se demuestra la aplicabilidad del diseño metodológico a través de la validación. La validación se realiza con datos reales obtenidos del proceso productivo de medallones con la finalidad de obtener resultados precisos y exactos.

Si al medir la productividad no se alcanzan los niveles óptimos se tiene como resultado la ineficiencia de maquinaria, disminución de bienes y por lo tanto pérdida de utilidades para la empresa cárnica, por lo que se calcula el costo de pérdidas por PNP.

4.1. Identificación de la línea del proceso productivo

Se busca tener una visión general de la línea del proceso productivo a estudiar, para ello es muy práctico elaborar un diagrama de proceso que muestre la distribución de la línea de producción. Esta información se presenta en el capítulo 2 para el proceso productivo de medallones en el área de empanizados.

4.2. Información técnica de la máquina en estudio

El nombre técnico de la máquina que se estudiará es la formadora. Para el estudio de medición de la productividad utilizando la herramienta OEE solo se considera esta máquina.

A continuación se muestran los datos de especificación técnica al estudiar esta máquina:

- Nombre de la máquina: formadora
 - En la figura 37 se muestra la máquina formadora :

Figura 37. **Máquina formadora**



Fuente: elaboración propia.

- Golpe-unidades: este dato se tomó de la pantalla digital de la máquina, se mantuvo constante en los horarios y días de producción de medallones.

Se presenta en la tabla XIX la relación golpe-unidades:

Tabla XIX. **Relación golpe-unidades**

Línea	Golpe	Unidades
Formadora	1	17

Fuente: elaboración propia

- Especificaciones técnicas de la máquina:

Los datos técnicos de la máquina formadora no fueron entregados por el departamento de mantenimiento porque tienen altos estándares de

confidencialidad. Por lo tanto se tomará el dato relación golpe-unidades para calcular la capacidad nominal de la máquina.

Se utiliza el dato de golpes por minuto, es necesario hacer la conversión en unidades producidas por hora que serán requeridas para el posterior cálculo de la herramienta OEE. A continuación en la tabla XX se presentan los datos y el resultado de la conversión:

Tabla XX. **Especificaciones técnicas de la máquina**

		Capacidad Nominal	
Línea	Unidades	Golpes/minuto	Unidades/hora
Formadora	Libras	60	61 200

Fuente: elaboración propia.

4.3. **Recolección y procesamiento de datos**

Se tomaron los datos a nivel operativo del inciso 2.1.4.1., se procede al traspaso de la información de la tabla XXI a la tabla XXX, donde se realiza la sumatoria total de los registros de detenciones de la línea, con el fin de obtener los tiempos totales de paros programados y no programados por turno para posterior aplicación al calcular la herramienta OEE.

A continuación se presenta el registro de datos del día 20 de diciembre de 2016, se indica la sumatoria total clasificada por Paradas Planificadas (PP) y Paradas No Planificadas (PNP), el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXI. **Primer tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	20/12/2016	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	20/12/2016	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	20/12/2016	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	01:20:00		
T1	20/12/2016	Medallones	00:20:00	Falla técnica túnel congelado	PNP
		TOTAL	0:20:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 23 de diciembre de 2016, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXII. **Segundo tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	23/12/2016	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	23/12/2016	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	23/12/2016	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	23/12/2016	Medallones	00:31:00	Falla banda anterior a freidora	PNP
		TOTAL	0:31:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 28 de diciembre de 2016, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el

turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXIII. Tercer tiempo total de paros programados y no programados

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	28/12/2016	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	28/12/2016	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	28/12/2016	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	28/12/2016	Medallones	00:12:00	Falla de túnel de congelado	PNP
		TOTAL	0:12:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 3 de enero de 2017, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXIV. Cuarto tiempo total de paros programados y no programados

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	03/01/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	03/01/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	03/01/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
T1	03/01/2017	Medallones	02:20:00	Prueba producción de Ala (incluye cambio y limpieza de línea)	PP
		TOTAL	3:40:00		
T1	03/01/2017	Medallones	00:02:00	Corte de energía eléctrica	PNP
T1	03/01/2017	Medallones	00:10:00	Falta de materia prima	PNP
		TOTAL	0:12:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 6 de enero de 2017, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXV. **Quinto tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	06/01/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	06/01/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	06/01/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	06/01/2017	Medallones	00:05:00	Falla descarrilamiento de banda	PNP
T1	06/01/2017	Medallones	00:03:00	Falla maquinaria de formado	PNP
		TOTAL	0:08:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 12 de enero de 2016, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXVI. **Sexto tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	12/01/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	12/01/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	12/01/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	12/01/2017	Medallones	00:09:00	Espera solicitud de cajas para empaque	PNP
T1	12/01/2017	Medallones	00:16:00	Falla de banda de la línea de formado	PNP
		TOTAL	0:25:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 19 de enero de 2017, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXVII. **Séptimo tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	19/01/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	19/01/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	19/01/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 24 de diciembre de 2016, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en

el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXVIII. Octavo tiempo total de paros programados y no programados

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	24/01/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	24/01/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	24/01/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 9 de febrero de 2017, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXIX. Noveno tiempo total de paros programados y no programados

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	09/02/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	09/02/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	09/02/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	09/02/2017	Medallones	00:11:00	Ajuste de banda	PNP
T1	09/02/2017	Medallones	00:11:00	Atasco maquinaria de formado	PNP
		TOTAL	0:22:00		

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el registro de datos del día 17 de febrero de 2017, se indica la sumatoria total clasificada por PP y PNP, el tiempo real en el turno (T1) y la descripción de distintas causas de las detenciones con la respectiva duración:

Tabla XXX. **Décimo tiempo total de paros programados y no programados**

Turno	Día	Línea	Duración	Detalle de causa	Tipo de paro
T1	17/02/2017	Medallones	00:20:00	Mantenimiento planificado	PP
T1	17/02/2017	Medallones	00:10:00	Preparación de línea	PP
T1	17/02/2017	Medallones	00:50:00	Parada túnel de congelado	PP
		TOTAL	1:20:00		
T1	17/02/2017	Medallones	00:04:00	Falla en formadora, acumulación de MP	PNP
		TOTAL	0:04:00		

Fuente: elaboración propia.

4.4. Cálculo del OEE

El cálculo del OEE para la línea de proceso productivo de medallones en el período establecido se realizó en una hoja electrónica de Excel usando las ecuaciones matemáticas básicas para obtener el resultado. Para mayor detalle del cálculo del OEE en el inciso 3.2.3., en el tercer segmento del diagrama metodológico se presenta la descripción y un ejemplo para facilitar su comprensión.

A continuación se presentan los tiempos calculados que se tomaron del procesamiento de datos, considerando cada una de las variables asociadas a las tres variables, disponibilidad, rendimiento y calidad, que provienen de la herramienta OEE. También se presenta, en la Tabla XXXII, el resultado de los

datos calculados siempre relacionados a las tres grandes variables para medir la productividad, el resultado final será condicionado según la figura 33, por el calificativo de los valores estandarizados para identificar la posición porcentual:

Tabla XXXI. Tiempos calculados para integrar en las variables del OEE para la línea de proceso de empanizados

	Fecha	Línea	Inicio proceso (Hora)	Termino proceso (Hora)	Total (Hora)	Inicio producción (Hora)	Termino producción (Hora)	Total (Hora)	PP Total (Hora)	PNP Total (Hora)	TPO (Hora)	TO (Hora)
1	20/12/2016	Medallones	06:00 a.m.	07:40 a.m.	1,7	05:40 a. m.	09:20 a. m.	3,7	1,3	0,3	0,4	0,1
2	23/12/2016	Medallones	06:00 a.m.	08:40 a.m.	2,7	05:40 a. m.	09:50 a. m.	4,2	1,3	0,5	1,4	0,9
3	28/12/2016	Medallones	06:00 a.m.	08:13 a.m.	2,2	05:40 a. m.	09:25 a. m.	3,8	1,3	0,2	0,9	0,7
4	03/01/2017	Medallones	06:00 a.m.	10:15 a.m.	4,3	05:40 a. m.	12:20 a. m.	6,7	3,7	0,5	0,6	0,1
5	06/01/2017	Medallones	06:00 a.m.	07:40 a.m.	1,7	05:40 a. m.	09:25 a. m.	3,8	1,3	0,1	0,4	0,3
6	12/01/2017	Medallones	06:00 a.m.	09:20 a.m.	3,3	05:40 a. m.	10:40 a. m.	5	1,3	0,4	2	1,6
7	19/01/2017	Medallones	06:00 a.m.	08:46 a.m.	2,8	05:40 a. m.	10:45 a. m.	5,1	1,3	0	1,5	1,5
8	24/01/2017	Medallones	06:45 a.m.	09:30 p.m.	3,3	05:40 a. m.	09:20 a. m.	3,7	1,3	0	2	2
9	09/02/2017	Medallones	06:00 a.m.	08:40 a.m.	2,7	05:40 a. m.	10:45 a. m.	5,1	1,3	0,4	1,4	1
10	17/02/2017	Medallones	06:00 a.m.	08:40 a.m.	2,7	05:40 a. m.	10:35 a. m.	4,9	1,3	0,1	1,4	1,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Resultado de datos calculados asociados a las variables de la herramienta OEE en el proceso productivo de medallones

Productos buenos	Productos defectuosos	Total de producción	PPP	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE	Clasificación
72 080	12 283	84 363	24 480	25 %	100 %	85 %	21 %	Inaceptable
94 520	25 968	120 488	85 680	64 %	100 %	78 %	50 %	Inaceptable
93 160	16 264	109 424	55 080	78 %	100 %	85 %	66 %	Regular
129 880	13 662	143 542	36 720	17 %	100 %	90 %	15 %	Inaceptable
71 400	0	71 400	24 480	75 %	100 %	100 %	75 %	Aceptable
118 320	4 109	122 429	122 400	80 %	100 %	97 %	78 %	Aceptable
118 320	2 580	120 900	91 800	100 %	100 %	98 %	98 %	Excelente
95 200	0	95 200	122 400	100 %	100 %	100 %	100 %	Excelente
93 510	0	93 510	85 680	71 %	100 %	100 %	71 %	Regular
95 200	9 930	105 130	85 680	93 %	100 %	91 %	85 %	Buena
OEE FINAL				70 %	100 %	93 %	66 %	Regular

Fuente: elaboración propia.

4.5. Análisis y control estadístico del proceso

Una vez obtenidos los resultados de la productividad en porcentajes de la herramienta OEE y las variables, se realizará un análisis estadístico, con el fin de interpretar los datos obtenidos y explicar de forma más clara el comportamiento de la máquina utilizada.

4.5.1. Análisis total de las detenciones en línea del proceso productivo de medallones

Se presenta en la tabla XXXII la frecuencia de paros programados y no programados de la línea de proceso productivo de medallones dentro del período de toma de datos en el área de empanizados:

Tabla XXXIII. Frecuencia de paros programados y no programados

No	Paradas	Frecuencia de paro
1	Mantenimiento planificado	10
2	Preparación de línea	10
3	Parada de túnel de congelado	10
4	Falla técnica de túnel de congelado	2
5	Falla de banda en línea de proceso	4
6	Prueba y producción de ala	1
7	Corte de energía eléctrica	1
8	Falta de materia prima	1
9	Falla de máquina sección formado	3
10	Falta de disponibilidad de materia prima	1
	Total	43
	Paros programados	31
	Paros no programados	12

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra en la tabla XXXIV la frecuencia de los paros no programados, los cuales provocan los principales cuellos de botella en la línea de proceso de medallones:

Tabla XXXIV. **Frecuencia de paros no programados**

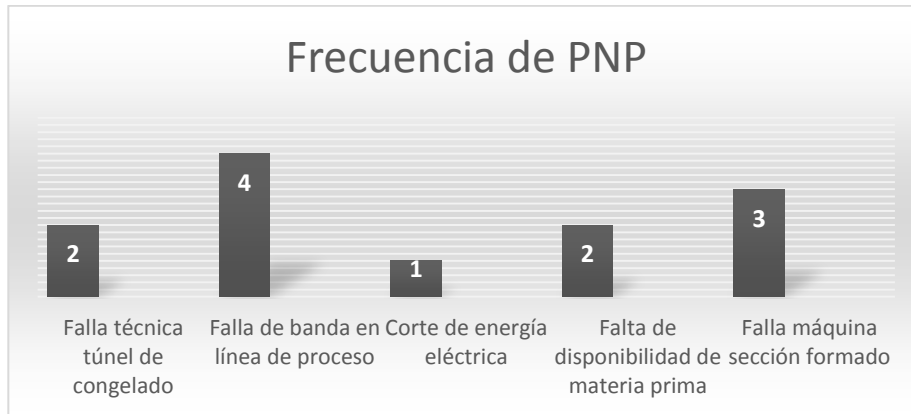
No.	Paradas no programadas	Frec.	Frec. %	Frec. Acum. %
4	Falla técnica túnel de congelado	2	17	17
5	Falla de banda en línea de proceso	4	33	50
7	Corte de energía eléctrica	1	8	58
8	Falta de disponibilidad de materia prima	2	17	75
9	Falla máquina sección formado	3	25	100
Total		12	100 %	

Fuente: elaboración propia.

4.5.1.1. **Histograma de frecuencia**

Se presenta en la figura 38 los mismos valores de frecuencia de los paros no programados de manera graficada en histograma para facilitar su interpretación:

Figura 38. **Histograma de frecuencia de paros no programados**

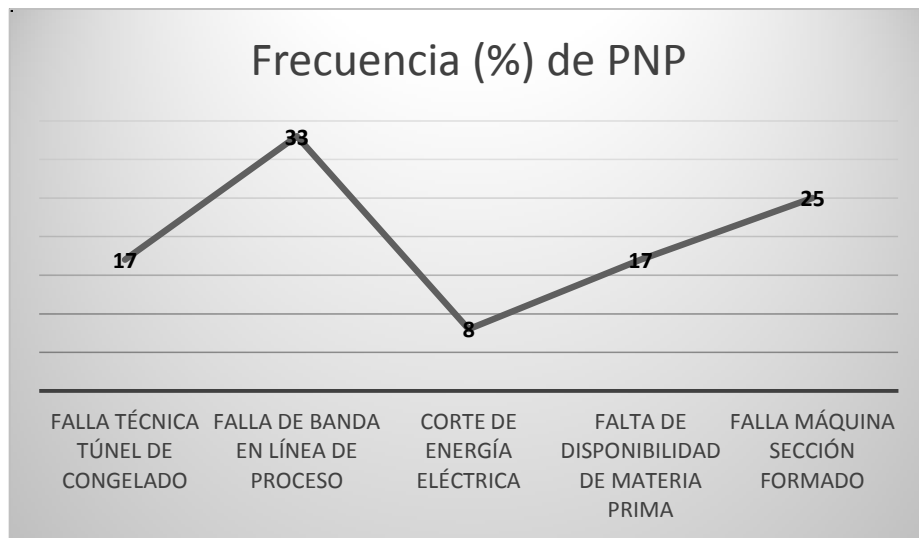


Fuente: elaboración propia.

4.5.1.2. Gráfica de puntos de frecuencia

Se presenta en la figura 39 los mismos valores de frecuencia de los paros no programados en gráfica de puntos para facilitar su interpretación:

Figura 39. **Gráfica de puntos de frecuencia de paros no programados en porcentaje**



Fuente: elaboración propia.

4.5.1.3. **Diagrama causa-efecto de los principales paros no programados**

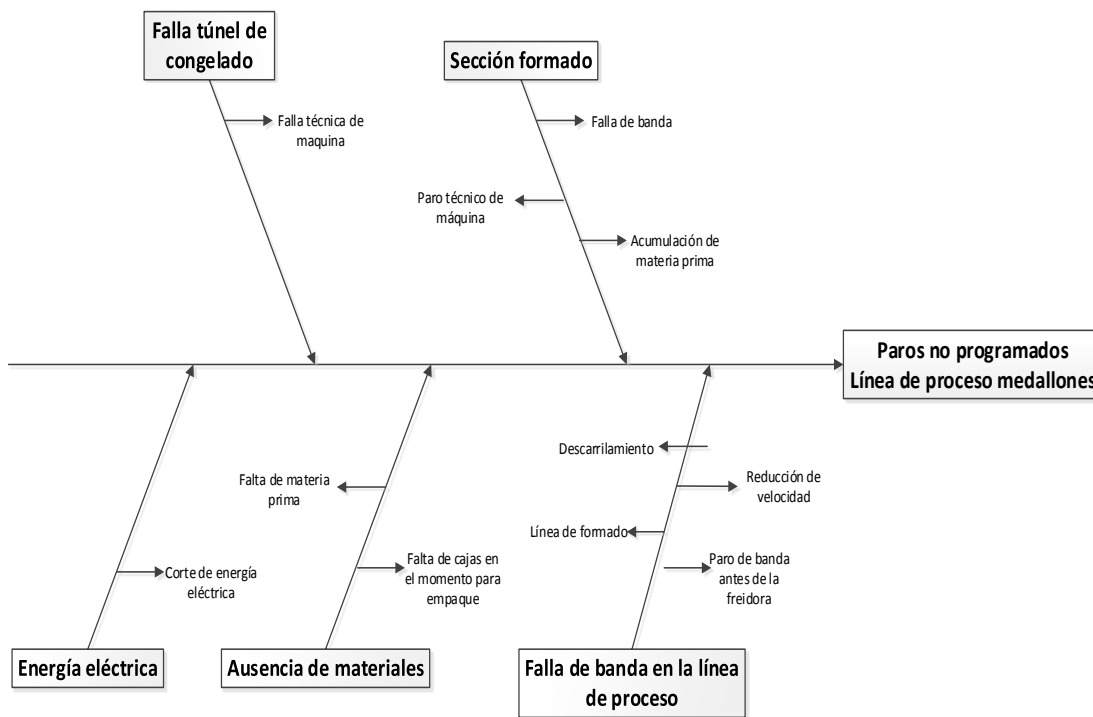
Se identifican las categorías en el diagrama causa-efecto, se definen los factores que dan origen a la situación negativa. Cada categoría se ubica en las espigas principales del pescado. Se procede, luego, a identificar las causas del problema, agrupándolas en las diversas categorías.

En la figura 38 y 39 se identifica de manera detallada y gráfica las fallas más frecuentes dentro de la línea de proceso productivo de medallones que serán utilizadas en el diagrama causa-efecto.

En la figura 40 se observa la clasificación de toda la información interpretada consecuente de las frecuencias registradas. En este diagrama de causa-efecto se logra una visión amplia de las principales fallas que provocan los cuellos de botella en la línea de proceso productivo de medallones.

La interpretación principal según el diagrama causa-efecto es que la banda de la línea presenta la mayoría de fallas, presentando el mayor porcentaje de error con 33 %, de manera que si se eliminan las causas que las provocan desaparecerán la mayor parte de los paros no programados identificados.

Figura 40. **Diagrama causa-efecto de los principales paros no programados**



Fuente: elaboración propia.

4.6. Resultados

Se presentan los resultados totales obtenidos durante la investigación y aplicación del diagrama metodológico para medir la productividad con la herramienta OEE, con el fin de lograr llegar a interpretaciones estadísticas y conclusiones que sean de ayuda en la toma de decisiones a los encargados del área de empanizados.

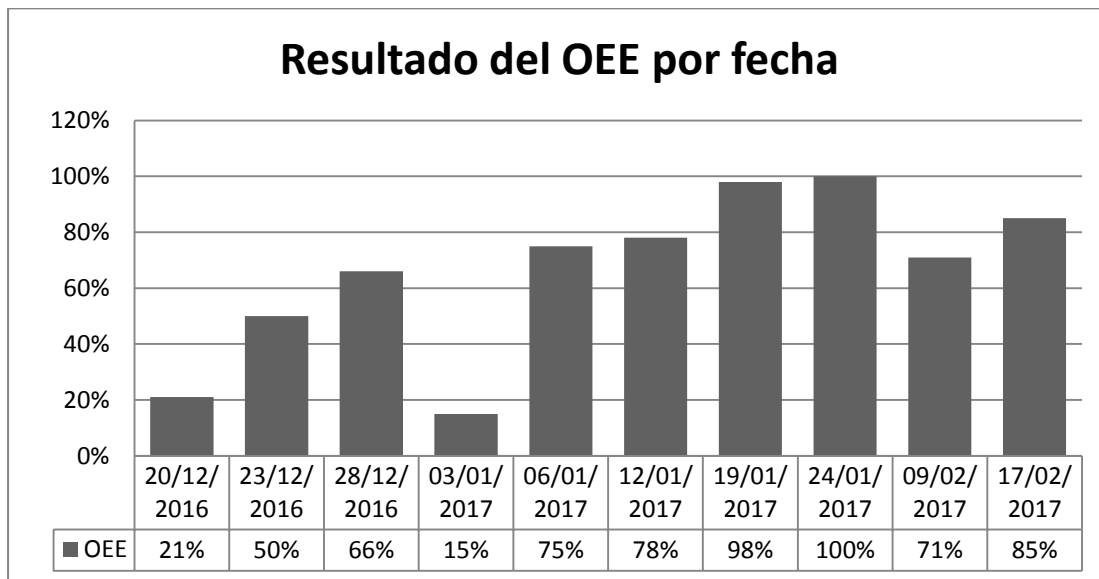
4.6.1. Análisis de resultados del cálculo de la herramienta OEE

A continuación se muestra, en la figura 41, el resumen de los resultados del cálculo de la herramienta OEE de la línea del proceso productivo de medallones para el período en que se tomaron los datos.

- En la fecha aparece el resultado del OEE con el 100 % , es el mejor resultado, la disponibilidad con 100 % no presenta paradas o averías, por lo tanto el tiempo de operación y el planificado de producción son la unidad, el resultado de la proporción con 100 % en el rendimiento, la cantidad de piezas producidas aumenta por la relación con el tiempo de producción al ser mayor que el planificado, para la calidad con 100 % no se encuentran unidades defectuosas, por lo tanto al calcularla el resultado es la unidad.
- Se observa en la gráfica de barras el resultado destacado dentro de la clasificación como inaceptable del OEE con 15 %, la disponibilidad con 17 % presenta mayor cantidad de paradas o averías, el rendimiento con 100 %, el tiempo de producción es mayor al planificado, esto permite el aumento de la producción, la calidad con 90 %, y se encuentran

unidades defectuosas, por lo que la cantidad en porcentaje de la variable cambia.

Figura 41. Resumen de resultados del cálculo de la herramienta OEE



Fuente: elaboración propia.

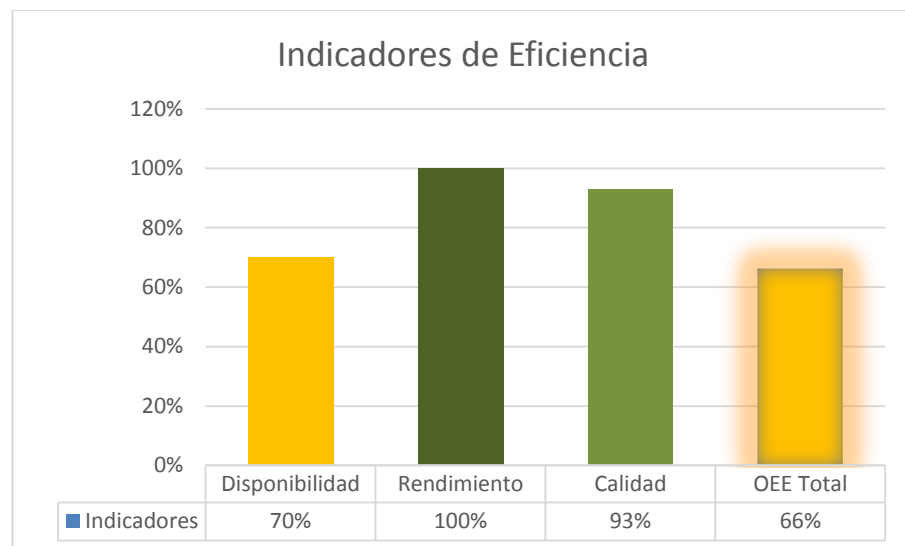
4.6.2. Análisis de resultados del cálculo por variable de la herramienta OEE

Se muestra en la figura 42 el detalle de los resultados por variable de disponibilidad, calidad, rendimiento y el OEE total de la línea de proceso de medallones.

- En el gráfico se puede observar que el indicador más bajo es el de disponibilidad con 70 %. Si se observa en la tabla XXV los resultados de los datos calculados para esta variable, los porcentajes individuales por

fecha son los más bajos por detenciones directas como: fallas técnicas del túnel de congelado, falla de banda en diferentes secciones de la línea, reducción del tiempo planificado de operación por prueba de otro producto en la misma línea y falla de maquinaria en el proceso.

Figura 42. **Resumen de resultados del cálculo por variable de la herramienta OEE**



Fuente: elaboración propia.

- Según los resultados obtenidos de los cálculos de OEE se resume lo siguiente para las fechas registradas:
 - El resultado del OEE para el día 20 de diciembre de 2016 es de 21 %, el día 23 de diciembre de 2016 es de 50 %, el día 3 de enero de 2017 es de 15 %. Los resultados se encuentran en la clasificación de inaceptable, por lo que hay importantes pérdidas

económicas y baja competitividad. El indicador más bajo es el de disponibilidad.

- El resultado del OEE para el día 28 de diciembre de 2016 es de 66 %, el día 9 de febrero de 2017 es de 71 %. Los resultados se encuentran en la clasificación de regular, por lo que hay pérdidas económicas, esta es aceptable solo si se está en proceso de mejora. El indicador más bajo es el de disponibilidad.
- El resultado del OEE para el día 6 de enero de 2017 es de 75 %, el día 12 de enero de 2017 es de 78 %. Los resultados se encuentran en la clasificación de aceptable, por lo que hay ligeras pérdidas económicas y competitividad ligeramente baja. El indicador más bajo es el de disponibilidad.
- El resultado del OEE para el día 17 de febrero de 2017 es de 85 %. El resultado se encuentra en la clasificación de buena, por lo que hay buena competitividad y se entra en valores ya considerados World Class. El indicador más bajo es el de calidad.
- El resultado del OEE para el día 19 de enero de 2017 es de 98 %, el día 24 de enero de 2017 es de 100 %. Los resultados se encuentran en la clasificación de excelente, por lo que la competitividad es excelente. El indicador más bajo es el de calidad.
- El análisis de la medición total al utilizar la herramienta OEE es: disponibilidad con 70 %, rendimiento con 100 %, calidad con 93 % y el OEE con 66 %. El indicador total más bajo de la línea de proceso de

medallones que hace disminuir el valor del porcentaje del OEE total es el de disponibilidad con 70 %, se puede observar en la gráfica de indicadores de eficiencia que se encuentra en la figura 38. El resultado del OEE total se encuentra en la clasificación de regular, por lo que hay pérdidas económicas, aceptables solo si se está en proceso de mejora.

4.6.3. Frecuencia de detenciones por fallas

Se tomarán las detenciones (observadas en la figura 40) que tienen mayor efecto en la línea de proceso de medallones, del diagrama causa-efecto de los principales paros no programados:

- Túnel de congelado: falla técnica de maquinaria.
- Máquina de formado: falla técnica de maquinaria, atasco por la materia prima, acumulación de materia prima.
- Energía eléctrica: corte de energía eléctrica.
- Materia prima: reducción de velocidad en empaque por falta de cajas.
- Banda de la línea: descarrilamiento, reducción de velocidad por ajustes en sección de formado y freidora.

4.6.4. Pérdidas en unidades no programadas de la producción

Según lo que se planificó producir y lo que se produjo se puede encontrar la diferencia de las unidades faltantes en el proceso productivo de medallones. Los días que se tuvieron más pérdidas fueron el 23 de diciembre de 2016 y el 3 de enero de 2017, con la cantidad de 30600 unidades cada día, dato que resulta de las horas perdidas provenientes de fallas no programadas.

En total las pérdidas de producción por paros no programados del proceso productivo de medallones según la toma de datos en las fechas establecidas es de 153 000 unidades.

4.7. Análisis de costo por PNP

El cálculo del costo de pérdidas de la línea de proceso productivo de medallones en el período establecido resulta de la cantidad en unidades perdidas de la producción por paros no programados al presentarse fallas en la línea, multiplicado por el costo de producir cada unidad.

Los resultados del costo de pérdidas son de uso exclusivo para los supervisores y coordinadores de la planta de especialidades, para facilitar la toma de decisiones con relación a un efecto económico.

Para mayor detalle del cálculo de costo de pérdidas en el inciso 3.3. se presenta la descripción y un ejemplo para facilitar su comprensión.

A continuación se presenta el período de estudio desde diciembre del 2016 hasta febrero del 2017. Se registran las unidades perdidas por Paros No Programados (PNP), con el costo de producción en moneda local (quetzales) por fecha individual y total:

Tabla XXXV. **Costos de pérdidas por PNP**

No.	Fecha	Perdidas por PNP (unidades)	Costo pérdidas (Quetzales)
1	20/12/2016	18 360	9 180
2	23/12/2016	30 600	15 300
3	28/12/2016	12 240	6 120
4	3/01/2017	30 600	15 300
5	6/01/2017	6 120	3 060
6	12/01/2017	24 480	12 240
7	19/01/2017	0	0
8	24/01/2017	0	0
9	9/02/2017	24 480	12 240
10	17/02/2017	6 120	3 060
	Total	153 000	76 500

Fuente: elaboración propia.

5. MEJORA CONTINUA

Un programa de mejora continua brindará múltiples beneficios en la línea de producción de medallones. Los principales beneficios son:

- Reduce o minimiza los paros de línea de proceso, hay menos paros imprevistos y la línea se encuentra operativa por más tiempo.
- Disminuye los costos de tiempo extra de los trabajadores de la línea de proceso y de los encargados del área de mantenimiento. Las horas extras deben suplir los tiempos perdidos por los paros de proceso.
- Disminuye los costos de reparaciones de equipos defectuosos, e impide que se llegue a daños de gran importancia que representarían costos elevados y tiempos de reparación más prolongados.
- Mayor seguridad en el área de trabajo para el personal operativo.
- Cumplimiento de los cronogramas de producción y los compromisos con el área comercial.
- Manejo controlado de presupuestos, tanto en área de mantenimiento como en área de producción.
- Se pueden establecer períodos largos, planes semestrales o anuales controlados.

El mantenimiento del sistema productivo permitirá, precisamente, el control de las causas y de sus consecuencias, lo que redundará en el rendimiento esperado de la línea de proceso, la disponibilidad del equipo y la calidad deseada.

Se sugiere en el proyecto el análisis y recopilación de información a través de reportes, por medio de los cuales se podrán determinar los resultados y avances obtenidos en un período de tiempo establecido, contribuyendo de esta manera a que se siga la línea de producción según lo planificado.

5.1. Controles

El control representa una fase fundamental en la administración de cualquier actividad, puesto que, aunque una organización cuente con buenos planes, una estructura adecuada y una dirección eficiente, no se podrá verificar la situación real de la organización de no existir un sistema que verifique e informe si los hechos van de acuerdo con los objetivos planteados al inicio del proyecto. El establecimiento de controles permitirá el aseguramiento de que todos los recursos estén siendo utilizados de la manera más efectiva posible, por parte de la dirección general. Controlar implica medir y corregir las actividades que se realizan en el desarrollo de un proyecto.

La base del control es la retroalimentación, la cual se interpreta como información confiable y oportuna que permite tomar decisiones. El diseño de estos controles debe basarse en características mínimas que ofrezca retroinformación como:

- Adecuado: de acuerdo a la función a controlar.

- Adaptado: de acuerdo a la organización y las personas que conformar el equipo de trabajo.
- Creativo: a través de la búsqueda continua de indicadores significativos.
- Eficiente: por medio de este se pretende el aseguramiento de que los recursos estén siendo empleados de manera eficiente en cada una de las líneas.
- Flexible: ya que un sistema de control debe ser sujeto a modificaciones a través del tiempo, a través de una gestión de mejora continua.
- Integral: ya que este cubre todos los aspectos de las actividades del proyecto.
- Motivador: para una facilidad en el logro de los objetivos del proyecto.
- Selectivo: ya que debe centrarse en elementos relevantes y clave para una mejor gestión.

5.1.1. Medición del progreso

Para mejorar algo se debe contar de inicio con un punto de partida, además determinar cómo se va a medir el progreso y para finalizar se debe establecer una meta con respecto a esas métricas. Las métricas siguientes son:

- Datos de producción: este reporte muestra las cantidades producidas durante la jornada de trabajo en la línea de producción, la cantidad de cambios realizados y los paros ocurridos en cada una de las máquinas o

equipos con su respectivo tiempo y causa. El objetivo primordial del control en esta área es buscar un incremento del rendimiento, la reducción de costo, mejora de la calidad del producto y disponibilidad.

- Disponibilidad: anualmente se debe realizar una medición de tiempos de trabajo, ya que se hace necesario hacer los ajustes de tiempo como parte de la mejora continua de los procesos de producción en planta formuladora.
- Calidad: a través de este informe se muestran las cantidades de desperdicio generados por cada línea de producción, en cada una de las fases del proceso, las causas que lo generan, los reprocesos y el rechazo reportado por el área de control de calidad.
- Rendimiento: este reporte consolida los resultados obtenidos de cada operador por línea de trabajo, mostrando el grado en que se están aprovechando los recursos, sirviendo este como base para otorgar incentivos salariales a los operarios y para la generación de la medición de índices de eficiencia.
- Revisión de procedimientos: se debe realizar un estudio de métodos y procedimientos de trabajo con el propósito de actualizar los cambios efectuados durante ese lapso de tiempo, a raíz de la adquisición de nuevos equipos y mejoras en el proceso productivo.

5.1.2. Indicadores ideales

Es importante tener información basada en la medición del proceso a través de generar datos históricos y luego estableciendo mediciones que

permitan evaluar las producciones estándares versus producciones reales. Cuando las personas no ven cómo puede ayudar el mantenimiento autónomo TPM a la planta, su implantación pierde fuerza y orientación, en tanto se vuelve esencial monitorear permanentemente su eficacia para mantener los esfuerzos según lo planificado. Resulta determinante definir un sistema adecuado de indicadores en el proceso de producción, para que este se lleve a cabo con eficiencia y eficacia, los tipos de indicadores de eficacia del mantenimiento autónomo TPM pueden clasificarse en siete:

- Gestión
- Eficacia de la planta
- Calidad y ahorro de energía
- Mantenimiento
- Salud, seguridad y entorno
- Indicadores de formación
- Clima laboral

La información necesaria para la toma de datos de estos índices es registrada por el supervisor de línea en el informe de producción diariamente, el asistente de producción será el responsable de la verificación de los datos en cada una de las líneas o puestos de trabajo y los jefes de mantenimiento y producción serán los responsables del monitoreo y análisis de los indicadores.

5.2. Cultura de mejora continua

La mejora continua es aplicada a la planta debido en gran parte a la necesidad constante de minimizar costos de producción y mejorar sus procesos de producción a través de la reducción de períodos improductivos, obteniendo la misma o una mejor calidad del producto, porque los recursos económicos son

limitados y en un mundo mayormente competitivo a nivel de costos es necesario contar con un sistema que permita mejorar y optimizar sus recursos continuamente. El éxito en la creación de esta cultura de mejora continua exige un liderazgo firme que apoye la gestión, la asignación de recursos suficientes y la participación en el proyecto de cada uno de los integrantes de la organización.

5.2.1. Evaluación de desempeño

En gran medida, el éxito de una empresa depende de que todos sus colaboradores realicen sus actividades de acuerdo con las demandas del mercado, lo que implica la evaluación de todas aquellas características que influyen en el desempeño o ejecución del trabajo, es decir medir los resultados obtenidos y comparar con los esperados.

La organización debe construir un sistema de evaluación del desempeño que permita evaluar si el personal está desempeñándose de manera eficiente o si, por el contrario, se está teniendo dificultades que requieren acciones de mejora. Dicha evaluación del desempeño del personal se llevará a cabo por medio de un proceso técnico que evaluará diversos factores. La evaluación del mantenimiento autónomo consistirá en verificar si la planta ha logrado o no los objetivos establecidos al introducir esta metodología, así como los beneficios esperados por parte de la dirección general.

5.2.2. Creación de equipos de evaluación

La creación de los equipos de evaluación tiene como propósito proponer y estructurar proyectos para mejorar las condiciones de trabajo, reducir costos y optimizar recursos. Estos equipos deberán conformarse con individuos u

operadores que se encuentren relacionados de manera directa con las áreas de trabajo que serán objeto de análisis, participando de manera voluntaria en ellos.

5.2.3. Mejoras en la línea de proceso

Es de vital importancia la búsqueda constante de nuevos métodos, técnicas y procedimientos de trabajo para mejorar la situación de la planta e incrementar la capacidad de producción, calidad de los productos, aprovechamiento de los recursos y competitividad de la empresa, así como de la reducción de los períodos improductivos, lo cual mejora los procesos de producción. Para ello se hace necesario la revisión y análisis constante del proceso de producción, áreas de trabajo, la organización, los controles del proceso a través de la elaboración de un diagnóstico y luego la planificación de acciones que contribuyan a la mejora.

5.2.4. Evaluación de resultados

Consiste en la medición de los resultados reales obtenidos en comparación con los esperados o planeados, para determinar el cumplimiento de los objetivos propuestos. Dicha evaluación de resultados debe realizarse con base en la información obtenida a través de los reportes donde se reflejan datos sobre cada una de las áreas y líneas de producción, pudiendo evaluar, además, el desempeño de cada uno de los operadores que intervienen en el proceso. Para la evaluación de resultados se hará uso de la herramienta de entrevistas con el personal para conocer su opinión sobre los cambios efectuados.

CONCLUSIONES

1. Al diagnosticar la situación actual en tiempo real de la línea de proceso productiva de medallones en estudio, se determinó que la máquina formadora es ineficiente en relación a su capacidad instalada. Los principales problemas identificados que hacen ineficiente la línea son: falla de máquina en sección de formado, creando atasco y acumulación de materia prima, falla de máquina en sección de túnel de congelado, corte de energía eléctrica, ausencia de materiales, falla de banda por descarrilamiento y atasco.
2. Al realizar el diseño de la propuesta metodológica para la aplicación de la herramienta OEE se tomó en consideración un modelo investigativo, llevando el desarrollo de este modelo en secuencia, desde indagar en la línea de producción, estudio técnico de la máquina y herramientas de ingeniería de apoyo, hasta la identificación de puntos críticos a estudiar de la máquina para relacionar los datos con el modelo OEE.
3. Al realizar el diseño del modelo OEE se presenta una secuencia clasificada en segmentos para obtener los resultados finales de la productividad en valores porcentuales. A estos valores porcentuales establecidos en los indicadores se les hace comparación con el calificativo estándar para identificar la competitividad de la empresa.
4. Al realizar la clasificación de los resultados que provienen de la aplicación del modelo OEE se determinó: el OEE total es del 93 %, se tiene pérdidas económicas aceptables solo si está en proceso de mejora.

Para el indicador la disponibilidad total es del 70 %, por lo que se presentan paradas donde hay pérdidas económicas, esto es aceptable solo si se está en proceso de mejora. El indicador rendimiento total es del 100 %, por lo que no presenta parada, se tiene una competencia excelente. El indicador calidad total es del 93 %, por lo que no presenta parada, se tiene buena competitividad entrando en valores considerados *world class*.

5. Las fallas más comunes y los puntos más débiles del proceso productivo de medallones, por medio del uso adecuado de los indicadores de la herramienta OEE, que se detectaron fueron disponibilidad, rendimiento y calidad. Al obtener los resultados de cada indicador se determinó que el indicador disponibilidad es el que hace ineficiente la línea productiva de medallones, con 70 %, pérdidas económicas aceptables solo si se está en proceso de mejora, por lo que se considera la principal falla de cuello de botella que provoca cambios directos al resultado total del OEE.
6. Se analizaron y calificaron las diferentes pérdidas de la línea productiva de medallones por la reducción del tiempo efectivo, integrando las causas descritas en los indicadores de la herramienta OEE. Se determinó, según lo planificado a producir y lo que se produjo, que los días con mayores unidades faltantes en el proceso productivo de medallones son los días 23 de diciembre de 2016 y 3 de enero de 2017, con la sumatoria total de 30600 unidades faltantes.
7. Al analizar el período de estudio del proceso productivo de medallones desde diciembre de 2016 hasta febrero de 2017 se registraron las unidades perdidas por paros no programados (PNP) junto al costo de producir cada unidad para encontrar el resultado del costo de pérdidas.

Se determinó que el costo total por pérdidas es de Q. 76 000, con una cantidad de 153 000 unidades.

RECOMENDACIONES

1. Los encargados del personal técnico deben apoyarse en el fabricante de las máquinas para mejorar el mantenimiento predictivo y así evitar grandes fallas en el equipo que generan pérdidas de tiempo que posteriormente se convierten en ineficiencias en la línea de producción.
2. Para la propuesta metodológica de carácter investigativo es ideal un estudio previo de fuentes bibliográficas y técnicas, con el fin de evitar errores en la aplicación de la metodología propuesta.
3. Para el modelo OEE es importante demostrar su aplicabilidad a través de la validación con datos reales obtenidos del registro de datos y toma de muestras, con el fin de demostrar que la metodología propuesta genera resultados correctos.
4. Al clasificar los resultados con el modelo OEE no se pretende alcanzar 100 % de efectividad. Se pretende tener una organización eficiente y rentable, considerando las restricciones presentes que tenga. Si la empresa es rentable y se encuentra en un buen nivel comparado con su sector industrial, entonces esta es la meta máxima a que la empresa pretenderá llegar a mediano o largo plazo.
5. Mejorar cada uno de los indicadores ayudará a realizar cambios positivos en los planes de producción. A medida que el indicador aumente, se podrá realizar cambios en el aumento de producción por

línea, por turno, por producto, esto será según favorezca al aumento de productividad para cumplir con el plan operativo establecido.

6. Las mejoras enfocadas no solo se deberán orientar a la eliminación de problemas de maquinaria, estas tienen que ver con la eliminación de toda clase de pérdidas que afectan la productividad total efectiva de los equipos (OEE). Por lo tanto, este es un proceso prioritario en el inicio de las actividades.

7. Será de gran ayuda realizar un análisis individual de cada máquina que hace ineficiente la línea de producción, para obtener una idea más específica de cuánto afecta cada falla en la variación de la eficiencia en la máquina y los costos individuales que puede conllevar cada problema.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALONZO GONZÁLEZ, Hugo Leonel. *Una herramienta de mejora. El OEE (efectividad global del equipo)*. [en línea]. <<https://www.coursehero.com/file/41643680/UNA-HERRAMIENTA-DE-MEJORA-EL-OEE-EFECTIVpdf/>>. [Consulta: 3 de mayo de 2019].
2. CONCHA OÑATE, Roberto Xabier. *Propuesta de implementacion de un plan para el aumento de la productividad*. Ecuador: Universidad Católica del Ecuador-Matriz. Ecuador, 2016. 148 p.
3. ESPEJO RUIZ, Leonardo. *Aplicación de herramientas y técnicas de mejora de la productividad en una planta de fabricación de artículos de escritura*. [en línea]. <<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/11140/Avanprojecte.pdf?sequence=3>>. [Consulta: 27 de julio de 2016].
4. FERNÁNDEZ GARCÍA, Ricardo. *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. San Vicente, España: Club Universitario, 2010. 290 p.
5. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, María del Pilar. *Metodología de la investigación*. 5a ed. Santa Fe, México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, 2010. 656 p.

6. LAJ CAAL, Williams Esteban. *Mejoramiento de los procesos de producción reduciendo períodos improductivos en planta*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 215 p.
7. MOHR BARRIA, Paulina. *Metodología para la medición de eficiencia general de los equipos en líneas de proceso*. Universidad Austral de Chile. Puerto Montt: Escuela de Ingeniería Civil Industrial, 2012. 112 p.
8. PONS, Joa. *Work meter. Buen trabajo*. [en línea] <<http://web.workmeter.com/es/software-productividad.html>>. [Consulta: 7 de agosto de 2016].
9. Sistemas OEE. *Technology to improve*. [en línea] <<http://www.sistemasoe.com/>>. [Consulta: 29 de octubre de 2016].

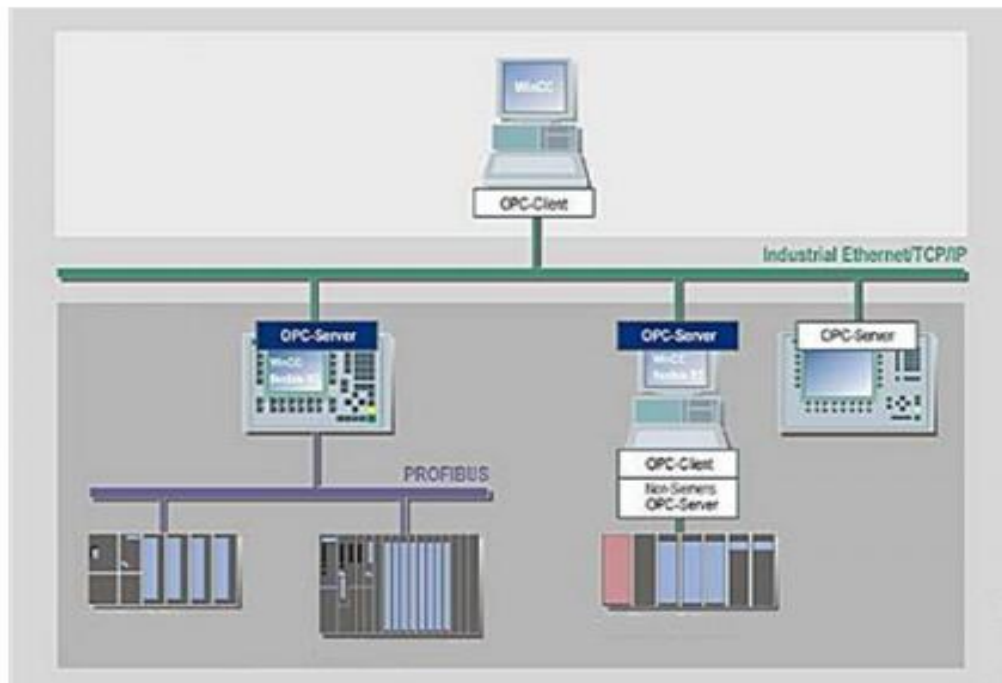
ANEXO

Anexo 1. Tecnología de integración con el diseño metodológico para uso de la herramienta OEE para conseguir sistemas de trazabilidad más eficaces

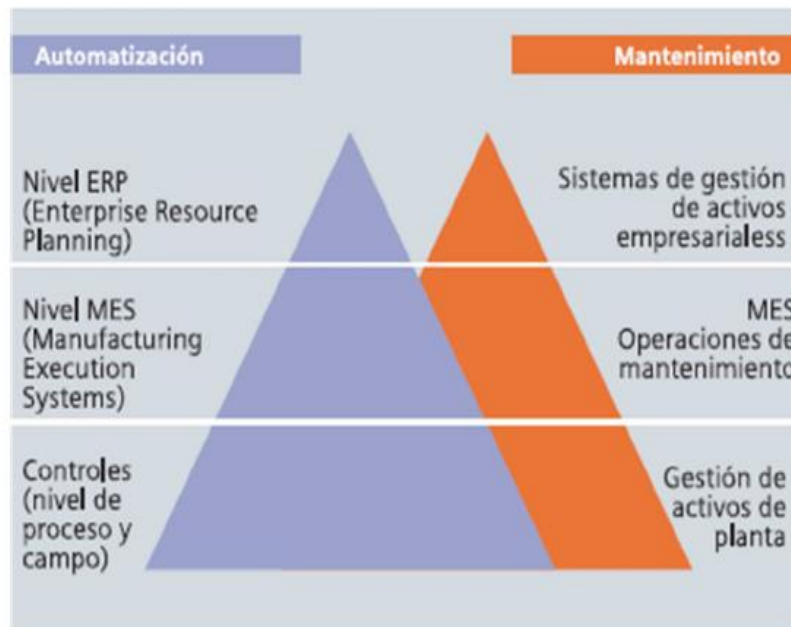
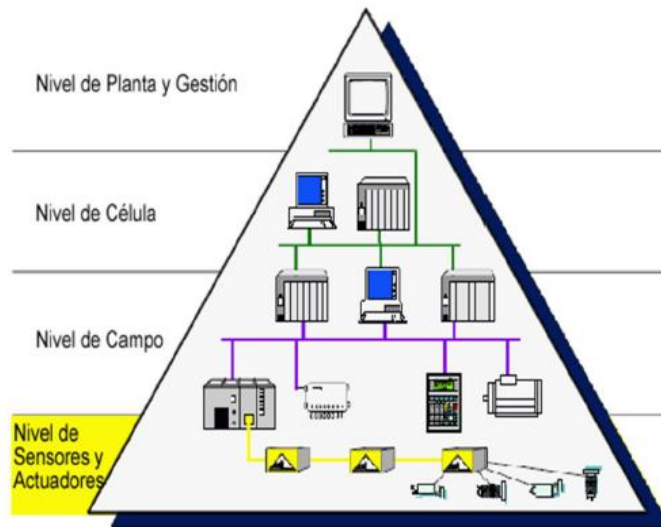
ESTRUCTURA OEE TIEMPO REAL

OEE Tiempo Real está basado en un PLC y sensores de campo que miden la cantidad de productos fabricados por minutos, diseñado para capturar y mostrar en Tiempo Real el estado de las máquinas.

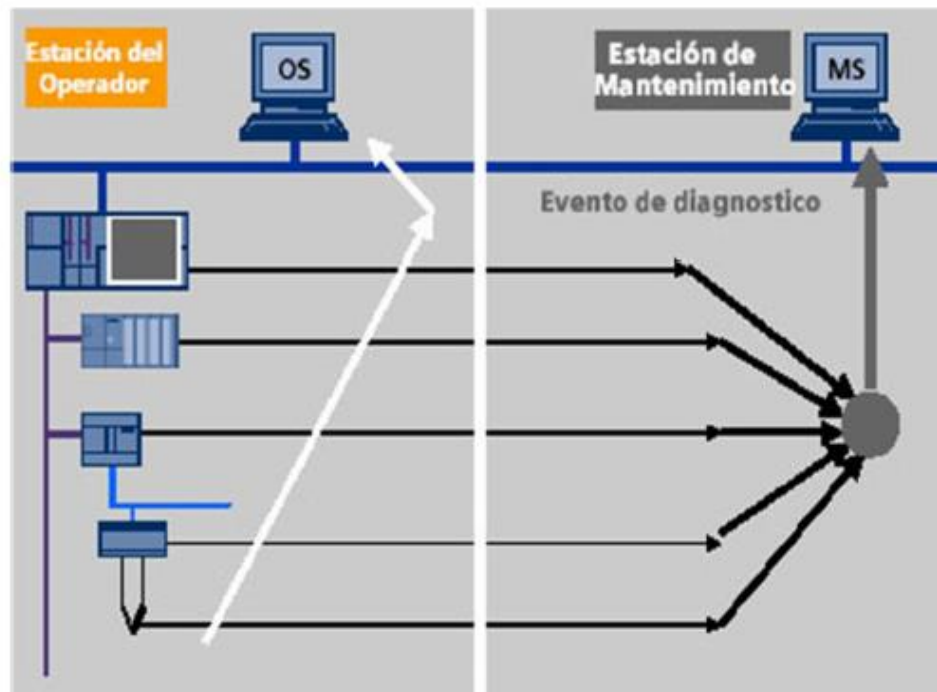
Por un lado, OEE Tiempo Real captura las ineficiencias OEE de las máquinas de su empresa de modo rápido y fiable, reduciendo significativamente el costo de las capturas de datos tradicionales.



Continuacion del anexo 1.



Continuación del anexo 1.



Fuente: *Tecnología de integración con el diseño metodológico para uso de la herramienta OEE para conseguir sistemas de trazabilidad más eficaces.*

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2151_IN.pdf. Consulta: 20 de agosto de 2018.

