



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONFITES APLICANDO LA  
HERRAMIENTA DE CALIDAD AMFE Y EL ANÁLISIS  
CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM)”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA INDUSTRIAL**

**AUTORA:** GABRIELA DALEISY BRAVO MEDINA

**DIRECTOR:** Ing. JAIME IVÁN ACOSTA VALVERDE

Riobamba–Ecuador

2021

**©2021, Gabriela Daleisy Bravo Medina**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Gabriela Daleisy Bravo Medina, declaro que este trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de enero de 2021

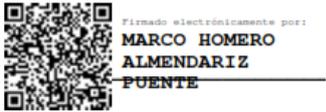
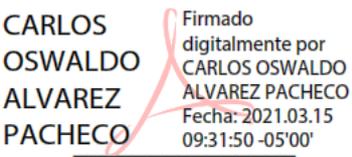


---

**Gabriela Daleisy Bravo Medina**  
**C.I. 210074588-0**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

El tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Proyecto Técnico, “**MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA PRODUCTIVA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE CONFITES APLICANDO LA HERRAMIENTA DE CALIDAD AMFE Y EL ANÁLISIS CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM).**”, realizado por la señorita: **GABRIELA DALEISY BRAVO MEDINA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros , técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Homero Almendariz Puente <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>	 Firmado electrónicamente por: <b>MARCO HOMERO ALMENDARIZ PUENTE</b>	<u>2021-01-15</u>
Ing. Jaime Iván Acosta Valverde <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 Firmado digitalmente por <b>JAIME IVAN ACOSTA ACOSTA VELARDE</b> Fecha: 2021.03.12 21:58:51 -05'00'	<u>2021-01-15</u>
Ing. Carlos Oswaldo Álvarez Pacheco <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 Firmado digitalmente por <b>CARLOS OSWALDO ALVAREZ PACHECO</b> Fecha: 2021.03.15 09:31:50 -05'00'	<u>2021-01-15</u>

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación lo dedico en primer lugar a Dios, quien me ha guiado para lograr la meta propuesta, me ha dado salud, vida, y me ha permitido poder escribir esta dedicatoria. También va dedicado a mi madre quien con tanto esfuerzo me ha ayudado de manera incondicional. Sus oraciones y consejos me acompañaron a lo largo del camino eh hicieron esto posible.

A mi padre por su confianza y apoyo. Además, a todos mis amigos y conocidos que influyeron positivamente.

**Gabriela**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi director de tesis que con sus conocimientos me ha ayudado a culminar mi trabajo de titulación y a todos mis profesores por su excelente formación académica.

A mis padres por su confianza y por ser las personas más influyentes en mi vida. A mi Jefe Juan Carlos Cañarte por su apoyo y conocimiento impartidos que me han ayudado a desarrollarme como profesional.

**Gabriela**

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE ANEXOS .....	xvi
RESUMEN.....	xvii
SUMMARY....	xviii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	4
1.1	Antecedentes .....	4
1.2	Planteamiento del problema .....	5
1.2.1	<i>Formulación del problema.....</i>	7
1.3	Revisión de bibliográfica.....	8
1.3.1	<i>Estado actual del arte .....</i>	8
1.4	Justificación .....	9
1.5	Objetivos.....	10
1.5.1	<i>Objetivo general.....</i>	10
1.5.2	<i>Objetivos específicos .....</i>	10

### CAPÍTULO II

2	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	11
2.1	Productividad.....	11
2.1.1	<i>Factores que afectan la productividad.....</i>	11
2.1.2	<i>Defectos.....</i>	12
2.1.3	<i>Indicadores de la Productividad.....</i>	12
2.2	Calidad .....	13
2.2.1	<i>Evolución de la calidad .....</i>	13
2.3	Mejora continua de procesos.....	15
2.4	Análisis de modos y efectos de Falla (AMFE).....	16
2.4.1	<i>Características del AMFE.....</i>	16
2.4.2	<i>Procedimientos para un AMFE.....</i>	16

2.4.2.1	<i>Metodología para el desarrollo del AMFE</i> .....	17
2.4.3	<b>Índice de prioridad de riesgo (NPR)</b> .....	18
2.4.4	<b>Índice de ocurrencia (O)</b> .....	19
2.4.5	<b>Índice de gravedad o severidad (S)</b> .....	20
2.4.6	<b>Índice de detección (D)</b> .....	20
2.4.6.1	<i>Hoja de análisis AMFE</i> .....	21
2.5	<b>Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)</b> .....	23
2.5.1	<i>Preguntas para la aplicación de la metodología RCM</i> .....	23
2.5.2	<b>Beneficios del RCM</b> .....	25
2.5.2.1	<i>Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:</i> .....	25
2.5.2.2	<i>Mejores rendimientos operativos, debido a:</i> .....	25
2.5.3	<b>Indicadores de efectividad de la metodología RCM</b> .....	25
2.6	<b>Método de las 5W + 1H</b> .....	27
2.6.1	<i>Ventajas de los 5 porque en cualquier nivel</i> .....	27
2.7	<b>Filosofía Gemba (Ir al lugar, mirar, escuchar, preguntar y aprender)</b> .....	28
2.8	<b>Metodología de mejora continua 5S's</b> .....	29
2.8.1	<i>Beneficios del método de las 5S's</i> .....	30
2.8.2	<b>Pasos para la implementación</b> .....	30
2.8.2.1	<i>Seiri (seleccionar o clasificar)</i> .....	31
2.8.2.2	<i>Seiton (Organizar)</i> .....	32
2.8.2.3	<i>Seiso (Limpiar)</i> .....	33
2.8.2.4	<i>Seiketsu (Estandarización, sistematizar)</i> .....	33
2.8.2.5	<i>Shitsuke (Disciplina)</i> .....	34
2.9	<b>Mantenimiento productivo total (TPM)</b> .....	34
2.9.1	<i>Mantenimiento autónomo</i> .....	35
2.10	<b>Eficiencia real de la producción (ERP)</b> .....	37
2.10.1	<i>Las 6 Grandes Pérdidas del TPM</i> .....	37
2.10.2	<i>Calculo de la Eficiencia real de la producción (ERP)</i> .....	39
2.11	<b>Diagrama de Pareto</b> .....	39
2.12	<b>Diagrama de análisis de proceso</b> .....	40

### CAPITULO III

3	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	42
3.1	<b>Enfoque</b> .....	42
3.2	<b>Tipo de investigación</b> .....	42
3.3	<b>Plan de capacitación y recolección de datos</b> .....	43

<b>3.4</b>	<b>Diseño metodológico.....</b>	<b>44</b>
<b>3.5</b>	<b>Situación actual de la línea de producción de confites.....</b>	<b>46</b>
<b>3.5.1</b>	<i>Análisis de la situación actual.....</i>	<b>46</b>
<b>3.5.2</b>	<i>Descripción de los productos.....</i>	<b>46</b>
<b>3.5.3</b>	<i>Equipos utilizados en cada etapa de fabricación de caramelos duros.....</i>	<b>46</b>
<b>3.5.4</b>	<i>Descripción del proceso.....</i>	<b>47</b>
<b>3.5.4.1</b>	<i>Producto caramelos duros.....</i>	<b>48</b>
<b>3.5.4.2</b>	<i>Línea de producción caramelos duros.....</i>	<b>50</b>
<b>3.5.4.3</b>	<i>Cantidad retenida de producto.....</i>	<b>52</b>
<b>3.5.5</b>	<i>Control de horas de parada.....</i>	<b>53</b>
<b>3.5.5.1</b>	<i>Horas de Paradas.....</i>	<b>53</b>
<b>3.5.6</b>	<i>Análisis de la frecuencia y/o modo de fallos.....</i>	<b>54</b>
<b>3.5.6.1</b>	<i>Cocinador.....</i>	<b>55</b>
<b>3.5.6.2</b>	<i>Troquelador.....</i>	<b>55</b>
<b>3.5.6.3</b>	<i>Túnel de Enfriamiento.....</i>	<b>56</b>
<b>3.5.6.4</b>	<i>Envolvedoras.....</i>	<b>56</b>
<b>3.5.6.5</b>	<i>Disponibilidad general de los equipos.....</i>	<b>59</b>
<b>3.5.7</b>	<i>Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) en los equipos críticos de la línea de fabricación de caramelos duros.....</i>	<b>61</b>
<b>3.5.8</b>	<i>Análisis de la causa raíz.....</i>	<b>61</b>
<b>3.5.9</b>	<i>Indicadores de la metodología RCM situación actual.....</i>	<b>63</b>
<b>3.5.10</b>	<i>Toneladas no producidas por equipo.....</i>	<b>64</b>
<b>3.5.11</b>	<i>ERP (Eficiencia real de la producción).....</i>	<b>65</b>
<b>3.5.11.1</b>	<i>Estándares de medición para eficiencia real de la producción.....</i>	<b>68</b>
<b>3.5.12</b>	<i>Análisis e interpretación de los datos.....</i>	<b>69</b>
<b>3.6</b>	<b>Implementación piloto del mantenimiento productivo total en la línea de fabricación de caramelos duros.....</b>	<b>70</b>
<b>3.6.1</b>	<i>Diseño del sistema de Mantenimiento productivo Total.....</i>	<b>70</b>
<b>3.6.1.1</b>	<i>Línea base o situación actual de TPM.....</i>	<b>70</b>
<b>3.6.1.2</b>	<i>Proyección y modelo de implementación.....</i>	<b>74</b>
<b>3.6.1.3</b>	<i>Implementación de las 5S's como base de apoyo en la eliminación de las seis grandes pérdidas.....</i>	<b>76</b>
<b>3.6.1.4</b>	<i>Equipo de trabajo de mantenimiento autónomo.....</i>	<b>92</b>
<b>3.6.1.5</b>	<i>Materiales y kit para mantenimiento autónomo.....</i>	<b>94</b>
<b>3.6.2</b>	<i>Situación de la línea de fabricación de caramelos duros antes de la implementación de los pilares de TPM.....</i>	<b>95</b>
<b>3.6.2.1</b>	<i>Condiciones de los equipos.....</i>	<b>95</b>

3.6.2.2	<i>Condiciones de los operadores</i> .....	96
<b>3.6.3</b>	<b><i>Implementación de mantenimiento autónomo</i></b> .....	<b>96</b>
3.6.3.1	<i>Educación y entrenamiento en actividades de mantenimiento autónomo</i> .....	96
3.6.3.2	<i>Limpeza inicial</i> .....	100
3.6.3.3	<i>Contra medidas para las causas del deterioro y mejora de áreas de difícil acceso</i>	105
3.6.3.4	<i>Estandarización de actividades de mantenimiento autónomo</i> .....	110
3.6.3.5	<i>Inspección general</i> .....	126
3.6.3.6	<i>Inspección autónoma</i> .....	128
3.6.3.7	<i>Seguimiento del Mantenimiento Autónomo</i> .....	130

## **CAPÍTULO IV**

<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>131</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados comparativos entre valores de NPR</b> .....	<b>131</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Resultados de la aplicación de la metodologías 5S's</i></b> .....	<b>135</b>
<b>4.1.2</b>	<b><i>Resultados de la aplicación de Mantenimiento Autónomo</i></b> .....	<b>137</b>
4.1.2.1	<i>Cumplimiento general de las actividades de mantenimiento autónomo</i> .....	137
4.1.2.2	<i>Mejora de las actividades de limpieza y lubricación</i> .....	138
<b>4.2</b>	<b>Resultados de RCM</b> .....	<b>140</b>
<b>4.2.1</b>	<b><i>Resultados comparativos entre Indicadores MTTR y MTBF</i></b> .....	<b>140</b>
4.2.1.1	<i>Resultado MTTR y MTBF</i> .....	141
<b>4.2.2</b>	<b><i>Hora de Paro</i></b> .....	<b>142</b>
<b>4.3</b>	<b>Resultados Comparativos del mejoramiento de eficiencia real producción</b> ...	<b>145</b>
<b>4.4</b>	<b>Costos por producto rechazado</b> .....	<b>148</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>149</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>150</b>

## **GLOSARIO**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Herramientas de mejora continua .....	15
<b>Tabla 2-2:</b>	Procedimiento para un AMFE.....	17
<b>Tabla 3-2:</b>	Prioridad de NPR.....	19
<b>Tabla 4-2:</b>	Criterios para la probabilidad de ocurrencia de la falla.....	19
<b>Tabla 5-2:</b>	Criterios para evaluar la severidad del modo de fallo .....	20
<b>Tabla 6-2:</b>	Clasificación de la facilidad de detección del modo de falla.....	21
<b>Tabla 7-2:</b>	Hoja de Análisis AMFE .....	22
<b>Tabla 8-2:</b>	Preguntas básicas de RCM .....	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Técnica 5W +1H .....	27
<b>Tabla 10-2:</b>	Las grandes pérdidas del ERP .....	38
<b>Tabla 1-3:</b>	Plan de recolección de información.....	43
<b>Tabla 2-3:</b>	Productos de Industria Confitera. ....	46
<b>Tabla 3-3:</b>	Equipos utilizados en cada subproceso .....	46
<b>Tabla 4-3:</b>	Cantidad retenida de producto defectuoso.....	52
<b>Tabla 5-3:</b>	Control de horas de parada y disponibilidad de la línea de producción. ....	53
<b>Tabla 6-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla cocinador.....	55
<b>Tabla 7-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Troquelador.....	55
<b>Tabla 8-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Túnel de enfriamiento .....	56
<b>Tabla 9-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 1 .....	56
<b>Tabla 10-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 2 .....	57
<b>Tabla 11-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 3 .....	57
<b>Tabla 12-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 4 -1 .....	58
<b>Tabla 13-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 4-2.....	58
<b>Tabla 14-3:</b>	Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 5 .....	59
<b>Tabla 15-3:</b>	Análisis de causa raíz .....	62
<b>Tabla 16-3:</b>	Resumen de frecuencia/horas de fallas y tiempo disponible. ....	63
<b>Tabla 17-3:</b>	Toneladas no producidas por equipo anual. ....	64
<b>Tabla 18-3:</b>	Plan de recolección de información para el cálculo del ERP .....	66
<b>Tabla 19-3:</b>	Estándares de medición para eficiencia real de producción .....	68
<b>Tabla 20-3:</b>	Calificación de Auditoria del Programa de Lubricación de la Planta.....	73
<b>Tabla 21-3:</b>	Procedimiento para implementar mantenimiento autónomo .....	75
<b>Tabla 22-3:</b>	Procedimiento de implementación de la metodología de las 5S's .....	77
<b>Tabla 23-3:</b>	Formato para registrar de elementos innecesarios (Tarjeta roja).....	80
<b>Tabla 24-3:</b>	Formato para el registrar de elementos necesarios (Tarjeta Verde) .....	80

<b>Tabla 25-3:</b>	Formato para el inventario de herramientas, piezas, equipos de trabajo .....	83
<b>Tabla 26-3:</b>	Formato de evaluación de implementación de la metodología 5S's .....	89
<b>Tabla 27-3:</b>	Cronograma de implementación de la metodología de las 5S's.....	91
<b>Tabla 28-3:</b>	Herramientas para realizar actividades de Mantenimiento Autónomo.....	94
<b>Tabla 29-3:</b>	Niveles de capacitación de Mantenimiento autónomo .....	98
<b>Tabla 31-3:</b>	Objetivos de la limpieza inicial (Primer paso) .....	105
<b>Tabla 32-3:</b>	Formato para sugerencias de mejora .....	106
<b>Tabla 33-3:</b>	Fuentes de contaminantes .....	107
<b>Tabla 34-3:</b>	Objetivos del segundo paso .....	109
<b>Tabla 35-3:</b>	Objetivos del tercer paso .....	112
<b>Tabla 36-3:</b>	Listado puntos de lubricación y análisis de contacto con el alimento .....	118
<b>Tabla 37-3:</b>	Lubricantes utilización en la planta .....	119
<b>Tabla 1 - 4:</b>	Resultados auditoria AMFE antes y después de la implementación .....	131
<b>Tabla 2 – 4:</b>	Resultados auditoria AMFE antes y de después de la implementación.....	132
<b>Tabla 3 – 4:</b>	Resultado comparativo: auditoria de la metodología 5S's.....	135
<b>Tabla 4 – 4:</b>	Resultados comparativos en el tiempo de limpieza del cocinador.....	138
<b>Tabla 5 – 4:</b>	Resultados comparativo en el tiempo de limpieza.....	139
<b>Tabla 6 – 4:</b>	Tiempo de paros, numero de fallos y tiempo disponible .....	140
<b>Tabla 7 – 4:</b>	Indicadores de RCM 2018 y 2019 .....	141
<b>Tabla 8 – 4:</b>	Horas de paro no programado y toneladas no procesadas .....	143
<b>Tabla 9 – 4:</b>	Costo comparativo de Toneladas rechazadas 2018 y 2019.....	148

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 – 3:</b>	Cantidad retenida de producto defectuoso.....	52
<b>Gráfico 2 – 3:</b>	Porcentaje de horas de Paro no programados de la Línea de caramelos duros	53
<b>Gráfico 3 – 3:</b>	Horas de Paradas/Toneladas Producidas Caramelo Continuo.....	54
<b>Gráfico 4 – 3:</b>	Disponibilidad de área de Caramelo continuo.....	60
<b>Gráfico 5 – 3:</b>	Disponibilidad de los equipos línea de caramelos duros.....	60
<b>Gráfico 6 – 3:</b>	Calculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad los equipos 2018.....	67
<b>Gráfico 7 – 3:</b>	Resultados mensuales de ERP.....	68
<b>Gráfico 8 – 3:</b>	Resultados Global del ERP y sus pérdidas.....	69
<b>Gráfico 1 – 4:</b>	Diagrama de fallas AMFE 2018.....	134
<b>Gráfico 2 – 4:</b>	Diagrama de fallas AMFE 2019.....	134
<b>Gráfico 3 – 4:</b>	Diagrama comparativo de NPR 2108 y 2019.....	135
<b>Gráfico 4 – 4:</b>	Resultado comparativo de la auditoria de las 5S's.....	136
<b>Gráfico 5 – 4:</b>	Resultado general de cumplimiento de mantenimiento autónomo 2019.....	137
<b>Gráfico 6 – 4:</b>	Numero de paros por equipo 2018 y 2019.....	140
<b>Gráfico 7 – 4:</b>	Tiempo medio entre fallas 2018 y 2019.....	141
<b>Gráfico 8 – 4:</b>	Tiempo medio en reparar 2018 y 2019.....	142
<b>Gráfico 9 – 4:</b>	Horas de paro no programado 2018 y 2019.....	143
<b>Gráfico 10–4:</b>	Porcentaje de horas de paro no programado 2018 y 2019.....	144
<b>Gráfico 11–4:</b>	Toneladas no procesadas por equipo 2018 y 2019.....	144
<b>Gráfico 12–4:</b>	Resultados comparativos de disponibilidad 2018 y 2019.....	145
<b>Gráfico 13–4:</b>	Resultados comparativo de rendimiento 2018 y 2019.....	146
<b>Gráfico 14–4:</b>	Resultados comparativo de calidad 2018 y 2019.....	146
<b>Gráfico 15–4:</b>	Resultado compartido global del ERP 2018 y 2019.....	147
<b>Gráfico 16-4:</b>	Comparativo de pérdidas que afectan la eficiencia 2018 y 2019.....	147
<b>Gráfico 17-4:</b>	Costos por producto rechazado 2018 y 2019.....	148

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1 – 2:</b>	Factores que influyen en la calidad .....	13
<b>Figura 2 – 2:</b>	Evolución de la calidad .....	14
<b>Figura 3 – 2:</b>	Metodología para el desarrollo del AMFE .....	18
<b>Figura 4 – 2:</b>	Filosofía Gemba .....	29
<b>Figura 5 – 2:</b>	Aplicación de la metodología de las 5S's.....	31
<b>Figura 6 – 2:</b>	Pilares de Mantenimiento Total (TPM).....	35
<b>Figura 7 – 2:</b>	Niveles y pasos del Mantenimiento Autónomo .....	36
<b>Figura 8 – 2:</b>	Las seis grandes pérdidas .....	37
<b>Figura 9 – 2:</b>	Calculo del ERP .....	39
<b>Figura 10-2:</b>	Formato diagrama de análisis de procesos.....	41
<b>Figura 1 – 3:</b>	Diagrama del proceso de fabricación de confites.....	47
<b>Figura 2 – 3:</b>	Área de la línea de producción de Confites.....	51
<b>Figura 3 – 3:</b>	Estrategia de las 5S' s.....	76
<b>Figura 4 – 3:</b>	Bodega de Mantenimiento .....	78
<b>Figura 5 – 3:</b>	Diagrama de flujo para la clasificación de los elementos .....	79
<b>Figura 6 – 3:</b>	Tarjetas para clasificación.....	79
<b>Figura 7 – 3:</b>	Área de Almacenamiento herramientas .....	81
<b>Figura 8 – 3:</b>	Herramientas en el área de trabajo línea de caramelos duros.....	82
<b>Figura 9 – 3:</b>	Anaqueles organizador de herramientas .....	83
<b>Figura 10-3:</b>	Estante para lubricantes .....	84
<b>Figura 11-3:</b>	Capacitación metodología de las 5S's .....	85
<b>Figura 12-3:</b>	Basura y materia prima acumulada por limpiezas ineficientes.....	86
<b>Figura 13-3:</b>	Comités de evaluación permanente de las 5S's .....	88
<b>Figura 14-3:</b>	Pizarra para publicar el avance de la metodología 5S's.....	91
<b>Figura 15-3:</b>	Roles y responsabilidades de los integrantes de mantenimiento autónomo.....	93
<b>Figura 16-3:</b>	Exceso de grasa en piñón y objetos extraños en panel eléctrico.....	95
<b>Figura 17-3:</b>	Deterioro del Mixer del cocinador .....	96
<b>Figura 18-3:</b>	Capacitación sobre el pilar de TPM, mantenimiento autónomo .....	97
<b>Figura 19-3:</b>	Capacitación teórica sobre actividades de mantenimiento autónomo.....	97
<b>Figura 20-3:</b>	Capacitación mecánica de tornillos y herramientas .....	99
<b>Figura 21-3:</b>	Formato de lección punto a punto .....	100
<b>Figura 22-3:</b>	Revisión de equipo.....	101
<b>Figura 23-3:</b>	Ficha técnica .....	102
<b>Figura 24-3:</b>	Capacitación sobre el uso de tarjetas de reporte de anomalías .....	104

<b>Figura 25-3:</b>	Capacitación y auditoria fuentes de contaminación e inaccesibilidad .....	110
<b>Figura 26-3:</b>	Estándar procedimiento de Limpieza del sistema de cocción.....	113
<b>Figura 27-3:</b>	Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 1 .....	114
<b>Figura 28-3:</b>	Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 2 .....	115
<b>Figura 29-3:</b>	Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 3 .....	116
<b>Figura 30-3:</b>	Las 5 C de lubricación .....	117
<b>Figura 31-3:</b>	Etapas de gestión de lubricación.....	117
<b>Figura 32-3:</b>	Logros de la gestión de lubricación .....	120
<b>Figura 33-3:</b>	Ejemplo Formato de hoja de procedimiento de lubricación.....	121
<b>Figura 34-3:</b>	Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 1 .....	122
<b>Figura 35-3:</b>	Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 2.....	123
<b>Figura 36-3:</b>	Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 3 .....	124
<b>Figura 37-3:</b>	Ejemplo Formato de hoja de procedimiento de reapriete.....	125
<b>Figura 38-3:</b>	Pizarra de Mantenimiento autónomo. ....	129
<b>Figura 39-3:</b>	Reunión de seguimiento de mantenimiento autónomo .....	130

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** AMFE COCINADOR (1) ACTUAL
- ANEXO B:** AUDITORIA DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN DE LA PLANTA
- ANEXO C:** FORMATO DE EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA METODOLOGÍA 5S'S
- ANEXO D:** METODOLOGÍA DE LAS 5S'S
- ANEXO E:** CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN
- ANEXO F:** FORMATO DE SEGUIMIENTO DE ANOMALÍAS
- ANEXO G:** PLAN DE LIMPIEZA DE LA LÍNEA DE CAMELOS DUROS
- ANEXO H:** PLAN DE LUBRICACIÓN
- ANEXO I:** PLAN DE MANTENIMIENTO DE REAPRIETE
- ANEXO J:** EJEMPLO DE HOJA DE CHEQUEO
- ANEXO K:** FORMATO DEL PLAN DE INSPECCIONES
- ANEXO M:** FORMATO DE ÓRDENES DE TRABAJO
- ANEXO N:** SIMULADOR PARA INDICADORES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ, PLANES DE ACCIÓN, MANUAL PARA EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN
- ANEXO O:** AUDITORIA AMFE
- ANEXO P:** DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA ACTIVIDAD DE LIMPIEZA MEJORADO
- ANEXO Q:** RESULTADO DEL ERP 2019
- ANEXO R:** PLAN DE ACCIONES
- ANEXO S:** CALCULO ACTUAL DE LA EFICIENCIA REAL DE LA PRODUCCIÓN (ERP), AÑO 2018

## RESUMEN

El presente proyecto estuvo dirigido a una industria confitera, tuvo como objetivo mejorar la eficiencia productiva del proceso de fabricación de confites mediante la aplicación de la herramienta AMFE y un análisis centrado en la confiabilidad RCM, el método permitió el cálculo de los indicadores como el tiempo medio entre fallas y el tiempo medio en reparar. Puesto que la industria presentaba variaciones que afectaban el proceso de producción, esto se reflejaba en la alta cantidad de paros no programados, retrasos de arranque, y bajo índice de calidad del producto. Según reportes en el 2018 se planificó 1967,1 toneladas de caramelo duro y la producción real fue de 1826 toneladas, existiendo 7,15 % del no cumplimiento. Para ello se realizó una investigación de tipo descriptivo y analítico, análisis de datos históricos, observación en campo con el propósito de hacer un análisis de la situación inicial. Según AMFE la mayor parte de paros no programados se debía a la falta y malas prácticas de actividades operativas. Por tanto, se consideró necesario implementar TPM fundamentado en 5S's, complementado con herramientas de análisis de causa raíz. Con el estudio se optimizó tiempos de actividades mediante un análisis de procesos y se propuso realizar mejoras en los equipos. Con la aplicación de las mejoras se pasó de un MTBF de 17 horas, reflejado en una reducción de fallas del 43,3%. Del histórico de datos se evidencio que en el 2018 se presentaron 297 paros y en 2019 se redujeron a 180, en donde se obtuvo una reducción del 39%. El MTTR disminuyó de 3,62 horas a 2,69 horas. Además, la disponibilidad de los equipos incrementó cada mes de 79% a 90%. El rendimiento general de la línea paso de 57% a 79% y la eficiencia productiva incrementó de 38.1% a 68.3%, traduciéndose como competitiva.

**Palabras clave:** <CONFIABILIDAD>, <TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS>, <MANTENIMIENTO AUTÓNOMO>, <MEJORA CONTINUA>, <EFICIENCIA>, <TIEMPO MEDIO EN REPARAR>.



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**

02/03/2021



0692-DBRAI-UPT-2021

## SUMMARY

The objective of this project was to improve the production efficiency of the confectionery manufacturing process through the application of the AMFE tool and an analysis focused on RCM reliability, the method allowed the calculation of indicators as the average time between failures and the average time to repair. Since the industry had variations affecting the production process, this was reflected in the high number of unscheduled stoppages, start delays, and low product quality index. According to reports in 2018, 1967.1 tonnes of hard candy was planned and actual production was 1826 tonnes, with 7.15% non-compliance. For this purpose, descriptive and analytical research, analysis of historical data, field observation was carried out with the purpose of making an analysis of the initial situation. According to AMFE, most unscheduled unemployment was due to lack and poor practice of operational activities. Therefore, it was considered necessary to implement TPM based on 5S's, complemented by root cause analysis tools. The study optimised activity times through process analysis and proposed improvements to equipment. With the implementation of the improvements it went from a 17-hour MTBF, reflected in a 43.3% fault reduction. The data history showed that 297 unemployments were introduced in 2018 and in 2019 they were reduced to 180, where a 39% reduction was achieved. MTTR decreased from 3.62 hours to 2.69 hours. In addition, equipment availability increased each month from 79% to 90%. Overall line performance increased from 57% to 79% and production efficiency increased from 38.1% to 68.3%, translating as competitive.

**Keywords:** <RELIABILITY>, <AVERAGE TIME BETWEEN FAILURES>, <AUTONOMOUS MAINTENANCE>, <CONTINUOUS IMPROVEMENT>, <EFFICIENCY>, <AVERAGE TIME IN REPAIR>.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de toda planta industrial es establecer sistemas para que los equipos sean aprovechados con la máxima disponibilidad, que garantice un mayor cumplimiento de la producción planificada, de tal manera que se logre una producción continua, sin paros, ni retrasos en el arranque de las líneas de producción. Para lograr dichos objetivos existen herramientas altamente efectivas como son el AMFE (Análisis de Modos de Fallos y Efectos) y RCM (Análisis Centrado en la Confiabilidad), que como punto de partida realizan un análisis de datos históricos de paros emergenciales, porcentaje de cumplimiento de producción, los cuales son considerados indicadores necesarios que permitirán llevar a cabo su aplicación, permitiendo así valorar los niveles de criticidad de las línea de producción.

El AMFE fue aplicado por primera vez en la industria aeroespacial durante los años 60 con el fin de evitar fallos en pequeñas muestras y experimentos. Más tarde fue utilizado por Ford Motors Company para solucionar problemas experimentados en su Ford Pinto uno de los primeros autos que fabricó y que presento muchos fallos, mejorando así la producción y la calidad de sus productos. A finales de los años 70 se aplicó el RCM en la industria aeronáutica, con el fin de reducir los costos de producción, ayudar a establecer políticas de trabajo, identificar todos los eventos que son las probables causas de cada desviación y mejorar las funciones del proceso. Actualmente, el AMFE y el RCM son herramientas muy utilizadas en diversas industrias de manufactura a nivel mundial.

En el Ecuador AMFE y RCM son consideradas metodologías innovadoras en la gestión de mantenimiento y de activos. Además, en el campo de los servicios, han logrado tener un gran impacto, debido a que son aplicados para el aseguramiento de la calidad, mediante el análisis sistemático, del producto o servicio destinado para el cliente.

El AMFE es un proceso sistemático que mejora la calidad de un proceso o producto de acuerdo con la norma UNE 20812, se basa en identificar y analizar potenciales desviaciones de funcionamiento de un proceso o equipo con respecto a un valor estándar, es decir, el modo de fallo potencial y los efectos que pueden producirse en los componentes de un determinado sistema. Por lo tanto, se considera modos de fallo que pueden impedir el cumplimiento de un proceso, a aquellos que degradan el sistema y que pueden ser objeto de seguimiento predictivo de variables. El RCM es un proceso de mejora continua, que permite preservar las funciones (de seguridad y producción) de los sistemas, de tal manera que su objetivo no es conservar la condición operativa de los equipos, sino garantizar que el equipo cumpla las funciones para las cuales ha sido introducido en un proceso productivo. RCM se basa en dos indicadores clave que son el MTBF (Tiempo medio entre fallas) Y el MTTR (Tiempo medio de reparación) que se complementan con el estudio de fallos.

Existen dos tipos de AMFE que son importantes tomar en cuenta al momento de su aplicación, el primero es el AMFE de producto o diseño que se utiliza para reducir los riesgos, que puedan producirse por los errores en el diseño y el segundo se lo utiliza para revisar los procesos de producción e identificar donde se encuentran las posibles fuentes de error.

En la empresa actualmente se presentan problemas en los procesos de fabricación de confites, como paros inesperados de la producción, tiempos muertos, productos defectuosos, ineficiencia de arranques, alto volumen de desperdicios, por lo cual en este estudio se aplicará la herramienta AMFE, con la finalidad de detectar y disminuir posibles desviaciones en las etapas de producción, aumentando así las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en etapas posteriores de cada proceso.

Aplicar AMFE a procesos se ha vuelto una actividad casi obligada en muchas empresas, prácticamente se lo compara con la creación de un edificio, porque es como revisar sus cimientos y estructuras para asegurar que los mismos sean confiables. Bajo la utilización de las herramientas AMFE y RCM se realiza un diagnóstico de todo el proceso de fabricación de caramelos duros de línea continua con el propósito de analizar la causa raíz de los fallos con mayor nivel de prioridad de riesgo (NPR) y posteriormente definir estrategias de mejora. Es así, que se analizaron las diferentes alternativas de mejora, entre las que se destaca el TPM (Mantenimiento productivo total), cuyo objetivo es mejorar la disponibilidad global de los equipos, alargar la vida de sus equipos, disminuir paros no programados y del mismo modo reducir las pérdidas de productividad, durante un proceso de mejora continua.

El TPM actualmente está estructurado por ocho diferentes pilares, a través de los cuales involucra a todo el personal que forma parte de una industria, para que participen en el mejoramiento de la disponibilidad operacional y el rendimiento del sistema. Los ocho pilares son: Mejoras Enfocadas, Mantenimiento Autónomo, Mantenimiento preventivo, anticipación a la falla, mantenimiento de calidad, trabajos administrativos y de apoyo, Gestión de Seguridad y Entorno, capacitación y entrenamiento. Entre todos los pilares el manteamiento autónomo, mantenimiento preventivo, mejoras enfocadas, anticipación a la falla sobresalen significativamente, porque se enfoca en las actividades diarias de producción, además, se encarga de identificar y eliminar las pérdidas de eficiencia y productividad, originados por paros inesperados en la operación de la maquinaria y en equipos que se utilizan en la producción.

Mantenimiento autónomo da sus orígenes en los años 70 y 80, en las empresas Japonesas donde lograron un gran ahorro con su aplicación, de ahí su gran utilización en la actualidad. Aunque no representa un gran reto su implementación, muchas industrias han presentado complicaciones. La implantación de este método se basa en 6 pasos, donde los tres primeros dan prioridad a la prevención y eliminación de los elementos que deterioran el proceso, así como, establecer y conservar las condiciones básicas de funcionamiento en los equipos. En los pasos siguientes, los líderes capacitan a los miembros sobre los diferentes procedimientos de trabajo y los últimos

pasos están orientados a fortalecer y elevar el nivel del mantenimiento, mejorar las actividades, y normalizar los métodos y técnicas.

Desde los inicios la Industria confitera se ha enfrentado a un progresivo aumento de volumen, que ha llevado al área de confitería a alcanzar el límite de su capacidad de producción instalada. Este aumento ha sido cubierto con la modificación de sus procesos de producción, consecuentemente cada nueva innovación, genera alteraciones en los parámetros de fabricación de caramelos duros, como paradas no programadas que afectan a la eficiencia productiva.

En el presente trabajo de titulación se desarrolla un análisis para el mejoramiento de la eficiencia productiva del proceso de producción de confites aplicando un estudio de modos de fallas y efectos en los equipos que provocan una variabilidad en los procesos y un análisis centrado en la confiabilidad, el actual modelo tiene como principal estrategia la combinación de los pilares fundamentales del TPM basado en la metodología de las 5S's , como punto de partida para que el proceso sea confiable, con mayor disponibilidad, y en base a esto, mejore la calidad de los procesos, disminuya el tiempo de arranque y los paros de producción. Por lo tanto, al trabajar con estas herramientas en forma conjunta genera un mayor potencial en el análisis y solución de problemas. Además, que las herramientas permiten identificar la inestabilidad en el proceso productivo y analizar oportunidades de mejora. En función del tiempo que tarda en arrancar la línea, se determina la cantidad en toneladas que se ha perdido de producir. Algunos indicadores son el porcentaje de cumplimiento de producción, la disponibilidad de la línea, la eficiencia real productiva, la calidad, el tiempo medio entre fallas, y el tiempo medio en reparar.

# CAPÍTULO I

## 1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Antecedentes

La Industria Confitera tiene más de cien años de trayectoria en el mercado, inicio sus operaciones en el año 2015 en la ciudad de Riobamba en la parroquia San Juan ciudadela Tabaltal, sector Calpiloma. Esta industria alimenticia se dedica a la producción de confites, chocolates, galletas, entre otros productos. Sin embargo, cabe indicar que este estudio se enfoca en el proceso de producción de caramelos.

El AMFE fue desarrollado en el ejército de los Estados Unidos por ingenieros de la National Agency of Space and Aeronautical (NASA), donde fue reconocido como el procedimiento militar MIL-P- titulado como procedimiento para la ejecución de un Modelo de Falla, Efectos y Análisis de criticidad elaborado el 9 de Noviembre de 1949 (Martinez, 2004). Por otro lado RCM fue creado en la Industria aeroespacial, en los años 70 para reducir accidentes de despegue y más tarde en los años 90 fue implementado por industrias mineras y de manufactura. En la actualidad se utilizan como herramientas predictivas, preventivas, correctivas y de mejora, en diversas industrias tales como, energía, minería, alimenticia, procesos químicos, textil y últimamente en el ámbito de la salud, entre otros.

En los últimos años se han propuesto una gran variedad de enfoques para mejorar los criterios utilizados en la priorización de los modos de fallo en el análisis AMFE. Muchos de estos métodos se basan en modelos de toma de decisiones multicriterio y multiobjetivo, entre otros. Algunos de estos enfoques son: Técnicas basadas en lógica difusa para la priorización de modos y fallos para acciones correctivas, Uso de rangos entre 1 a 1000 denominados rangos de prioridad de riesgo (RPR), Números de prioridad de riesgo (RPN) para la priorización de los modos de falla (Zúñiga, 2018).

En el Ecuador AMFE ha sido aplicado en una gran variedad de industrias alimenticias. En el área de manufactura de la empresa PALPES S.A se aplicó para evaluar el proceso de elaboración de pan, con la finalidad de incrementar la confiabilidad en sus productos, mejorar los controles del proceso, mejorar la calidad y reducir las pérdidas económicas por producto defectuoso. Con la aplicación de la metodología AMFE en el proceso de producción se determinaron los valores de severidad, ocurrencia y detección, para finalmente obtener el número de prioridad de riesgo NPR que es un indicador necesario para establecer las acciones correctivas a los fallos detectados. Una vez calculado dichas variables se realizó un análisis de todos los defectos detectados en el

producto, obteniendo un 6.5% del estado inicial del proceso, por lo tanto, al momento de la aplicación de la herramienta se logró reducir este porcentaje en más del 5%. También fue aplicado en procesos de llenado y empaque de leche en Pasteurizadora Quito, con la finalidad de reducir costos por fallos, este estudio determinó que el mayor problema se generaba en el proceso de sellado transversal donde la cantidad de defecto en 2016 es superior a 2015, en 109%, luego de implementar los planes de acción los defectos redujeron a un 64%.

Mientras que en el estudio desarrollado por Montalban, et al, (2015) sobre la herramienta de mejora AMFE aplicada en una empresa proveedora para la industria automotriz, se obtuvo como resultado que la aplicación de la herramienta puede llegar a reducir o eliminar el riesgo de implementar cambios correctivos, los cuales pudieran crear mayores complicaciones.

En la empresa Sertes S. A.C dedicada a la fabricación de tableros se implementó la metodología RCM, con resultados satisfactorios reduciendo sus costos por mantenimiento, aumentando la disponibilidad de sus equipos en un 19%, al igual que su confiabilidad en 21.1% y elevando la productividad de sus procesos en 21 %, con todos estos resultados la empresa logro aumentar su producción y así satisfacer al cliente con sus índices de calidad. También se utilizó esta herramienta para mejorar la productividad de líneas de yogurt en una empresa Láctea. (Cabezas, 2017)

Frente a los estudios señalados se estima la necesidad de aplicar las herramientas AMFE y RCM en la fabricación de confites con la finalidad de contribuir en la mejora de procesos para estar a la altura de las expectativas de calidad, competitividad y rentabilidad, basado en un registro sistemático, disciplinario de observaciones y consideraciones orientadas a la identificación y evaluación de fallas potenciales de un producto o proceso.

Por otro lado, al aplicar mantenimiento productivo total conjuntamente con AMFE y RCM se convierten en una poderosa herramientas de análisis, donde mantenimiento autónomo se convierte en la técnica de manufactura más eficiente en las industrias.

En la empresa los controles de calidad son realizados únicamente por variables físicas como: peso, diámetro, temperatura. Sin embargo, la frecuencia de severidad y los efectos son los conceptos que caracterizan las fallas y para ellos es necesario que se incluyan herramientas de mejora, que permitan la toma de decisiones y que en un plazo determinado puedan favorecer la eficiencia de los procesos.

El presente trabajo de titulación se realiza para superar las variaciones del proceso de producción de caramelos duros. Para poder dar solución a dichas deficiencias.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La Industria confitera presenta variaciones o desviaciones de parámetros como: la temperatura y presión de vacío de cocción, porcentaje de humedad para una óptima caramelización del azúcar,

temperatura de masa, diámetros de cordón, forma del caramelo, temperatura de enfriamiento, temperatura de corte y sellado de envoltura y empaque (mordazas y rodillos), que afectan a la producción porque ocasionan paros emergenciales, horas hombre improductivas, retrasos de arranque, mayor tiempo de producción, incumplimiento de la demanda, insatisfacción del cliente y bajo índice de calidad del producto. Cuando existen estas variaciones sobre el estándar de los valores de temperatura se altera la calidad de los caramelos, ya que estos llegan con una temperatura superior a lo requerido en el área de envoltura, provocando que se deformen, se adhieran a la envoltura con facilidad, por lo cual, si el caramelo no se encuentra con la temperatura especificada, lo mejor es parar la producción de la línea para evitar producir productos defectuosos. La línea no arranca en los tiempos establecidos, esto se debía a varios factores, los más relevantes son: materia prima fuera de especificaciones, fallos técnicos y operativos durante los arranques, mala operación, retraso en actividades operativas, pruebas de equipos durante el arranque y no previamente.

El problema en la Industria confitera radica en la alta incidencia que tienen las desviaciones en el proceso, la calidad del producto y la confiabilidad del proceso de producción de toda industria. Parte de la problemática está dada en la maquinaria obsoleta, debido a que incide sobre la eficiencia productiva, ya que los equipos, maquinarias e instalaciones en general, son las herramientas a través de las cuales se lleva a cabo la producción y su buen funcionamiento permite a la organización ser más productiva como eficiente.

La problemática en la Industria confitera se ha venido presentando desde hace tiempo, según reportes en el año 2018 se planificó la producción de 1969,1 toneladas de caramelo duro en línea continua y realmente la producción total fue de 1826.4 toneladas, existiendo un 7,15 % del no cumplimiento de la producción planificada por paros no programados y 16,18% de producto rechazado, que finalmente genero una producción real de 1530.9 toneladas. En cuanto al porcentaje de paradas, según datos históricos en el año 2018 se planeó un 10 % promedio porcentual en todo el año, pero finalmente se determinó un porcentaje real de paradas superior a lo planeado de un 32,8% anual, lo cual no permitió cumplir con el estándar del 95% de disponibilidad de la línea de producción. El no cumplimiento del estándar de la disponibilidad se miró afectado por el tiempo que existía entre en cada falla del sistema del proceso de producción que solamente era 17 Horas y por el tiempo de respuesta que utilizaba para solucionar cualquier avería que era 3.62 Horas, que representan una eficiencia real de la producción de 38% inicial. Además, la Industria Confitera no cuenta con una herramienta eficiente que le permita establecer lineamientos específicos para prevenir desviaciones de los factores que influyen en el proceso, la empresa también carece de un formato regular de evaluación y cumplimiento del estado y/o

funcionamiento de los equipos críticos y control de parámetros. El proceso de producción presenta los siguientes aspectos:

- No hay control en la detección de anomalías
- No existen manuales, con tiempos establecidos para realizar los arranques, limpiezas, lubricaciones.
- No hay un control en el cumplimiento de las 5S's.
- Frecuentes cambios de formato.
- Se generan desperdicios de glucosa, jarabe y de caramelo.
- Problemas con las máquinas cocinador, Troquelador, envolvedoras y selladoras, no se manejan de manera correcta, por lo que el caramelo no cumple con las especificaciones y esto repercute en el funcionamiento, requiriendo así que el operador vuelva a calibrar el papel de envoltura por un cierto tiempo.
- Problemas con el cuarto de enfriamiento, ya que no está presentando la temperatura adecuada para enfriar los caramelos (variación de temperatura).

Actualmente como metodología de mejora se realizaron inspecciones mecánicas y eléctricas antes del arranque de la línea con la finalidad de detectar anomalías en los equipos antes que se produzca la falla o la avería.

Al no aplicar la metodología a lo largo del tiempo, estas desviaciones e índices de variabilidad del proceso provocaran:

- Mayor cantidad de paros repentinos de producción.
- Incremento del volumen de desperdicios.
- Aumento de los costos de producción.
- Reducción del nivel de competitividad y de satisfacción del cliente

Por todo lo expuesto se ve necesario aplicar la herramienta de calidad AMFE y el análisis centrado en la confiabilidad conjuntamente con la metodología TPM fundamentado en la metodología de las 5S's.

### ***1.2.1 Formulación del problema***

¿Las técnicas AMFE y el RCM permiten optimizar el proceso de producción de caramelos duros de línea continua?

## **1.3 Revisión de bibliográfica**

### ***1.3.1 Estado actual del arte***

De acuerdo con la norma SAE JA 1011 (RECM, 1991) el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, (MCC) o RCM (Reability Centred Maintenance); fue desarrollado con el fin de mejorar la seguridad y la confiabilidad de los equipos de la industria de la aviación.

Fue documentado por primera vez en 1978, escrito por Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de U.S en 1978. A lo largo de los años, se ha empleado en diferentes áreas de trabajo con la finalidad de formular las estrategias de mantenimiento de activos físicos en la mayoría de los países industrializados. Una amplia variedad de industrias han utilizado el RCM en los últimos diez años.

En la investigación realizada por Aguiar & Rodriguez (2014), denominado “Análisis de Modos y Efectos de Falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas en la ciudad de Bogotá-Colombia” de la Universidad Libre de Colombia, facultad de ingeniería mecánica, se realizó un estudio sobre el funcionamiento de las líneas de producción de gaseosas que presentan la disponibilidad operacional más baja, mediante la identificación de puntos que afectan a la productividad y mediante un análisis centrado en la confiabilidad. Por lo tanto, este proyecto se enfocó a los equipos más críticos, que fueron la llenadora de envases, la cual representa el 27,88% de fallas de la línea y el inspector de envases vacío que muestra una falla del 29,76%. Con la aplicación de la herramienta AMFE en los equipos críticos de la línea y teniendo en cuenta el número de prioridad de riesgos, se elevó la eficiencia promedio en 3 puntos. La investigación realizada por (León Carrillo, 2018), denominado “Propuesta de aumento de la productividad en una empresa de cosméticos a través del mantenimiento autónomo y trabajo estandarizado, enfocado a la línea de envasado” de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Agropecuarias, realizó un estudio para incrementar la eficiencia global de los equipos lamentablemente inicialmente su eficiencia estaba entre el 73% a 80%. Para la implementación de esta técnica fue necesario la utilización de la metodología de las 5S's. Por lo tanto, la propuesta genero resultados satisfactorios eficientes en los operarios y maquinarias desde 5% a 11,7%, además en lo económico la empresa ahorro aproximadamente \$17600, finalmente este análisis ayudo que la empresa pueda plantear su producción alcanzando una eficiencia del 85%, lo que significó un incremento de la producción.

La investigación realizada por (Castelo Vega, 2017), denominado "Modelo de gestión de mantenimiento de producción total y su incidencia en el rendimiento operacional en el área de extrusión de balanceados para animales" de la Universidad Técnica de Ambato, en la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, realizó una investigación cuantitativa y cualitativa

en la empresa Bioalimentar con el objetivo de incrementar la eficiencia global de sus equipos, con la implementación de mantenimiento autónomo se logró incrementar el rendimiento a 2,41 Tn/h y la capacidad productiva en 844,65 Tn/mes, además, en la calidad del producto se obtuvo 548,41 Tn, por tanto, existió una disminución muy significativa en producto no conforme a 1,64 Tn/mes, y sobretodo su eficiencia global final alcanzo de 92% a 94,76% en el proceso. Concluyendo que la inserción de estas técnicas ayudó a la reducción de costos por mantenimiento y al aumento de la productividad.

El estudio realizado por (Durand Delgado, 2018), denominado “Propuesta de mejora para disminuir los tiempos de paradas no programadas a través de la metodología RCM y un mantenimiento autónomo” de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, en la Carrera de Ingeniería industrial, realizo un análisis sobre las diversas averías presentadas en sus unidades. El presente estudio presento un 67% de paradas no programadas provocadas por fallas mecánicas, como punto de partida se utilizó la herramienta de análisis de modos y efecto de falla (AMFE) y se implementó la metodología de las 5S's. La utilización de estas técnicas ayudaron incrementar la disponibilidad promedio de las unidades en un 96.85%. Además, se concluyó que la realización de esta propuesta impacto económicamente en el costo de oportunidad de mantenimiento y en la disminución de los tiempos de paros no programadas.

#### **1.4 Justificación**

Con la aplicación de las metodologías se identificaran todos los modos de fallas que existan en la línea de producción y así poder dar soluciones de prevención para cada uno de ellos, las acciones tomadas se fundamentaran mediante el análisis de causa raíz de los datos históricos, dado que es necesario conocer la realidad del proceso de fabricación de caramelos duros.

Actualmente existe una alta variabilidad en el proceso de fabricación, lo cual ha generado una gran cantidad de productos no conformes. De continuar así esta falencia, los desperdicios podrían incrementar los costos de producción. Este trabajo de titulación a través de la herramienta de calidad AMFE y RCM analizan las posibles oportunidades de mejora que la Industria Confitera puede utilizar para optimizar la eficiencia productiva, detectar, reducir paros no programados y/o eliminar fallas y defectos.

Una de las técnicas de mejora identificadas mediante AMFE y RCM es Mantenimiento Productivo Total porque involucra al personal operativo y a todo aquel que forman parte de la Industria para que se comprometan en conservar y mantener en buen funcionamiento sus equipos, mediante la ejecución de actividades básicas de mantenimiento y de 5S's, además que trabajen en unidad con conocimiento de causa.

Los beneficios que se obtendrán con la aplicación de las metodologías mencionadas serán: reducción de las variaciones en proceso, incremento de la disponibilidad de los equipos, arranques

en los tiempos establecidos, mayor índice de calidad del producto, cumplir con las toneladas planificadas en menor tiempo, mejora de la eficiencia de los equipos.

## **1.5 Objetivos**

### ***1.5.1 Objetivo general***

Mejorar la eficiencia productiva del proceso de fabricación de caramelos duros mediante la aplicación de la herramienta de calidad AMFE y un análisis centrado en la confiabilidad RCM.

### ***1.5.2 Objetivos específicos***

- Analizar la situación actual de la línea de fabricación de confites mediante la metodología AMFE y RCM.
- Analizar las alternativas de mejora, de acuerdo a las necesidades de la industria, que permitan eliminar los fallos más frecuentes, más severos y más difíciles de detectar.
- Desarrollar un modelo integral del pilar de TPM denominado Mantenimiento Autónomo fundamentado en la metodología 5S's, para incrementar la eficiencia productiva.
- Mejorar las habilidades y conocimiento de los operarios en la operación y cuidado de los equipos, mediante capacitaciones y entrenamientos para mantener altos niveles de eficiencia de producción.

## CAPÍTULO II

### 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

#### 2.1 Productividad

Se entiende por productividad a la mejora de un proceso productivo, basado en una comparación propicia entre la cantidad de bienes y recursos utilizados y la cantidad de los servicios o bienes producidos (Carro, et al, 2015). La productividad es un factor que concierne lo producido por un sistema (salida o producto) y los recursos que son utilizados para su producción

El crecimiento de la productividad tiene relación con la producción y el personal ocupado, así determina la manera en que se está utilizando el proceso productivo. Se basa en la capacidad entre la producción y el recurso ocupado. Por lo tanto, es el resultado que obtiene la empresa y su personal al laborar con calidad e incluye, además de las utilidades de las que se pueden aspirar como resultado de un esfuerzo.

En la industria 4.0 se define a la productividad como el cociente de las salidas de un proceso productivo o de los productos que salen entre la materia prima utilizada. Es decir, si consideramos toda la materia prima se define como productividad total, y si solo es una parte como productividad parcial, como la mano de obra, la energía, o las horas máquina. (Rodríguez, 2019)

En resumen la productividad no es la cantidad que se fabrica ni una medida de la producción. En realidad es una medida de lo bien que se ha utilizado los recursos para cumplir con los resultados deseados.

##### *2.1.1 Factores que afectan la productividad*

Existen muchos factores que afectan la productividad en una Industria. En la revisión bibliográfica, artículos científicos, e incluso en la misma empresa se encontraron diferentes criterios (Galindo , 2015) que se muestran a continuación:

- Falta de capacitación al personal operativo.
- Malas condiciones laborales

En el clima organizacional: si existen tensión entre el personal, el líder no podrá atender las peticiones del trabajador.

En las herramientas de trabajo: Si la empresa no ofrece los materiales, elementos, tiempos necesarios para cada actividad, obstaculiza el logro de sus objetivos.

En los espacios otorgados para la realización de sus actividades: Si el personal pasa mucho tiempo en condiciones deficientes de trabajo, jamás podrá cumplir con los objetivos de la empresa.

- Variabilidad de parámetros de los equipos
  - Mal diseño de los equipos.
  - Perdidas de velocidad nominal de los equipos.
  - No existen estándares (Procedimientos y tiempos) de limpieza, de lubricación.
  - El personal no cumple con las políticas de operación.
  - Altos porcentajes de mantenimientos correctivos con respecto a mantenimiento preventivo.
- Sin embargo, a pesar de existe diferentes elementos que afecten la productividad, la tendencia generalizada en la mayoría de las empresas industriales es el factor trabajo, al momento de intentar mejorar el nivel de productividad.

### ***2.1.2 Defectos***

Los defectos de fabricación están ligados a la producción en serie, generalmente originados por una falla mecánica, error humano o anomalías de materia prima, y no localizados por los controles de calidad existentes, resultante en un defecto, fragilidad o deficiencia del producto. (Sánchez, 2016)

Los defectos de fabricación por lo general surgen en la fase de elaboración de productos, su característica se basa en la divergencia que existe entre el producto inicialmente diseñado y el efectivamente fabricado. Se da como consecuencia de algún percance ocurrido al momento de la fabricación, contrariedades dadas de la fabricación en abundancia y que pueden deberse tanto al fallo humano como mecánico (Centeno, 2015).

### ***2.1.3 Indicadores de la Productividad***

Los indicadores de la productividad son utilizados para verificar el rendimiento y la eficiencia de una empresa. Estos indicadores son los siguientes:

Indicador de calidad. Tiene como objetivo medir el resultado final de un producto o servicio. Por esta razón si este indicador disminuye la productividad caerá.

Indicador de capacidad. Mide la capacidad que tiene un proceso para cubrir una cierta producción en un tiempo específico.

Indicadores estratégicos. Mide las metas alcanzadas. En función al cumplimiento de la demanda

Generalmente los indicadores para medir la productividad son instrumentos utilizados por las sociedades para calcular su rendimiento y su nivel de eficiencia en los procesos. Es por ello que es posible determinar las mejores maneras de optimizar los resultados y la reducción de los gastos.

## 2.2 Calidad

Conjunto de características o cualidades con la que un producto cuenta, estas características se basan en las propiedades, funciones y atributos para lograr la satisfacción del cliente, alcanzando con esto superar y cumplir las expectativas (Merchán, 2015).

Para lograr la calidad se requiere contar con varios procesos productivos, eficientes, dinámicos y ágiles. Estos se obtienen mediante un control y monitoreo que permite asegurar la calidad del producto y del mantenimiento de los costos competitivos en el mercado.



**Figura 1-2:** Factores que influyen en la calidad

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

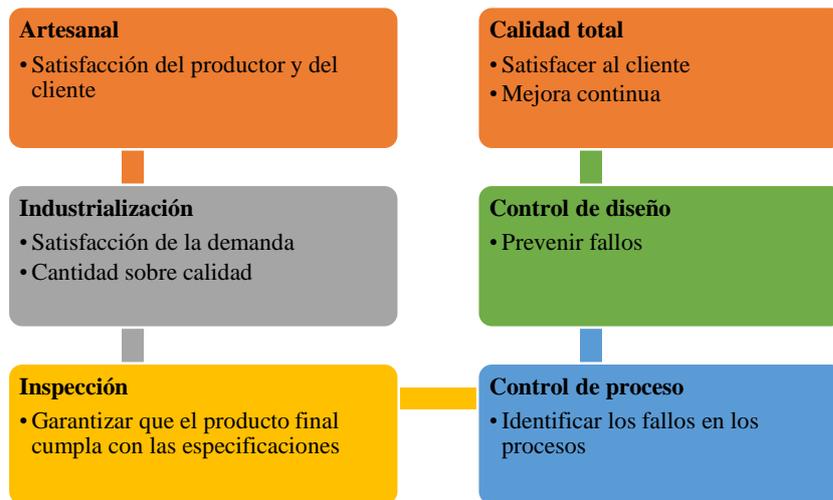
La calidad y la productividad se encuentran estrechamente relacionadas, el primero define las cualidades del producto o proceso y el segundo se refiere a sus características cuantitativas.

Se sabe que estos dos conceptos son muy importantes para satisfacer las necesidades del cliente y para el desarrollo de cualquier Industria.

La productividad con calidad constituye una metodología de trabajo que implica disciplina y constancia para conseguir mejorar los resultados y mantenerlos en el tiempo.

### 2.2.1 Evolución de la calidad

Con base en la información determinada se estructuran las siguientes etapas sobre la evolución de la calidad: (Torres , et al, 2014) aprobar



**Figura 2-2:** Evolución de la calidad

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

**Etapa artesanal:** en esta etapa para quienes se dedican a la artesanía las características de la calidad se basaban en realizar las cosas bien sin considerar los recursos utilizados, los costos y de manera principal se buscaba que el cliente se sienta satisfecho con el bien o servicio.

**Etapa de la industrialización:** bajo esta etapa se identificaron de manera clara el cambio del trabajo artesanal del proceso mediante la utilización de maquinaria, en donde de manera principal se consideraba la calidad del trabajo y la cantidad, cuyo objetivo principal era satisfacer la demanda considerando el enfoque en cuanto al tiempo y la cantidad.

**Etapa de inspección:** se centró en la producción en cadena, que conlleva a un efecto secundario indeseado, es decir, el incremento de productos defectuosos. Bajo esta etapa el cliente se determina exigencias por el cliente y se empieza a implementar la inspección final.

**Etapa de control de procesos:** Bajo esta etapa se determinan ciertos puntos de control bajo los procesos de producción, con el principal objetivo de conocer cuando y como se producen las falencias.

**Etapa de control de diseño:** se basa en entregar a la demanda un producto final fiable, que muestre una vida útil garantizada, es decir, la calidad empieza a ser controlada desde el momento en que se procesa el producto.

**Etapa de calidad total:** en la actualidad para poder ser competitivos en el mercado y para contribuir con una ventaja en el sentido de excelencia se logra mediante la mejora continua, generando como resultado la satisfacción del cliente (Cabezas, 2017).

### 2.3 Mejora continua de procesos

Para mejorar la productividad en una industria es necesario disminuir los tiempos de todos los procesos de fabricación, es decir, establecer procesos más eficientes, con la utilización de diversas técnicas de mejora.

Uno de los elementos clave del sistema de la calidad, se centra en una evaluación continua que se realiza a los productos que se fabrican en una empresa, esta medida permite contribuir y llegar hacia la excelencia (García, et al, 2014).

Conforme pasa el tiempo la población demanda cada día productos con mayor calidad, rápidos y fiables que concuerden con la satisfacción y la garantía necesaria. Para lograr la mejora continua se identifican las debilidades empresariales, para convertirlas en oportunidades mediante el aprovechamiento de las fortalezas, contribuyendo así a los resultados eficientes de la empresa.

Para la mejora continua existen herramientas que permiten identificar los puntos débiles de los procesos, servicios o productos señalando las debilidades para mejorar y obtener mayores beneficios. Entre las herramientas más usadas para el mejoramiento continuo de acuerdo con (Yalí, 2016) se encuentran los siguientes:

**Tabla 1-2:** Herramientas de mejora continua

Herramientas	Descripción
Control de calidad	Es un método estadístico y secuencial, que se basa en el estudio del mejoramiento del desempeño de las organizaciones, bajo cada uno de sus niveles.
Circuitos de control de calidad	Conjunto de personal capacitado para contribuir con la identificación y selección de falencias y en la toma de decisiones.
Sistema de sugerencias	A través de esta herramienta se busca impulsar la participación del personal de la empresa, para que expongan sus ideas de mejora.
Jidoka	Sustitución trabajo mediante la ayuda de maquinarias y controles automáticos.
TPM	Mantenimiento Productivo Total: Control de un sistema eficiente bajo el mantenimiento productivo, mediante la intervención de todo el personal.
Just in time	Se centra en la eliminación de las actividades, que no agregan valor, permitiendo obtener un procedimiento flexible y rápido.
Control estadístico de procesos	Es una herramienta estadística que permite la identificación de las causas que ocasionan variaciones en los procesos. Proporciona información para la toma de decisiones.
AMFE y RCM	Son herramientas de análisis que están orientadas a la identificación y estudio de modos de fallo.

Fuente: (Cabezas, 2017)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## **2.4 Análisis de modos y efectos de Falla (AMFE)**

El análisis de modos y efectos de Falla (AMFE) se lo conoce como una técnica analítica que tiene como finalidad la identificación y la evaluación de todos los modos potenciales de falla, sus causas y sus efectos, con el fin de prevenir y corregir dichas fallas mediante el establecimiento de acciones específicas y mecanismos de control (Martínez, 2014).

AMFE es reconocido como un proceso sistemático, del cual se identifican las fallas potenciales sobre el diseño de un producto o de un proceso antes de que estas ocurran con el fin de minimizarlas o eliminarlas por completo. Internacionalmente las siglas en inglés AMFE significan (Failure Mode & Effect Analysis).

La herramienta AMFE está diseñada para:

- Identificar las causas potenciales del proceso en manufactura o ensamble e identificar las variables de proceso que se deseen controlar para reducir la ocurrencia o detectar las condiciones de falla.
- Reconocer y evaluar la falla potencial de un producto o proceso en sus defectos.
- Identificar acciones para eliminar o reducir la posibilidad de una potencial falla.
- Documentar el proceso
- Analizar la confiabilidad del sistema

### **2.4.1 Características del AMFE**

Cabezas (2017) establece que AMFE tiene varias características que lo hacen ser efectivo siempre y cuando exista la disciplina de cumplir con los siguientes puntos:

- Buscar minimizar la probabilidad de una falla o minimizar el efecto de la falla.
- Efectuarla previamente al final del diseño o al inicio de la producción.
- Analizar la confiabilidad del sistema
- Documentar tanto el diseño como el proceso
- Los documentos del producto o proceso deben ser muy claros, entendibles y deberán ser revisados por los departamentos.
- Es importante entender la causa y la magnitud del problema en el proceso existente, por lo que el esfuerzo debe ser enfocado donde este sea más requerido.
- Realizar entrenamientos al personal de cada procedimiento documentado.

### **2.4.2 Procedimientos para un AMFE**

Según Cabezas, (2017) se identifican los siguientes puntos de los que está compuesto un AMFE:

**Tabla 2-2:** Procedimiento para un AMFE

<b>Funciones y requerimientos</b>	¿Qué hace el proceso o elemento? ¿Qué especificaciones debe cumplir?
<b>Fallos potenciales</b>	¿Qué incumplimientos potenciales pueden presentarse?
<b>Causas y efectos para cada fallo</b>	¿Por qué se genera el incumplimiento? ¿En que afecta el incumplimiento?
<b>Medidas de control actuales (prevención)</b>	¿Qué hace el proceso o elemento, existen actualmente?
<b>Medidas de control actuales (detención)</b>	¿Qué mecanismos de prevención existen actualmente?
<b>Evaluación del riesgo</b>	¿Cuál es el riesgo de que suceda la falla?
<b>Medidas de control adicionales</b>	¿Qué se necesita implementar adicionalmente para disminuir el riesgo?
<b>Segunda evaluación del riesgo</b>	¿Cuál es el nivel de riesgo después de las acciones adicionales?

Fuente: (Martínez, 2014)

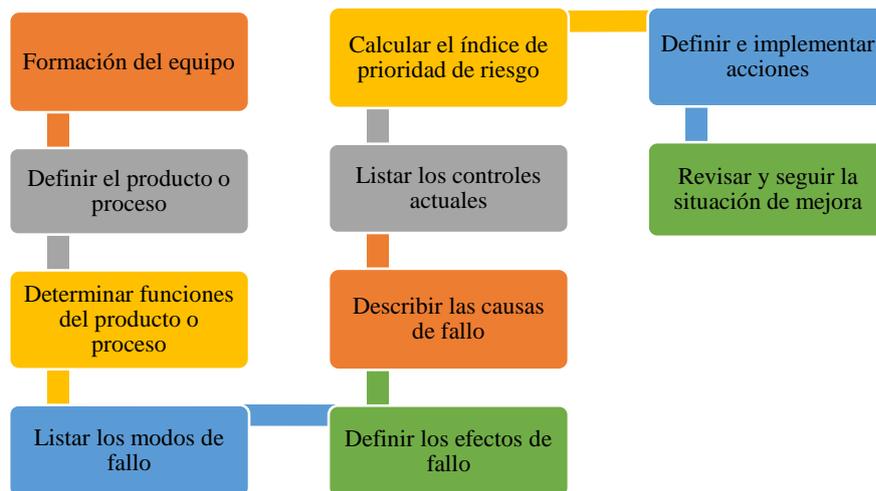
Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

**Para la elaboración del AMFE es importante realizar los siguientes pasos:**

- Especificar los elementos y la estructura del sistema: realizar un diagrama de flujo del proceso.
- Establecer las funciones de cada paso.
- Identificar las fallas para cada elemento: se utiliza una lluvia de ideas, diagrama de causa efecto.
- Evaluación de riesgos: se identifica los riesgos por cada falla y se determina la importancia de cada uno para plantear acciones de mitigación.

*2.4.2.1 Metodología para el desarrollo del AMFE*

Según (Consuegra, 2015) los pasos para la aplicación de la herramienta de calidad AMFE son los siguientes:



**Figura 3-2:** Metodología para el desarrollo del AMFE

Fuente: (Montalban et al, 2015)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

- **Formación del equipo:** el equipo de trabajo se forma de acuerdo a los conocimientos, necesarios para la mejora continua y la solución de problemas.
- **Definir el producto o proceso:** mediante estas fases se podrá conocer de manera precisa el producto o proceso en análisis, y el alcance que se llevara a cabo con el AMFE.
- **Determinar funciones del producto o proceso:** en esta fase es importante conocer hacia donde está destinada el objetivo de identificar los modos de fallo.
- **Listar los modos de fallo:** Se identifica cada una de las posibles fallas, para lo cual es importante utilizar la información disponible del proceso.
- **Definir los efectos de fallo:** El efecto de fallo comprende los resultados no deseados y que son producidos por los modos de fallos, ya sea en el proceso o producto.
- **Describir las causas de fallo:** se determina las razones de las causas de fallo. Para identificar dentro del modelo la posible causa raíz.
- **Listar los controles actuales:** Se especifican los diferentes controles existentes, estos controles pueden ser puntos de inspección, control estadístico de procesos, entre otros.
- **Definir e implementar acciones:** está basado en operaciones de mantenimiento, la propuesta de acciones se deberá realizar mediante los resultados obtenidos.
- **Revisar y seguir la situación de mejora:** se debe realizar un seguimiento de todas las causas de fallo detectado y posteriormente volver a calcular el índice de prioridad de riesgo.

### 2.4.3 Índice de prioridad de riesgo (NPR)

Se centra en evaluar cada uno de los efectos sobre el fallo, ante los cuales es necesario la aplicación de acciones correctivas o preventivas, que permitan priorizar los esfuerzos para obtener

los mejores resultados. Para determinar la jerarquía del problema se debe realizar una multiplicación entre la severidad, ocurrencia y la detección.

**Tabla 3-2:** Prioridad de NPR

Prioridad de NPR	
<b>200-1000</b>	Alto riesgo de Falla
<b>100-199</b>	Riesgo de falla medio
<b>1-99</b>	Riesgo de falla baja

Fuente: (Toral, et al , 2013)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Se debe atacar los problemas con NPR alto, así como aquellos que tengan un alto grado de ocurrencia, no importa si el NPR es alto o bajo. (Toral, et al , 2013)

#### 2.4.4 Índice de ocurrencia (O)

Está estructurada bajo la probabilidad de que se produzca una falla, este método se mide en una escala del uno al diez. Se recomienda utilizar los datos de la tabla 4 – 2 para la asignación de la puntuación. Se puede considerar también el número de veces que se presenta una falla.

**Tabla 4-2:** Criterios para la probabilidad de ocurrencia de la falla.

Probabilidad de ocurrencia	Tasa de ala falla	Puntuación
Muy alta: <b>Fallas persistentes</b>	< 100 por cada mil pizzas	10
		9
Alta: <b>Fallas frecuentes</b>	20 por cada mil piezas	8
	10 por cada mil piezas	7
Moderada: <b>Fallas ocasionales</b>	5 por cada mil piezas	6
	2 por cada mil piezas	5
	1 por cada mil piezas	4
Baja: <b>Relativamente pocas fallas</b>	0.5 por cada mil piezas	3
	0.1 por cada mil piezas	2
Remota: <b>La falla es improbable</b>	0.01 por cada mil piezas	1

Fuente: (Salazar López., 2016) (Ingeniería Industrial, s.f.) , María Macías (2017)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### 2.4.5 Índice de gravedad o severidad (S)

Se define como índice de severidad al parámetro del cual se evalúa la gravedad sobre el efecto de fallo para el cliente, o para una operación posterior una vez que esta falla ha ocurrido. La severidad solo se aplica o se aplica al efecto.

**Tabla 5-2:** Criterios para evaluar la severidad del modo de fallo

Efecto	Criterios: severidad del efecto sobre el cliente final y/o sobre el proceso de manufactura	Puntuación
<b>Peligroso sin aviso</b>	La falla ocurrirá sin previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis.	10
<b>Peligroso con aviso</b>	La falla ocurrirá con previo aviso. Puede poner en peligro a otros sistemas y/o puede afectar la operación segura del sistema bajo análisis.	9
<b>Muy alto</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere fuerte intervención del operador.	8
<b>Alto</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador.	7
<b>Moderado</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere ligera intervención del operador.	6
<b>Bajo</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere fuerte intervención del operador.	5
<b>Muy bajo</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales no pueden mantener el sistema operativo y requiere moderada intervención del operador.	4
<b>Menor</b>	Falla menor del sistema. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo pero requiere ligera intervención del operador.	3
<b>Mínimo</b>	Falla menor. Los controles actuales pueden mantener el sistema operativo	2
<b>Ninguno</b>	La falla no tiene efectos en el sistema	1

Fuente: Manual AMFE Análisis de modo y efecto de fallas potenciales

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### 2.4.6 Índice de detección (D)

Se establece como una cuantificación que es evaluada ante la probabilidad de que el modo de fallo se detecte antes de que el producto llegue al cliente, el mismo es medido mediante una escala del uno al diez de manera inversa a los otros parámetros en la siguiente tabla se muestran los criterios estimados para la evaluación de la probabilidad de detección.

**Tabla 6-2:** Clasificación de la facilidad de detección del modo de falla

Detección	Criterio	Calif.
<b>Casi imposible</b>	No existen controles conocidos para detectar el modo de fallo o la causa de fallo	10
<b>Muy Remota</b>	Probabilidad muy remota que los controles vigentes detecten el modo de fallo o causas de fallo	9
<b>Remota</b>	Probabilidad remota que los controles vigentes detecten el modo de fallo o causas de fallo	8
<b>Muy baja</b>	Probabilidad muy baja que los controles vigentes detecten el modo de fallo o causas de fallo	7
<b>Baja</b>	Probabilidad baja que los controles vigentes detecten el modo de fallo o causas	6
<b>Moderada</b>	Probabilidad moderada que los controles vigentes detecten el modo de fallo o causas de fallo	5
<b>Moderada mente Alta</b>	Los controles tienen una buena oportunidad para detectar el modo de falla o causas de fallo	4
<b>Alta</b>	Los controles tienen una alta oportunidad para detectar el modo de falla o causas de fallo	3
<b>Muy Alta</b>	Los controles tienen una muy alta oportunidad para detectar el modo de falla o causas de fallo	2
<b>Casi certeza total</b>	Controles seguros para detectar los modos de fallo o las causas potenciales.	1

Fuente: (Reyes A, s.f)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### 2.4.6.1 Hoja de análisis AMFE

Para el análisis de las fallas se ha desarrollado una hoja informativa para reconocer y evaluar los modos de fallas las mismas que permiten determinar los efectos de las fallas potenciales. Este formato está definido en la norma internacional ISO 14224 (Alvarez, 2017)

Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla, es decir, se trata de realizar un análisis completo de la forma de trabajo, la característica de trabajo y sobre todo que va a pasar cuando un activo falle, así como, establecer un análisis de como poder evitar este fallo y si sucede cual será el plan de acción para minimizar la consecuencia.

En la tabla 7-2 se presenta la estructura que se llevar a cabo para cuantificar los riesgos y la confiabilidad y a su vez documentar el proceso.

**Tabla 7-2:** Hoja de Análisis AMFE

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS														
Área				Fecha AMFE				Fecha de revisión						
Responsable				Fecha de revisión										
Nombre del proceso														
Responsable AMFE				Página										
FALLOS POTENCIALES					Cálculo inicial					Resultado				
Sub proc eso	Com pone nte	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	S E V	Causa del fallo potencial	O C U	Acciones actuales	D E C	N P R	Acción Tomada	S E V	O C U	D E C	N P R
1	A	C	1		1									
					2									
					3									
	B	D	2		1									
					2									
					3									

Fuente: (Yalí , 2016), (Alvarez, 2017)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

A continuación se definen las siglas presentadas en la tabla.

**SER:** Representa el índice de gravedad o severidad de las funciones.

**OCU:** Representa el índice de ocurrencia. Es decir, la evaluación del número de veces que se presenta un fallo.

**DEC:** Representa el índice de ocurrencia de detección.

**El NPR** se obtiene a través de la multiplicación de los índices de severidad, ocurrencia y detección.

La hoja de fallo es un ejemplo característico de la información que se debe establecer en cuanto a la evaluación realizada de cada modo de fallo. La hoja contiene lo siguiente:

- Consecuencias de fallos ocultos
- Consecuencias de fallo evidentes
- Consecuencias para la seguridad
- Consecuencias operacionales y no operacionales

Para la evaluación de las consecuencias se debe considerar las actividades que tienen mayor efecto sobre la línea de producción.

## **2.5 Mantenimiento centrado en la fiabilidad (RCM)**

(Olazo, 2017) & (Díaz, 2016) manifiestan que la metodología RCM es una herramienta de análisis sistemático, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial y muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo. Es utilizado para asegurar que el activo físico, continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional, basado en garantizar la seguridad y minimizar el riesgo al entorno y las vidas humanas, el impacto al medio ambiente, a la afectación a la producción, así como la disminución de los costos de operación y mantenimiento.

El objetivo principal de un análisis centrado en la confiabilidad se basa en el desarrollo de un programa de mantenimiento preventivo técnicamente y económicamente eficiente.

Según (Álvarez, 2017) la aplicación de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad pretende lo siguientes aspectos:

- Conocer los posibles fallos o averías determinados como el no cumplimiento de ciertas funciones como parámetros determinados.
- Conocer las causas que originan
- Conocer las consecuencias que generan al producirse mediante la evaluación del impacto sobre la organización: personas, medio ambiente y operación (costes económicos y calidad).
- Conocer los métodos para detectarlos anticipadamente con la finalidad de evitarlos.
- Estimar cualitativamente la importancia del fallo, a través de la criticidad y la probabilidad de ocurrencia.

### **Tipos de mantenimiento**

Lo más conocidos en el medio son los siguientes:

- Mantenimiento emergente
- Mantenimiento preventivo o periódico
- Mantenimiento predictivo o basado en diagnóstico
- Mantenimiento proactivo

#### **2.5.1 Preguntas para la aplicación de la metodología RCM**

La metodología RCM, para su implementación debe responder a las siete preguntas definidas en la norma SAE JA1011.

De acuerdo con las normas SAE: JA1011, es obligatorio seguir el orden que se plantea en la tabla.

**Tabla 8-2:** Preguntas básicas de RCM

Número	Preguntas
1	¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?
2	¿En qué aspecto no responde al incumplimiento de sus funciones?
3	¿Qué ocasiona cada falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando se produce cada falla funcional?
5	¿De qué modo afecta cada falla?
6	¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentran el plan de acción apropiado?

**Fuente:** (Yalí, 2016), (Alvarez, 2017)

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

- ¿Cuáles son las funciones y respectivos estándares de desempeño de este bien en su contexto operativo presente?

Se busca conocer las funciones que desempeña el equipo en la línea de proceso, con el objetivo de definir sus cualidades y poder cuantificarlas. Así mismo, se busca saber su modo de operación, la disponibilidad de operarios y equipos, y sus consecuencias al no estar disponibles. Además debemos definir el enfoque que debe cumplir el mantenimiento en función al tipo de equipo que exista en la línea de producción. (Alvarez, 2017).

- ¿En qué aspecto no responde al incumplimiento de sus funciones?

Se debe definir la forma como puede fallar los elementos del equipo. Además, cuya falla puede ser en el sistema o en las piezas que lo componen.

- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

La causa permite hacer seguimiento, conocer y anticiparnos a los modos de falla que pueden presentarse. Al identificar los diferentes modos de falla, se puede determinar cuál de todos ellos es la causas raíz que afecta al proceso, y así, finalmente poder realizar las medidas correspondientes. (Alvarez, 2017).

- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

Es importante identificar el tiempo que se produce el efecto. Así como, definir correctamente la causa de la falla para plantear su solución. La detección de las fallas permite conocer las pérdidas en el proceso productivo y las condiciones en que se encuentra la línea de producción. (Alvarez, 2017).

- ¿De qué manera afecta cada falla al sistema, su entorno y su misión?

Se refiere a la magnitud de la severidad de la falla en el equipo, y a cómo afecta al funcionamiento y a las metas en la línea de producción.

- ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir cada falla?

Una vez determinado todas las fallas potenciales se debe realizar un plan de acciones, y así prevenir y minimizar el porcentaje de fallas en el proceso. Hay que considerar que cualquier falla determinada en el equipo no siempre será la misma para cada elemento, por tal razón la propuesta solo ayudara a minimizar la ineficiencia del equipo al momento de su operación. (Alvarez, 2017).

### **2.5.2 Beneficios del RCM**

#### *2.5.2.1 Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:*

- Mejoramiento en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
- La revisión de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
- Claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad.
- Menos fallas causados por un mantenimiento innecesario (Vela, 2014).

#### *2.5.2.2 Mejores rendimientos operativos, debido a:*

- Un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.
- Menor daño secundario a continuación de las fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
- Paradas más cortas, más fácil de solucionar y menos costosas.
- Se eliminan las revisiones innecesarias.
- La eliminación de componentes poco fiables.
- Más larga vida útil de los equipos, debido al uso de las técnicas de mantenimiento.

### **2.5.3 Indicadores de efectividad de la metodología RCM**

Fernández (2012) & (Olazo, 2017) mencionan que es necesario utilizar indicadores para evaluar la implementación de la metodología dentro de una organización y verificar el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas. A continuación, se presenta tres indicadores de cumplimiento de mantenimiento:

## Confiabilidad de los equipos

La efectividad y las estrategias de mantenimiento deben ser medidas mediante el MTBF.

### Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el tiempo promedio de un equipo que cumple su función sin interrupción. La fórmula viene dado por:

$$MTBF = \frac{\text{TIEMPO DE PRODUCCION (HORA)}}{\text{TOTAL DE FALLAS}} \left( \frac{\text{HORA}}{\text{FALLA}} \right) \quad (1)$$

$$MTBF = \frac{\text{TIEMPO DISPONIBLE - TIEMPO DE PARADAS (HORA)}}{\text{TOTAL DE FALLAS}} \left( \frac{\text{HORA}}{\text{FALLA}} \right) \quad (1)$$

**Mantenibilidad de los equipos:** La probabilidad de que un equipo pueda ser restaurado en un intervalo de tiempo determinado a su estado operacional normal, se puede medir con el indicador MTTR.

### Tiempo medio para reparar (MTTR)

Es el tiempo promedio en que un equipo está siendo reparado, por no estar en operación. La fórmula viene dado por:

$$MTTR = \frac{\text{TIEMPO DE PARADA}}{\text{TOTAL DE FALLAS}} \text{ (HORA/FALLA)} \quad (2)$$

Mientras el MTTR sea más menor, más rápido se puede solucionar una avería.

### Disponibilidad

Es el grado en que está operativo el equipo respecto al tiempo que debería estar operando. La fórmula viene dado por:

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} (\%) \quad (3)$$

Los indicadores MTBF y del MTTR en conjunto permiten realizar prevenciones sobre la producción, al dar a conocer la disponibilidad, que obviamente, se reduce al presentarse averías en el sistema. Con un MTBF alto y un MTTR bajo, el sistema estará trabajando al 100% de su capacidad. Por esta razón el RCM trata de mejorar la disponibilidad de los equipos mediante la propuesta de mantenimientos preventivos.

## 2.6 Método de las 5W + 1H

Este método es una herramienta de fácil aplicación, que nos ayuda a identificar factores importantes que generen problema en los procesos de fabricación de cualquiera empresa o en la vida cotidiana. De tal manera, que ayuda a obtener toda la información necesaria y está basado en una lista de verificación de 6 preguntas clave. (Ruíz, 2017)

**Tabla 9-2:** Técnica 5W +1H

<b>What?</b>	¿Qué? ¿Qué sucede? ¿Qué estamos haciendo?	El Problema	Establecer con claridad las características del Problema: Humanas. Materiales (Usados en los procesos). Logísticas (Procesos). Tecnológicas (equipo y maquinaria). Relación de estas características. Efectos ocasionados por el problema (económicos y/o productividad).
<b>Who?</b>	¿Quién? Relación con la habilidades de las personas	Participa en el problema, el área o puesto en dónde se presenta.	Personas de la Organización; Directivos, Jefes de Área. Personal Operativo, Proveedores de servicios, clientes o Visitantes; todas aquellas personas que forman parte de la situación a resolver (Problema).
<b>When?</b>	¿Cuándo?	Referencia en el tiempo.	Identifique el momento, horario, turnos de trabajo, fecha, época del año en que ocurre el problema.
<b>Where?</b>	¿Dónde?	Lugar en dónde ocurre el problema	Determinar la zona de conflicto, su ubicación física en las instalaciones o el lugar dentro del proceso productivo.
<b>Why?</b>	¿Por qué?	Causa probable de que ocurra el problema	En esta parte del Diagnóstico participen el gerente, Jefes, operadores, supervisores, etc. La opinión de todos es muy importante para realiza un correcto análisis.
<b>How?</b>	¿Cómo? (Método)	Forma en que ocurre el problema	Secuencia de sucesos que forman o desencadenan el problema

Fuente: (Trías, et al, 2011)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### Mejora de los procesos

Cualquier mejora que se realice en un proceso debe ser continua; ya que cada mejora da como resultado la posibilidad de generar un ciclo continuo de mejoras. (Trías, et al, 2011)

#### 2.6.1 Ventajas de los 5 porque en cualquier nivel

- **Simplicidad:** es fácil de usar y no requiere de herramientas avanzadas y complejas.

- **Eficacia:** sin duda ayuda a separar rápidamente los síntomas de las causas, y permite identificar la causa raíz de un problema.
- **Exhaustividad:** Ayuda a determinar las relaciones entre las diversas causas del problema.
- **Flexibilidad:** funciona bien solo o combinado con otras herramientas y técnicas de resolución de problemas.
- **Atractivo:** por su propia naturaleza, fomenta y produce el trabajo en equipo dentro y fuera de la organización.
- **De bajo costo:** Se trata de una guía centrada en el ejercicio del equipo, no hay costos adicionales.

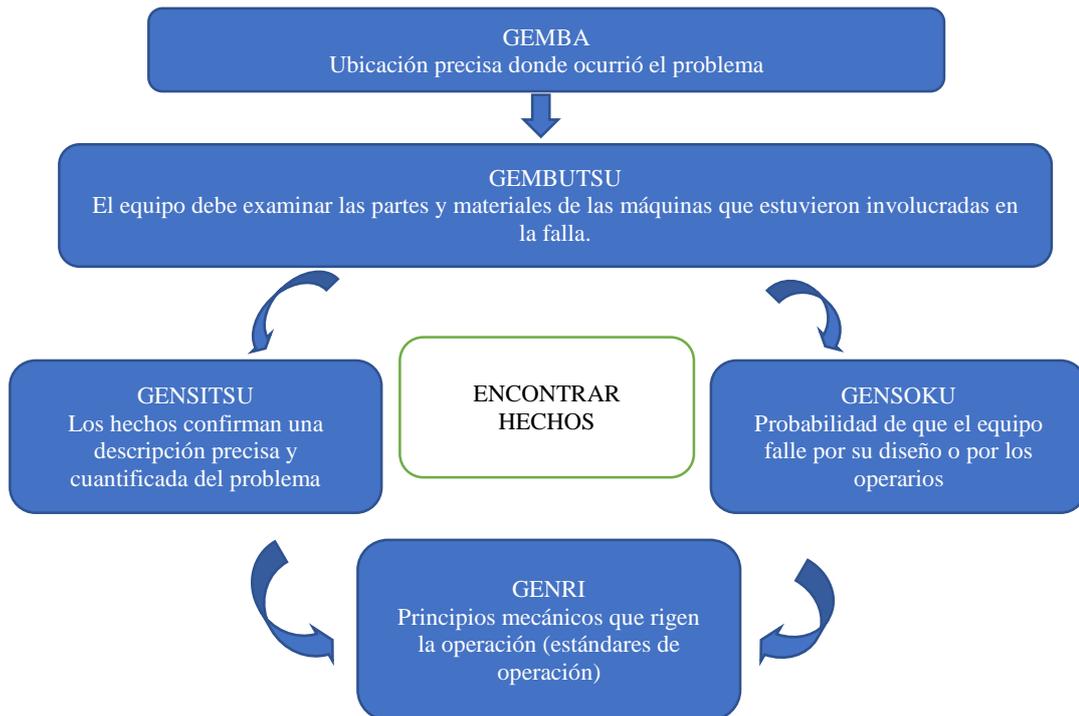
## 2.7 Filosofía Gemba (Ir al lugar, mirar, escuchar, preguntar y aprender)

La filosofía gemba trata de describir y analizar un fenómeno de pérdida (defectos, averías, mal funcionamiento, anomalías, entre otros). El principio del método se utiliza para identificar la causa raíz de un problema, y posteriormente eliminarlo.

El Gemba (verdadero lugar) es una herramienta que se emplea para referirse al entorno de producción donde se genera valor al producto.

En Toyota, creador de la filosofía de trabajo Lean Manufacturing definen al Gemba como una filosofía de trabajo, una manera de actuar que debe formar parte del equipo de trabajo, desde directivos hasta operadores de producción. Es decir, se refiere a que si ocurre un problema los técnicos deben ir al lugar donde se produjo dicha anomalía, para entender el impacto que genera y recolectar toda la información necesaria (Prieto Garcia, 2017).

El Gemba es un método para ayudar a elaborar una mejor descripción y análisis de fenómenos. Además, tiene como objetivo establecer secuencias en las actividades. En la siguiente figura se indica, en que consiste.



**Figura 4-2:** Filosofía Gemba

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La relación que tiene el análisis de modos y efectos de falla con el Gemba, es que los dos métodos se basan en enseñar a los trabajadores a analizar directamente en el sitio, además de ayudarles comprender el funcionamiento de sus equipos y herramientas, con el objetivo de identificar, detectar adecuadamente cualquier fallo o anomalía existente, sea en el área de trabajo o en los equipos, y posteriormente establecer adecuadamente estándares de operación, con la finalidad de que la mejora sea continua.

## 2.8 Metodología de mejora continua 5S's

El método de las 5S's es una herramienta muy importante que se originó en Japón para inculcar cultura de trabajo. Las tres primeras S's están enfocadas a la eliminación de todas las cosas innecesarias, el ordenar los diversos objetos con que cuenta la industria y a mantener condiciones adecuadas de higiene. (Ramazzini, 2013).

Es una herramienta indispensable para la mejora de la calidad, que integra el entorno de trabajo, el equipo e infraestructura. Esta metodología tiene como finalidad que el puesto de trabajo se mantenga ordenado, limpio y seguro antes y después de cualquier actividad. (Gonzales, 2017)

Las 5S's se podrían definir como un estado ideal en el que:

- Los materiales y útiles innecesarios son eliminados.
- Todo se encuentra ordenado e identificado.

- Se han eliminado las fuentes de suciedad.
- Existe un control visual mediante el cual saltan a la vista las desviaciones o fallos, y todo lo anterior se mantiene y mejora continuamente.

### **2.8.1 Beneficios del método de las 5S's**

Este método presenta los siguientes beneficios:

Genera compromiso y aportaciones por parte del trabajador. (Bizkaia, 2018)

Incrementa la productividad y la calidad de manera gradual en toda la industria y permite que mejore el entorno visual como de los materiales, herramientas, producto final.

Disminuye el índice de accidentes físicos o mentales e incrementa la vida útil de los equipos y herramientas.

La implementación de esta cultura crea un ambiente de respeto, cuidado y sensibilidad por los bienes de su empresa. (Bizkaia, 2018)

Mayor productividad que se traduce en:

- Menos servicios insatisfechos
- Menos movimientos y transportes
- Optimización del tiempo
- Menor inventario
- Menos averías
- Reducción de materiales en proceso

### **2.8.2 Pasos para la implementación**

Cabe indicar que el primer paso que debe seguir cualquier organización es aplicar esta metodología, debido a que sigue una serie de pasos sistemáticos y al ser aceptado por todos los miembros que lo componen, logran eliminar todos los elementos innecesarios.

Los cinco principios principales de este método son:

- SEIRI (Clasificación).- Se debe separar y eliminar todo lo que es innecesario
- SEITON (Organización).- Se ordena lo que se encuentra en operación.
- SEISO (Limpieza).- Crear una rutina de limpieza
- SEIKETSU (Estandarización).- Creación de estándares para la organización.
- SHITSUKE (Disciplina).- Monitorear y verificar el cumplimiento para su mejora continua.



**Figura 5-2:** Aplicación de la metodología de las 5S's  
Fuente: (Villarreal, 2017)

#### 2.8.2.1 Seiri (seleccionar o clasificar)

El Seiri significa eliminar los elementos que no son necesarios para la realización de la operación. Esto implica una clasificación de los elementos existentes en el lugar de trabajo entre necesarios e innecesarios. Por lo tanto, se establece un límite a los elementos que son necesarios. Se debe eliminar cualquier cosa que no se utilice en las cuatro primeras semanas. La aplicación del Seiri implica otorgar poder a todo el personal involucrado en la planta. (Venegas Sosa, 2005)

La implementación de Seiri mejora el entorno de trabajo reduciendo problemas en el espacio, tiempo, también aumenta la seguridad y energía del área.

El proceso de implementación es el siguiente. (Salas, 2012):

- Reconocer el área de trabajo  
Identificar cuáles son las áreas de trabajo, donde se desea intervenir, para eliminar los objetos que no se están tomando en cuenta.
- Definir criterios de selección  
En este paso se debe definir un estándar de ayuda para diferenciar todo lo necesario, para ello se debe tomar en cuenta tiempos, frecuencias y cantidad.
- Identificar los elementos seleccionados  
Una vez identificado los objetos innecesarios se los debe retirar para su posterior análisis.

### 2.8.2.2 *Seiton (Organizar)*

El Seiton significa ordenar todos los elementos involucrados en el área de trabajo como: artículos, equipos y herramientas.

El proceso de implementación es el siguiente. (Salas, 2012)

- Preparar el área de trabajo  
Dividir el área por zonas para que el personal involucrado pueda orientarse. Utilizar señales, tableros, pizarras, en otros.
- Ordenar el área  
El personal involucrado debe ser capaz de responder a estas preguntas: ¿Qué necesito?, ¿Dónde está localizado?, ¿Cuántos elementos existen?, con el objetivo de identificar los artículos más cercanos utilizados en la actividad.

- Establecer medidas de control

Se debe registrar toda la información obtenida, para poder entregar a todo el personal destinados para la actividad y cumpla con todo el procedimiento estipulado.

El objetivo del registro, es utilizar eficientemente todos los recursos disponibles de forma segura y en menor tiempo. (Salas, 2012)

Disponer sitios para elementos que se pueden utilizar en el futuro. Identificar y señalar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles, sistema de vapor entre otras. (Salas, 2012)

La implementación de seiton implica la utilización de métodos simples como:

- Visualización del área completa, para determinar lugares donde se encuentra los elementos, productos defectuosos.
- Señalización: una vez identificado la mejor ubicación para las herramientas y materiales.
- Delimitar el área con colores determinando secciones de herramientas, materiales, pasillos, elementos de seguridad y zonas de riesgo.

Analice por un momento su lugar de trabajo y responda las preguntas sobre organización: (Rosas, 2019)

- ¿De qué manera podemos reducir la cantidad que tenemos?
- ¿Qué cosas realmente no es necesario tener a la mano?
- ¿Qué objetos suelen recibir más de un nombre por parte de mis compañeros?
- Fíjese en un par de cosas necesarias ¿Cuál es el mejor lugar para ellas?

Organizar permite disponer de un sitio apropiado para cada elemento utilizado en el trabajo, para facilitar su acceso y retorno. Disponer de lugares adecuados para ubicar los elementos que se emplean con frecuencia.

### 2.8.2.3 *Seiso (Limpiar)*

El seiso es de vital importancia para detectar defectos o problemas existentes, que por lo general suelen estar cubiertos por contaminantes en el equipo. Por esta razón seiso mantiene en buenas condiciones el ambiente, las herramientas y el puesto de trabajo. La limpieza se relaciona con el buen funcionamiento y calidad del producto.

El proceso de implementación es el siguiente. (Salas, 2012)

- Definir un programa de limpieza  
Limpiar el área de trabajo, los equipos, determinar frecuencias en el programa.  
Se debe analizar las áreas de difícil acceso, para su posterior mejora.
- Métodos de limpieza  
Definir creativamente las actividades de limpieza. Realizar una lista secuencial de las actividades a realizarse con el equipo y las herramientas.
- Crear disciplina  
Integrar las actividades de limpieza como un trabajo diario.  
Se debe concientizar al personal sobre la importancia de la disciplina.  
Realizar una descripción de las actividades.

Los beneficios que trae la implementación de la disciplina es la reducción de fallas, accidentes, y el incremento de la vida útil de equipo.

### 2.8.2.4 *Seiketsu (Estandarización, sistematizar)*

Seiketsu se enfoca en la limpieza y seguridad del personal. Esta etapa es de conservación de los logros alcanzados, mediante la práctica de las tres primeras S's.

El proceso de implementación es el siguiente. (Salas, 2012)

- Integrar las actividades de las 5S's al trabajo diario.
- Establecer procedimientos y auditorias que aseguran la ejecución del programa.
- Evolución de resultados

Esta etapa está relacionada con la creación de hábitos para la conservación del lugar de trabajo en perfectas condiciones. Al implementar Seiketsu se requiere integrar las acciones Seiri, Seiton y Seiso. (Zúñiga, et al, 2015)

### 2.8.2.5 *Shitsuke (Disciplina)*

Esta etapa trata de crear condiciones que fomenten 5S's. Así mismo se verifica que se estén cumpliendo las actividades que se habían establecido. Este control permite la eliminación de cualquier barrera que se interponga en la obtención de los resultados deseados. (Salas, 2012)

Estrategias de la implementación

- Formar equipos de trabajo
- Capacitar sobre las técnicas de trabajo y la metodología de las 5S's.
- Identificar áreas de oportunidad
- Desarrollar procedimientos de clasificación, selección, organización, limpieza y seguimiento
- Presentar los resultados alcanzados
- Realizar auditorías
- Registrar y analizar la información obtenida, de manera que se pueda utilizar como efectos multiplicadores

Según Raymundo Sanchez, para crear cultura en la organización se requiere que todo el personal participe activamente. Para lograr esta meta se deberá proporcionar capacitaciones y entrenamientos sobre la importancia de las 5S's a todo el personal, para luego incorporar a nuevos operarios en el programa. También se requiere difundir el programa a través de presentaciones y folletos ilustrativos, al igual que motivar y reconocer a todos los trabajadores y contar con el apoyo, el compromiso y el ejemplo de la alta dirección de la empresa. (Juárez, 2009).

Shitsuke implica autodisciplina. Las 5S's pueden considerarse como una filosofía, una forma de vida en nuestro trabajo. El objetivo de las 5S's es seguir lo que se ha establecido. En este punto la implantación de la metodología implica romper la tendencia a la acumulación de elementos innecesarios, mantener una limpieza continua y orden los elementos necesarios. Del mismo modo debe cumplir con los principios de higiene y cuidados personales. Se debe vencer la resistencia al cambio con autodisciplina para mantener y mejorar continuamente. (Juárez, 2009)

## **2.9 Mantenimiento productivo total (TPM)**

Es una herramienta de Lean enfocada en la efectividad de los equipos. Esta metodología se basa en la mejora de la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante la reducción de fallas y actividades de orden y limpieza.

En cuanto a mantenimiento, lo que trata de hacer esta metodología es que las operaciones de intervención puedan realizarlas todas las personas involucradas en la línea de fabricación, sea el personal de producción, como el de mantenimiento.

A lo largo del tiempo el TPM ha integrado varias metodologías de mantenimiento, como el correctivo y preventivo, para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción.

El TPM se basa en que los operadores se adueñen de su equipo y colaboren con actividades de mantenimiento preventivo básico, esto resulta efectivo debido a que son los operadores quienes conocen de mejor manera el estado de la máquina, por tanto, son ellos quienes detectan rápidamente las anomalías y pueden evitar que se conviertan en averías que afecten la disponibilidad del equipo e interrumpan la producción. (Barreras y facilitadores de la implantación del TPM, 2013)

Actualmente el TPM está integrado por 8 pilares fundamentales que son:



**Figura 6-2:** Pilares de Mantenimiento Total (TPM)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 2.9.1 *Mantenimiento autónomo*

Este es uno de los pilares fundamentales en la implementación del TPM en las organizaciones, porque aprovecha el conocimiento y contacto que los operarios tienen con los equipos para mantenerlos en condiciones óptimas. Se busca que los operarios por iniciativa propia cuiden, mantengan y conserven la maquinaria en buen estado, es por esto que es necesario una aplicación previa de disciplina 5S's. (González, 2005)

La aplicación de la metodología 5S's conlleva al:

- Cumplimiento de los planes de inspección y mantenimiento por los operarios
- Organización y clasificación de las maquinas
- Orden de herramientas en zonas específicas

- Limpieza del área y herramientas de trabajo
- Estandarización o normalización de piezas y equipos para su utilización

El Mantenimiento Autónomo es desarrollado en 6 etapas.

Etapa 1. Limpieza Inicial – En este punto se trata que el equipo funcione en condiciones normales con la detección y eliminación de anomalías. La detección de estos inconvenientes son etiquetados para su posterior solución.

La etapa 2 es la eliminación de fuentes de suciedad, contaminación y lugares de difícil acceso.

En la etapa 3 se desarrolla los estándares de limpieza, reajuste y lubricación: aquí los operadores realizan las primeras actividades básicas de mantenimiento preventivo, de acuerdo al tipo de equipo.

La etapa 4 es llamada Inspección General. En este punto el operador recibe las primeras capacitaciones técnicas para realizar las inspecciones en puntos específicos del equipo, donde se han presentado defectos, la realización de este diagnóstico es determinar la posible anomalía, para que el operador pueda realizar la primera intervención. (Pena, 2012)

En la etapa 5, el operador realiza la Inspección Autónoma, con el conocimiento adquirido sobre la estructura del equipo, y con la capacitación adquirida será capaz de realizar inspecciones y reparaciones básicas a partir de listas de verificación (check-list) y Lecciones de Punto Único. (Pena, 2012)

La etapa 6 es la Sistematización y el análisis de los procedimientos implementados de Mantenimiento Autónomo, es decir, se establecen los estándares y auditorias para la verificación del mantenimiento. De esta manera los equipos al ser cuidados y monitoreados por el operador disminuyen los fallos.



**Figura 7-2:** Niveles y pasos del Mantenimiento Autónomo

Fuente: (Marcillo Díaz, 2016 pág. 27)

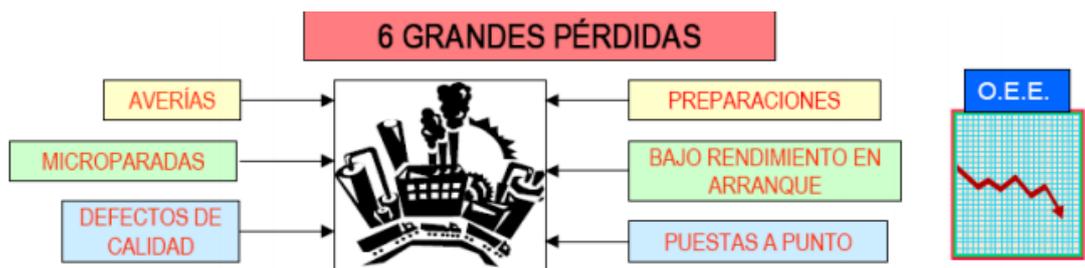
## 2.10 Eficiencia real de la producción (ERP)

La Eficiencia real de la producción conocida como ERP, es un indicador porcentual indispensable para presentar la capacidad real de producción, sin la presencia de defectos y fallos.

Este es un indicador clave de desempeño muy importante para la evaluación de los diferentes elementos del proceso de producción (disponibilidad, rendimiento y calidad). Del mismo modo, se utiliza para medir los avances reales de la mejora continua con 5S's, Lean Manufacturing, Kaizen, TPM y Six Sigma, entre otros. (Cruelles Ruiz, 2009)

### 2.10.1 Las 6 Grandes Pérdidas del TPM

Mantener los equipos en óptimas condiciones de funcionamiento, es lo que toda empresa desea lograr, pero para llegar a cumplir esta meta es necesario eliminar completamente las anomalías, o defectos que se presentan en el sistema productivo. A continuación se describen los problemas que afectan en la eficiencia productiva:



**Figura 8-2:** Las seis grandes pérdidas

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### **Pérdidas por averías en los equipos**

Las pérdidas asociadas a los tiempos muertos en la producción, con lleva a la disminución del volumen de producción planeado. Las averías pueden generarse de manera ocasional o crónica. Las primeras se identifican por tener causas comunes y fáciles de detectar. Mientras tanto el segundo tipo de avería se da por varias razones y son difíciles de predecir o detectar, por lo que es difícil de relacionar con el efecto que se genera.

#### **Pérdidas por preparaciones y ajustes**

Estas pérdidas se dan cuando se tiene un cambio de formato en el producto que se produce en la línea. Para tratar estas pérdidas se puede utilizar técnicas como Pit stop, que permiten realizar los cambios de referencia y los ajustes aplicados en el proceso en menor tiempo.

#### **Pérdidas por tiempos ociosos y paradas menores (Pérdidas por disponibilidad)**

Cuando se tienen paradas transitorias o mínimas se puede detectar pequeñas averías, que afectan la eficiencia productiva. Estas paradas breves se caracterizan porque la solución a los problemas es rápida, por ello son más reconocidas como micro paradas.

Estos problemas se pueden cuantificar con la utilización de un indicador conocido como Tiempo Medio Entre Fallos (MTBF). El cual permite conocer el tiempo que transcurre desde la última parada hasta la siguiente, con la finalidad de determinar qué tan frecuente es una falla en el sistema.

### **Pérdidas por velocidad reducida (Pérdidas de rendimiento)**

Las pérdidas por velocidad se dan porque el equipo no se encuentra en óptimas condiciones de operación, por mala operación, mal diseño del equipo o material de piezas mecánicas de mala calidad, que repercuten en una reducción significativa de la producción. Sin embargo, este tipo de problema en su mayor parte se presenta por el desconocimiento de los operadores sobre el funcionamiento de su equipo.

### **Pérdidas por defectos y repetición de trabajos.**

Este tipo de pérdidas se presenta porque el producto final no ha cumplido con las especificaciones de calidad a pesar de haber utilizado el tiempo y recursos necesarios. Esto se representa en altos costos de producto rechazado que se destina para reproceso o para desperdicio, es decir, este producto al final genera un costo adicional al proceso, que se convierte en una pérdida para la industria.

### **Pérdidas por puesta en marcha**

Por lo general, al momento de arrancar la línea de producción se producen pérdidas que disminuyen la capacidad instalada, por esta razón en este punto se busca incrementar la efectividad de los equipos.

**Tabla 10-2:** Las grandes pérdidas del ERP

Perdidas	Factor ERP
<b>Perdidas por paros no programados</b>	Horas perdidas por paros mecánicos, eléctricos y operacionales. Considerando estos tres factores, la disponibilidad del proceso es la relación entre el tiempo de operación y el tiempo planeado de producción.
<b>Perdidas de velocidad EM</b>	Micro paradas, baja velocidad. El rendimiento se determina mediante la relación entre la producción real más la producción no aceptada y la producción teórica.
<b>Perdidas de calidad</b>	Productos defectuosos. La calidad es la relación entre es la cantidad de caramelos buenos y el total de caramelos.

Fuente: (Villarreal, 2017)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 2.10.2 Cálculo de la Eficiencia real de la producción (ERP)

El ERP resulta del multiplicar los valores porcentuales de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Disponibilidad: Cuanto tiempo ha estado funcionando el equipo sin interrupciones, respecto al tiempo planificado para la producción.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}} \quad (4)$$

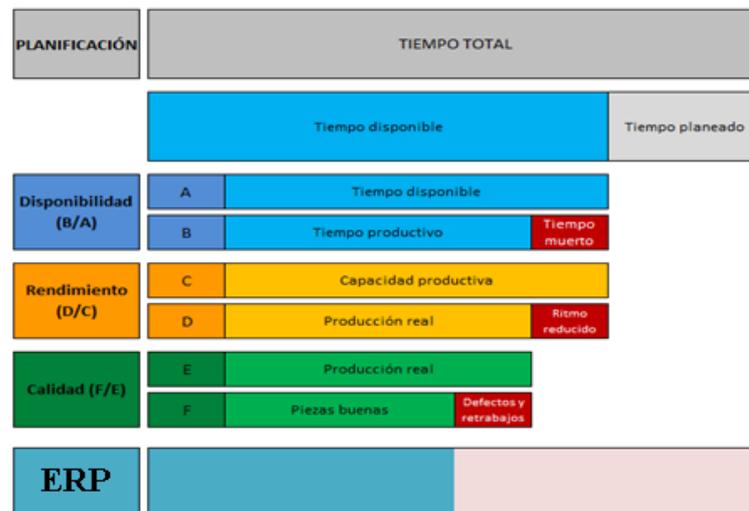
Rendimiento: El rendimiento está relacionado con la cantidad de producción (producto bueno y malo), y el tiempo que ha estado funcionando el equipo, respecto a lo que debería fabricar con tiempo de ciclo ideal.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Producción real}}{\text{Capacidad Productiva}} \quad (5)$$

Calidad: Este indicador es muy indispensable en toda industria, porque ayuda a determinar el nivel de competitividad que tiene en el mercado.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Piezas buenas}}{\text{Producción real}} \quad (6)$$

En la siguiente figura se puede apreciar los requerimientos necesarios para el cálculo del ERP.



**Figura 9-2:** Cálculo del ERP

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 2.11 Diagrama de Pareto

La utilización de esta herramienta representa un gran apoyo para el desarrollo de la calidad, debido a que permite determinar las posibles causas vitales que pueden existir en un proceso, así como también los de menos importancia. La relación 80/20 se ha encontrado en distintos campos

e interpreta que el 80% de los problemas o defectos de un producto o servicio en una organización son debidos a un 20% de las causas posibles. (AITECO CONSULTORES, SL., 2019)

El diagrama de Pareto es una representación gráfica de los datos obtenidos sobre un problema, que ayuda a identificar cuáles son los aspectos prioritarios que hay que tratar. Los pasos para realizarlo son: (Barbosa, et al, 2019)

- Determinar el problema o efecto a estudiar
- Investigar los factores o causas que provocan ese problema y como recoger datos (anotando magnitudes de cada factor)
- Ordenar los factores de mayor a menor en función de la magnitud de cada uno de ellos.
- Calcular la magnitud total del conjunto de factores y el porcentaje total que representa cada factor, así como el porcentaje acumulado.
- Graficar

## **2.12 Diagrama de análisis de proceso**

Un diagrama de análisis de proceso se lo conoce también como: curso-grama analítico o diagrama detallado del proceso.

Esta herramienta permite observar la secuencia cronológica de las actividades de un proceso o procedimiento, y analizar los tiempos en operación, transportes, demoras, almacenamientos e inspecciones. Con la finalidad de estudiar las fases del proceso de forma sistemática y mejorar el manejo de los materiales y herramientas, así como eliminar actividades que no agregan valor. (Roger , 2014)

Existen tres tipos que son:

- Diagrama de análisis de procesos tipo operario: Describe lo que hace la persona.
- Diagrama de análisis de procesos tipo material: Describe como se manipula el material.
- Diagrama de análisis de procesos tipo maquina: describe como se emplea la máquina para transformar la materia prima.

### **Beneficios**

- Facilita la obtención de una visión transparente del proceso, mejorando su comprensión.
- Facilita el estudio y aplicación de acciones para optimizar los tiempos.
- En la siguiente figura se indica un formato del diagrama de análisis de proceso.

Método actual:	<input type="checkbox"/>	<b>DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO</b>		
Método propuesto:	<input type="checkbox"/>			
SUJETO DEL DIAGRAMA:		FECHA: DIAGRAMA N°: HECHO POR: HOJA N°:		
DEPARTAMENTO:				
OPERARIO:				
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N°	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
			● → ■ ▽	
			○ ⇨ □ ▽	
			○ ⇨ □ ▽	
			○ ⇨ □ ▽	
			○ ⇨ □ ▽	
			○ ⇨ □ ▽	
<b>Resumen</b>				
		N°	Distancia (m)	Tiempo (seg)
Operación	●			
Transporte	→			
Inspección	■			
Demora	▽			
Almacenamiento	▽			
<b>Total</b>				
IMAGEN				

**Figura 10-2:** Formato diagrama de análisis de procesos.

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## CAPÍTULO III

### 3 MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque

**Cuantitativa:** la investigación cuantitativa es aquella que recoge y analiza datos obtenidos de distintas fuentes, implica el uso de herramientas matemáticas y estadísticas para obtener resultados (Fernández , et al, 2014).

El estudio se basará en el mejoramiento de la eficiencia productiva en la línea de confitería, se analizan los datos cuantitativos para la aplicación de fórmulas y su respectivo análisis.

**Cualitativa:** La investigación cualitativa permitirá comprender la realidad del proceso de fabricación de confites, permitiendo interpretar todas las anomalías y defectos existentes en la producción. La forma de recolectar los datos necesarios para el estudio será mediante la observación in situ, datos históricos de las fallas dentro del proceso.

La técnica cualitativa ayuda a obtener mayor confianza respecto al cambio que puede darse en el desarrollo de su trabajo. Pero también hay que considerar que el exceso de confianza tiende a afectar en el desempeño del trabajador.

#### 3.2 Tipo de investigación

**Descriptiva:** el estudio descriptivo permite desarrollar una imagen o fiel representación del fenómeno generado mediante sus características, su énfasis se basa en el estudio independiente de cada característica (Grajales, 2014).

A través de la investigación descriptiva se analiza e interpreta la situación actual de la producción de la línea de confites, que permitirá el desarrollo del objeto de estudio, identificando la eficiencia productiva. En el estudio propuesto se evalúa la realidad del proceso de fabricación de caramelos duros, y se propone soluciones que optimicen el sistema de producción que reduzcan tiempos muertos, mejore la forma de realizar las actividades operativas y así tener como resultado un incremento de la eficiencia productiva.

**Investigación de campo:** Tiene contacto directo con el personal operativo de toda la línea de producción, así como de cada una de las instalaciones, para la obtención de datos, el uso y verificación de instrumentos de apoyo que son utilizadas para el desarrollo del proceso.

Se obtuvo información de la cantidad del personal en cada área como de la maquinaria existente, tiempos por cada turno, cuellos de botella, anomalías frecuentes en proceso que no permiten alcanzar la metas propuestas, información relevante sobre paros no programados, denominados como críticos. (Grajales, 2014).

### 3.3 Plan de capacitación y recolección de datos

Como requisito previo necesario para aplicar AMFE y RCM en una empresa, es contar con el apoyo de la gerencia debido a que se realiza en horas de trabajo, por lo que implica cambios, se llega a conclusiones que requieren el apoyo de la dirección.

Lo primero que se hizo para la realización del trabajo es capacitar a la gerencia, jefe y supervisores del departamento de producción, de mantenimiento, y de calidad, con la finalidad de que los participantes conozcan el funcionamiento de la técnica de AMFE (Análisis de los Modos de Fallo y sus Efectos) y el RCM (análisis centrado en la confiabilidad), diagramas de flujo, plan de control, métodos de mejora como mantenimiento productivo total, metodología de las 5S's, etc., para posibilitar su implementación en la empresa dentro del marco de la planificación de la calidad y de la mejora continua, indicando cómo se aplicaría en el desarrollo de los procesos.

En segundo lugar, se consideró que para desarrollar el AMFE y RCM se requiere de un trabajo previo de recolección de información; en este caso el proceso consta con toda la documentación suficiente acerca de todos los elementos del proceso de producción que lo componen.

Para mayor comprensión se detalla en la siguiente tabla el plan de recolección de información.

**Tabla 1-3:** Plan de recolección de información

Ítems	Descripción
¿Por qué?	Para descubrir las anomalías que afectan a la eficiencia productiva del proceso de fabricación de confites
¿A qué área se aplica?	Se aplica al área de fabricación de caramelos duros
¿Dónde se obtendrá la información?	En el área de fabricación, de los operadores, técnicos, supervisores, archivos históricos, entre otros
¿Beneficios que obtendrá la Industria?	Mejoramiento de la eficiencia productiva, motivación del personal y compromiso, reducción de costos.
¿Sobre qué aspectos?	Análisis de fallas del proceso de producción y su incidencia en la eficiencia productiva.
¿Dónde se puede aplicar?	En todas las áreas
¿Quién lo Realiza?	Ing. Gabriela Bravo Medina
¿Quién lo ejecuta?	Ing. Gabriela Bravo Medina, personal operativo, supervisores.
¿Cuándo se aplica?	Desde Enero del 2019 hasta Agosto del 2020
Ubicación	Riobamba
¿Qué instrumentos se utiliza?	Check list, procedimientos, tarjetas, Análisis de causa raíz, Diagramas de flujo, diagrama de análisis de procesos, formato AMFE de procesos, indicadores de RCM, ERP etc.
¿En qué momento se utiliza?	Siempre. Durante y después de la implementación

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### **3.4 Diseño metodológico**

- **Definición de las metodologías**

Se definen las metodologías aplicadas para el diseño del proyecto de titulación y las técnicas utilizadas como refuerzo para complementarlas.

#### **Tipo de AMFE**

Se definirá el tipo de AMFE que se va a realizar en el trabajo. En este estudio se aplicará el AMFE de procesos, ya que se requiere diagnosticar el proceso que presenta desviaciones o variaciones sobre el estándar.

#### **Indicadores de RCM**

Se definen los indicadores a utilizar para medir la disponibilidad de los equipos que son: el tiempo medio entre falla y el tiempo medio de reparación.

#### **Pilares de TPM**

La metodología empleada para el planteamiento y estructuración del plan de implementación de AMFE y RCM está definido en los pilares de Mantenimiento productivo Total (TPM) que son mejoras enfocadas, mantenimiento autónomo, preventivo, anticipación a la falla, trabajos administrativos, capacitación y entrenamiento, basado en la metodología 5S's . TPM es una herramienta de Lean enfocada en la efectividad de los equipos. Esta metodología se basa en la mejora de la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones mediante la reducción de fallas y actividades de orden, limpieza, reajuste, inspecciones y lubricación.

#### **Filosofía Gemba**

La filosofía Gemba complementa a los otros métodos para que identifiquen y resuelvan cualquier inconveniente a través de la observación directa de los hechos y el uso de nuestros sentidos. En otras palabras, el Gemba son actitudes que facilitan la búsqueda de la causa raíz para dar solución a los problemas y posibles mejoras a través de la observación directa. Este método también nos dice que para resolver cualquiera de los problemas que existan, es necesario comprenderlos completamente, ir al lugar donde están ocurriendo, mejorar la visión del personal, sobre lo que realmente está sucediendo y luego trabajar en la solución.

- **Identificación y estudio de factores que se van a analizar**

Se estudiará el proceso de fabricación de caramelos duros de línea continua. Para cada área del proceso se definirá la materia prima, materiales y herramientas que se utiliza, la maquinaria con la que se trabaja, el número de operadores que conforman el proceso, el sistema de trabajo, la

función que cumple cada equipo, identificación de anomalías o posibles fallos que podrían suceder en cada uno de los equipos, tiempo de arranque. Se utilizará la técnica lluvia de ideas para facilitar la identificación de los posibles fallos.

- **Determinación de las desviaciones de cada etapa de la línea de producción**

Se determinará las fallas que podrían acontecer en cada una de las áreas definidas. La determinación de las fallas será basada en datos históricos de porcentajes de paradas emergenciales y en base a cartas máquina, es decir, operaciones que realizan los operarios en las máquinas para detectar anomalías.

- **Determinación de los modos potenciales de fallas**

Se analizará la manera en que el proceso pueda fallar, determinando el efecto de la falla potencial y de las posibles causas de los fallos.

- **Evaluación**

La información recolectada se evaluará mediante el análisis de las anomalías aplicando las metodologías AMFE y RCM, análisis de causa raíz, diagrama de análisis de procesos y auditorías.

- **Diseño**

Se diseña un modelo de mantenimiento productivo total basado en el análisis de las herramientas de AMFE y los indicadores de RCM.

Se diseña paso a paso un modelo de implementación de mantenimiento productivo total, basado en el análisis de la herramienta AMFE e indicadores de RCM (MTTR, MTBF). Las prácticas y herramientas específicas sirven como guía para:

- Administrar al personal (equipo autónomo)
- Administrar materiales y herramientas
- Garantizar la seguridad
- Organizar tareas
- Recolectar datos y dar seguimiento a la mejora del desempeño
- Definir estándares
- Documentar y difundir aprendizajes clave

### 3.5 Situación actual de la línea de producción de confites

#### 3.5.1 Análisis de la situación actual

Actualmente la Industria Confitera pertenece a la industria manufacturera de alimentos, cuya actividad principal es la producción, distribución y comercialización, importación y exportación de productos. La planta consta de varias líneas de producción; caramelos duros continúa, discontinua y chupetes.

#### 3.5.2 Descripción de los productos

La Industria confitera ofrece una gran variedad de confites que se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 2-3:** Productos de Industria Confitera.

Área	Productos
Confitería	<ul style="list-style-type: none"><li>• Caramelos surtidos</li><li>• Leche y Miel</li><li>• Menta Glacial</li><li>• Menta glacial Mix</li><li>• Moritas Rellenas</li><li>• Tamarindo Relleno</li><li>• Toffe Bambolina</li><li>• D'Leche &amp; miel</li><li>• Toffe Coco</li><li>• Toffes surtidos</li></ul>

Fuente: Industria confitera

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### 3.5.3 Equipos utilizados en cada etapa de fabricación de caramelos duros

**Tabla 3-3:** Equipos utilizados en cada subproceso

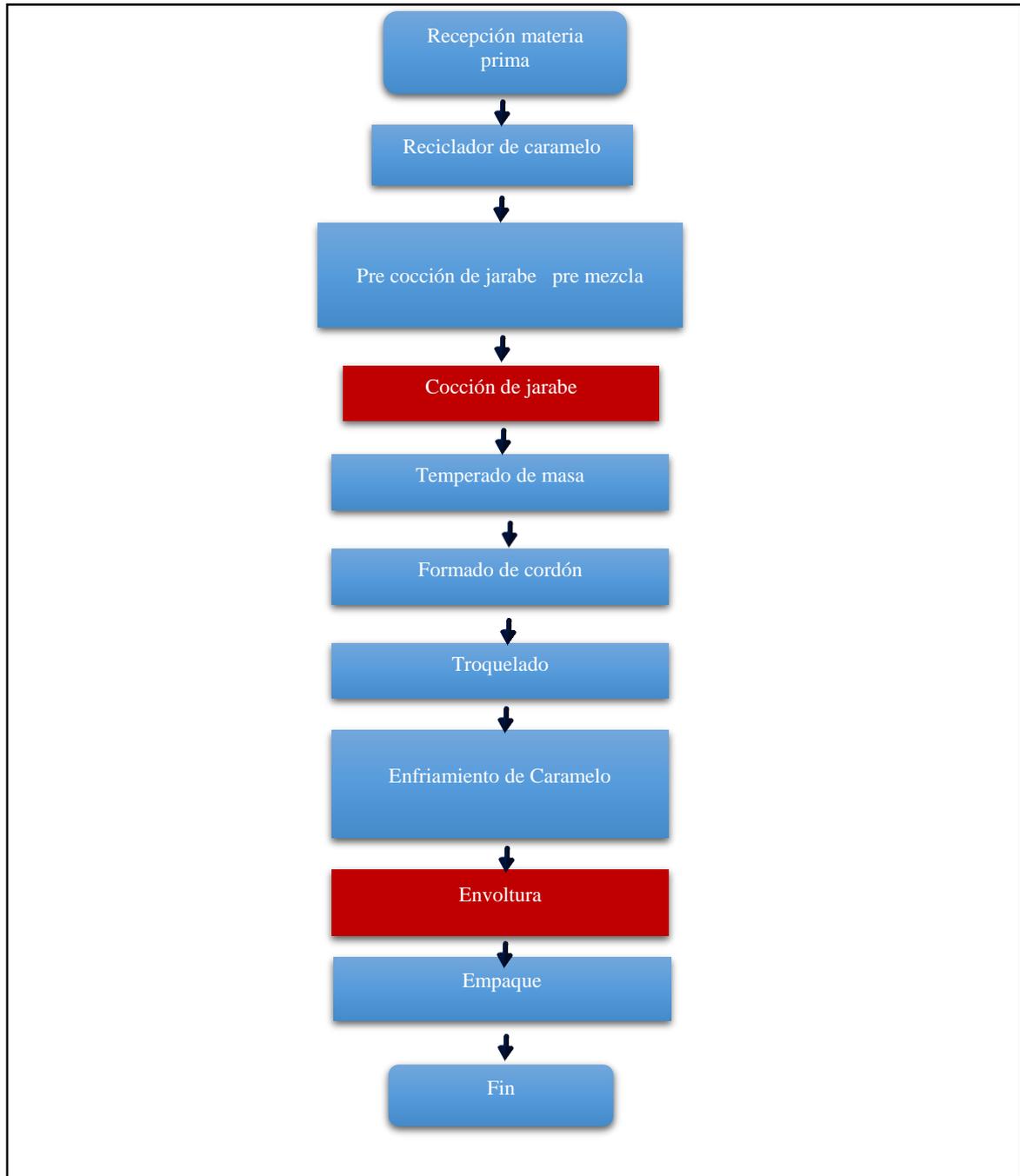
SUBPROCESO	EQUIPO
Preparación de jarabe	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tanque mezclador y agitador</li><li>• Tanque de homogenizador</li></ul>
Preparación de masa de caramelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• Cocinadores SOLVOMAT</li><li>• Cocinadores VACUM</li></ul>
Formado del caramelo	<ul style="list-style-type: none"><li>• 2 Bastoneadores</li><li>• 2 Egalizadores</li><li>• 2 túneles de frío para caramelos</li></ul>
Envoltura y empaçado	<ul style="list-style-type: none"><li>• Máquinas de envoltura (Menta Glacial y Boyita)</li><li>• Enfundadura Coalza</li></ul>

Fuente: Industria confitera

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.4 Descripción del proceso

A continuación se muestra un diagrama de flujo de proceso de fabricación de confites. El proceso de producción inicia desde el área de almacenamiento de la materia prima y termina en el área de producto terminado.



**Figura 1-3:** Diagrama del proceso de fabricación de confites

**Fuente:** Industria Confitera

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.4.1 *Producto caramelos duros*

#### **Etapa de Recepción de materias primas**

##### **Glucosa**

La recepción de Glucosa en la planta se la hace una vez por semana, dependiendo de la cantidad de líneas que estén programadas para producción, se receipta en cada descarga alrededor de 30 toneladas de Glucosa. La Glucosa es transportada por medio de tanqueros enchaquetados que le ayudan a mantener una temperatura adecuada para que pueda ser bombeada hacia los tanques de almacenamiento. La Glucosa llega en los tanqueros a una temperatura aproximada de 20°C Una vez que el tanquero llega a la fábrica este se conecta a la línea de vapor de la planta para que por medio de la chaqueta del tanque se eleve aún más la temperatura de la glucosa entre 50 a 60 °C y permitir una mejor fluidez de la misma.

Dentro de la fábrica la glucosa se almacena dentro de tanques. La planta cuenta con un tanque de almacenamiento de Glucosa que se encuentra a un costado del caldero y un tanque diario que sirva para abastecer los requerimientos diarios de la planta.

##### **Preparación de jarabe de caramelo:**

La preparación de jarabe de caramelo se hace a partir de la mezcla de agua, azúcar y glucosa en proporciones exactas según la receta.

La mezcla se prepara en un tanque mezclador, en el cual se van añadiendo uno por uno los ingredientes en cantidades exactas, mediante una celda de carga se censa el peso del ingrediente a la cantidad especificada. En este tanque se pre mezcla la masa a una temperatura aproximada de 60°C. Posteriormente la masa previamente mezclada se descarga en un tanque homogeneizador donde se eleva la temperatura de la masa a 80°C hasta 90°C.

##### **Tanque mezclador:**

Tanque de forma cuadrada construido en acero inoxidable con agitador para mezclado.

##### **Tanque homogeneizador:**

Tanque enchaquetado que utiliza como fluido de calentamiento vapor. Construido en acero inoxidable, el cual cuenta con un agitador para mantener en constante mezcla el jarabe.

##### **Preparación de masa de caramelo:**

Una vez que el proceso de homogenización ha culminado en el tanque homogeneizador la masa se conduce por medio de tuberías hacia los precocinadores SOLVOMAT, aquí la masa se calienta por medio de un serpentín (fluido de calentamiento vapor) y así se logra elevar la temperatura de

la masa hasta unos 105°C y así eliminar parte de la humedad de la masa.

Una vez que la masa alcanza esta temperatura es conducida por medio de bombas de pistón hacia los cocinadores VACUM, por medio de vapor y aquí se eleva la temperatura de la masa hasta llegar a los 147°C de temperatura. Mediante la aplicación de vacío, para lograr remover la humedad presente en la masa y obtener en la masa una humedad final de 2,5% para caramelos, lo cual es lo adecuado para así tener una óptima caramelización del azúcar de la masa y un producto de alta calidad. La cocción del caramelo se realiza en el vacum#1 (caramelos).

Una vez la masa de caramelo ha sido totalmente cocida se transporta en ollas de 40kg y 20kg de capacidad cada una pasa hacia el mezclador, en el cual se le adiciona el colorante y las esencias. Esta masa se deposita en la banda de temperado donde es esparcida sobre la superficie y una vez allí, se transporta hacia el área de formado.

### **Formado del caramelo:**

Una vez que la masa esta lista para ser trabajada comienza el proceso de formado del caramelo, el cual es un proceso en línea.

La masa preparada se coloca en los bastoneadores, que ayudan a darle forma de cordón cónico, y luego es llevada hacia el egalizador que consta de un juego de discos que ayudan a disminuir el diámetro del cordón del caramelo y así se le pueda dar la forma de soga con el diámetro requerido para poder troquelar el caramelo. A la salida del egalizador la masa entra en los troqueles de caramelos, allí se le da la forma final al caramelo con las dimensiones requeridas, de acuerdo a su variedad. Este caramelo troquelado pasa al túnel de enfriamiento para endurecer y mantener su forma de manera permanente. Para esto se incide aire frío sobre los caramelos, disminuyendo así su temperatura en un rango de 6°C a 15°C y así se endurecen.

A la salida de los túneles se obtienen como producto final los caramelos desnudos listos para ser envueltos. Estos se van acumulando en gavetas, que se organizan sobre pallets.

### **Envoltura y empaque:**

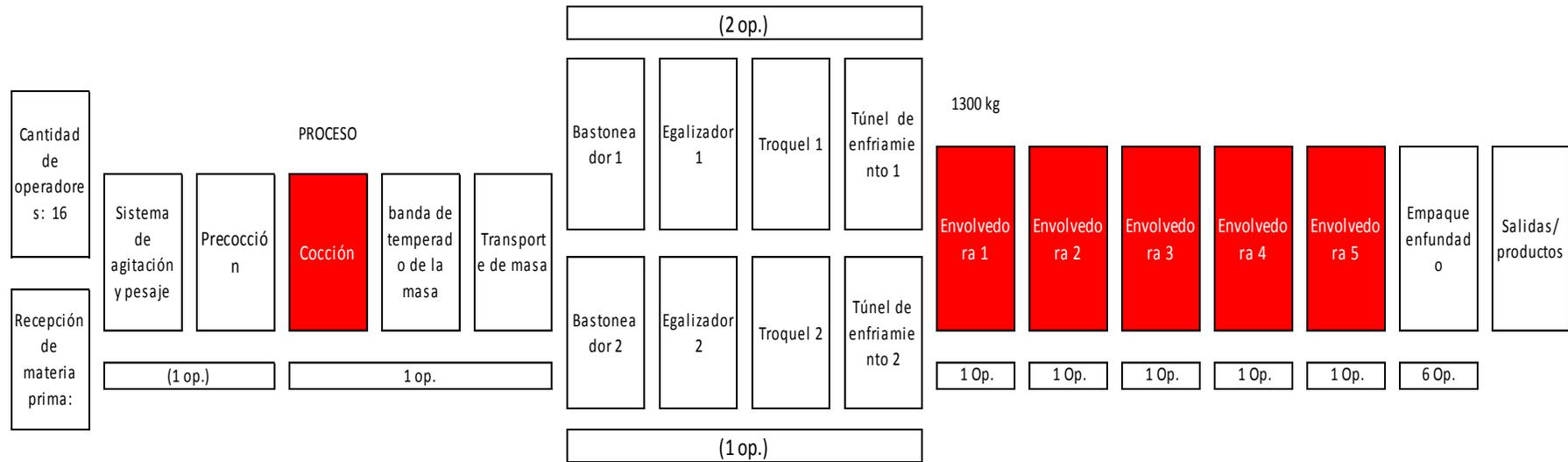
EL producto que ha sido recolectado en las gavetas se lo vacía en las bandejas de alimentación de las máquinas envolvedoras correspondientes. Estas máquinas se encargan de envolver de manera hermética el producto y así ofrecerle protección contra la humedad del ambiente.

El producto que ha sido envuelto en su empaque primario se aloja en fundas sobre pallets para esperar su posterior empaclado.

El empaclado de caramelos se los realiza según su variación, puede ser leche miel, menta glacial o caramelos surtidos. En el caso de ser caramelos surtidos las diferentes variedades de caramelos deberán ingresar previamente al mezclador de caramelos para poder hacer el surtido correspondiente.

#### *3.5.4.2 Línea de producción caramelos duros*

La línea de producción de caramelos duros actualmente consta de 22 equipos, con 16 operadores distribuidos en toda la línea. La parte de fabricación la componen seis equipos que son: el sistema de agitación y pesaje, precocinador, cocinador, banda de enfriamiento y bandas de transporte. La parte preparación de masa y formado consta de 8 equipos que son: bastoneadores, egalizadores, troqueladores y túneles de enfriamiento. La parte de envoltura se compone de 5 envolvedoras Flowpack y finalmente una empacadora. A continuación en la siguiente figura 2 – 4 se representa la distribución de la línea de producción de caramelos duros.



**Figura 2 – 3:** Área de la línea de producción de Confites

**Fuente:** Industria Confitera

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

En la figura 2-4 se representa la distribución de los equipos que conforman la línea continua de producción de caramelos duros. Los recuadros enmarcados representan los equipos donde se centrara el estudio de fallos y estrategias de mejora.

### 3.5.4.3 Cantidad retenida de producto

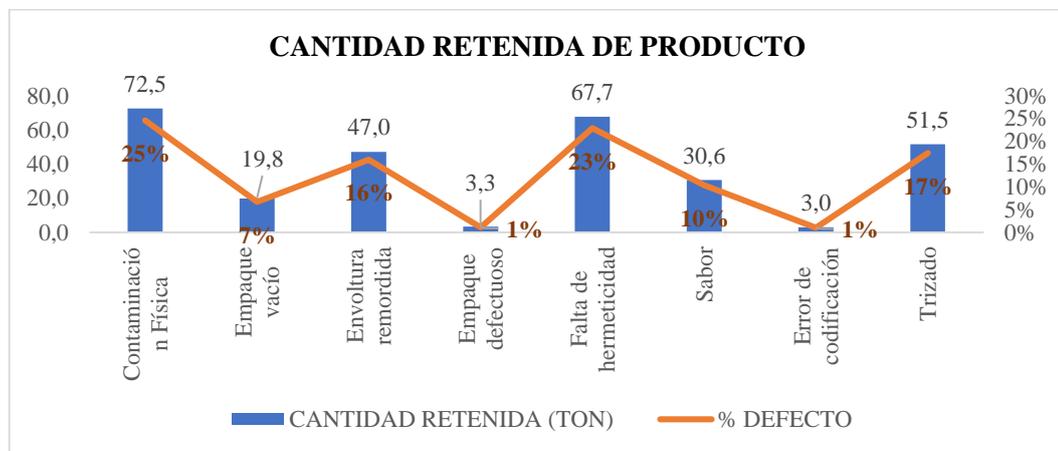
Las variaciones de los parámetros de trabajo de los equipos, fallos técnicos, errores de procedimiento, materia prima fuera de especificaciones son factores que se presentan frecuentemente durante los procesos de producción de confites y que repercuten en un alto volumen de productos defectuosos. A continuación se muestran los datos históricos del 2018, cuyos resultados indican la cantidad de producto no conforme durante este periodo.

**Tabla 4-3:** Cantidad retenida de producto defectuoso

TIPO DEFECTO	CANTIDAD RETENIDA (TON)	% DEFECTO
Contaminación Física	72.5	25%
Empaque vacío	19.8	7%
Envoltura remordida	47.0	16%
Empaque defectuoso	3.3	1%
Falta de hermeticidad	67.7	23%
Sabor	30.6	10%
Error de codificación	3.0	1%
Trizado	51.5	17%
Total general	295.5	100%

Fuente: Industria Confitera, 2018

Realizado Por: Bravo, Gabriela, 2019



**Gráfico 1-3:** Cantidad retenida de producto defectuoso

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Al analizar la gráfica sobre la situación actual de la línea de producción de caramelos duros, se determinó que la eficiencia real productiva es afectada por la gran cantidad de producto defectuoso que se destinan para reproceso, o para destrucción.

### 3.5.5 Control de horas de parada

En la línea de caramelos duros se evidencia una excesiva cantidad de horas de parada que han repercutido en la eficiencia productiva. En la tabla 4 – 4 se muestra las horas de parada, la producción planificada y total, y el tiempo disponible.

**Tabla 5 - 3:** Control de horas de parada y disponibilidad de la línea de producción.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic	Total
<b>Total horas programadas</b>	528	432	528	504	552	504	528	528	528	528	528	432	6120
<b>Toneladas producidas</b>	314.4	181	136.5	102.5	0	118	129	0	177	209	246	213	1826.4
<b>Toneladas propuestas</b>	331.2	185	138.5	95,0	0	159	200	0	174	185	287.4	212	1967.1
<b>Horas paradas/toneladas producidas</b>	0,10	0,39	0,30	0,21	0	1,28	1,60	0	0,27	0,29	0,10	0,11	0,383
<b>Horas de paradas</b>	258,78	82,38	51,08	35,08	0	166,86	247	0	69,0	78	40	46,33	1074,5

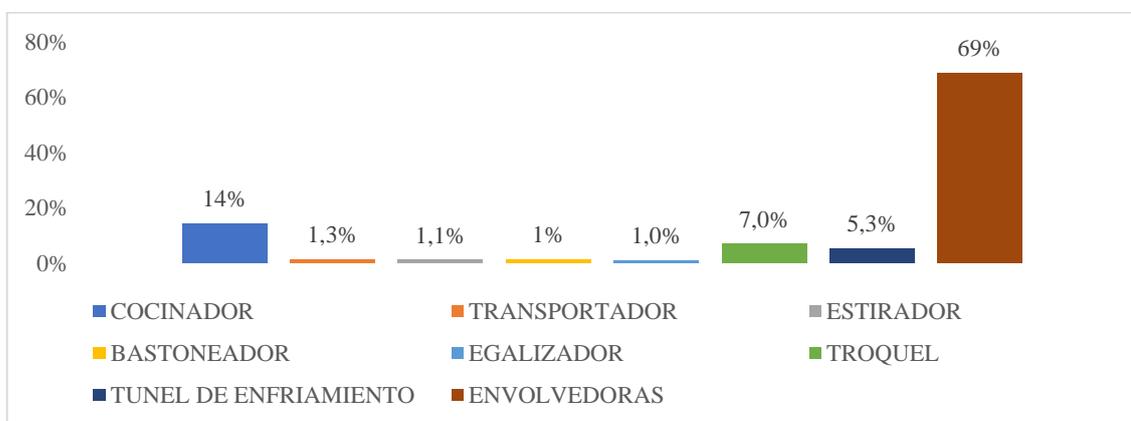
Fuente: Industria Confitera, 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La tabla muestra la producción planificada y la producción total. Aquí se considera la cantidad retenida de producto de un total de 1826,4 toneladas. Pero la producción real sin considerar este producto solo llegó a 1530.9 toneladas. Que en términos porcentuales solo se cumplió con el 78 % de la producción planificada.

#### 3.5.5.1 Horas de Paradas

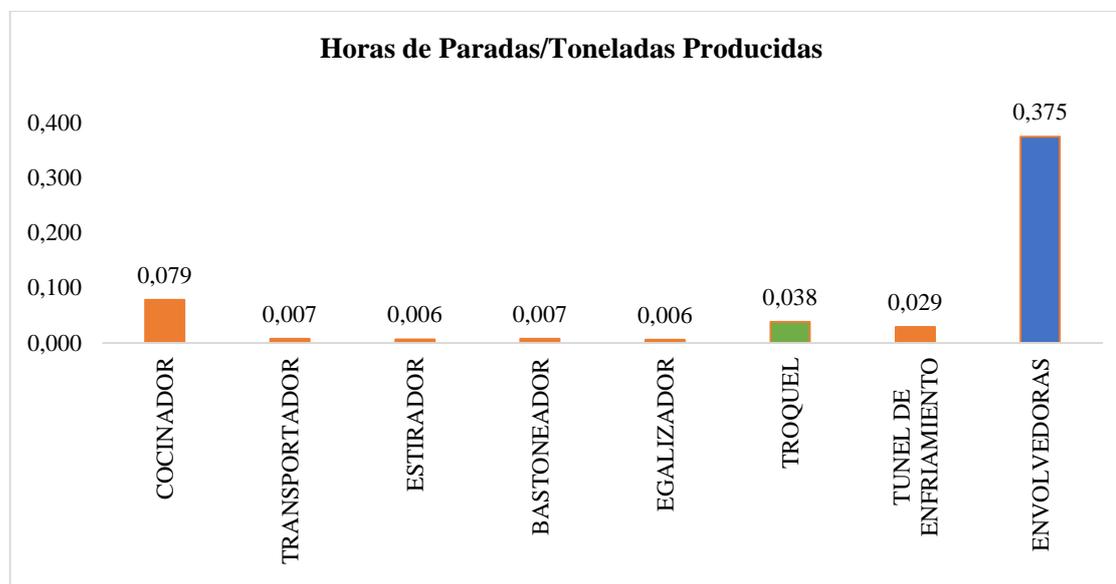
Al realizar un control de horas de parada, se determinaron los equipos que presentan mayor número de fallas en la línea de caramelos duros. Como se puede evidenciar en el gráfico 2 – 4 el cocinador y las envolvedoras representan un alto porcentaje de horas de paros no programados.



**Gráfico 2-3:** Porcentaje de horas de Paro no programados de la Línea de caramelos duros

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

En el gráfico 3 – 3 se realizó una relación entre las horas de parada y las toneladas planificadas en la línea de producción. Al analizar esta gráfica se determinó que existe una pérdida significativa en el proceso de producción de 0,5 Horas/Toneladas entre el cocinador y las envolvedoras, y de 0,1 horas/toneladas en el resto de los equipos.



**Gráfico 3 – 3:** Horas de Paradas/Toneladas Producidas Caramelo Continuo

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.6 Análisis de la frecuencia y/o modo de fallos

Para dar inicio a la propuesta de mejora mediante la metodología AMFE y el análisis centrado en la confiabilidad RCM, se realizó un análisis de la frecuencia de los modos de fallos identificados cada equipo de la línea de fabricación de caramelos duros. Además, se dio a conocer la disponibilidad general de los equipos. La información necesaria para el desarrollo de este punto, fue recolectada mediante el registro de las cartas máquina, registros de inspecciones operativas, check-list y el sistema de bases de datos de mantenimiento SAP. Los datos históricos seleccionados para el estudio inicial son del período 2018.

A medida que se fueron analizando los datos históricos, se determinó el tiempo de la falla o avería, el número de veces que se replicó la anomalía en el proceso. Estos datos fueron de suma importancia para determinar el estado actual de la línea de producción de caramelos duros. En los siguientes ítems se detalla en listas los hallazgos encontrados.

### 3.5.6.1 Cocinador

En la tabla 6 – 3, se detallan las fallas y modos presentados durante su etapa de funcionamiento.

**Tabla 6 – 3:** Fallas funcionales y/o modos de falla cocinador.

Cocinador		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
Falla en bomba de jarabe por trabamiento de engranes	7,50	2,00
Continua - fuga en bomba de vacío	8,30	3,00
Revisión de PLC y Reparación de pantalla mojada	0,50	1,00
Revisión de válvula de presión de vapor no regula	6,00	4,00
Cambio de bomba reparada, presenta fuga de jarabe	3,50	2,00
Deformación de cámara de vahoos	5,00	3,00
Válvula atascada en recirculación de jarabe	8,00	1,00
Desgaste en retenedor en tornillo sin fin	4,25	3,00
Banda metálica descentrada	3,00	1,00
Bomba de vacío no enciende	4,00	1,00
Cambio de bomba de agua	0,50	1,00
Cortocircuito en bomba dosificadores	5,00	2,00
Corrección de alarma en variador	7,00	4,00
Cambio de bomba por fuga	2,00	1,00
Rotura de cadena de transmisión	1,50	1,00
Falla de rodamiento de sinfín	4,50	2,00
Falla de válvula de seguridad	5,00	2,00
Trabamiento de mixer de masa	5,00	2,00
cambio de manguera metálica por rotura	40,00	3,00
Total	154,35	54,00

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.6.2 Troquelador

En la tabla 7-3, se detallan las fallas y modos presentados durante su etapa de funcionamiento.

**Tabla 7-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Troquelador

TROQUELADOR		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
Troquel Continua 1 – rotura de rodamientos de eje de rueda	12,00	2,00
Troquel Continua 1 - Falla eléctrica	5,00	3,00
Troquel Continua 1 – recalentamiento de motor de banda	7,00	5,00
Troquel Continua 1 - Falla mecánica en moldes	16,00	3,00
Troquel Continua 1 - Falla rodamientos banda distribuidor	6,00	3,00
Troquel Continua 1 – rotura en botador	8,00	1,00
Troquel Continua 1 - calibración troquel	5,00	2,00
Troquel Continua 1 - reparación de molde (palillos)	8,00	2,00
Calibración de dosificador de palitos	8,00	2,00
Total	75,00	23,00

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.6.3 Túnel de Enfriamiento

En la tabla 8-3, se detallan las fallas y modos presentados durante su etapa de funcionamiento.

**Tabla 8-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Túnel de enfriamiento

TÚNEL DE ENFRIAMIENTO		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
Problema eléctrico sistema de refrigeración	4	2
Rotura de banda transportadora	11	6
Presencia de condensado en túnel	4,5	3
No está bien direccionado el flujo de frio	9	3
rotura de cadena	14	3
descarrilamiento de cadena	8	2
limpieza sistema de frio	6	2
Total	56,5	21

**Fuente:** Industria Confitera, 2018

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.6.4 Envolvedoras

#### Envolvedora 1

En la tabla 9-3, se detallan las fallas y modos presentados durante su etapa de funcionamiento.

**Tabla 9-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 1

Envolvedoras		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
1 - Calibración de pinzas	14,00	1,00
1 - Rotura de banda de salida	4,00	1,00
1 - Cambio de cepillos	1,00	1,00
1 - Cambio de cauchos	49,00	2,00
1 - Cambio de rodamiento	2,00	1,00
1 - Falla mecánica	1,00	1,00
1 - Calibración de elevadores	0,00	0,00
1 - Falla en sensor eléctrico	2,00	1,00
1 - Daño del contra elevador	2,00	1,00
1 - Daño de rodillo arrastre papel	5,00	2,00
1 - Daño de motor de cepillo	2,00	1,00
1 - Daño de cuchilla	0,00	0,00

**Fuente:** Industria Confitera, 2018

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

## Envolvedora 2

**Tabla 10-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 2

Envolvedora DT1		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
21 – Rotura de pinzas	4,00	1,00
21 - Descalibración salida producto	3,00	2,00
21 - Daño motor del plato Falla mecánica	4,00	2,00
21 – Descalibración de pinzas	2,00	1,00
21 - Falla en sensor de bobina	0,00	0,00
21 - Falla eléctrico servomotor	3,50	2,00
21 - Falla en sistema de cuchillas	4,00	2,00
22 – Desajustes de rodillos de envoltura	4,00	2,00
22 - Rotura de contra elevador	8,00	1,00
22 – Desajuste en plato	3,00	1,00
22 - Descalibración de pinzas	3,00	1,00
22 – sobrecalentamiento de servomotor	120,00	1,00
22 – trabamiento de des bobinador	1,00	1,00

Fuente: Industria Confitera, 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## Envolvedora 3

**Tabla 11-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 3

Envolvedora 3		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
3 - Cambio control de temperatura	1,50	1,00
3 - Desajuste de tazas (rodillos de arrastre de papel)	0,30	1,00
3 – Trabamiento y recalentamiento de motor del plato	2,30	1,00
3 - Falla en foto centrado	19,50	4,00
3 – Resistencia de mordazas rota	5,30	2,00
3 – Desgaste en empujador de cadena	0,50	1,00
3 – Descalibración de mordazas de sellado	105,00	8,00
3 - Falla mecánica	1,30	1,00
3 – Descalibración de rodillos de envoltura	3,00	1,00
3 – Corto circuito de botón de emergencia	0,50	1,00
3 – Cepillos desgastados	1,00	1,00
3 - Cables sueltos en mordaza superior	3,50	3,00
3 – Desgaste de rodamientos de plato	5,50	2,00

Fuente: Industria Confitera, 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## Envolvedora 4 -1

**Tabla 12-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 4 -1

Envolvedora 4		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
4 1 – Descalibración de foto centrado	5,00	2,00
4 1 - Descalibración entre plato y cadena	245,00	2,00
4 1 - Variación temperatura en mordazas	15,50	4,00
4 1 – cortocircuito en resistencias	9,50	2,00
4 1 - Falla Foto centrado	8,00	2,00
4 1 - Falla mecánica	768,00	2,00
4 1 – Pernos desajustados	4,00	3,00
4 1 - Falla en tazas	3,50	2,00
4 1 - Cambio de termopila	4,50	3,00
4 1 - Colocación mecanismo regulador de largo de papel	3,00	1,00
4 1 - Calibración de cuchillas	4,50	2,00
4 1 - Revisión de motor de foto centrado	2,50	2,00
4 1 - Variación de temperatura por colectores sucios	3,50	3,00
4 1 – Guías de caramelo rotas y descalibradas	26,00	1,00
4 1 - Desalineación de cadena	3,50	1,00
4 1 - Descalibración de sellado de mordazas	528,00	5,00

Fuente: Industria Confitera, 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## Envolvedora 4-2

**Tabla 13-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 4-2

Envolvedoras		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
4 2 - Falla sensor del plato	3,00	1,00
4 2 - Descalibración de sellado de mordazas	2,00	2,00
4 2 - Falla de servo	141,00	5,00
4 2 – variación de temperatura de tazas	17,20	4,00
4 2 – Desalineación de cadena	1,80	2,00
4 2 – Desgaste en cuchillas de mordazas	2,50	1,00
4 2 - Cambio de dedo empujador	5,45	2,00
4 2 - Cambio de terminales mordaza y Calibración de rodillos de arrastre	3,00	2,00
4 2 - Cambio de resistencias	1,50	2,00
4 2 - Falla en aspiración envoltura	23,00	3,00
4 2 – Variación de temperatura por falta de limpieza en colectores	4,00	1,00
4 2 – Limalla y rotura en rodamientos	4,50	2,00
4 2 - Limpieza de carbones de colectores	2,50	2,00
4 2 - calibración de salida de producto	5,00	1,00

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## Envolvedora 5

**Tabla 14-3:** Fallas funcionales y/o modos de falla Envolvedora 5

Envolvedoras		
Fallas funcionales y/o modos de falla	Horas	Frecuencia
5 - Problemas con resistencia	6,00	3,00
5 - Problema en cadena de alimentación	5,50	3,00
5 - Falla termopilas rodillos de sellado	12,00	2,00
5 - Daño de mordaza	38,40	3,00
5 - pruebas con transformador	3,00	2,00
5 - cambio de terminales en termopar	8,00	3,00
5 - Variación de temperatura en mordazas	10,00	6,00
5 - Descalibración de rodillos de sellado	60,25	7,00
5 - Variación de temperatura	5,00	1,00
5 - Limpieza de colectores por falla de lectura	3,00	3,00
5 - Problema con servomotor	6,50	2,00
5 - Descalibración de mordazas	362,00	2,00
5 - Desajuste de terminales	3,50	2,00
5 - Problemas con termopilas	4,00	1,00
5 - Programación de pantalla	11,00	2,00
5 - Cambio de colector	2,00	1,00
Total	927,77	167,00

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

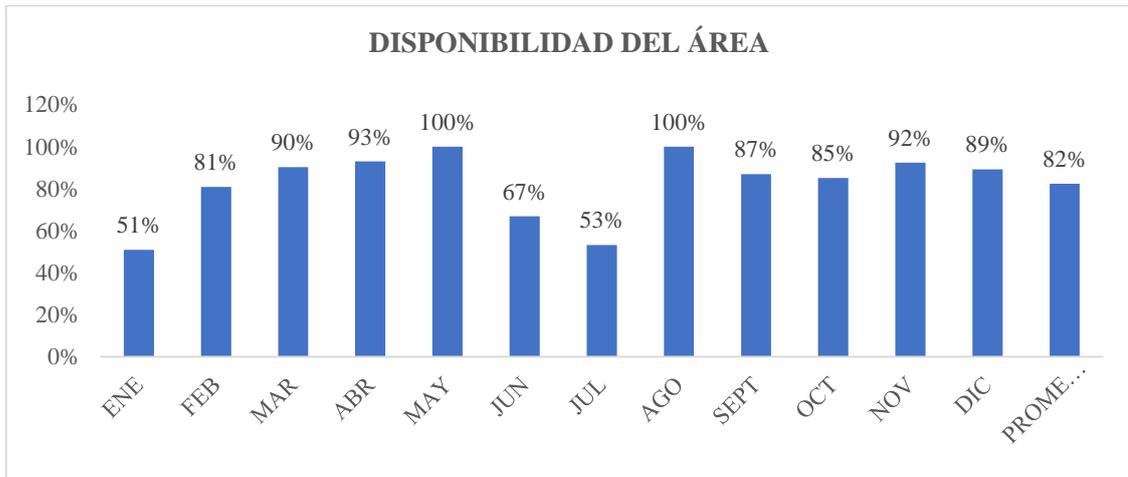
Desde la tabla 6-3 hasta la tabla 14 – 3 se realiza un análisis de la frecuencia de fallos y modo de fallos potenciales y las horas de paros no programados de la línea de fabricación de confites, que han repercutido en la disponibilidad de los equipos y han afectado en la eficiencia productiva.

La determinación de la frecuencia de paros no programados y tiempos muertos obtenidos, nos ayudó a definir los equipos que han estado afectando en el proceso de fabricación de caramelos duros. Por esta razón, nuestro estudio se centró desde estos equipos para la aplicación de las herramientas de análisis AMFE y RCM, para posteriormente proponer métodos de mejora.

### 3.5.6.5 Disponibilidad general de los equipos

El cálculo de disponibilidad que la Industria Confitera, ha estado manejando en el área de caramelos duros en el 2018 se encontraba en un 82% de su capacidad, principalmente este valor se mira afectado por las variaciones o desviaciones del sistema productivo y la acumulación de paradas no programadas en los equipos, que se encuentran al inicio y al final del proceso de producción.

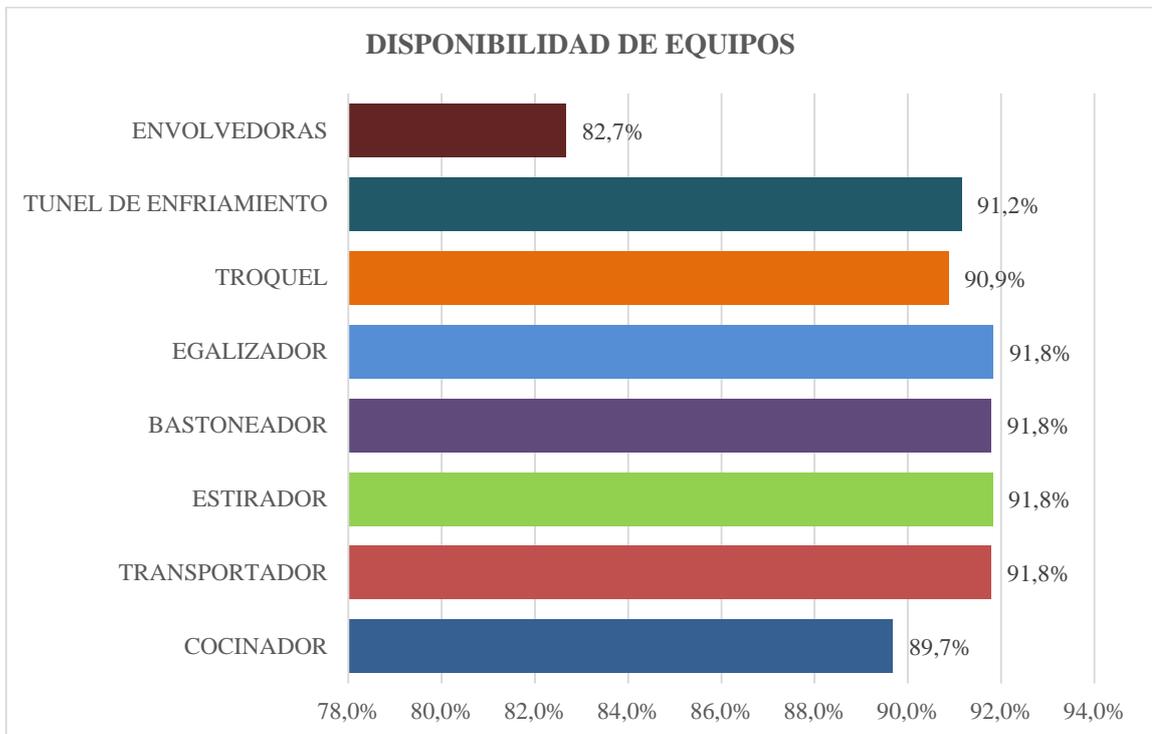
En el siguiente grafico 4 – 3 se presenta un promedio global de disponibilidad mensual de la línea.



**Gráfico 4-3:** Disponibilidad de área de Caramelo continuo

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La baja disponibilidad de los equipos, han generado la pérdida de la eficiencia y por ende una baja productividad. En el gráfico 5 – 3 se muestran los porcentajes promedios de disponibilidad anual de cada equipo del área de producción de caramelos duros. La industria confitera tiene definido una meta de cumplimiento del 95%, de los cuales las envolvedoras y el cocinador se encuentran en un 82,7% y 89,7% de disponibilidad.



**Gráfico 5-3:** Disponibilidad de los equipos línea de caramelos duros

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La investigación realizada en los datos históricos nos evidencia los puntos más críticos de la línea de fabricación de confites.

### ***3.5.7 Análisis de modo y efecto de falla (AMFE) en los equipos críticos de la línea de fabricación de caramelos duros.***

Con la finalidad de identificar las posibles fallas del sistema y sus efectos, se procedió a realizar un análisis de modos y efectos de fallas (AMFE) a los equipos que resultaron críticos, para ello se recopiló toda la información mencionada en los ítems anteriores.

En el **Anexo A** se muestran cuatro tablas de análisis de modos y efectos de fallas de los equipos críticos de la línea de fabricación de caramelos duros. Una vez que se concluyó con el análisis, se determinaron las fallas funcionales totales (parada total del equipo) como las fallas funcionales parciales (parada parcial o imposibilidad de cumplir un parámetro operacional).

En los subprocesos de cocción y envoltura; los componentes banda, bomba de jarabe, arropadores de masa, cadena de 4 hileras de transmisión, mixer, mordazas, guías, tazas (rodillos de arrastre de papel), cadena transporte de caramelo, resistencias y el plato de alimentación, son los elementos que acumulan la mayoría de puntos débiles del sistema, por lo tanto, el objetivo principal de las medidas de mejora es disminuir el nivel de criticidad con acciones correctivas.

El NPR acumulado de todas las causas de fallo potenciales es 5116. Este valor evidencia una gran acumulación de nivel de prioridad de riesgo para el proceso de fabricación de caramelos duros. Cabe indicar que todas las causas de fallos potenciales que obtuvieron un NPR alto en el análisis AMFE, fue la remordadura de envoltura con un valor de 256 debido a la solidificación de suciedad en las mordazas. Posteriormente se identificó una rotura de las chumaceras con un NPR de 224 por falta lubricación, otro modo de fallo que genera alto impacto es la caída del arropador sobre la masa obteniendo un NPR de 200 la causa fue por desajuste de los pernos. Estos valores de nivel de prioridad de riesgo evidencian la importancia realizar una limpieza, lubricación, reajuste e inspecciones periódicas por parte de los operadores.

Con la determinación de los modos de falla potencial con mayor nivel de criticidad se procedió a realizar un análisis de la causa raíz.

### ***3.5.8 Análisis de la causa raíz***

Una vez concluido con el análisis de modo y efecto de falla AMFE, se procedió a realizar un análisis de causa raíz de los fallos con mayor nivel de prioridad de riesgo NPR. El formato aplicado se puede visualizar en el figura 14 – 4. El objetivo de esta actividad fue detectar la causa principal del problema que afecta al proceso y posteriormente proponer medidas preventivas.

Tabla 15 – 3: Análisis de causa raíz

Análisis de anomalías críticas con mayor puntaje en AMFE										
ANÁLISIS DE FALLA (ADF)										
Área: Confitería			Máquina: COCINADOR			FECHA: 03/04/2019				
¿Qué pasó?					¿Quiénes Intervinieron?					
Elemento de la Máquina: <b>ARROPADOR</b>		Tipo de falla: <input type="checkbox"/> Puntual			¿Quiénes detectaron falla?		¿Quiénes atendieron falla?			
Problema: <b>Caída de arropador y pernos</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Repetitivo			Op. Equipo		Técnico mecánico			
¿Cómo se detectó el problema?					¿Cuánto duró?					
<input checked="" type="checkbox"/> Ruido <input checked="" type="checkbox"/> Vibración <input type="checkbox"/> Temperatura <input type="checkbox"/> Otros:		<input type="checkbox"/> Juego / Desgaste <input type="checkbox"/> Pérdidas / Fugas <input type="checkbox"/> Corrosión		<input checked="" type="checkbox"/> Alarmas <input type="checkbox"/> Suciedad <input type="checkbox"/> Fricción		FECHA: HORA:				
		Inicio del Fallo		1-jul		11:00				
		Puesta en Marcha		1-jul		16:00				
¿Cómo ocurrió el fallo?			¿Qué puntos se examinaron?		Resultado de lo examinado		¿Qué acciones se tomaron?			
Desajuste de pernos			Tornillos de arropador		Pernos desajustados		Ajuste de pernos			
¿Cómo crees que se podría evitar que vuelva a ocurrir?			Colocando tuercas de seguridad							
			Aumentando la frecuencia de revisión o inspección							
			Aplicando normas y procedimientos de ajuste de los elementos de sujeción							
¿Te ocurrió en otras oportunidades?			si		¿Con qué frecuencia?		Repetitiva			
¿Quiénes Analizan?			Gabriela Bravo				¿Cuándo se analiza			
			Supervisor		Técnico		3/4/2019			
Descripción del Fenómeno : 5W + 1H					Resumen del FENOMENO					
¿Qué?		Caída de arropador y pernos			Caída de pernos del arropador en la masa de caramelo que sale del cocinador causando contaminación de la materia prima, por falta de reajuste de los pernos durante el proceso fabricación de caramelos duros, lo detecta el operador aleatoriamente de manera visual al revizar la masa.					
¿Cuándo?		Durante el proceso								
¿Dónde?		En la masa de caramelo que sale del cocinador								
¿Quién?		Operador de turno								
¿Cuál?		Aleatoriamente								
¿Cómo?		desajuste de pernos de arropador								
BUSQUEDA DE LAS CAUSAS RAIZ										
1er ¿POR QUÉ ?		2do POR ¿QUÉ ?		3er POR ¿QUÉ ?		4to ¿POR QUÉ ?		5to ¿POR QUÉ ?		Causa Raíz
Falta de inspección en el cocinador		No existe un plan de inspecciones		porque no se ha creado una ruta de inspección		No se han creado checklist para inspección				No se han creado checklist para inspección del estado del equipo
falta de reajuste en pernos		no existe un plan de reajuste de los elementos del equipo		no existe existe frecuencia de reajuste		no existen procedimientos				no existen procedimiento de reajuste
ACCIONES PARA QUE NO VUELVA A OCURRIR										
¿Cómo ?		¿Cuál?			¿Quién?		¿Cuándo está previsto?			
Acciones inmediatas		solicitar información respecto a la frecuencia de reajuste			Gabriela Bravo		17/4/2019			
		Implementación de frecuencia de inspecciones			Planificador de Mantenimiento		17/4/2019			
		Implentacion de procedimientos de reajuste			Gabriela Bravo		18/4/2019			
Correcciones al diseño										
Capacitación (Documentos, actividades o modificaciones en el plan de capacitación)		Metodología 5 "S" y mantenimiento autónomo					18/4/2019			
Punto adicional ó modif. Inversiones / Proyectos		Estándar de Mant. Inspección de Mant.			Se agregara en el check list de mantenimiento mecánico de arranque		Gabriela Bravo			
		Se creará un plan de mantenimiento			Planificador de Mantenimiento					

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Una vez determinado la causas raíz del problema, se definieron las mejores medidas preventivas de acuerdo a la necesidad del sistema productivo. El formato aplicado para registrar las medidas tomadas, plan de acción y seguimiento se presenta en el **Anexo R**.

### 3.5.9 Indicadores de la metodología RCM situación actual

Para la verificación del estado actual del mantenimiento en la línea de fabricación de caramelos duros se presenta a continuación tres indicadores. Los cuales presentan el cálculo general anual de la línea de fabricación de caramelos duros.

Para la obtención de los indicadores se utilizó la tabla 16-3, que es un resumen de los datos de parada y número de fallas del proceso de fabricación.

**Tabla 16-3:** Resumen de frecuencia/horas de fallas y tiempo disponible.

SUBPROCESO/EQUIPO	Horas de Paradas	Numero de fallas	Tiempo de producción disponible
Cocinador	154,35	54,00	6120
Transportador	14,00	8,00	
Estirador	12,00	8,00	
Bastoneador	14,00	8,00	
Egalizador	11,00	8,00	
Troquel	75,00	23,00	
Túnel de enfriamiento	56,50	21,00	
Envolvedoras	737,67	167,00	
<b>Total</b>	<b>1074,52</b>	<b>297,00</b>	

Fuente: Industria confitera

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

#### Tiempo medio entre fallas (MTBF)

Es el tiempo promedio de un equipo que cumple su función sin interrupción

$$MTBF = \frac{\text{TIEMPO DE PRODUCCION}}{\text{TOTAL DE FALLAS}} (\text{HORA/FALLA})$$

$$MTBF = \frac{6120 - 1074,52}{297} (\text{HORA/FALLA})$$

$$MTBF = 16,99 (\text{HORA/FALLA})$$

#### Tiempo medio para reparar (MTTR)

Es el tiempo promedio que los equipos están siendo reparados por no estar en operación. Mientras menor sea este tiempo de reparación más eficiente es el proceso.

$$MTTR = \frac{\text{TIEMPO DE PARADA}}{\text{TOTAL DE FALLAS}} (\text{HORA/FALLA})$$

$$MTTR = \frac{1074,52}{297} (\text{HORA/FALLA})$$

$$MTTR = 3,62 (\text{HORA/FALLA})$$

## Disponibilidad

Es el grado que está operativo el equipo respecto al tiempo que debería estar operando

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}} (\%)$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{16,99}{16,99 + 3,62} (\%)$$

$$\text{DISPONIBILIDAD} = 82,4 (\%)$$

Los indicadores anteriores de la metodología RCM nos dan paso a conocer el panorama real del comportamiento operacional de la planta, sus equipos, sistemas y procesos.

### 3.5.10 Toneladas no producidas por equipo

En la tabla 17-3 se presenta un resumen de las toneladas no producidas por cada equipo en la línea de caramelos duros, debido a paros no programados y tiempos muertos ocurridos durante el procesos de producción en el año 2018.

**Tabla 17-3:** Toneladas no producidas por equipo anual.

Equipos	Horas de parada	Porcentaje de horas de parada	Toneladas no producidas
Cocinador	154.4	14.4%	20.21
Transportador	14.0	1.3%	1.83
Estirador	12.0	1.1%	1.57
Bastoneador	14.0	1.3%	1.83
Egalizador	11.0	1.0%	1.44
Troquel	75.0	7.0%	9.82
Túnel de enfriamiento	56.5	5.3%	7.40
Envolvedoras	737.7	68.7%	96.60
<b>Total de horas de parada</b>	<b>1074.5</b>	<b>Total no producido</b>	<b>140.70</b>

Fuente: Industria Confitera

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Esta tabla nos da a conocer que la mayor incidencia de paros producidos por fallas se ha dado en el Cocinador como en las envolvedoras, constando un porcentaje de 14,4% y 68,7%

respectivamente, el resto del tiempo desperdiciado por los equipos de la línea de fabricación es inferior, a diferencia de los equipos que se encuentran al inicio y al final del proceso de producción.

### ***3.5.11 ERP (Eficiencia real de la producción)***

En la actualidad la industria confitera requería de una herramienta para conocer la eficiencia obtenida frente a un proceso productivo. Por esta razón, se generó un indicador conocido como Eficiencia Real de Producción (ERP) o mejor conocido como eficiencia global de los equipos por sus siglas en inglés OEE, el cual se determina a través de la multiplicación entre el valor porcentual de tres elementos fundamentales existentes en la producción industrial, que son: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. (Montero et al, 2013).

En la **tabla 18-3** se presenta un plan de recolección de información para el cálculo del ERP, basada en 5 criterios: que, donde, cuando, cómo y por qué.

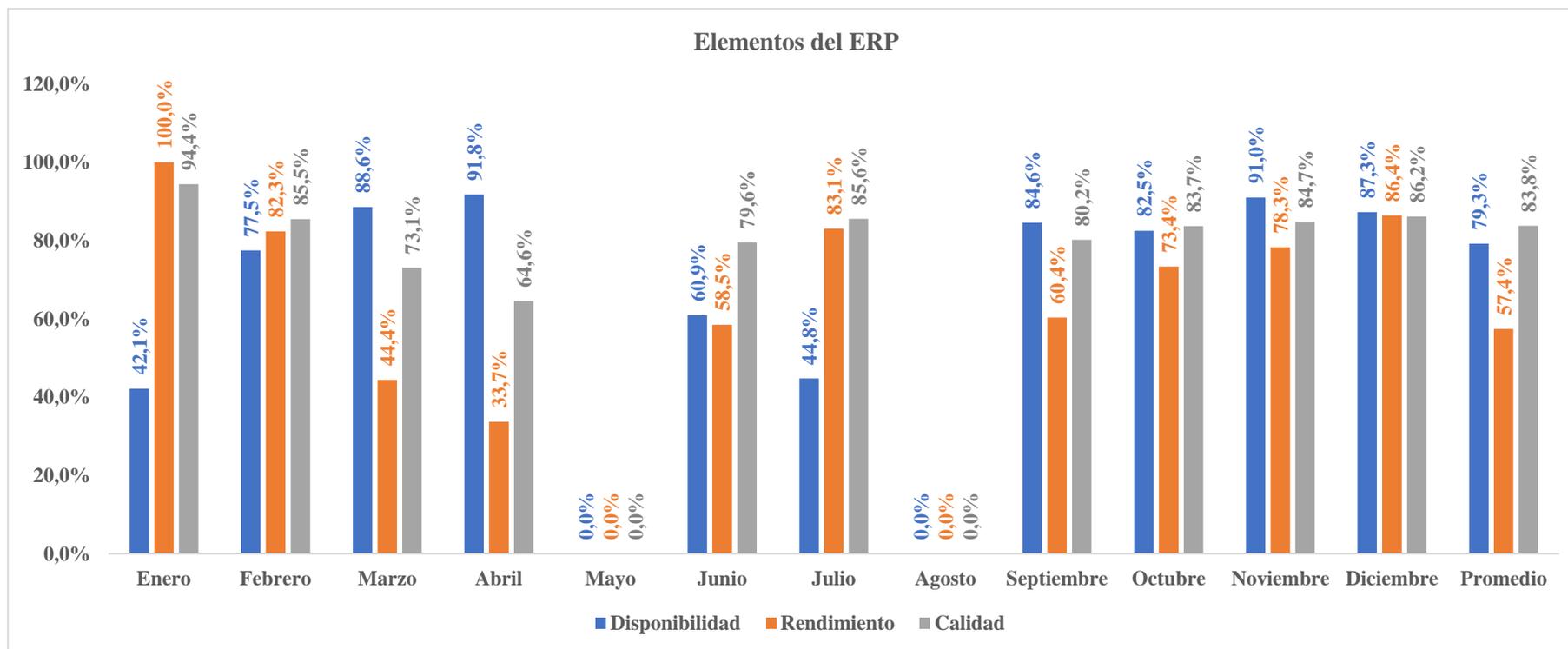
**Tabla 18-3:** Plan de recolección de información para el cálculo del ERP

QUÉ		DÓNDE	CUANDO	CÓMO		POR QUÉ	
Significado Operacional	Unidad de medida	Tipo de Data	¿Dónde recolectar?	¿Cuándo recolectar?	Método de observación	Método de recolección	¿Por qué recolectarlo?
ERP actual	Porcentaje	Continuo – Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Observación Directa	Registros Históricos	Permitirá comparar el ERP real de la línea con el actual
Tiempo programado para producción	Horas	Continuo – Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Observación Directa	Registros actuales de producción	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad del ERP
Tiempo de paras programadas	Horas	Continuo – Cuantitativo	Base de datos	Al inicio de la fase de medición	Observación Directa	Registros Históricos	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad y rendimiento del ERP
Tiempo de paras no programadas	Horas	Continuo – Cuantitativo	Líneas de producción	Al inicio de la fase de medición	Check list	Registros históricos y actuales	Permitirá el cálculo del factor de disponibilidad y rendimiento del ERP
Productos rechazados	Toneladas	Continuo – Cuantitativo	Línea de proceso	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de productos no conformes	Permitirá el cálculo del factor de calidad del ERP
Productos producidos	Toneladas	Continuo - Cuantitativo	Línea de proceso	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de producción mensual	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del ERP
Producción teóricos	Tons/horas	Continuo - Cuantitativo	Línea de proceso	Al inicio de la fase de medición	Observación directa	Registros Históricos	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del ERP
Producción real	Tons/hora	Continuo - Cuantitativo	Línea de proceso	Al inicio de la fase de medición	Observación directa	Toma de datos	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del ERP
Plan de producción	Ton por producto	Continuo - Cuantitativo	Línea de proceso	Al inicio de la fase de medición	Correo electrónico	Reporte de planificación mensual de la producción	Permitirá el cálculo del factor de rendimiento del ERP

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Una vez cumplido correctamente el plan de recolección de información se calculo la eficiencia real de la producción. Ver **Anexo S**.

En el siguiente grafico se expone los resultados de los elementos de los que depende la eficiencia real de la producción.



**Gráfico 6-3:** Calculo de la disponibilidad, rendimiento y calidad los equipos 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

En el gráfico 6 – 3 se puede observar el comportamiento mensual de los elementos del ERP, con un promedio porcentual general para la disponibilidad, rendimiento y calidad de 79%, 57% y 83% respectivamente.

### 3.5.11.1 Estándares de medición para eficiencia real de la producción

La medición de la eficiencia permite conocer el desempeño del proceso e identificar oportunidades de mejora de los componentes o elementos críticos de la producción y de los mantenimientos que se realizan a los equipos, mediante la comparación de variables con un nivel de referencia, que sirven como indicador. A continuación en la siguiente tabla se presenta la escala valorativa.

**Tabla 19 – 3:** Estándares de medición para eficiencia real de producción

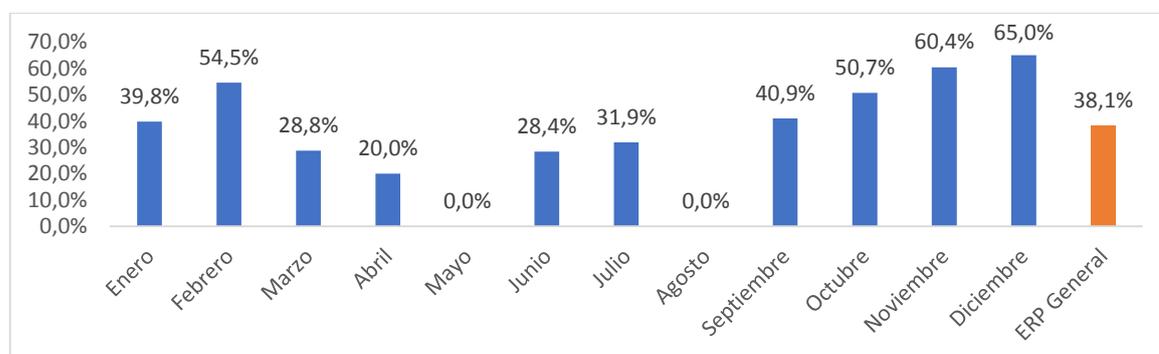
% ERP	Calificación	Avance hacia clase mundial	Competitividad
ERP < 65%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas	Muy baja competitividad
65% < ERP < 75%	Regular	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas	Baja Competitividad
75% < ERP < 85%	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85%. Ligeras pérdidas económicas	Competitividad ligeramente baja
84% < ERP < 95%	Buena	Entra en valores clase mundial	Buena competitividad
ERP > 95%	Excelencia	Valores clase mundial	Excelente competitividad

Fuente: (Montero et., al 2013)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

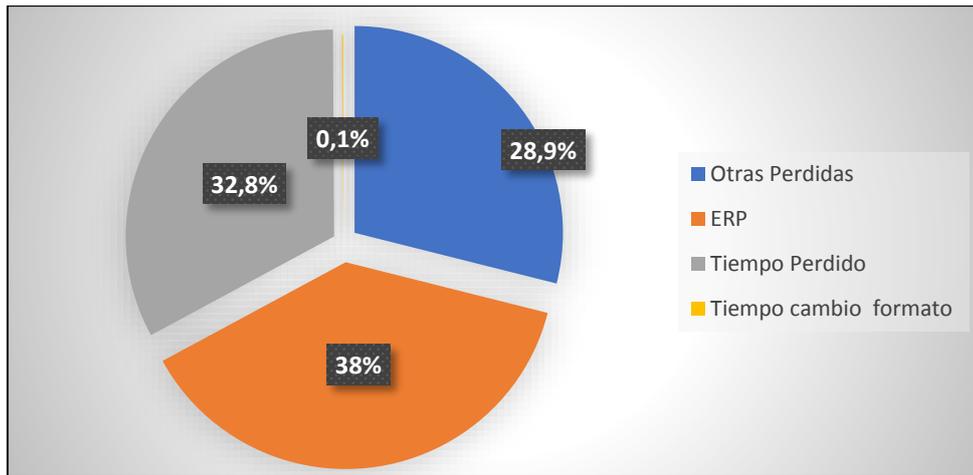
Considerando los resultados a través de la aplicación de la fórmula se obtiene un total de 38.1% de la eficiencia real de la producción o eficiencia global de los equipos, según los rangos expuestos en la **tabla 19-3**, el resultado se encuentra por debajo del 65%, es decir, se obtiene una calificación Inaceptable, por lo cual se producen importantes pérdidas económicas en el proceso y se considera que la línea de producción es de muy baja competitividad.

En resumen en los siguientes gráficos se puede apreciar el resultado del ERP y sus pérdidas



**Gráfico 7-3:** Resultados mensuales de ERP

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**Gráfico 8-3:** Resultados Global del ERP y sus pérdidas

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.5.12 *Análisis e interpretación de los datos*

El historial del proceso de fabricación de confitería muestra un gran número de paradas no planificadas, tiempos muertos, producción rechazada y una baja eficiencia, por fallos en los equipos.

Luego de haber indagado en la información histórica disponible del proceso de fabricación de caramelos duros, con la aplicación de las herramienta AMFE, RCM, la eficiencia real de la producción, y las diferentes técnicas de análisis, se determinó que la mejor propuesta para mejorar la eficiencia productiva es la implementación de Mantenimiento productivo Total, poniendo énfasis en mantenimiento autónomo, actividades mantenimiento preventivo, anticipación a la falla y mejoras enfocadas, fundamentado en las 5S's.

La propuesta se centró mediante el análisis de causa raíz de las casusas de fallo potenciales con alto nivel de prioridad de riesgo. El análisis mostro que las acciones necesarias para mejorar la eficiencia, es necesario implementar estándares en actividades operativas como: limpieza, lubricación preventiva, reajuste e inspecciones que permitan anticiparse a la falla. Estas actividades definidas en el plan de acciones concuerdan el método sugerido.

Por lo tanto, la implementación de las acciones de mejora propuestas reducirá el indicador de la herramienta AMFE y RCM. También la mayor parte de los modos de fallo críticos pasaran a tener su nivel de prioridad de riesgo (NPR) inferior a 100, tras la ejecución de las mejoras definidas en el siguiente capítulo.

### **3.6 Implementación piloto del mantenimiento productivo total en la línea de fabricación de caramelos duros**

#### ***3.6.1 Diseño del sistema de Mantenimiento productivo Total***

El Mantenimiento productivo total, involucra a los operadores y supervisores con el área de Mantenimiento, para que trabajen conjuntamente con la Producción, con la finalidad de enfocar a los técnicos de mantenimiento en tareas más complejas, predictivas, pruebas de equipos, rediseños, etc. Que permitan disminuir los mantenimientos correctivos y lograr anticiparse a las fallas que interrumpen la producción.

Cabe recalcar que antes la parte operativa no realizaba ninguna actividad de mantenimiento, por esta razón TPM es la metodología adecuada para eliminar esta brecha y lograr que los operadores se adueñen de sus equipos y se hagan cargo del mantenimiento básico, ya que son ellos quienes pasan mayor parte de su tiempo en el equipo, por lo tanto, son aptos para detectar tempranamente cualquier anomalía que se presente.

Las actividades básicas de mantenimiento preventivo que va a realizar el operador de manera autónoma son: Limpieza del equipo y área intervenida, inspecciones con relatos de anomalías o anomalías que permitan anticiparse a la falla o avería, reajustes de piezas móviles con pequeñas reparaciones y lubricación de mecanismos del equipo, que permitan mantenerlo en condiciones óptimas de operación.

Para poder implementar las actividades de mantenimiento autónomo es de esencial importancia la aplicación de las 5S's en toda el área productiva, capacitación y entrenamiento a todo el personal.

##### ***3.6.1.1 Línea base o situación actual de TPM***

El primer paso para la implementación es realizar una auditoría para conocer si actualmente se realiza alguna actividad de mantenimiento y como se realiza en caso de ser así. También es importante evaluar al personal para determinar si ellos están partiendo de cero o ya tienen algún conocimiento de las actividades que forman parte de TPM (Mantenimiento productivo total).

La línea base hace referencia a la situación actual de las actividades de mantenimiento básico que se apliquen, por tanto se debe evaluar lo siguiente:

### **Línea base de limpieza.**

Para determinar la situación actual, en cuanto a las actividades de limpieza se identificó lo siguiente:

- Método actual de limpieza.- El método aplicado de limpieza varía de acuerdo al tipo equipo.
- Equipos críticos de limpieza. Son equipos en los que hay que respetar el tipo de limpieza (húmeda, semi-húmeda, en seco), se genera daños en elementos eléctricos de los equipos por no respetar el tipo de limpieza.
- Procedimientos de limpieza. Actualmente no existen procedimientos de limpieza.
- Tiempos aplicados y personal requerido para la tarea. El operador del equipo es el que realiza la limpieza y no se tienen tiempos estandarizados, los tiempos dependen de la habilidad del operador.
- Plan de limpieza actual. Si existe un plan de limpieza donde se detallan las frecuencias y tipo de limpieza para cada equipo.
- Los indicadores de cumplimiento de limpieza. No se determinan indicadores de cumplimiento. Calidad revisa el equipo y libera para los arranques.

### **Línea base de inspecciones operativas**

- Reporte de anomalías detectadas. No se reporta anomalías en los equipos, el operador solo reporta cuando ya ha ocurrido la avería, no hay un control y seguimiento de corrección de anomalías reportadas por el operador.
- Checklist operativos. Los operadores actualmente no realizan inspecciones en los arranques, debido a que no cuentan con checklist (listas de verificación).
- Tiempo necesario para la ejecución. No existen registros de tiempo de ejecución de inspecciones.
- Plan de inspecciones. No se dispone de un plan de inspección de los equipos.
- Cumplimiento de inspecciones. Tampoco cuenta con indicadores de cumplimiento de inspecciones con checklist.

**Línea base de lubricación.** Para determinar la situación actual se identificó lo siguiente:

- Identificación de equipos y puntos de lubricación. Los puntos de lubricación de los equipos no se encuentran registrados en ningún documento, ni tampoco están identificados los puntos críticos, que son los que tienen contacto directo con el alimento. Por tanto, se deberá realizar

un levantamiento de todos los puntos, tomando como base el listado de todos los equipos de la línea, que será de ayuda para identificar los puntos.

- Método de lubricación. Solo se realiza en los puntos más críticos y visibles. Se utiliza el método de lubricación manual dirigido a rodamientos, cadenas, engranes y chumaceras, entre otros puntos, el cual consiste en reponer grasa periódicamente mediante una pistola o bomba engrasadora. No se ha definido una grasa para cada punto, se utiliza cualquier grasa que se disponga en ese momento.
- Lubricantes utilizados. Se utilizan una variedad de lubricantes, que no están identificados en ningún documento y que tampoco cuentan con las fichas técnicas y hojas seguridad MSDS.
- Almacenamiento y control de contaminación de los lubricantes. No se dispone de un sitio para almacenamiento de lubricantes.
- Análisis de rutas, tiempos aplicados y personal requerido para la tarea. No se han estandarizado tiempos para la lubricación, la lubricación es realizada por los técnicos de mantenimiento, no la realizan los operadores.
- Revisión de procedimientos y cartas de lubricación. No se han elaborado procedimientos, existen cartas de lubricación pero con información incompleta y errónea, por tanto se requiere crear los procedimientos y actualizar las cartas de lubricación.
- Nivel de conocimiento de los operadores y supervisores. Los operadores no conocen de la actividad, ya que nunca la han realizado. Se requiere realizar capacitaciones y entrenamiento en sitio.
- Plan de lubricación. Actualmente no existe un plan de lubricación con frecuencias definidas de todos los puntos de los equipos. En el plan de mantenimiento preventivo solo se dispone cambio de aceite de cajas reductoras y uno que otro punto crítico de lubricación.
- Cumplimiento de lubricación. No se maneja ningún control de cumplimiento de las actividades de lubricación. Por tanto, no hay un indicador de esta actividad.

**Tabla 20-3:** Calificación de Auditoría del Programa de Lubricación de la Planta

Calificación	Porcentaje
<b>Sobresaliente</b>	Del 93% a 100%
<b>Excelente</b>	84 a 92%:
<b>Buena</b>	75% a 83%:
<b>Regular</b>	67% a 74%:
<b>Débil</b>	60% a 66%:
<b>Pobre</b>	59% o menos

Fuente: (Widman International SRL, 2019)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Al aplicar el formato especificado en el **Anexo B** para evaluar el programa de lubricación se obtuvo una calificación:  $6/28 * 100\% = 21\%$ , esto significa que la lubricación en el área de fabricación de caramelos duros es pobre actualmente en la planta. Por lo tanto, es recomendable realizar cambios significativos, para disminuir paros por desgastes de piezas mecánicas.

#### **Línea base de reajustes de piezas móviles y control de pernería en equipos**

- Se debe realizar un inventario de pernos en los equipos
- No existe control de pernos faltantes, aislados, rotos o defectuosos, esto afecta a la calidad del producto.
- Se requiere determinar pernos expuestos a vibración y alta presión, en contacto con el producto.
- Identificación de pernos que retirar para desarmar piezas en la limpieza. Reducir cantidad de pernos.
- Identificación y registro de pernos que pueden contaminar el producto en caso de aflojarse.
- Procedimientos de reajustes
- Organizador de herramientas, al alcance del operador.
- Revisión y seguimiento de reapriete de pernos y piezas móviles.
- Formato de control de pernos

### 3.6.1.2 Proyección y modelo de implementación

Mediante la aplicación de mantenimiento autónomo, actividades preventivas, mejoras enfocadas, anticipación a la falla con capacitación y entrenamiento, se logra reducir las paradas, además de lograr que los operarios se involucren en el mantenimiento del equipo.

Por otro lado, el trabajo administrativo es importante para llevar a cabo toda la documentación necesaria de esta implementación.

La implementación de este proyecto está proyectado hacia la línea de fabricación de caramelos duros, donde se pretende mejorar su eficiencia mediante tres etapas.

- **La primera etapa es la limpieza inicial**

En este punto se analiza los focos donde se puede generar la contaminación. Esta etapa es de vital importancia para el instructor de mantenimiento, ya que debe orientar a los operadores, respecto a las actividades que debe realizar al momento de su intervención y hacer un reconocimiento de los elementos del equipo y puntos cables que se deben revisar durante la limpieza.

- **La segunda etapa es la inspección general del equipo**

En este punto es necesario instruir al operador sobre el funcionamiento correcto de los elementos que componen el equipo, y también capacitar sobre cómo realizar los chequeos con las listas de verificación, para que de esta manera realicen inspecciones correctas y puedan detectar cualquier anomalía que se genere, con la finalidad de que reporten al departamento de mantenimiento y se realice el seguimiento de corrección. Esto permite anticiparse a la falla o avería, puesto que mantiene alerta al operador y al técnico.

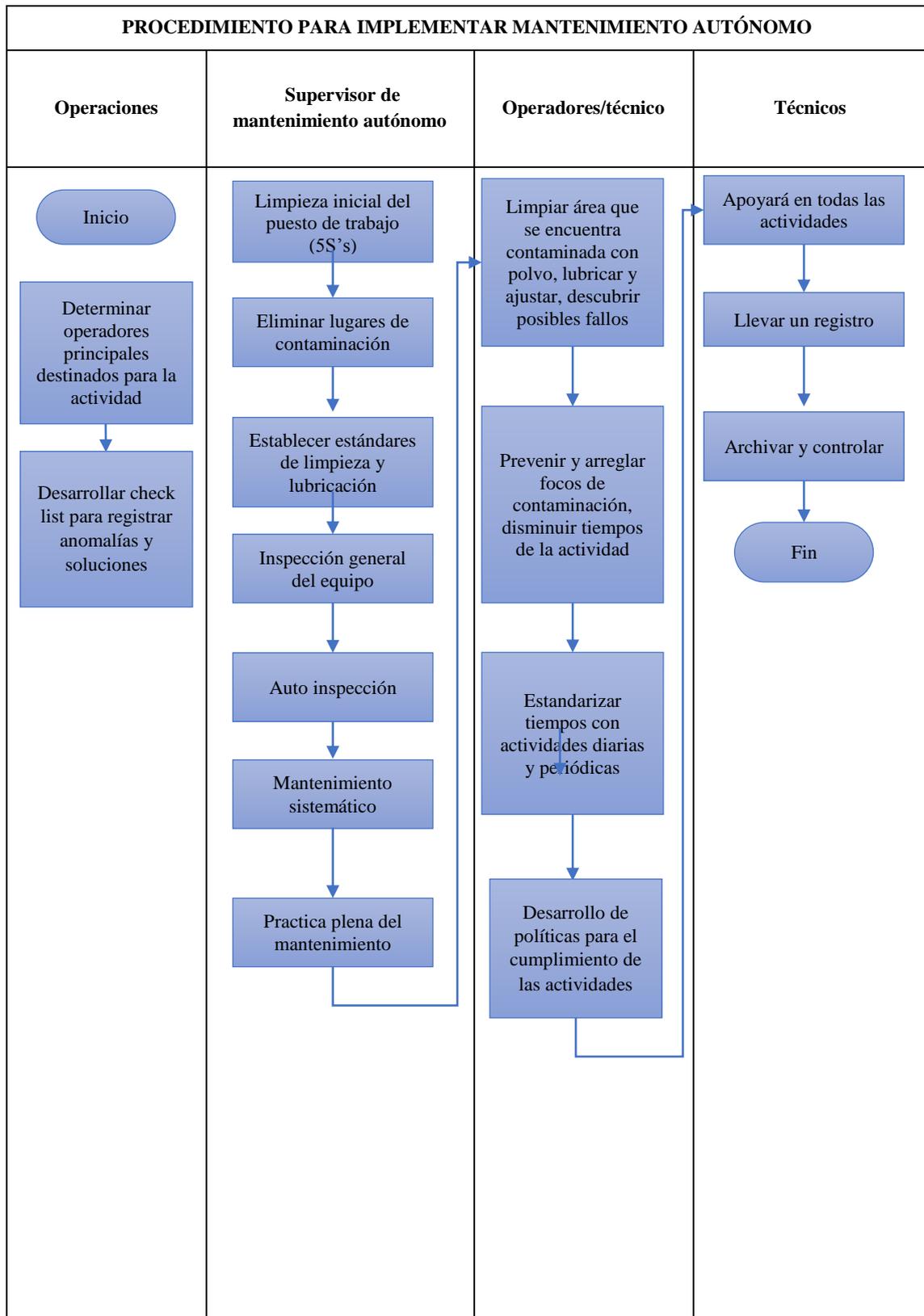
- **Tercera etapa es la autogestión de la implementación**

En la tercera etapa se debe realizar una autogestión donde se aplica dos de las 5S's: Seiri y Seiton (Seleccionar para eliminar y organizar).

Con la implantación de estas etapas el operador será capaz de intervenir en cualquier falla menor que aparezcan en los procesos, cabe indicar que al suscitarse una falla crítica el departamento de mantenimiento será quien intervenga.

En la siguiente tabla se presenta el procedimiento de implementación de mantenimiento autónomo dentro de la planta de fabricación de caramelos.

**Tabla 21-3:** Procedimiento para implementar mantenimiento autónomo

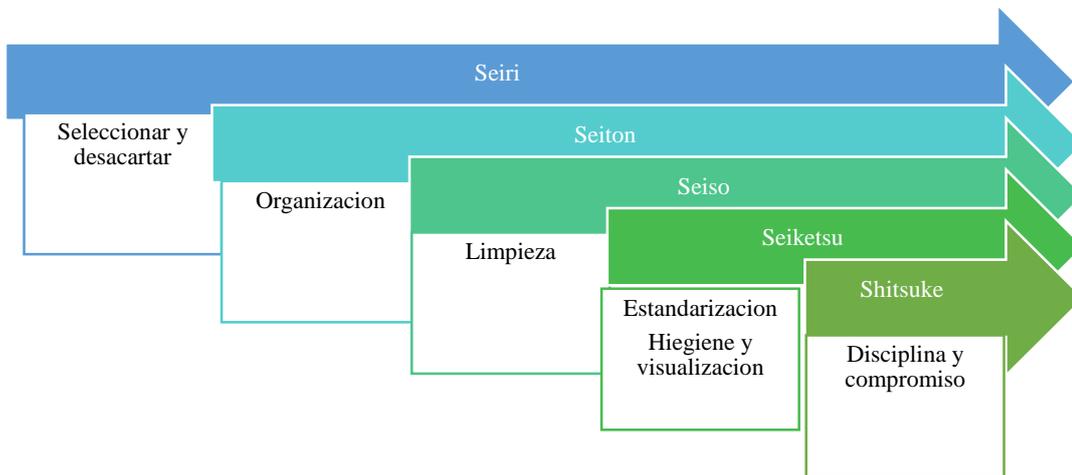


Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.6.1.3 Implementación de las 5S's como base de apoyo en la eliminación de las seis grandes pérdidas.

Estas pérdidas son las causas más comunes de la disminución de la eficiencia en la producción, por esta razón el TPM y el ERP son los encargados de reducirlas.

Una vez realizado un análisis de la situación actual de la línea de fabricación de caramelos duros, se determinó que la eficiencia de los equipos se encontraba en un 39 %, debido a la ineficiencia en las actividades de limpieza, lubricación y a la falta de reajustes e inspecciones, así como también la gran cantidad de tiempo que se ocupa en la ejecución, es necesario que todo el personal que es seleccionado para el equipo de trabajo de mantenimiento autónomo tenga los conocimientos necesarios sobre la maquinaria utilizada en el proceso de producción de caramelos. La metodología de las 5S's pasa usualmente desapercibida por las personas, sin embargo, una planta limpia y segura permite orientar a la industria hacia las siguientes metas:



**Figura 3-3:** Estrategia de las 5S' s

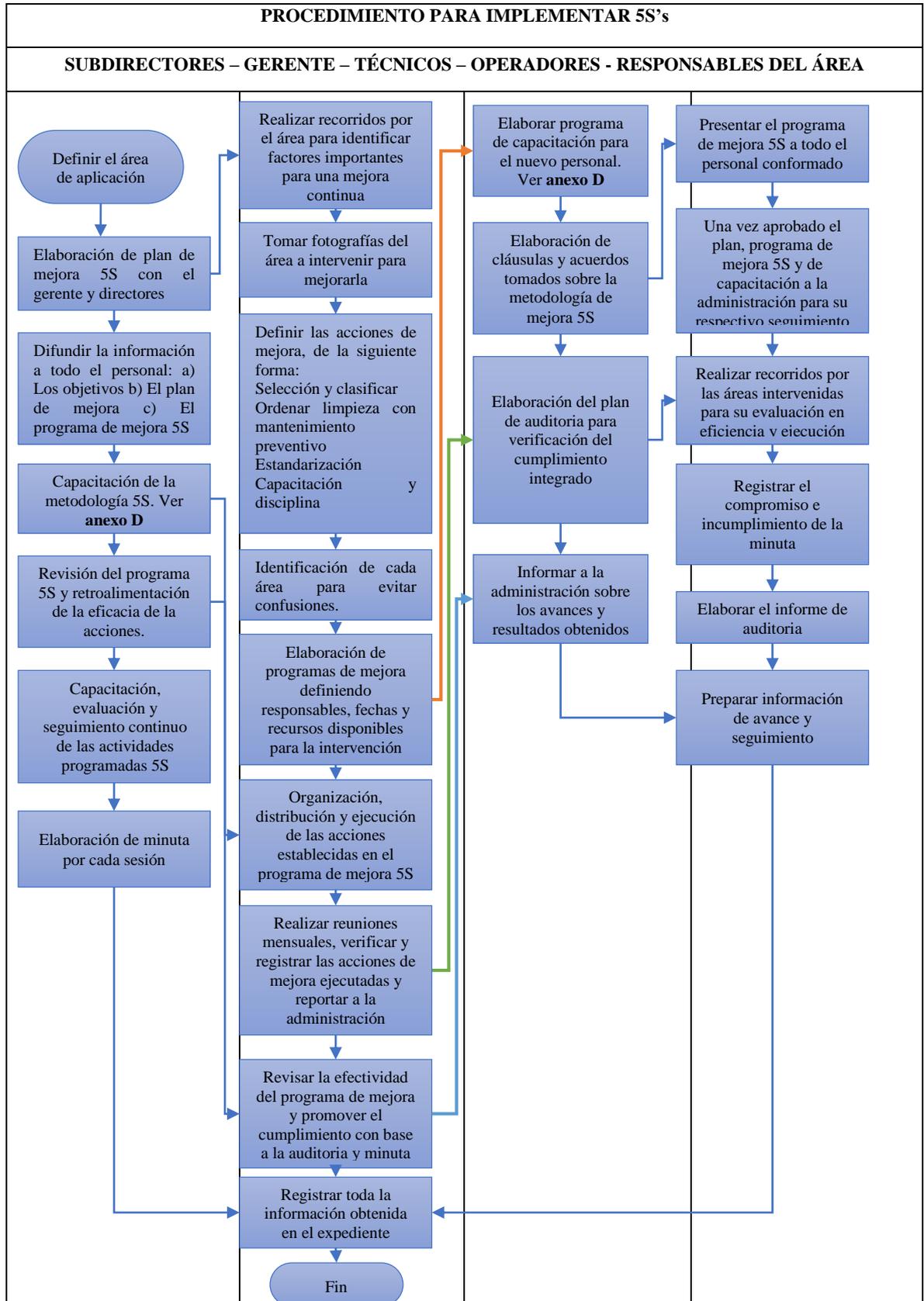
**Fuente:** (Castelo Vega, 2017)

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Como punto inicial para dar paso a la implementación de la metodología 5S's se realizó una evaluación utilizando el formato del **Anexo C**. Donde se obtuvo una valorización del 37 %, que define como regular la situación de la metodología en la planta de confitería, el cual es el punto de partida

## Procedimiento de implementación

Tabla 22 –3: Procedimiento de implementación de la metodología de las 5S's



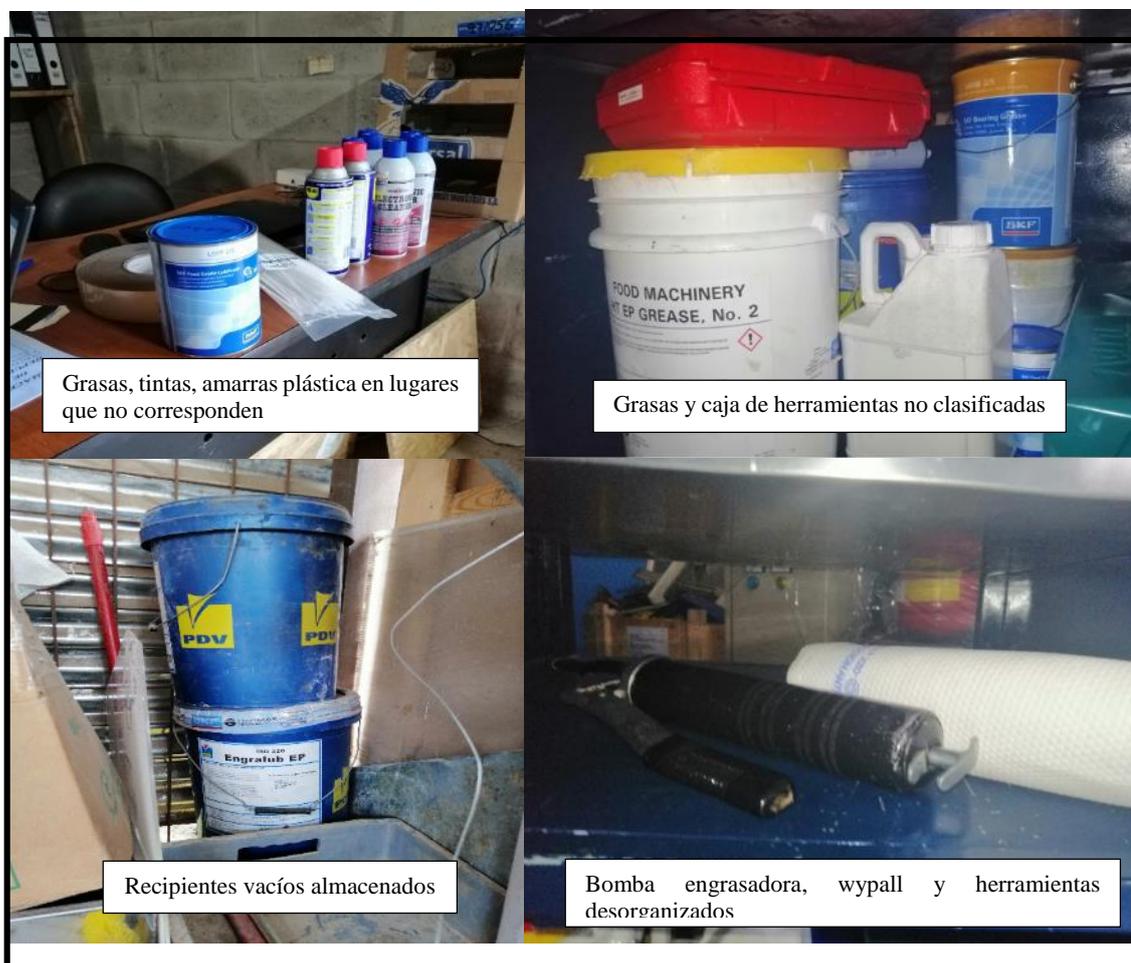
Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

A continuación se detalla el proceso de aplicación de la metodología de las 5S's

### Selección y eliminación (SEIRI)

En primera instancia se evaluó todas las herramientas, equipos y accesorios que se encontraban en la línea de caramelos duros, con el objeto de buscar los necesarios. Para una correcta ejecución del trabajo en el área, por este motivo se elimina o se mueve las herramientas innecesarias, los elementos obsoletos y útiles que no se utilizaran, para la selección se utilizó uno de los métodos más habituales que son el uso de las tarjetas rojas y verdes, aquí se registran todos los elementos del área de trabajo.

En las siguientes figuras se evidencia el estado inicial de la línea de fabricación de caramelos duros.

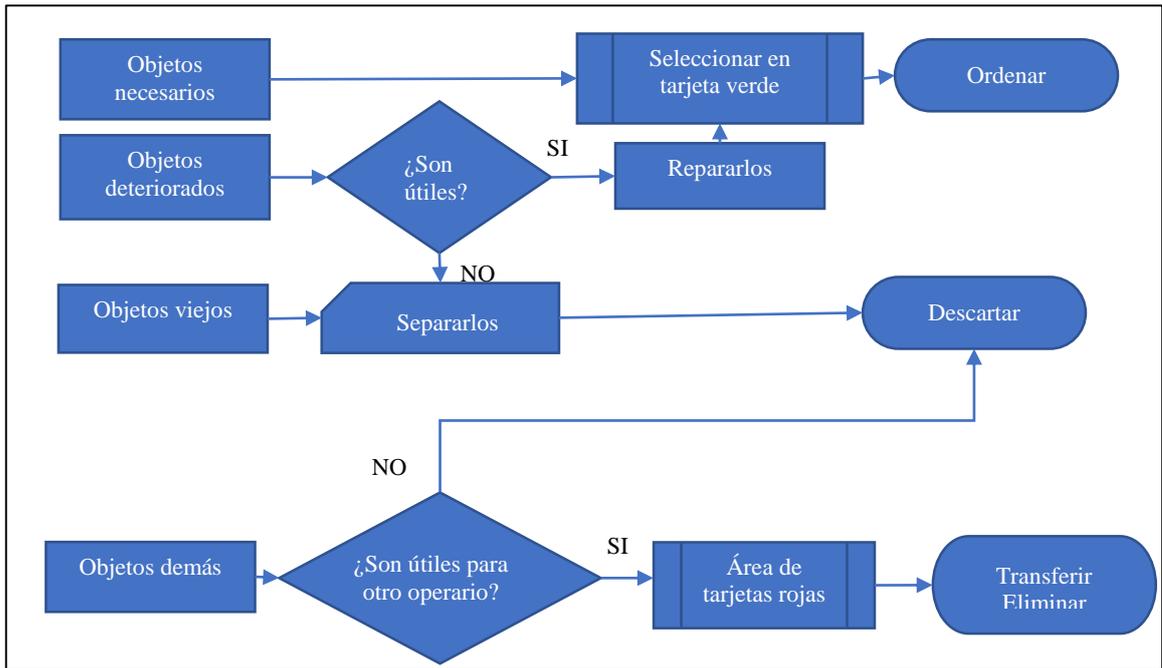


**Figura 4-3:** Bodega de Mantenimiento

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Los beneficios de realizar esta actividad, es poder contar con un área segura y con un mayor espacio, además mejorar el control del inventario y evitar gastos innecesarios, ya que se conservan las herramientas. Para lograr estas metas se utiliza un diagrama de flujo para la clasificación de los equipos, materiales, herramientas, entre otros.

La figura 5-3, muestra un diagrama de flujo para la clasificación de elementos necesarios e innecesarios.



**Figura 5-3:** Diagrama de flujo para la clasificación de los elementos

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Además, la figura 6 – 3, muestra un modelo de tarjeta roja para clasificar los elementos innecesarios en el área de trabajo y la verde para la clasificación de los necesarios. Esta clasificación permitirá que todo el personal evalúe su lugar de trabajo y así solo queden con los elementos necesarios para sus actividades.

Tarjeta de clasificación		Tarjeta de clasificación	
5 S		5 S	
Nº:	Fecha:	Nº:	Fecha:
Area:	Nombre del elemento:	Area:	Nombre del elemento:
Linea:	Cantidad:	Linea:	Cantidad:
Disposición		Disposición	
Transferir :		Frecuencis:	
Eliminar:		Tiempo de uso:	
Inspeccionar:		Inspeccionar:	
Observaciones:		Observaciones:	

**Figura 6-3:** Tarjetas para clasificación

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Luego de identificar los elementos innecesarios, se debe completar el formato que se muestra en la tabla 23 – 3. Donde se registran todos los elementos necesarios en el puesto de trabajo.

**Tabla 23 – 3:** Formato para registrar de elementos innecesarios (Tarjeta roja)

Código:		Industria confitera								
		Área de confitería								
Lista de elementos innecesarios										
N°	Fecha	Puesto de trabajo	Operario	Elemento	Cantidad	Localización	Acción a tomar			Observaciones
							T	E	I	
							T	E	I	
T: Transferir			E: Eliminar			I: Inspeccionar				
Revisado por:		_____								

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Una vez completado y analizado todos los elementos de tabla anterior se separaron los objetos de las tarjetas rojas y se colocaron en las tarjetas verdes, considerando la frecuencia la cantidad y tiempo de utilización, del mismo modo se realizó un resumen utilizando la tabla 5-5.

**Tabla 24-3:** Formato para el registrar de elementos necesarios (Tarjeta Verde)

Código:		Industria confitera									
		Área de confitería									
Lista de elementos innecesarios											
N°	Fecha	Puesto de trabajo	Operario	Elemento	Cantidad	Localización	C	L	T	F	Observaciones
C: Cantidad			L: Localización			T: Tiempo de uso			F: Frecuencia		
Revisado por:		_____									

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

El motivo de realizar esta lista es para desarrollar una clasificación documentada, y para que sirva de sustento ante la gerencia. Siendo los responsables de verificar que los elementos que se determinaron como innecesarios sean los correctos.

Después del análisis, el siguiente paso fue decidir qué hacer con todas los elementos necesarios e innecesarios. Para esto se delimito una zona de almacenamiento siguiendo el siguiente proceso:

- Los elementos que fueron etiquetas con las tarjetas verdes permanecerán en el área de trabajo para su posterior reorganización en el desarrollo de la segunda S's.
- Los elementos con una tarjeta roja se trasladan a un área de almacenamiento.
- Se decidió que todos los responsables de las distintas áreas deberán realizar una visita al área de almacenamiento para revisar posibles elementos que hubieran adquirido algún tipo de

utilidad por alguna modificación de algún equipo o proceso. En ese caso, se retiraría de las lista de los elementos innecesarios y se colocaría dentro del área correspondiente.

### **Capacitación**

Para la planificación de la primera S's (SEIRI) se consideró los siguientes aspectos tales como:

- Las tarjetas serán de fácil comprensión y utilización.
- Determinación de recursos necesarios para la aplicación de la primera S's.
- Designación de las tareas

Jefe de producción como el analista de mantenimiento: estarán encargados de dar seguimiento al cumplimiento de las actividades.

Operadores: ayudaran con la selección de los elementos

- Selección y adecuación del área donde se ubicaran las tarjetas como los elementos escogidos.

Para que las tarjetas rojas y verdes estén al alcance de los operadores se dispuso de un dispensador que esta junto a la puerta de ingreso del área de confitería.

Para los elementos seleccionados se delimito un área de 12 metros de largo por 2,5 metros de ancho que está ubicado dentro de la planta junto al área de confitería, en la figura 5-5 se detalla el área.



**Figura 7-3:** Área de Almacenamiento herramientas

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Los operadores y supervisores de producción como de mantenimiento deberán ser subjetivos al momento de decidir qué hacer con los materiales y herramientas.

### **Organización y orden del área (SEITON)**

Una vez seleccionados y clasificados todos los artículos necesarios o innecesarios se procedió a su respectiva organización en el área de trabajo como de almacenamiento. Las dos primeras S están totalmente ligadas al momento de su aplicación.

Mientras se realice una buena clasificación mediante la utilización de las tarjetas rojas y verdes, la organización no será muy complicada, en caso de existir varios elementos que se utilicen dentro del lugar de trabajo se recomienda realizar un seguimiento y de tal modo, que se plantee nuevas estrategias de decisión.

Mientras se realizaba la organización se detectaron muchas herramientas que no disponían de una ubicación específica, por tanto se decidió en colocar una vitrina de herramientas y de suministros. De esta forma el operador puede identificar todas las herramientas necesarias para realizar su trabajo de manera eficiente. En la figura 8-3 se indica cómo se encontraban las herramientas inicialmente. Esto provocaba que las herramientas se pierdan y también generaba desorden en el puesto de trabajo, que atentaba contra la seguridad de los operadores.



**Figura 8-3:** Herramientas en el área de trabajo línea de caramelos duros

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Una vez determinado en la planta la cantidad exacta de las herramientas existentes como las que es necesario adquirir, se encargó al departamento de producción que realice el papeleo necesario para la adquisición de los anaqueles necesarios para su organización. Además se decidió que todos los elementos existentes deben contar con su codificación correspondiente para un adecuado control de existencias. Ver tabla 6-5 formato para el inventario de los elementos.

**Tabla 25-3:** Formato para el inventario de herramientas, piezas, equipos de trabajo

<b>Código:</b>				
<b>Industria confitera</b>				
Área de confitería				
<b>Código</b>	<b>Área</b>	<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Fecha:</b>				
<b>Elaborado por:</b>				
<b>Aprobado por:</b>				
<b>Observaciones:</b>				

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

El resultado de este primer orden convenció ligeramente a todos los operarios como a la gerencia, supervisores, porque de esta forma se logró reducir la pérdida de herramientas, el tiempo de selección de las herramientas, igualmente permitió detectar la inexistencia de herramientas indispensables para algunas actividades, también mejoró considerablemente la eficiencia del trabajo de los operarios, finalmente se logró que el operario razone sobre cómo podía trabajar antes con tanta desorganización comparado con lo que se implementó.



**Figura 9-3:** Anaquel organizador de herramientas

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

La organización de las herramientas fue muy efectivo, para el desarrollo de las actividades. Del mismo se organizó la bodega de almacenamiento con los lubricantes y recipientes de aceites necesarios para cada equipo. En la siguiente figura se puede apreciar uno de los estantes.



**Figura 10-3:** Estante para lubricantes

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

### **Evaluación**

La evaluación fue esencial y crítica en este punto, porque nos permitió saber el alcance del método implementado, por tanto se consideró lo siguiente para su seguimiento:

- La evaluación se realizará por lo menos una vez al mes: mediante la verificación de los materiales de trabajo que se encuentren agrupados de acuerdo a sus características.
- Se decidió implementar un buzón de sugerencias

### **Limpieza del área (SEISO)**

Una vez eliminado todo lo innecesario y organizado lo necesario, las zonas de trabajo quedaron listas para aplicar la tercera S's (limpieza).

Al aplicar la metodología de las 5S's se consideró que la limpieza es uno de los pasos más importantes cuando se implementa, porque nos ayuda a inspeccionar y a conocer detalladamente el área y los equipos, con el objetivo de mantenerlos en perfectas condiciones en el transcurso del tiempo, y así evitar fallas, desperfectos, demoras, etc.

Al momento de la realización de las actividades de limpieza se consideraron todos los elementos que forman parte de los equipos como del área, lo cual es muy importante porque nos ayudó a visualizar los lugares de difícil acceso.

Cuando se aplicó la tercera S's se comprendió que no solamente se trataba de que un lugar este limpio, si no que se debe mantener en condiciones esenciales el entorno de trabajo para un mejor

desenvolvimiento. La actividad de limpieza no solamente trato de eliminar la suciedad, sino identificar las fuentes de contaminación que afectan al equipo y al producto.

Para la eliminación y disminución de las diferentes anomalías identificadas se realizaron análisis preliminares de cada fuente de contaminación y luego se procedió a dar seguimiento a cada uno de ellos para poder descartarlos con el tiempo.

Los pasos que se siguieron para la implementación, son los siguientes:

- Capacitación: se capacito al personal en temas limpieza como:  
Limpieza en seco, limpieza en húmedo, limpieza semi-húmeda y limpieza con químicos.



**Figura 11-3:** Capacitación metodología de las 5S's

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

- Prioridad inicial para la aplicación del método fueron las maquinas críticas, posteriormente finalizando con la asistencia a las demás maquinas con menos anomalías.
- Se Implanto un plan de trabajo en tres fases para el desarrollo de la limpieza:

#### **Fase uno: Limpieza diaria:**

Se estableció que la limpieza se realice continuamente con el fin de retirar superficialmente los contaminantes que se pegan en los equipos (cisco de caramelo, polvo, suciedad), pisos, esta actividad se realiza al inicio y al final de cada turno. Para esta fase se consideró lo siguiente:

El área, equipo y zona de trabajo

Métodos, actividades y herramientas necesarias para la limpieza.

### **Fase dos: Limpieza con inspección:**

Esta limpieza consiste en realizar una inspección minuciosa del área, del equipo como de la zona de trabajo. Con el objeto de identificar diversas anomalías. En esta fase se consideró lo siguiente:

Se delimitó el área para la limpieza e inspección.

Se estableció las actividades de limpieza e inspección en equipos

### **Fase tres: Limpieza con mantenimiento:**

Esta limpieza consiste en realizar un correcto mantenimiento del equipo siempre y cuando el defecto detectado sea de fácil reparación, caso contrario se informara al departamento de mantenimiento para la intervención del técnico.

- Se organizó a los operarios del área para que realicen una inspección del equipo y de su zona de trabajo.
- Una vez verificado el estado de limpieza se señaló los puntos con mayor acumulación de suciedad y se analizó las fuentes que generan contaminación. Por ejemplo: por mala maniobra, por desperfectos en el equipo, fugas, o simplemente por una ineficiente limpieza.

Con la aplicación de los pasos anteriores se logró identificar factores contaminantes como: fugas de aceite, fugas del producto por sellos mecánicos defectuosos o por falta de ajuste, fugas de vapor, exceso de grasa, pernos flojos, rotos o desgastados, entre otros. En la siguiente figura se presenta algunos de los hallazgos encontrados dentro del área de fabricación.



**Figura 12-3:** Basura y materia prima acumulada por limpiezas ineficientes.

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Con este análisis preliminar se logró que los operarios realicen las actividades de limpieza a conciencia, eliminando polvo, basura, aceites, grasas, etc. Del mismo modo se determinaron las herramientas necesarias para cada actividad.

### **Estandarización (SEIKETSU – Mantener)**

Después de haber aplicado las tres fases de acción: Clasificar, organizar y limpiar, el siguiente paso fue mantener vigentes las normas de trabajo a lo largo del tiempo dentro de la línea de fabricación de caramelos duros, por esta razón fue indispensable que el personal operativo de la línea se involucre en el desarrollo de los procedimientos, debido a que ellos representan una gran fuente de información por estar involucrados directamente con los equipos.

Esta etapa fue una de las más importantes para mantener apropiadamente las tres primeras S's. Porque se estandariza las actividades de clasificación, organización y limpieza, además de mantenerlos como un hábito, una cultura, una forma de ser. Su principal importancia radica en fomentar el interés del personal por mantener en condiciones óptimas de trabajo el equipo y el área. Para llegar a cumplir los objetivos del seiketsu se realizó lo siguiente:

### **Capacitación**

Para poder difundir claramente todo el trabajo realizado en la línea de fabricación de caramelos duros se sintetizó todos los pasos ejecutados en la aplicación de la metodología 5S's, además se dio a conocer todos los beneficios que tiene la creación de la cultura de orden, limpieza e inspecciones continuas y las metas que se logró alcanzar con la implementación.

### **Política**

Existe una gran variedad de métodos que son implementados como políticas internas en la empresa para la conservación de la metodología implementada, el objetivo de esta técnica fue de mantener el lugar de trabajo limpio, ordenado y así mejorar la eficiencia y seguridad del sitio.

Para aprobar las políticas de calidad y seguridad del sistema productivo se desarrollaron reuniones con el departamento de producción, de seguridad y de mantenimiento. Llegando a las siguientes criterios que considera el control del cumplimiento de la metodología.

La política consistió de lo siguiente:

- Todo el personal deberá conocer las normas concernientes al programa de mejora 5S's
- Es tarea de todo el personal mantener la zona de trabajo en óptimas condiciones de acuerdo a las 5S's, las actividades clasificar, organizar y limpieza deben ser consideradas regularmente.
- El responsable de evaluar el cumplimiento del método de mejora será el supervisor de producción y el analista de mantenimiento.
- Los supervisores serán los encargados de impartir toda la información necesaria sobre la metodología de las 5S's. Además será quien vigilara y compartirá continuamente con el personal para conseguir el cumplimiento del proceso.
- Se promueve la inducción continua al personal existente y al nuevo.

- Se debe tomar encuentra el porqué de la desorganización para plantear mejoras.
- El trabajador deberá dejar su área trabajo en óptimas condiciones al finalizar su turno.
- El operador debe tener solo las herramientas organizadas y limpias. al momento de realizar su trabajo.
- El área de trabajo deberá tener contenedores suficientes para la eliminación de desechos y con debida señalización.

Para lograr implementar la metodología de las 5S's se consideró lo siguiente:

- Se asignó trabajo y responsabilidades a todo el personal.
- Elaboración de manuales que contengan la estandarización de nuestro programa 5S's por área, indicando:

Nombre del área y de los responsables.

Listado de lugares a intervenir.

Lista de elementos que se encuentren

- Comités de Evaluación permanente



**Figura 13 - 3:** Comités de evaluación permanente de las 5S's

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Para una mayor comprensión sobre los estándares, procedimientos y el plan de actividades elaborados, ver ítem de implementación de estándares de mantenimiento autónomo.

### **Disciplina (SHITSUKE – Hábito)**

Inicialmente al implementar la metodología de 5S's fue complicado por parte del personal, porque pensaban que solo se trataba de limpiar superficialmente el área o el equipo de trabajo. Pero al ir avanzando se logró que los trabajadores comprendieran que no solo se trataba de organizar o limpiar, sino que trata de mejorar continuamente el ambiente de trabajo.

Finalmente, se logró que el personal comprenda que la metodología de las 5S's es una disciplina de orden y control que solamente se logra a través de un entrenamiento de las facultades mentales, físicas o morales de las personas.

Esta última etapa de la implementación de la metodología de las 5S's es la más importante, porque está enfocado en la creación de una cultura de orden y limpieza para todos los operarios de la línea de fabricación. Además, busca que el operario se comprometa con los lineamientos de la nueva política, y que aprecien los logros productivos obtenidos gracias a su colaboración.

En esta última fase los supervisores y el analista de mantenimiento se encargaron de dar seguimiento a la implementación de la metodología de las 5S's

### Auditoria de la aplicación de la metodología de las 5S's

Es importante evaluar el estado de la implementación, porque de esta forma se controla los avances del método aplicado dentro del área de fabricación de caramelos duros. Las auditorias dieron lugar a identificar los puntos más débiles donde se debe intervenir para su mejora continua. A continuación en la tabla 26 – 3 se presenta el formato utilizado por los supervisores para el control y evaluación de las 5S's.

**Tabla 26 - 3:** Formato de evaluación de implementación de la metodología 5S's

Evaluación de la metodología 5S's			
<b>Código:</b>	<b>S0002</b>		<b>Industria Confitera</b>
<b>Área:</b>	<b>Confitería</b>		
<b>Fecha:</b>	<b>03/08/2019</b>		
<b>Nombre del Evaluador:</b>	<b>Gabriela Bravo</b>		
<b>Criterio de calificación: 1 = Muy Malo 2 = Malo 3 = Intermedio 4 = Bueno 5 = Excelente</b>			
<b>Categoría</b>	<b>Descripción</b>	<b>Calificación</b>	<b>Observaciones</b>
<b>Clasificar (Conservar los necesario)</b>	¿Existen elemento, herramientas innecesarias en el área de trabajo?	4	
	¿Existen equipos innecesarios en el área de trabajo?	4	
	¿Existen materiales deteriorados, defectuosos en el área?	4	
	¿Las zonas para movilizarse se encuentran libres?	4	
	¿Existen estándares de 5 S's para clasificar?	4	
<b>Subtotal</b>		25	80%
<b>Organizar (Ordenar los elementos que se encuentren en el área)</b>	¿Existe un lugar definido para cada elemento?	4	
	¿Se encuentra organizado el lugar?	4	
	¿Se encuentra delimitado el área de trabajo?	4	
	¿Se encuentra señalado el área?	4	
	¿Las herramientas, materiales, equipos se encuentran al alcance de los operarios?	4	
<b>Subtotal</b>		25	80%
<b>Limpieza (Mantener en óptimas condiciones el área, la maquina)</b>	¿Se tiene identificado todos los elementos limpieza?	5	
	¿Tienen las listas de actividades de limpieza?	5	
	¿Se determinó el personal necesario para las actividades de limpieza?	4	

	¿El área se encuentra libre de contaminantes como polvo, suciedad, etc.?		4	
<b>Subtotal</b>		20	18	90%
<b>Estandarización (Capacitación de formatos y señalización)</b>	¿Se mantiene la cultura de orden y limpieza continuamente?		4	
	¿El personal conoce sus responsabilidades?		4	
	¿Se encuentra señaliza el área, los equipos, materiales, herramientas?		4	
	¿Existen depósitos para los desechos?		4	
<b>Subtotal</b>		20	16	80%
<b>Autodisciplina (Habito de orden y limpieza)</b>	¿El personal es capacitado continuamente?		4	
	¿Se aplica correctamente procedimientos de orden y limpieza?		4	
	¿Se respeta la señalización?		4	
	¿Se respeta los sitios dispuestos para depositar los desechos?		4	
<b>Subtotal</b>		20	16	80%
<b>Calificación Global</b>		<b>110</b>	96	<b>Regular</b>
				>50%
<b>Calificación General</b>	<b>82%</b>			<b>Bien</b>
				>70%
				<b>Excelente</b>
				>90%

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Con esta nueva evaluación se pudo apreciar, que ha existido un gran avance en cuanto a la aplicación de la metodología, porque se obtuvo un resultado del 82%.

Después de la implementación el supervisor y analista de mantenimiento dedicaron un espacio para que el personal pueda observar el alcance que ha tenido la metodología de la 5S's, y poder fomentar así el criterio de mejora continua.

El espacio asignado para mostrar el avance consta de lo siguiente:

- Lista del personal responsable
- Lista de las áreas de trabajo
- Información de la metodología de las 5S's
- Normas y procedimientos.
- Puntos de chequeo.
- Evaluaciones del estado de la metodología
- Fotografías del área antes y después de haber aplicado la metodología



**Figura 14-3:** Pizarra para publicar el avance de la metodología 5S's  
Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

El programa de implementación de las 5S's que se siguió se presenta a continuación en la siguiente tabla.

**Tabla 27-3:** Cronograma de implementación de la metodología de las 5S's

ETAPA		ACTIVIDAD	Duración
0	Capacitación	Introducción de la metodología 5S's	1 semana
		Concientización de la importancia de la 5S's	
		Estudio del estado inicial del área	
S1	SEIRI (clasificar)	Selección y clasificación de elementos necesarios e innecesarios	2 semana
		Colocación y capacitación del uso de tarjetas rojas y verdes	
S2	SEITON (Organizar)	Creación de espacios para almacenamiento de herramientas, materiales, equipos, etc.	2 semana
		Asignación de contenedores para los desechos	
		Reubicación y eliminación de los elementos innecesarios	
		Colocación de buzones de opinión	
S3	SEISO (limpieza)	Jornada de limpieza e inspección general de las área de trabajo	2 semana
		Identificación y señalización de fuentes de contaminación	
S4	SEIKETSY (estandarización)	Estandarización de actividades	2 semana
		Instalación de rótulos de identificación y señalización de áreas de trabajo	
		Realizar documentación para las 5S's	
		Colocación de cajas para opiniones	
S5	SHITSUKE (Autodisciplina)	Capacitación para establecer cultura de habito de orden y limpieza	1 semana
		Auditorias: seguimiento	

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### **Análisis de la aplicación de la metodología de las 5S's**

Cuando se inició con la aplicación de la metodología de las 5S's, el personal pensó que se trataba de un simple tema más, de una moda que las empresas tratan integrar a las actividades diarias, pero en realidad no es nada eso, sino un modo de vida. Donde se trata que el operador realice su trabajo de forma segura y eficiente.

Para lograr esto lo primero que se realizó fue preparar mentalmente a todos el personal para que comprendan los beneficios que implica la inserción de esta metodología.

Una vez que se dio conocer todo lo relacionado a la implantación, se llegó a un acuerdo que no se abandone y que esto sea el inicio para promulgar la mejora continua y permanente de nuevas metodologías.

Una vez finalizado la aplicación de las 5S's se obtuvieron los siguientes beneficios:

- Se creó ambientes de trabajo limpios, ordenados, seguros y confiables.
- Se mejoró el entusiasmo, la moral de todos los empleados.
- Se eliminó las diversas fuentes de contaminantes,
- Se disminuyó el tiempo de búsqueda de las herramientas, por lo que se hizo más fácil el trabajo de los operadores.
- Se amplió el espacio de trabajo.

Con la aplicación de la metodología de mejora se llegó a la conclusión de que es esencial que todo el personal de la industria confitera debe estar dispuesto a mejorar su área de trabajo y a comprometerse con el equipo.

Una vez que los operarios comprendieron los beneficios que de la implementación, se verifica que lo practiquen diariamente con las evaluaciones continuas. Con la finalización de la metodología 5S's se pudo seguir con la implantación del pilar de TPM denominado Mantenimiento Autónomo.

#### *3.6.1.4 Equipo de trabajo de mantenimiento autónomo*

Para dar inicio con la implementación de mantenimiento autónomo en la línea de fabricación de caramelos duros, se sigue una estrategia de integración, dado que las industrias usualmente tienen una o varias líneas de producción con diferentes equipos, procesos, experiencia de operarios, eficiencias, entre otros.

#### **Selección de los miembros del equipo autónomo**

La selección de los integrantes es de suma importancia, pues reflejará el compromiso de la industria con el programa, por ejemplo: un equipo con integrantes de diferentes niveles y áreas, como son, el Director de la cadena de suministro, gerente de calidad y servicio técnico,

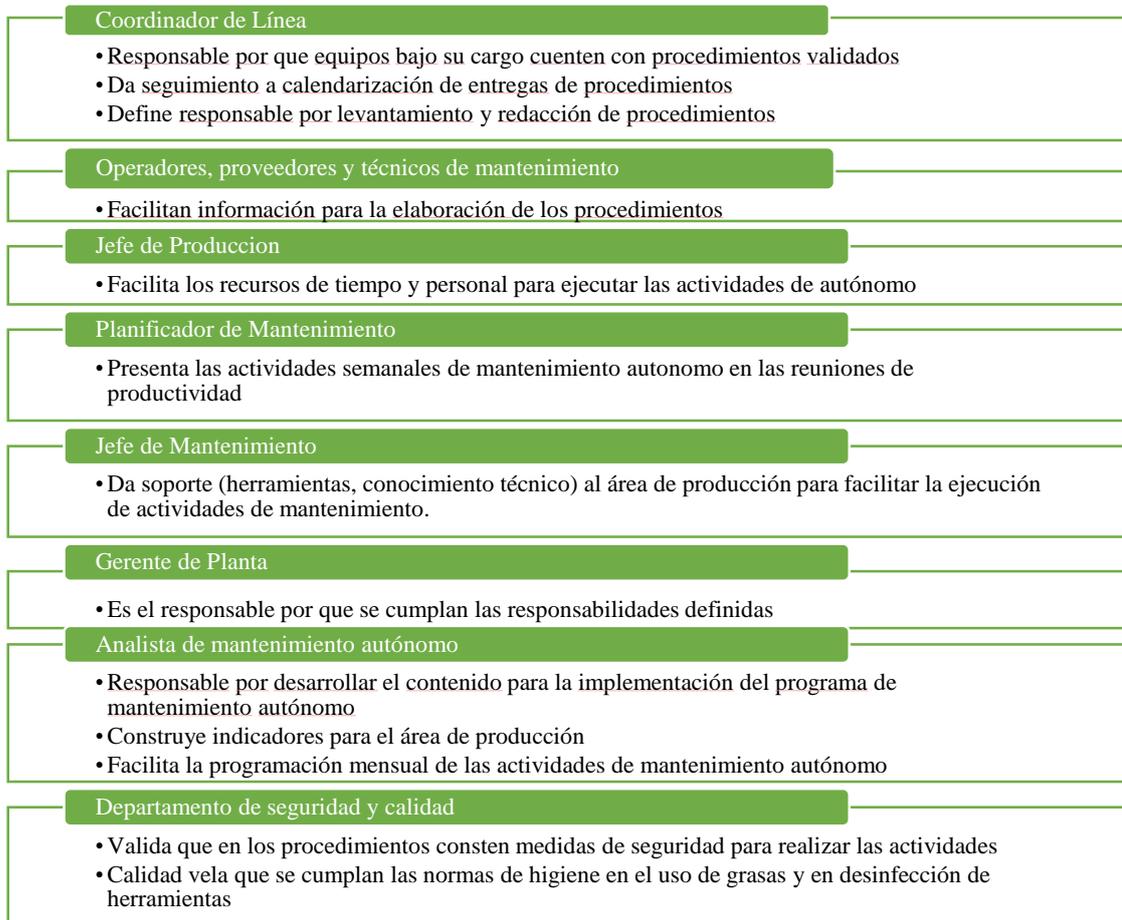
coordinador de línea, líder de producción, supervisores de Producción, coordinador de mantenimiento, mecánicos, analistas, eléctricos y operadores de producción es una mezcla ideal para el equipo modelo.

Es de suma importancia la intervención del departamento de mantenimiento y de producción, porque es un impacto positivo para los operadores, pues al observar que los miembros más importantes de la organización estarán trabajando conjuntamente con ellos en la implantación del pilar de mantenimiento autónomo.

### **Roles y responsabilidades de los integrantes**

Es de suma importancia definir las responsabilidades de cada miembro, con fin de asegurar la ejecución de las actividades y para alcanzar los objetivos de la implementación.

En la figura 15-3 se detalla los roles y responsabilidades de cada miembro que pertenecerá al grupo de mantenimiento autónomo.



**Figura 15– 3:** Roles y responsabilidades de los integrantes de mantenimiento autónomo

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019.

### 3.6.1.5 Materiales y kit para mantenimiento autónomo

Es necesario que dispongan de todas las herramientas e insumos para la realización de las actividades básicas preventivas de mantenimiento autónomo, para así facilitar y minimizar el tiempo que utilizara en la intervención, es por ello que se les indica en los Formatos de Estandarización qué insumos y herramientas necesitan en cada mantenimiento. Para que cuenten con todo lo necesario se establece un espacio específico para el almacenamiento de las herramientas e insumos que utilizarán en estas actividades. Aplicando las 5S's, estarán correctamente clasificadas e identificado el lugar en dónde colocarlas. El listado de los elementos necesarios en cada actividad se define una vez elaboradas los procedimientos de mantenimiento autónomo y se procede a cotizar lo indispensable. A continuación, en las siguientes tablas se enlista todo lo necesario para cada actividad.

**Tabla 28 – 3:** Herramientas para realizar actividades de Mantenimiento Autónomo

LISTADO DE HERRAMIENTAS					
Nº	HERRAMIENTA	CANTIDAD	PRECIO UNIT	COSTO TOTAL	Imagen
1	Martillo Stanley	1	\$26,00	\$26,00	
2	Playo	1	\$15,50	\$15,50	
3	Pinza saca binchas	1	\$4,80	\$4,80	
4	Juego de Pinzas saca binchas (12)	1	\$560,00	\$560,00	
5	Destornillador plano	4	\$1,40	\$5,60	
6	Destornillador estrella	2	\$3,80	\$7,60	
7	Juego de llaves de mixta en pulgadas	3	\$218,00	\$654,00	
8	Juego de llaves Allen milimétricas	3	\$24,80	\$74,40	
9	Juego de llaves Allen en pulg	3	\$27,21	\$81,63	
10	Graseros M5 rectos	26	\$0,60	\$12,00	
11	Espátulas	20	\$5,88	\$117,60	
12	Wypall azul	50	\$3,88	\$158	

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### **3.6.2 Situación de la línea de fabricación de caramelos duros antes de la implementación de los pilares de TPM**

La línea de fabricación de caramelos duros está especializada en la producción de mentas y surtido desde el 2015, la mala práctica de limpieza y la falta de lubricación, inspecciones y reajustes, así como el personal no capacitado, que no permiten detectar anomalías en los equipos antes de que estas se conviertan en fallas, se ven reflejados en el análisis de modo de fallos donde se identifica alta cantidad de paros no programados, tiempos muertos, lo cual repercute en la baja disponibilidad de los equipos, y por ende a la eficiencia del sistema de producción.

#### **3.6.2.1 Condiciones de los equipos**

Los equipos de la línea de caramelos duros según el análisis realizado con la herramienta AMFE presentan alta cantidad de fallos en elementos mecánicos y eléctricos principalmente, tanto por fallas técnicas y operativas. Actualmente la única actividad de mantenimiento autónomo que se realiza es la limpieza, sin embargo esta actividad no es efectiva, por falta de conocimiento del operador y de procedimientos. A continuación se presentan algunas condiciones producidas por estos fallos:

- La parte interna del equipo se encuentra en pésimas condiciones de limpieza.
- Materia prima se encuentra disperso en los alrededores de los equipos
- Cubiertas colocadas en los motores no son retiradas después de la actividad de limpieza, generando recalentamiento.
- La falta de información por el operario sobre diseño del equipo dificulta el chequeo de algunas partes.
- Exceso de tiempo al momento de corregir cualquier falla menor y en algunos casos la reparación es provisional.



**Figura 16 – 3:** Exceso de grasa en piñón y objetos extraños en panel eléctrico

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.6.2.2 Condiciones de los operadores

Antes de la implementación de una metodología de mejora en los procesos de producción, lo primero que se identifica es la falta de conocimiento del operario, respecto al mantenimiento autónomo.

- El operador no sabe cómo lubricar el equipo, solo informa al técnico mecánico encargado de la línea para que realice la actividad.
- Cuando se produce alguna avería en el equipo los operadores solo llaman al personal técnico encargado sin tratar de entender el problema.
- En las limpiezas no realizan inspecciones del equipo y no conocen la importancia de estas. Los operadores no ven las paradas como fallas producidas por ellos.
- Los operadores no tienen ninguna capacitación por parte del departamento técnico para la detección de anomalías.
- El departamento de mantenimiento y producción no trabajan como un solo equipo.



**Figura 17-3:** Deterioro del Mixer del cocinador

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### 3.6.3 Implementación de mantenimiento autónomo

Una vez determinado el estado de la línea de fabricación de caramelos duros, se procedió a informar al personal sobre los beneficios y el proceso a seguir que tendrá esta implementación. Ver **Anexo E** Cronograma de implementación de mantenimiento autónomo.

#### 3.6.3.1 Educación y entrenamiento en actividades de mantenimiento autónomo

Se realizaron capacitaciones sobre diferentes temas de mantenimiento, tanto a operarios como a técnicos.

## Capacitación

En esta primera parte se dio a conocer los beneficios que tiene la implementación de los pilares de TPM. Como inicio se obtuvo una respuesta positiva por parte del personal, quienes al ver que la aplicación de la metodología de las 5S's fue de suma importancia para sus actividades diarias de trabajo.

El personal al mirar que mantenimiento autónomo y la metodología de las 5S's pueden relacionarse, lograron comprender que pueden trabajar en grupo y alcanzar diferentes niveles de mejora en la producción y generalmente en cualquier actividad dentro de la línea de fabricación.



**Figura 18 – 3:** Capacitación sobre el pilar de TPM, mantenimiento autónomo

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019.

Durante la capacitación se capacito al personal como realizar las diferentes actividades como lubricación, limpieza, inspección y reapriete, utilizando las diferentes herramientas, instrumentos y equipos.



**Figura 19 – 3:** Capacitación teórica sobre actividades de mantenimiento autónomo.

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019.

La capacitación se desarrolló considerando los siguientes niveles de aprendizaje sobre mantenimiento autónomo en la tabla 29-3.

**Tabla 29-3:** Niveles de capacitación de Mantenimiento autónomo

Actividades de TPM	Nivel 1 Eliminar deterioración acelerada	Nivel 2 Eliminar fallas	Nivel 3 Eliminar defectos	Nivel 4 Operación rentable
Mantenimiento autónomo	Exponer y corregir anomalías en el equipo	Comprender las funciones y estructura del equipo	Comprender la relación entre equipo y calidad	Facilitar el mantenimiento autónomo del equipo
Pasos	1. Realizar limpieza inicial 2. Atender causas de equipo sucio 3. Mejorar áreas difíciles de limpiar	4. Estandarizar actividades de mantenimiento 5. Desarrollar habilidades generales de inspección	6. Realizar inspección autónoma 7. Organizar y administrar el lugar de trabajo	8. Administrar autónomamente
Mejoras al equipo	Eliminar pérdidas crónicas por cuellos de botella en producción	Mantener cero defectos	Establecer condiciones para cero defectos	Grupos pequeños para cero defectos. Hacer el equipo altamente productivo

Fuente: (Reyes, 2007)

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### **Mejora de las habilidades técnicas para la detección de anomalías en los equipos**

Para poder realizar un diagnóstico de cualquier problema que se presente en los equipos fue necesario que el personal de la línea de producción sea capacitada para el auto mantenimiento de cada puesto de trabajo, y así poder solucionar cualquier falla menor. Para las capacitaciones se dispuso de técnicos especialistas en mecánica y tribología.

#### **Mecánica básica**

Los temas que se tratan son de suma importancia para el personal, a continuación se enlistan los siguientes:

- Metrología básica
- Tipos de roscas: clasificación de pernos y tornillos
- Utilización correcta de las herramientas (llaves, martillos, etc.)
- Fundamentos de lubricación de equipos



**Figura 20 – 3:** Capacitación mecánica de tornillos y herramientas

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019.

Los objetivos de la capacitación fueron:

- Mejorar el uso de las herramientas en las diferentes actividades de mantenimiento
- Estandarización de pernos en diferentes puntos de los equipos
- Mejor velocidad de respuesta de los operados
- Identificación de lubricantes y su frecuencia de uso.

### **Mejora de las habilidades operativas mediante lección de puntos**

La lección de un punto (LUP) es una herramienta muy importante en la aplicación del pilar de TPM: esta herramienta es aplicada mediante un documento gráfico para asegurar el conocimiento del operador en el proceso de implementación; una LUP involucra casos de mejora y casos de problemas a manera de retroalimentación y así mismo promueve las habilidades del operario.

La Instrucción de 1 punto puede ser elaborado por cualquier persona con conocimiento en el tema, desde el departamento de mantenimiento hasta los operadores. Sin embargo, es sometido a una rigurosa revisión, por personas con mayor conocimiento, así como su evaluación y prueba de la propuesta planteada.

Así mismo, el número de lecciones de un punto elaborados por máquina es un indicador de desempeño en el Mantenimiento Autónomo y es considerado tanto en la evaluación del compromiso como en el avance del mismo. La lección de un punto tuvo como objetivo apoyar a los instructivos operacionales, sin suplirlos, debido a que no habían sido considerados desde que elaboran los primeros instructivos operacionales, se agrega a ellos después de un tiempo de evaluación y prueba.

En la siguiente figura 21 – 3 se muestra el formato de una lección de un punto:

El formato de lección punto a punto (TPM) se muestra con las siguientes anotaciones:

- Consecutivo:** Se refiere al número de la lección (N°).
- Direccionamiento:** Se refiere a la dirección de la lección (D).
- Tema:** Se refiere al tema de la lección (Tema).
- Razón de selección:** Se refiere a la razón de selección (Razón de Selección).
- Punto a enseñar:** Se refiere al punto a enseñar (Punto a Enseñar).
- Validación:** Se refiere a la validación (Validación).
- Punto de conocimiento:** Se refiere al punto de conocimiento (Punto de Conocimiento).
- Registro de formación:** Se refiere al registro de formación (Registro de Formación).

TPM		Lección Puntual		N°			
		Conocimiento Básico					
		Mejora					
		Difundimiento					
Tema: Alineación Ruedas			Punto: Punto				
Razón de Selección: Evitar Volante mal posicionado, después de realizar la calibración del equipo			Código: Arrio Sosa				
			Validación: Guillermo Viquez				
			T.R.E.: Magrobel Aguirre				
CALIDAD							
Punto de conocimiento							
Registro de formación							
Fecha:	21-05-2010	21-05-2010	21-05-2014	28-05-2014	28-05-2014	21-05-2010	21-05-2014
Formador:	Arrio Sosa	Juan Pedro Angulo	Diego Gil	Juan Diego	José Simón	Alfredo G.	Mauricio V.
Formado:	Juan Pablo Angulo	Diego Gil	Juan Diego	José Simón	Alfredo G.	Mauricio V.	Edna D.

**Figura 21 – 3:** Formato de lección punto a punto

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019.

Con la educación y entrenamiento realizado sobre temas de mantenimiento productivo total se continuaron con las etapas de mantenimiento autónomo.

### 3.6.3.2 Limpieza inicial

La línea de fabricación de caramelos duros por el proceso que realiza se expone a materiales provenientes de la materia prima, el cual se acumula y solidifican en los diferentes componentes del equipo y del área de trabajo.

Por esta razón, el primer paso de mantenimiento autónomo consistió en limpiar toda la suciedad y basura de los equipos, este paso fue realizado paralelamente con la implementación de las 5S's en la planta de producción. Es por ello que se plantó como punto de partida la utilización de la metodología en el ítem 5.1.3 antes del desarrollo de TPM. Para de esta manera tener los equipos e instalaciones en condiciones óptimas de trabajo. Ver figura 22-3



**Figura 22-3:** Revisión de equipo

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

La limpieza inicial fue aplicada con el objetivo de enfocar las partes con mayor contaminación y que pueden provocar paros no planificados en los equipos, tiempos muertos, y por ende afectar a la producción. Con la identificación de los diferentes elementos del equipo, se pudo dar diferentes responsabilidades a los operarios durante su turno de trabajo, con el fin de aprovechar el tiempo al máximo.

Los principios en los que se fundamenta este primer paso se enlistan a continuación:

- Considerar que la limpieza sea como un proceso de inspección
- La inspección se realiza para descubrir cualquier tipo de situación anormal en los equipos y áreas.
- Las anomalías detectadas deben corregirse inmediatamente para mantener al equipo en condiciones básicas de funcionamiento.

Para la Industria confitera la primera etapa de mantenimiento autónomo es muy importante porque se considera que la limpieza no solo tiene que ver con asignar un tiempo para esta actividad al finalizar un turno. Sino que se debe buscar un nivel de pensamiento superior, para que el operador cuando este en contacto con el equipo, realice una inspección mediante el aseo o limpieza. Mantenimiento productivo total brinda una metodología definida de auditoría, donde se identifica la falta de limpieza, y la necesidad de generar un plan de acción de mejora, el cual se controla mediante métodos visuales y de fácil manejo por parte del trabajador y los administradores de la planta.

En el desarrollo de este primer paso, en la línea fabricación de caramelos duros se definió un formato específico de ficha técnica, en cual se define las características de los equipos. En la siguiente figura 23-3 se puede ver el formato aplicado.

DEPARTAMENTO INGENIERIA & MANTENIMIENTO					FICHA TECNICA DE EQUIPO		
CODIGO SAP		DATOS TECNICOS DEL EQUIPO		ESTADO DEL EQUIPO		FOTO	
9000176	CODIGO DE ACTIVO FIJO			BUENO	REGULAR	MALO	FUERA DE SERVICIO
NOMBRE DEL EQUIPO				X			
DESCRIPCION							
DIMENSIONES GENERALES DEL EQUIPO							
Largo	1,723 m	Ancho	0,82 m	Altura	0,78 m	Peso aprox.	50 Kg
MARCA	CORAL	MODELO	SH-R45	SERIE	BIMA-Q80	MATERIAL DE CONSTRUCCION	
AÑO DE FABRICACIÓN	20/07/2015	AÑO DE ADQUISICIÓN		Acero Inox			
CONSUMO DEL EQUIPO							
Electricidad	GLP			Agua	Diesel		
CAPACIDAD NOMINAL	8 obreros/min	CAPACIDAD ESTABLECIDA	10 obreros/min	CAPACIDAD REAL	12 obreros/min		

DEPARTAMENTO INGENIERIA & MANTENIMIENTO					FICHA TECNICA DE EQUIPO		
CODIGO SAP		DATOS TECNICOS DEL EQUIPO		ESTADO DEL EQUIPO		FOTO	
9000177	CODIGO DE ACTIVO FIJO			BUENO	REGULAR	MALO	FUERA DE SERVICIO
NOMBRE DEL EQUIPO				X			
DESCRIPCION							
DIMENSIONES GENERALES DEL EQUIPO							
Largo	1,3 m	Ancho	1,05 m	Altura	2,3 m	Peso aprox.	600 Kg
MARCA	CORAL	MODELO	SH-R45	SERIE	BIMA-Q80	MATERIAL DE CONSTRUCCION	
AÑO DE FABRICACIÓN	20/07/2015	AÑO DE ADQUISICIÓN		Acero Inox			
CONSUMO DEL EQUIPO							
Electricidad	GLP			Agua	Diesel		
CAPACIDAD NOMINAL	8 obreros/min	CAPACIDAD ESTABLECIDA	10 obreros/min	CAPACIDAD REAL	12 obreros/min		



**Figura 23 – 3:** Ficha técnica

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Del mismo modo durante este proceso se recolecto toda la información relacionada sobre el proceso productivo, y el funcionamiento de cada parte de los equipos. Con la finalidad de dar paso a la capacitación en la detección y registro de anomalías de la línea de fabricación de caramelos duros.

### Relato de anomalías para anticipación a la falla

Con todo lo expuesto en los ítems anteriores se dio paso al registro de anomalías, en función a la información recolectada a través de la limpieza.

Cuando se realizó la actividad no solo se realizo la limpieza inicial, sino que se identificó las fuentes de contaminación, los puntos de difícil acceso para limpiar, lubricar y realizar reajustes en la línea de caramelos duros. Para este análisis fue necesario tener la contribución de los operadores de los equipos, es por ello que se elaboran tarjetas de Registro de Anomalías, que son colocadas en cada máquina de la línea de caramelos duros.

Estas tarjetas son utilizadas con el fin de identificar las anomalías que puedan ser resueltas por el área operativa, departamento técnico antes de que se produzca la falla o avería. Los tipos de

anomalías a reportar están relacionadas con condiciones anormales en el funcionamiento del equipo, por ejemplo, ruido, sobre temperatura, vibración, fugas leves, etc.

Las tarjetas de mantenimiento buscan definir un canal exclusivo para el relato de anomalías en los equipos productivos.

Estas tarjetas de reporte de anomalías son de tres tipos:

**Tabla 30 – 3:** Tarjetas de mantenimiento autónomo.

<b>Tarjetas de Mantenimiento Autónomo</b>		
<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b> REGISTRO DE ANOMALÍAS</p> <p>FECHA: MES/DÍA/AÑO</p> <p>Criticidad  <input type="checkbox"/> Bajo    <input type="checkbox"/> Medio    <input type="checkbox"/> Alto</p> <p>Área: _____</p> <p>Equipo: _____</p> <p>Reportado por: _____</p> <p>Tipo de anomalía</p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida de Aceite    <input type="checkbox"/> Lugar de difícil acceso  <input type="checkbox"/> Pérdida de Agua    <input type="checkbox"/> Afecta al medio Ambiente  <input type="checkbox"/> Fuente de contaminación    <input type="checkbox"/> Inseguridad  <input type="checkbox"/> Otros: _____</p> <p>Prioridad    <input type="checkbox"/> 1    <input type="checkbox"/> 2    <input type="checkbox"/> 3</p> <p>Tiempo sugerido para reparar (MIN)</p> <p>Observaciones: _____</p>	<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b> REGISTRO DE ANOMALÍAS</p> <p>FECHA: MES/DÍA/AÑO</p> <p>Criticidad  <input type="checkbox"/> Bajo    <input type="checkbox"/> Medio    <input type="checkbox"/> Alto</p> <p>Área: _____</p> <p>Equipo: _____</p> <p>Reportado por: _____</p> <p>Tipo de anomalía</p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida de Aceite    <input type="checkbox"/> Lugar de difícil acceso  <input type="checkbox"/> Pérdida de Agua    <input type="checkbox"/> Afecta al medio Ambiente  <input type="checkbox"/> Fuente de contaminación    <input type="checkbox"/> Inseguridad  <input type="checkbox"/> Otros: _____</p> <p>Prioridad    <input type="checkbox"/> 1    <input type="checkbox"/> 2    <input type="checkbox"/> 3</p> <p>Tiempo sugerido para reparar (MIN)</p> <p>Observaciones: _____</p>	<p style="text-align: center;"><b>MANTENIMIENTO AUTÓNOMO</b> REGISTRO DE ANOMALÍAS</p> <p>FECHA: MES/DÍA/AÑO</p> <p>Criticidad  <input type="checkbox"/> Bajo    <input type="checkbox"/> Medio    <input type="checkbox"/> Alto</p> <p>Área: _____</p> <p>Equipo: _____</p> <p>Reportado por: _____</p> <p>Tipo de anomalía</p> <p><input type="checkbox"/> Pérdida de Aceite    <input type="checkbox"/> Lugar de difícil acceso  <input type="checkbox"/> Pérdida de Agua    <input type="checkbox"/> Afecta al medio Ambiente  <input type="checkbox"/> Fuente de contaminación    <input type="checkbox"/> Inseguridad  <input type="checkbox"/> Otros: _____</p> <p>Prioridad    <input type="checkbox"/> 1    <input type="checkbox"/> 2    <input type="checkbox"/> 3</p> <p>Tiempo sugerido para reparar (MIN)</p> <p>Observaciones: _____</p>
<p><b>Roja:</b> Identifica las anomalías que deben ser solucionadas por los técnicos. Estas tarjetas son colocadas por los operadores.</p>	<p><b>Azul:</b> Identifica las anomalías que deben ser solucionadas por los operadores. Son colocadas por los operadores o el técnico.</p>	<p><b>Verde:</b> Identifica las anomalías que afectan a la seguridad de las personas o al medio ambiente. Son colocadas por cualquier trabajador de la planta.</p>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### Capacitación sobre el manejo tarjetas de registros de anomalías

Se debe capacitar a los operadores sobre el manejo de las tarjetas, también de cómo se dará solución a las anomalías detectadas; antes de la realización de las actividades de mantenimiento autónomo y de la limpieza e inspección inicial a toda la línea de producción.

En esta capacitación se enseña de manera práctica los siguientes puntos:

- Qué información se debe registrar en las tarjetas.
- Como identificar el tipo de anomalía.
- Lugar donde se entregara cada tarjeta levantada.
- El proceso de solución será planificada por parte del Departamento de Mantenimiento y Producción.



**Figura 24-3:** Capacitación sobre el uso de tarjetas de reporte de anomalías

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Para llevar un óptimo control, tanto sobre las anomalías que se han reportado, así como de las soluciones que se tendrán, se utiliza el mismo formato de la herramienta AMFE, o Análisis de Modo de Efecto y Fallos citado en el capítulo 4 para el estudio inicial de fallas. Ya que esta herramienta nos brindó un gran aporte, de acuerdo a cada anomalía registrada, se identificaron los efectos que puede causar dicha falla con sus respectivas causas, además se asignó un valor de 256 al nivel de criticidad (NPR) por remordadura de envoltura, cuyo valor nos indica automáticamente cuáles son las causas de mayor prioridad para empezar en la planificación.

Una vez asignadas las soluciones a los problemas, con las personas a cargo de dicho proyecto, los encargados por parte de producción darán seguimiento al cumplimiento de dichas acciones preventivas. El formato utilizado para el seguimiento de anomalías se presenta en el **Anexo F**.

Con este primer paso concluido se logró que los operadores desarrollen interés y compromiso en actividades de limpieza, lubricación básica y anclaje. También desarrollaron la capacidad de detectar cualquier anomalía (vibraciones, fugas de aceite, holguras, componentes flojos, ruidos, etc.) que se generen en el equipo. De tal modo, que al finalizar comprendieron que la limpieza es un proceso educacional de mejora continua que les ayuda a inspeccionar su área de trabajo mediante el uso de sus sentidos.

Los objetivos que se alcanzó en este primer paso desde el punto de vista de los operadores, la gerencia, supervisores y equipos se presenta en la siguiente tabla

**Tabla 31-3:** Objetivos de la limpieza inicial (Primer paso)

LIMPIEZA INICIAL E INSPECCIÓN OBJETIVOS			
Actividad	Operadores	Supervisores/gerencia	Equipos
La limpieza se realizara minuciosamente en el área y en el equipo	Obtener conocimiento sobre el correcto procedimiento de las actividades de limpieza.	Obtener el conocimiento necesario sobre TPM, para guiar al personal con modelos prácticos.	Tener al equipo en mejores condiciones.
Mover todos los elementos innecesarios Eliminar el polvo, la suciedad y desechos	Que los lideres desarrollen habilidades y destrezas para que puedan transmitir su conocimiento	Capacitar al personal sobre la importancia de la limpieza, lubricación, y ajuste	Eliminar contaminantes para facilitar la detección de defectos ocultos Corregir o mejorar partes del equipo
Descubrir anomalías y Enlistar tareas futuras	Comprender que la actividad de limpieza es una forma de inspección	Enseñar los defectos que pueden producirse en el equipo.	Identificación de fuentes de contaminación

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

### 3.6.3.3 *Contramedidas para las causas del deterioro y mejora de áreas de difícil acceso*

El propósito del segundo paso es proporcionar a los operadores la capacidad de optimizar sus equipos y así adquieran confianza para realizar medidas correctivas de mayor nivel.

Con la realización de la limpieza inicial, se pudo orientar a los operadores para que propongan medidas de control para la detección y mitigación de puntos de contaminación y los lugares de difícil acceso.

Los lugares de difícil acceso hacen referencia a los sitios donde el tiempo de limpieza, lubricación, inspección y reajuste son muy altos. Por lo que, al no ser eliminado por completo el difícil acceso, es necesario una modificación del sitio de trabajo.

Para la recolección de medidas de mejora por parte de los operadores, se plantió un formato, en base a las siguientes preguntas: ¿Qué se contamina? , ¿Cuándo?, ¿Cómo y porqué se contamina? Ver tabla 32-3.

**Tabla 32-3:** Formato para sugerencias de mejora

INDUSTRIA CONFITERA Mantenimiento autónomo Hoja de sugerencias de mejora		
Área de confitería		
Código:		
Área		
Equipo		
Fecha del hallazgo:		
Situación actual		
Sugerencia		
PRIORIDAD LUGAR DE DIFÍCIL ACCESO		
ALTO	MEDIO	BAJO
Realizado por:		
Evaluado por:		
Observaciones:		

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

El objetivo principal de este punto, es disminuir los tiempos de limpieza, inspección, lubricación y reajuste. Para cumplir con la meta planteada, además de la lección de un punto se dio a conocer puntos claves para la detección y eliminación de fuentes de contaminación, también la reducción de puntos inaccesibles.

En esta etapa se pretende que el trabajador descubra las fuentes profundas de la suciedad que deteriora el equipo y tome acciones correctivas para prevenir su presencia. Se busca mejorar el acceso a sitios difíciles para la limpieza de las máquinas, áreas de trabajo, eliminar zonas donde se deposite la suciedad o sean un peligro para el operador y mejorar la visibilidad de los instrumentos de control de las máquinas.

Esta etapa llega de forma natural después de realizar la limpieza inicial y comprobar que el equipo se vuelve a ensuciar rápidamente o existen zonas cuyo acceso es imposible o peligroso, de tal forma que el tiempo y esfuerzo invertido es enorme. Esto lleva a activar la motivación de los operarios para descubrir y eliminar cualquier fuente de suciedad que contrarreste aquello que tanto trabajo cuesta limpiar.

Los principios de eliminación de fuentes de suciedad no consisten en limpiar lo que se ensucio, sino en no permitir que la suciedad sea generada. Es el principio preventivo.

### **Detección y eliminación de fuentes de contaminación**

La Industria confitera por el proceso que realiza tiene una gran variedad de fuentes de contaminación (cisco de caramelo, fugas, excesos de grasa) lo que genera anomalías aleatorias

sobre el equipo y el proceso productivo. En la tabla 33-3 se presenta algunos de las fuentes de contaminación que se han generado en la planta de fabricación de caramelos duros.

**Tabla 33-3:** Fuentes de contaminantes

Sección	Fuente del contaminante
Equipo	Fugas de lubricante
	Fugas de fluidos (aceite, agua, grasa, glucosa, jarabe, vapor)
	Oxidación de componentes
	Engrasado en sitios incorrectos
	Oxido
Área	Suciedad
	Polvo o cisco de caramelo
	Basura
	Materiales

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Actividades clave para la detección y eliminación de fuentes de contaminación

- Identificar y eliminar los focos de suciedad
- Comprobación de puntos de contaminación, cómo y cuándo se genera.
- Cuantificación y en listado de todos los derrames, fugas, entre otros contaminantes.
- Como primer punto se debe localizar la contaminación en el área o equipo, después reducirla mediante mejoras.
- Mejorar la accesibilidad a las zonas susceptibles de ser limpiadas
- Realizar mejoras en el equipo en base a las anomalías encontradas
- Eliminar las entradas de polvo e impurezas en partes cerradas, a través de sellos e instalación de protectores.
- Crear mecanismos o dispositivos para que suciedades y otros materiales no se dispersen por el ambiente donde se encuentra el equipo y no afecten a los operarios.
- Realizar mejoras con grupos de proyecto. Cuando sean grandes fuentes de contaminación pues la aplicación de mantenimiento autónomo no es la ideal.

### **Criterios para mejorar la accesibilidad y reducir el tiempo de trabajo**

Incluso cuando se hayan establecido las condiciones básicas del equipo y se hayan logrado grandes mejoras, puede que el mantenimiento requiera tiempo y esfuerzo excesivo, y que parte

del trabajo sea excesivamente peligroso. En tales casos, el chequeo y la lubricación no perdurarán mucho tiempo. Las condiciones óptimas no se logran verdaderamente hasta que la limpieza, chequeo, lubricación y reajuste sean tan fáciles que cualquiera pueda hacerlo con seguridad, calidad, de manera rápida y correctamente, siguiendo los procedimientos estandarizados y respetando los tiempos establecidos. Esto incluye las siguientes actividades de mejora: (Tokutaró, 2015)

#### **Reducción de tiempos de limpieza.**

Preparar y someter a test resúmenes de actividades de limpieza (bosquejar estándares provisionales), que permitan decidir "de una ojeada" cómo suprimir los focos de contaminación, hacer más accesibles los lugares de limpieza difícil, o diseñar herramientas de limpieza más eficientes, reducir cantidad de pernos o remplazar por piezas que permitan el rápido desmontaje las diferentes partes de la máquina que se requieran limpiar. (Tokutaró, 2015)

#### **Reducción de tiempos de chequeo.**

Para ello, es conveniente: preparar un resumen de actividades de chequeo con fotos o esquemas. Preparar cuadros de chequeos y listas de verificación. Inspeccionar tuercas, pernos, correas, cadenas, cuchillas, rodillos de arrastre de papel, acoplamientos, y otros para confirmar si los operarios pueden realizar chequeos dentro de los tiempos asignados; diseñar herramientas de inspección mejoradas; instalar cubiertas que sean fáciles de retirar; mejorar el posicionamiento y orientación de los anclajes; facilitar plataformas donde los operarios puedan estar mientras chequean los puntos difíciles; etc. (Tokutaró, 2015) De todo esto, algo que resulta muy efectivo es instalar guardas acrílicas transparentes en los mecanismos rodantes, que permita visualizar el estado en el que se encuentran, por ejemplo: detectar limalla en rodamientos, verificar el estado de eslabones y rodillos de las cadenas, puesto que al detectar alguna grieta o desgaste, se procede a programar el cambio de estos elementos, antes de que falle durante la producción.

#### **Identificación de lugares de lubricación difícil.**

Usar gráficos ilustrados y realizar mapeos de los puntos de lubricación de difícil acceso para verificar mecanismos, tales como los indicadores de nivel de aceite y unidades de mantenimiento de aire y reponer o cambiar lubricantes (Tokutaró, 2015)

#### **Simplificación de tareas de lubricación.**

Reponer los indicadores de nivel de aceite, entradas de lubricante, etc.; estandarizar los tipos de lubricante; mejorar los medios de lubricación manual; y tomar acción para evitar que se contaminen las entradas de lubricante. (Tokutaró, 2015) También es importante reducir cantidad de

pernos o reemplazar por piezas que permitan el desmontaje rápido de las diferentes partes de la máquina para llegar a los puntos de lubricación.

**Seguir un procedimiento similar** para el equipo difícil de operar o ajustar. En las industrias de proceso, la clave para lograr un control remoto o el funcionamiento sin presencia de personas es eliminar el trabajo manual, tal como el de desbloquear canalones, retirar derrames de materias primas o productos, limpiar sensores, y ajustar las condiciones de proceso manipulando controles, tales como, válvulas y llaves. (Tokutaró, 2015)

**Tabla 34-3:** Objetivos del segundo paso

CONTRAMEDIDAS PARA LAS CAUSAS DEL DETERIORO FORZOSO Y MEJORA DE ÁREAS DE DIFÍCIL ACCESO			
OBJETIVOS			
Actividad	Operador	Supervisores/gerencia	Equipos
Eliminar o Disminuir por lo menos un 80% de las fuentes de contaminación	Conocer el funcionamiento de los mecanismos del equipo	Educar al personal sobre los mecanismos del equipo	Disminuir la frecuencia de fallos.
Evitar que crezca la contaminación	Conocer los puentes de ajuste	Reducir tiempos de actividades de limpieza, lubricación, reajuste.	Disminuir tiempo de arranque y ajuste
Mejorar el acceso a lugares de difícil acceso para limpiar	Aprender métodos para mitigar fuentes de contaminantes	Promover y Motivar a los operadores para que estén comprometidos con la disciplina	Disminuir contaminantes para incrementar su confiabilidad
Eliminar zonas donde se acumule la suciedad o sean un peligro para el operador	Conservar el interés y deseo para mejorar las condiciones del equipo	Facilitar las actividades de limpieza, lubricación y reajuste	Mantener limpio el equipo para que esta óptima condiciones de uso.
Facilitar la inspección del equipo.		Mejorar la visibilidad de los instrumentos de control de los equipos	

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Con las observaciones planteadas sobre cada fuente de contaminación y con la utilización de la herramienta lección de un punto, los criterios para mejorar lugares inaccesibles y con ayuda de los supervisores de producción, técnico de mantenimiento, analista de mantenimiento autónomo, se logró mejorar las habilidades de detección de los operadores. Por esta razón, cuando más difícil sea para una persona realizar la limpieza inicial, más fuerte es el deseo de mantener limpio el equipo y, por tanto, de reducir el tiempo de limpieza. Se adoptaron medidas para eliminar las

causas de la suciedad, polvo, fugas, etc. En el caso de los primeros formatos utilizados no se pudo eliminar por completo las desviaciones, por esta razón se propuso mejorar los procedimientos de limpieza, inspección, lubricación en las siguientes etapas.

Una vez concluido la etapa de mantenimiento autónomo, se revisaron progresivamente los logrados obtenidos en función de los objetivos planteados, así como, y el nivel de conocimiento de los grupos de trabajo, también la importancia de la eliminación de cada fuente de contaminación e inaccesibilidad, así como, puntos de ajuste innecesarios. Ver figura 25-3



**Figura 25-3:** Capacitación y auditoria fuentes de contaminación e inaccesibilidad

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

#### *3.6.3.4 Estandarización de actividades de mantenimiento autónomo*

La tercera etapa trata de la aplicación del principio SEIKETSU la cuarta S's de la metodología de las 5S's, donde el grupo de trabajo de los pilares de TPM, propuso para la línea de fabricación de caramelos duros , los diferentes estándares de mantenimiento básico, la limpieza, inspección, lubricación, y reapriete de las diferentes partes del equipo.

En los pasos 1 y 2, los operarios identificaron las condiciones básicas que deben aplicarse en el equipo. Por eso al lograr todo lo anterior, se estableció estándares para un trabajo de mantenimiento básico seguro, rápido y efectivo evitando el deterioro de las actividades básicas preventivas de limpieza, lubricación, y ajuste de piezas del equipo.

Obviamente, el tiempo disponible para limpieza, inspección, lubricación, ajustes, y detectar de anomalías es limitado. Es por ello que los supervisores de producción y mantenimiento incluyeron dentro del programa, los márgenes necesarios de tiempo para que los operadores puedan aplicar las actividades de mantenimiento autónomo. Por ejemplo, antes y después del arranque de la línea de fabricación de caramelos duros se asignó 30 minutos cada día, treinta minutos en los fines de semana y una hora al final de cada mes, por supuesto respetando las frecuencias definidas en los planes de dichas actividades.

### **Formatos de estandarización de actividades de mantenimiento autónomo**

Para la elaboración del formato de las actividades, es necesario plantearse seis preguntas básicas; ¿qué?, ¿por qué?, ¿dónde?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿quién?. Al considerar estas preguntas se elaboró formatos amigables, sencillos, entendibles, donde cualquier persona que utilice el equipo, podrá trabajar de manera rápida y eficiente.

Lo esencial de la elaboración de estos estándares fue definir en qué partes del equipo es necesario limpiar, que procedimientos hay que utilizar, como inspeccionar el equipo, como juzgar anormalidades etc. Con estos estándares se ayuda a los operadores a realizar las tareas de limpieza con mayor confianza y habilidad, se presentaron estándares de inspección con el propósito de mantener y establecer las condiciones óptimas del estado del equipo.

Para la realización de este punto fue esencial la utilización de las dos últimas S's de la metodología 5S's con el objeto de garantizar la disciplina y respeto de los estándares. Esta etapa es un refuerzo de "aseguramiento" de las actividades emprendidas en los pasos 1 y 2. Se busca crear el hábito para el cuidado de los equipos mediante la elaboración y utilización de estándares de limpieza, lubricación y reapriete de tornillos, y otros elementos de ajuste, se buscó prevenir el deterioro del equipo manteniendo las condiciones básicas de acuerdo a los estándares diseñados.

Con el estándar de procedimientos se logra trabajos eficientes en menor tiempo, que se realizan con seguridad e inocuidad de los productos.

Los objetivos planteados para esta paso se presentan en la siguiente tabla

**Tabla 35-3:** Objetivos del tercer paso

OBJETIVOS PARA ELABORACIÓN DE ESTÁNDARES DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO			
Actividad	Operador	Supervisores/gerencia	Equipos
Enseñar a lubricar. Desarrollar inspecciones generales de lubricación. Establecer un sistema de control de la lubricación. Fijar estándares de lubricación y limpieza	Fijar reglas por uno mismo y culminarlas. Conocer la importancia de cumplir las reglas y de la auto supervisión. Representar a conciencia su rol en el equipo y el de sus compañeros.	Preparar las reglas para el control de lubricación. Entrene y practique las condiciones de lubricación Enseñar cómo preparar estándares de lubricación y limpieza. Ayudar en la preparación de los estándares.	Corregir áreas difíciles de lubricar. Aplicar controles visuales. Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación, ajustes) para establecer el sistema de prevención del deterioro.

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Finalmente para este paso los miembros de mantenimiento utilizaron las experiencias adquiridas en los dos primeros pasos para determinar las condiciones óptimas de limpieza y lubricación del equipo. Para establecer el tercer paso fue necesario desarrollar diversos estándares entre los cuales destacan: Los estándares de operación de cada equipo, estándares de limpieza, de reajustes, lubricación e inspección. A continuación, se muestran algunos estándares desarrollados para el establecimiento del tercer paso.

### **Estándar de Limpieza**

Son actividades que consisten en retirar la suciedad e impurezas, los residuos de materia prima, cisco de producto, presentes en las superficies externas, en partes o elementos internos del equipo y área intervenida.

Para crear los procedimientos de limpieza, primeramente se entrevistó al operador con la finalidad de recolectar información sobre los pasos que realiza, las herramientas y materiales actualmente utilizados, partes que debe desmontar del equipo para limpiar. También se aplicó el método de la observación en campo, cuando el operador estaba realizando la limpieza se cronometra los tiempos de limpieza, desde la identificación del punto a intervenir hasta finalizar la tarea. Además se especifica, las fechas de ejecución del estándar, la frecuencia y el responsable del estándar.

En la figura 26 -3 se muestra uno de los procedimientos elaborado para realizar las actividades de limpieza del sistema de cocción. Este formato es aplicado para cada equipo de la línea de producción de caramelos duros.

Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo Instructivo de limpieza							
<b>Pais</b>	Ecuador	<b>Equipo</b>	Sistema de cocción	<b>Frecuencia</b>	semanal		
<b>Planta</b>	Riobamba			<b>Tiempo estimado</b>	2horas		
<b>Área</b>	Manufactura	<b>Tipo de Actividad</b>	Limpieza de cocinador	<b>Estado de equipo</b>	Parada		
<b>Línea</b>	Caramelos duros			<b>Fecha revisión</b>	18/1/2019		
				<b>N° Documento</b>	M.A-P.L-CD02-005		
<b>Informaciones de Seguridad</b>							
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizara y si la misma requiere el paro del equipo o se debe de ejecutar con el equipo en funcionamiento.							
<b>Informaciones de inocuidad</b>							
Al finalizar la tarea, realizar inventario sobre todas las herramientas, componentes utilizados (cepillos, desinfectantes, paños) y desengrasantes.							
<b>Informaciones de medio ambiente</b>							
Realizar el descarte de todos los residuos generados de la ejecución de esta tarea, tomando en consideración nuestra política de selección y reciclaje.							
<b>Objetivo</b>							
Evitar que residuos orgánicos en descomposición o bacterias patógenas se acumulen o entren en contacto con el producto.							
<b>Herramientas e Insumos</b>							
Las herramientas necesarias para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:							
							
a) Guantes termicos	b) gafas	c) mascarilla	d) botas	e) Ropa impermeable	g) Wypall	h) cepillo cerdas plasticas	
<b>Procedimiento</b>							
							
Antes de iniciar con la ejecución de este servicio, lea completamente este procedimiento. De tener alguna duda comuniquelo a su superior inmediato.							
<b>Paso 1.</b> Verificar que el equipo se encuentre desenergizado. <b>Paso 2.</b> Colocar letrero de seguridad y letrero de señalizacion de piso mojado <b>Paso 3.</b> cubrir los tableros eléctricos y motores con una funda plastica. <b>Paso 4.</b> Rociar ácido Suma gril por todas las superficies externas de cocinador con un atomizador. <b>Paso 5.</b> Abrir la llave de paso de agua caliente <b>Paso 6.</b> rociar agua caliente por todas las superficies externas hasta que quede totalmente limpio <b>Paso 7.</b> Cepillar hasta que quede libre de residuos <b>Paso 8.</b> limpiar el area intervenida. <b>Paso 9.</b> Retirar los letreros de seguridad y las fundas plasticas de protección de elementos eléctricos.							
<b>Nota importante:</b>							
Las anomalías encontradas y acontecimientos (ejemplo; pernos o graseros perdidos, no entra la grasa en una chumacera) durante la actividad se deberán reportar en la orden de trabajo. El operador ejecutante es responsable de las herramientas y materiales que se le entreguen para realizar la tarea de lubricación.							
ELABORADO POR: GABRIELA BRAVO							
VALIDADO POR:							
_____		_____		_____			
MANTENIMIENTO	CALIDAD	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN				

Figura 26-3: Estándar procedimiento de Limpieza del sistema de cocción

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Al realizar la limpieza el operador consiguió seguir el procedimiento estandarizado, el cual lo guió para realizar un buen trabajo. Este formato aplicado ayuda a evitar el daño de elementos eléctricos y elementos mecánicos del equipo.

**Manejo enfocadas.** Con la estandarización del procedimiento de limpieza se realizó un diagrama de análisis del proceso de limpieza. Con el propósito de disminuir el tiempo de cada actividad En las siguientes figuras se puede apreciar detalladamente cada paso que contempla el procedimiento de limpieza.

<input checked="" type="checkbox"/> <b>DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE COCINADOR</b> Ivé todo actual. Ivé todo propuesto: <input type="checkbox"/>		<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> COCINADOR DE CARAMELO EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA <b>DEPARTAMENTO:</b> PRODUCCION <b>OPERARIO:</b> Luis Durhi		<b>FECHA:</b> 2019-10-06 <b>DIAGRAMA N°:</b> 001 <b>HECHO POR:</b> Gabriela Bravo <b>HOJA N°:</b> 1 DE 3			
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA				DESCRIPCION DEL PROCESO
40	250	1					Desde el área de confitería al departamento de seguridad.
	30	1					Solicitud de traje desechable y mascarilla
40	320	2					Desde el departamento de seguridad se traslada al área de confitería
	140	2					Colocación de trajes desechables y mascarillas
15	130	3					Ir al área de Almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza.
	70	1					Área de Almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza.
	320	3					Seleccionar material y herramientas para la limpieza
25	300	4					Desde el área de materiales y herramientas de limpieza al Cocinador
3	95	5					Desde cocinador a la oficina del supervisor
	60	4					Se solicita wypall y guantes de nitrilo
3	90	6					Desde la oficina del supervisor a la bodega de azúcar
	100	5					Agarrar fundas plásticas para desechos
5	40	7					Se dirige al cocinador
	704	1					Esperando a técnico eléctrico
	340	6					Apagado y bloqueo de energía del equipo (Técnico eléctrico)
	850	7					Cubrir o proteger motores y tablero eléctrico con fundas plásticas
5	165	8					Colocar tablero de señalización de piso mojado
	970	9					Rociar ácido Suma gril por todas las superficies externas de cocinador con un atomizador.
5	45	8					Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente
	30	10					Abrir llave de agua caliente
5	60	9					Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	4000	11					Rociar agua caliente por todas las superficies externas hasta que quede totalmente limpio
5	68	10					Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente

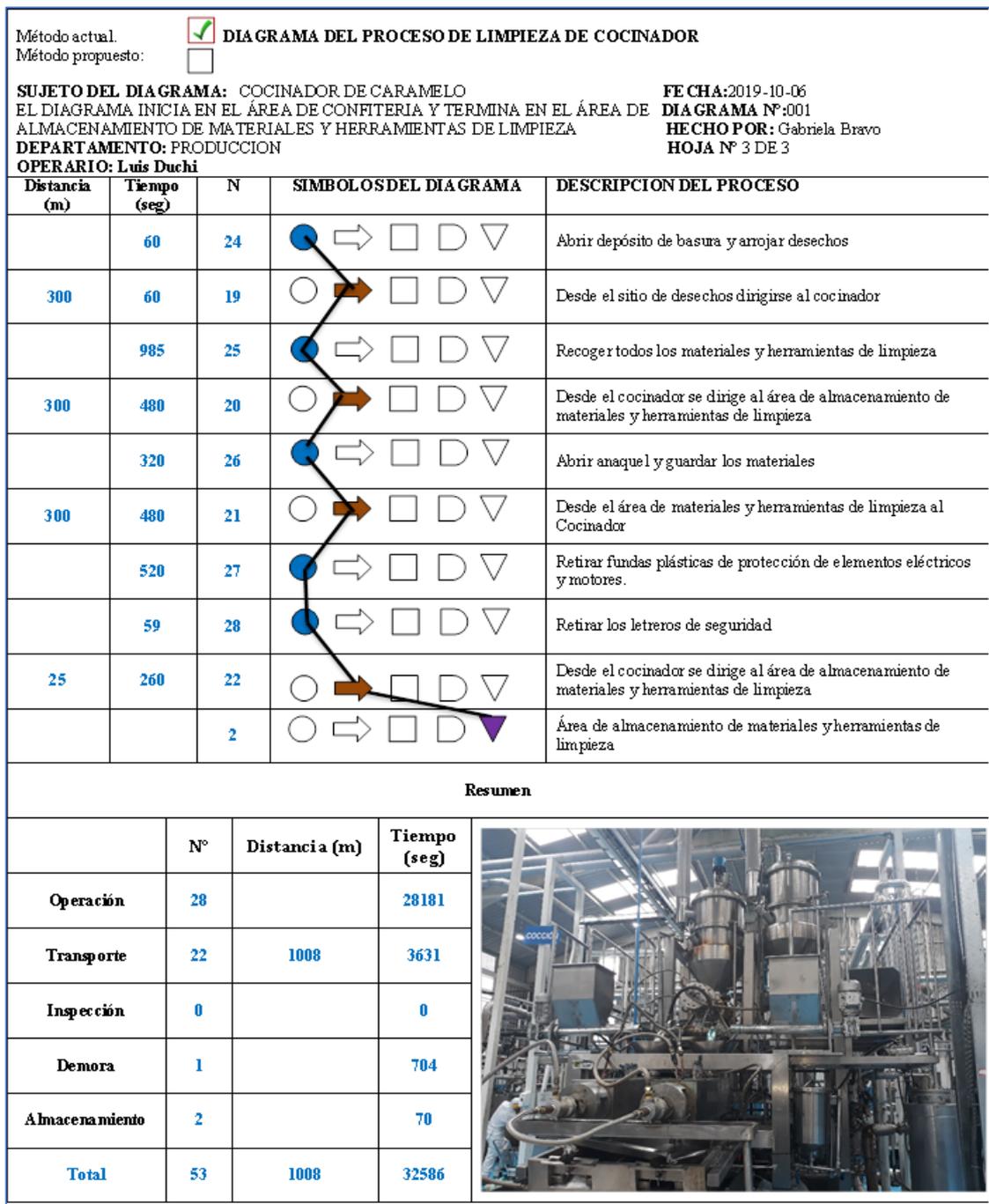
**Figura 27-3:** Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 1

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Método actual. <input checked="" type="checkbox"/> <b>DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE COCINADOR</b>		Método propuesto: <input type="checkbox"/>						
SUJETO DEL DIAGRAMA: COCINADOR DE CAMELO				FECHA: 2019-10-06				
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA				DIAGRAMA N°: 001				
DEPARTAMENTO: PRODUCCION				HECHO POR: Gabriela Bravo				
OPERARIO: Luis Duchi				HOJA N° 2 DE 3				
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO
			●	➔	■	◻	▽	
	56	12	●	➔	◻	◻	▽	Cerrar llave de agua caliente
5	50	11	○	➔	◻	◻	▽	Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	8050	13	●	➔	◻	◻	▽	Cepillar equipo hasta que quede libre de residuos
5	45	12	○	➔	◻	◻	▽	Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente
	30	14	●	➔	◻	◻	▽	Abrir llave de agua caliente
5	60	13	○	➔	◻	◻	▽	Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	8000	15	●	➔	◻	◻	▽	Rociar agua caliente por todas las superficies externas hasta que quede totalmente limpio
5	68	14	○	➔	◻	◻	▽	Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente
	56	16	●	➔	◻	◻	▽	cerrar llave de agua caliente
5	60	15	○	➔	◻	◻	▽	Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	320	17	●	➔	◻	◻	▽	Pasar wypall por superficies de cocinador
3	95	16	○	➔	◻	◻	▽	Desde el Cocinador hasta la oficina del supervisor
	320	18	●	➔	◻	◻	▽	Solicitar herramientas para retirar pemos de guarda
3	95	17	○	➔	◻	◻	▽	Desde la oficina del supervisor hasta el cocinador
	80	19	●	➔	◻	◻	▽	Ubicar herramienta en pemos, aflojar y retirar guarda
	500	20	●	➔	◻	◻	▽	Limpiar bomba con un paño húmedo y retirar acumulación de jarabe cristalizado.
	200	21	●	➔	◻	◻	▽	Limpiar guarda con wypall húmedo
	80	22	●	➔	◻	◻	▽	Ubicar guarda y ajustar pemos de guarda
	1540	23	●	➔	◻	◻	▽	Limpiar el área intervenida.
300	480	18	○	➔	◻	◻	▽	Desde de cocinador dirigirse a sitio de desechos con los residuos resultantes de la actividad

**Figura 28-3:** Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 2

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**Figura 29-3:** Diagrama de análisis del proceso de limpieza Parte 3

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

En el **Anexo G** se detalla una parte del plan de limpieza creado para la elaboración de las actividades en los equipos de la línea de fabricación de caramelos duros.

**Estándar de Lubricación.**

Las tareas de lubricación tienen como objetivo evitar el daño de componentes mecánicos, por el rozamiento entre piezas que genera desgaste cuando no existe un medio lubricante. Es importante la correcta identificación de todos los puntos que necesitan de lubricación, así como los

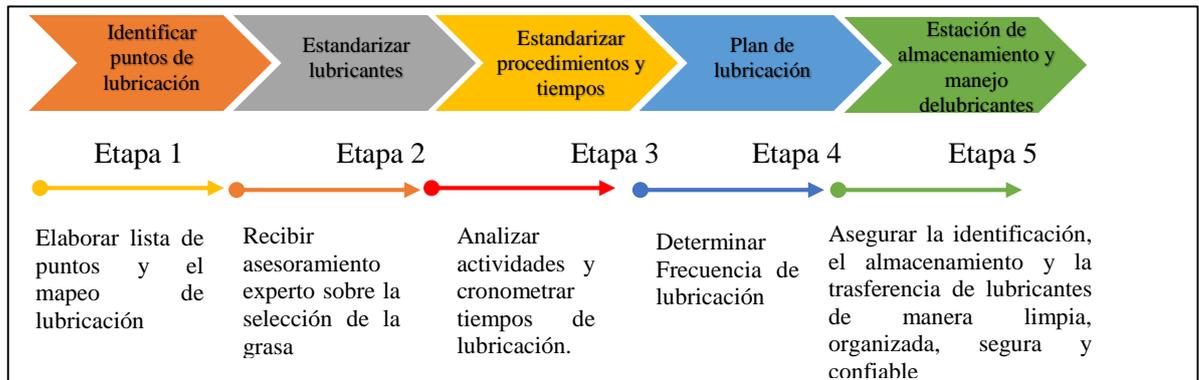
lubricantes específicos para cada punto. Para una buena práctica de lubricación es importante que el operador tenga presente las **5C (el punto correcto, el método correcto, el lubricante correcto, la cantidad correcta y la frecuencia correcta)**. Además, al realizar la actividad, el operador deberá seguir el procedimiento de lubricación, el cual lo guiará para realizar una correcta lubricación. Ver figura 30-3



**Figura 30-3:** Las 5 C de lubricación

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La gestión de lubricación está basada en 5 etapas que se representa en la siguiente figura 29-5



**Figura 31-3:** Etapas de gestión de lubricación

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

### Identificación de puntos de lubricación

Una vez identificados los equipos de la línea de caramelos duros, se procede a realizar el levantamiento de los puntos de lubricación. Con esta información se realiza un listado de puntos de lubricación, con el respectivo análisis de puntos en contacto con el alimento que presenten riesgo de contaminación, donde de manera obligatoria se debe utilizar lubricante de grado alimenticio, para conservar la inocuidad del producto.

**Tabla 36-3:** Listado de algunos puntos de lubricación y análisis de contacto con el alimento

Departamento de mantenimiento						
listado de puntos de lubricación y análisis de contacto con el alimento en el área de confitería						
Equipo	Punto de lubricación	Nº puntos	Lubricante	Tipo de lubricante	Contacto con alimentos	Riesgo de contacto
Sistema de pesaje	Caja reductora	2	Pdv sae 40	Aceite de extrema presión	√	Alto
	Chumacera f207	1	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Medio
Cocinator	Rodamientos de bomba vacío	2	Klubertemp gr ar 555	Grasa de grado alimenticio, soporta altas temperaturas	√	Alto
	Rodamientos de tornillo sin fin	2	Klubertemp gr ar 555	Grasa de grado alimenticio, soporta altas temperaturas	√	Alto
	Rodamiento de bolas	2	Klubertemp	Grasa de alta temperatura	√	Alto
	Chumaceras ovaladas fl 207	6	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Chumaceras ovaladas fl 206	12	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Cadenas	6	Aceite clarion 90	Grado alimenticio	√	Alto
	Chumacera uc214 de rodillos de banda	4	Pdv ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua y estabilidad al cizallamiento	X	Bajo
Bastoneador	Cadena de transmisión	1	Grasa ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua.	X	Bajo
	Chumaceras banda alimentación fl206 kfy	2	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Sistema de transmisión por engranaje	1	Grasa pdv ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua y estabilidad al cizallamiento	X	Bajo
Rodillos egalizados	Piñones	1	Grasa ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua y estabilidad al cizallamiento	X	Bajo
Troquel	Sistema de elevación	2	Klubertemp	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Molde	1	Klubertemp	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
Túnel de enfriamiento	Chumaceras t206	2	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Chumaceras de piso p206	8	Lgfp 2	Grasa de grado alimenticio	√	Alto
	Cadenas y piñones de transmisión	2	Aceite clarion 90	Aceite de grado alimenticio	√	Alto
Envoladora flowpack	Conjunto mordazas sellado transversal	2	Grasa roja mystic	Grasas de alta temperatura	X	Medio
	Conjunto rodillos sellado longitudinal	4	Grasa roja mystic	Grasas de alta temperatura	X	Bajo
	Chumaceras ntn fl204	2	Grasa ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua y estabilidad al cizallamiento	X	Bajo
	Cadena	1	Quimplex	Grado alimenticio	√	Medio
	Piñones	2	Grasa ep2	Grasa multipropósito. Resistente al lavado por agua y estabilidad al cizallamiento	√	Medio

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

En la identificación de puntos de lubricación también se realizó un listado de lubricantes que actualmente se utilizan.

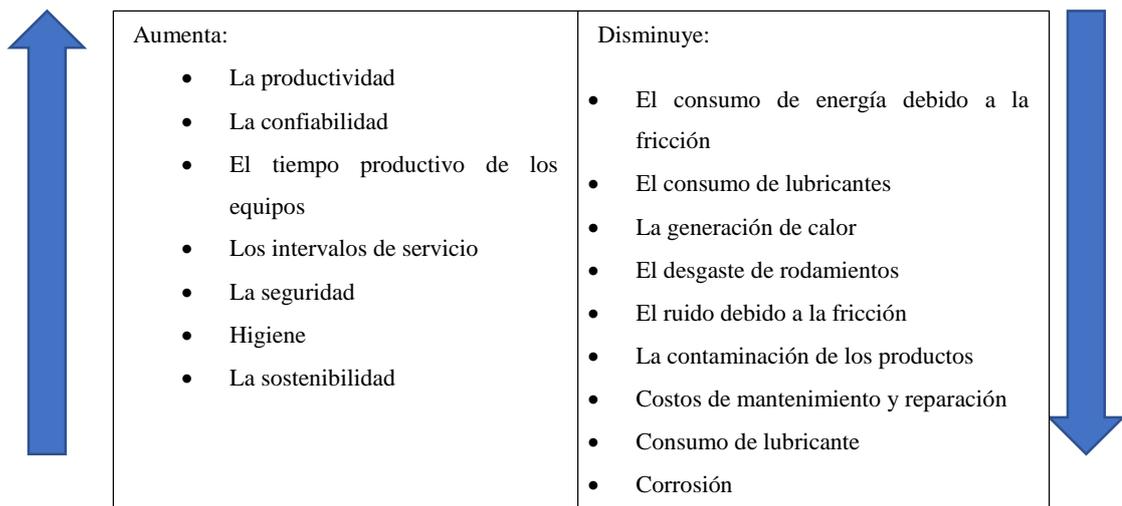
**Tabla 37-3:** Lubricantes utilización en la planta

LUBRICANTES Y PRESUPUESTO MENSUAL DE CONFITERÍA						
Código	Lubricante	Descripción	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
3353656	Clarion ht ep grasa multifack		8	Lb	\$6,62	\$52,96
269935	Wd-40		20	Unidades	\$6,03	\$120,60
3359206	Grasa alta temperatura red gold		4	Cartuchos ( 400 gr/c.u)	\$23,40	\$93,60
3356411	Aceite clarion 90 ® food grade white mineral oils		1	Gln	\$24,64	\$24,64
3359208	Try multipropósito 1, 2, 3		2	Cartuchos ( 400 gr/c.u)	\$10,00	\$20,00
3359205	Tribology clear gold		2	Cartuchos ( 400 gr/c.u)	\$23,35	\$46,70
274608	Grasero 90 m6		20	Unidades	\$0,65	\$13,00
274597	Grasero recto m6		20	Unidades	\$0,45	\$9,00
3355942	Klubertemp gr 555		1	Cartucho	\$293,24	\$293,24
3345583	Grasa compatible con alimentos de uso general nlgi 2		3	Tarros ( 2 kg)	\$45,10	\$135,30
<b>Total</b>					<b>\$408,84</b>	<b>\$784</b>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Una vez expuesto los puntos a lubricar y los materiales a utilizar en cada actividad se definió un Plan de lubricación, en el cual se determinó la frecuencia de cambio que se debe realizar en los diferentes equipos de la línea de fabricación de caramelos duros. En el **Anexo H** se presenta una parte del plan de lubricación.

Hay que considerar, cuando un equipo se encuentra lubricado aplicando las 5Cse llega a los siguientes logros. Definidos en la siguiente figura.



**Figura 32-3:** Logros de la gestión de lubricación

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Cabe indicar que al momento de realizar estas actividades, el tiempo utilizado será el mínimo, para que no se conviertan en paros muy largos, lo que implicaría más gastos. Por esta razón en los formatos de estandarización, se especifica el tiempo que tardarán y el número de operadores que se necesitan para llevar a cabo estas actividades, mientras más específico se realice este formato, el tiempo de ocio será mínimo.

Para mejor entendimiento de los operadores se utilizaron ilustraciones del equipo y se señalaron en qué partes se realizará el mantenimiento. Así como la localización del equipo. En las siguientes figuras, se presentan los formatos utilizados para la estandarización de los procedimientos de lubricación.

Cabe indicar que para estandarizar los procedimientos primero se realizó un estudio de tiempos y análisis paso a paso el proceso que lleva a cabo el operador actualmente, para identificar los puntos de mejora que permita reducir operaciones, transportes y optimizar tiempos.

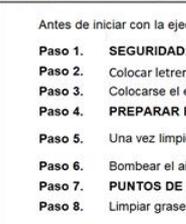
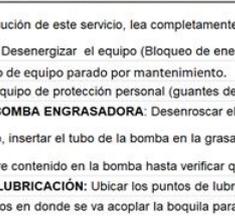
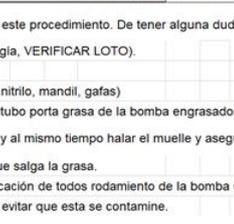
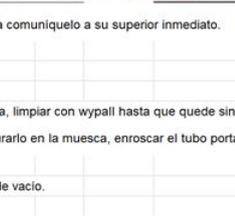
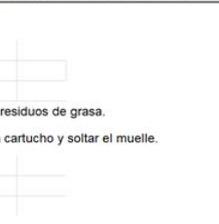
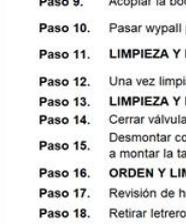
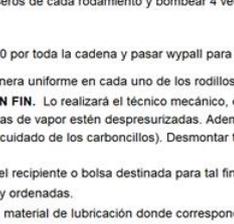
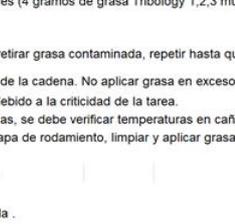
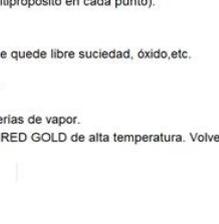
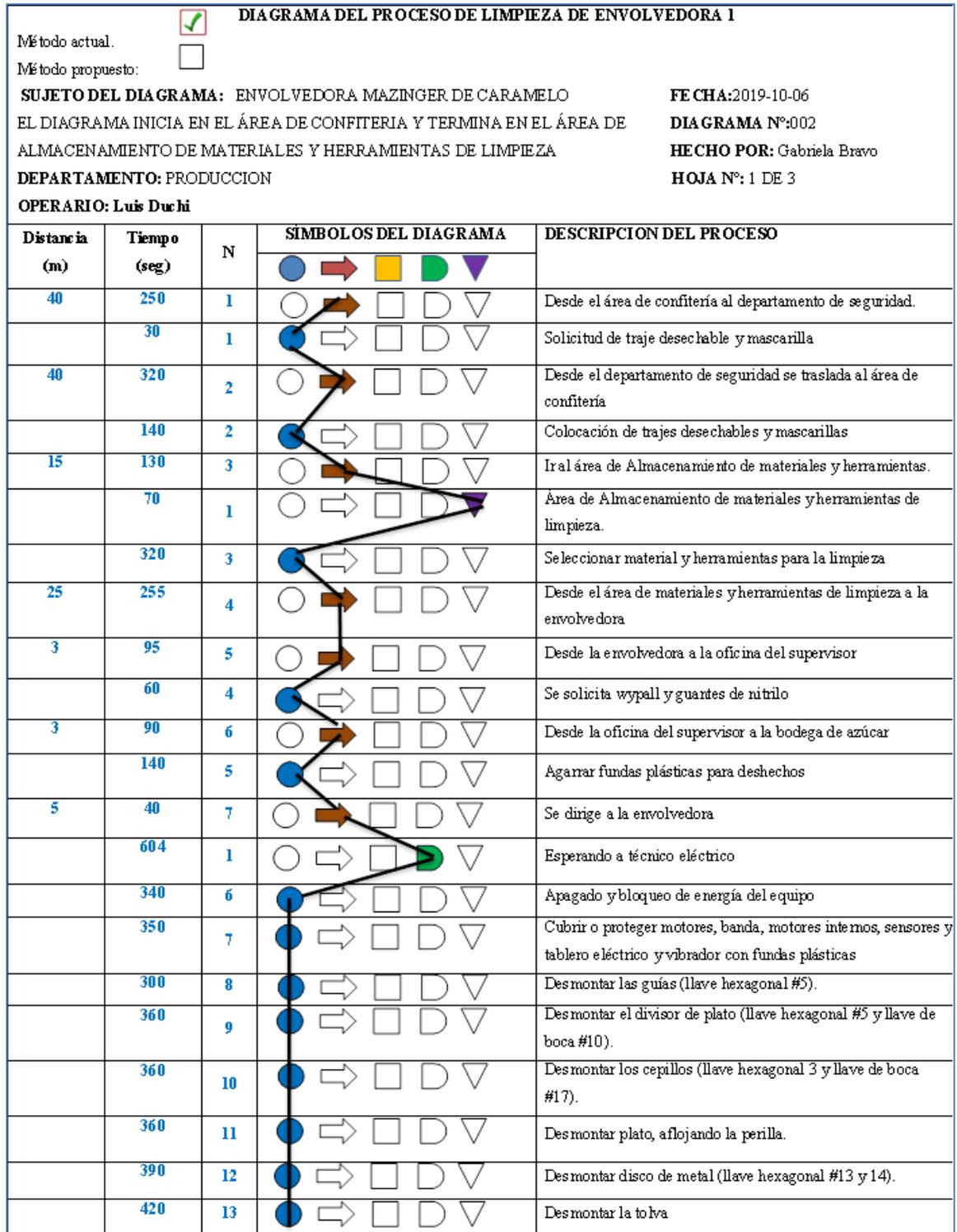
Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo Procedimiento de lubricación										
<b>País</b>	Ecuador	<b>Equipo</b>	Cocinador	<b>Frecuencia</b>	mesual					
<b>Planta</b>	Robamba	<b>Tipo de Actividad</b>	Lubricación mensual de rodamientos de sin fin, de cadena de transmisión y de rodamientos de bomba de vacío.	<b>Tiempo estimado</b>	50 minutos					
<b>Área</b>	Manufactura	<b>Cantd. op.</b>	2	<b>Estado equipo</b>	Parado					
<b>Línea</b>				<b>Fecha revisión</b>	25/10/2019					
<b>Ejecutante</b>	Operador de máquina			<b>N° Documento</b>	M.A-LUB-CB01-001					
<b>Informaciones de Seguridad</b>										
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad, la señalización adecuada y el permiso de trabajo acorde a la tarea. Verifique el estado de las herramientas a utilizar y que la mismas se encuentren en condiciones seguras de uso. Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizará y verifique el loto del equipo.										
<b>Informaciones de inocuidad</b>										
Al finalizar la tarea, revise que todas las herramientas, componentes utilizados se encuentren completos. Realizar orden y limpieza										
<b>Informaciones de medio ambiente</b>										
Realizar el descarte de todos los residuos generados de la ejecución de esta tarea, tomando en consideración nuestra política de selección y reciclaje.										
<b>Objetivo</b>										
Evitar el desgaste prematuro de los elementos de la máquina, reduciendo la fricción mediante una película de lubricante.										
<b>Herramientas e Insumos</b>										
Las herramientas y materiales necesarios para la ejecución de este procedimiento son las siguientes:										
										
Llave de pico, llave francesa, allen 6mm, destornillador plano, martillo	a) Grasa LGHB 2 SKF	b) Grasa RED GOLD de Alta temperatura	c) Grasa PDV EP-2 Industrial	d) Bomba engrasadora	e) Wypall	f) Bolsa plastica para basura	g) mandil y guantes de nitrilo			
<b>Procedimiento</b>										
										
										
										
Antes de iniciar con la ejecución de este servicio, lea completamente este procedimiento. De tener alguna duda comuníquelo a su superior inmediato.										
<b>Paso 1. SEGURIDAD:</b> Desenergizar el equipo (Bloqueo de energía, VERIFICAR LOTO).										
<b>Paso 2.</b> Colocar letrero de equipo parado por mantenimiento.										
<b>Paso 3.</b> Colocarse el equipo de protección personal (guantes de nitrilo, mandil, gafas)										
<b>Paso 4. PREPARAR BOMBA ENGRASADORA:</b> Desenroscar el tubo porta grasa de la bomba engrasadora, limpiar con Wypall hasta que quede sin residuos de grasa.										
<b>Paso 5.</b> Una vez limpio, insertar el tubo de la bomba en la grasa y al mismo tiempo halar el muelle y asegurarlo en la muesca, enroscar el tubo porta cartucho y soltar el muelle.										
<b>Paso 6.</b> Bombear el aire contenido en la bomba hasta verificar que salga la grasa.										
<b>Paso 7. PUNTOS DE LUBRICACIÓN:</b> Ubicar los puntos de lubricación de todos rodamiento de la bomba de vacío.										
<b>Paso 8.</b> Limpiar graseros en donde se va acoplar la boquilla para evitar que esta se contamine.										
<b>Paso 9.</b> Acoplar la boquilla de la bomba engrasadora en los graseros de cada rodamiento y bombear 4 veces (4 gramos de grasa Tribology 1,2,3 multipropósito en cada punto).										
<b>Paso 10.</b> Pasar Wypall para limpiar la grasa residual.										
<b>Paso 11. LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE CADENA.</b> Rociar WD-40 por toda la cadena y pasar Wypall para retirar grasa contaminada, repetir hasta que quede libre suciedad, óxido, etc.										
<b>Paso 12.</b> Una vez limpia, aplicar grasa PDV EP-2 Industrial de manera uniforme en cada uno de los rodillos de la cadena. No aplicar grasa en exceso.										
<b>Paso 13. LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DE SIN FIN.</b> Lo realizará el técnico mecánico, debido a la criticidad de la tarea.										
<b>Paso 14.</b> Cerrar válvulas de paso de vapor y asegurar que las líneas de vapor estén despresurizadas. Además, se debe verificar temperaturas en cañerías de vapor.										
<b>Paso 15.</b> Desmontar conjunto de rotativa (Parte delicada requiere cuidado de los carbonillos). Desmontar tapa de rodamiento, limpiar y aplicar grasa RED GOLD de alta temperatura. Volver a montar la tapa del rodamiento.										
<b>ORDEN Y LIMPIEZA</b> Se deben recoger los residuos en el recipiente o bolsa destinada para tal fin.										
<b>Paso 17.</b> Revisión de herramientas, verificar que estén completas y ordenadas.										
<b>Paso 18.</b> Retirar letreros de equipo en mantenimiento y guardar el material de lubricación donde corresponda.										
<b>Nota importante:</b>										
Las anomalías encontradas y acontecimientos (ejemplo; pernos o graseros perdidos, no entra la grasa en una chumacera) durante la actividad se deberán reportar en el orden de trabajo. El operador ejecutante es responsable de las herramientas y materiales que se le entreguen para realizar la tarea de lubricación.										
ELABORADO POR: GABRIELA BRAVO										
VALIDADO POR:										
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%; text-align: center;">MANTENIMIENTO</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">CALIDAD</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">SEGURIDAD</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">PRODUCCIÓN</td> </tr> </table>							MANTENIMIENTO	CALIDAD	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN
MANTENIMIENTO	CALIDAD	SEGURIDAD	PRODUCCIÓN							

Figura 33-3: Ejemplo Formato de hoja de procedimiento de lubricación

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

**Mejoras enfocadas.** Con la estandarización del procedimiento de lubricación se realizó un diagrama de análisis de procesos de esta actividad. Con el propósito de disminuir el tiempo de cada actividad En las siguientes figuras se puede apreciar detalladamente cada paso que contempla el procedimiento de lubricación.



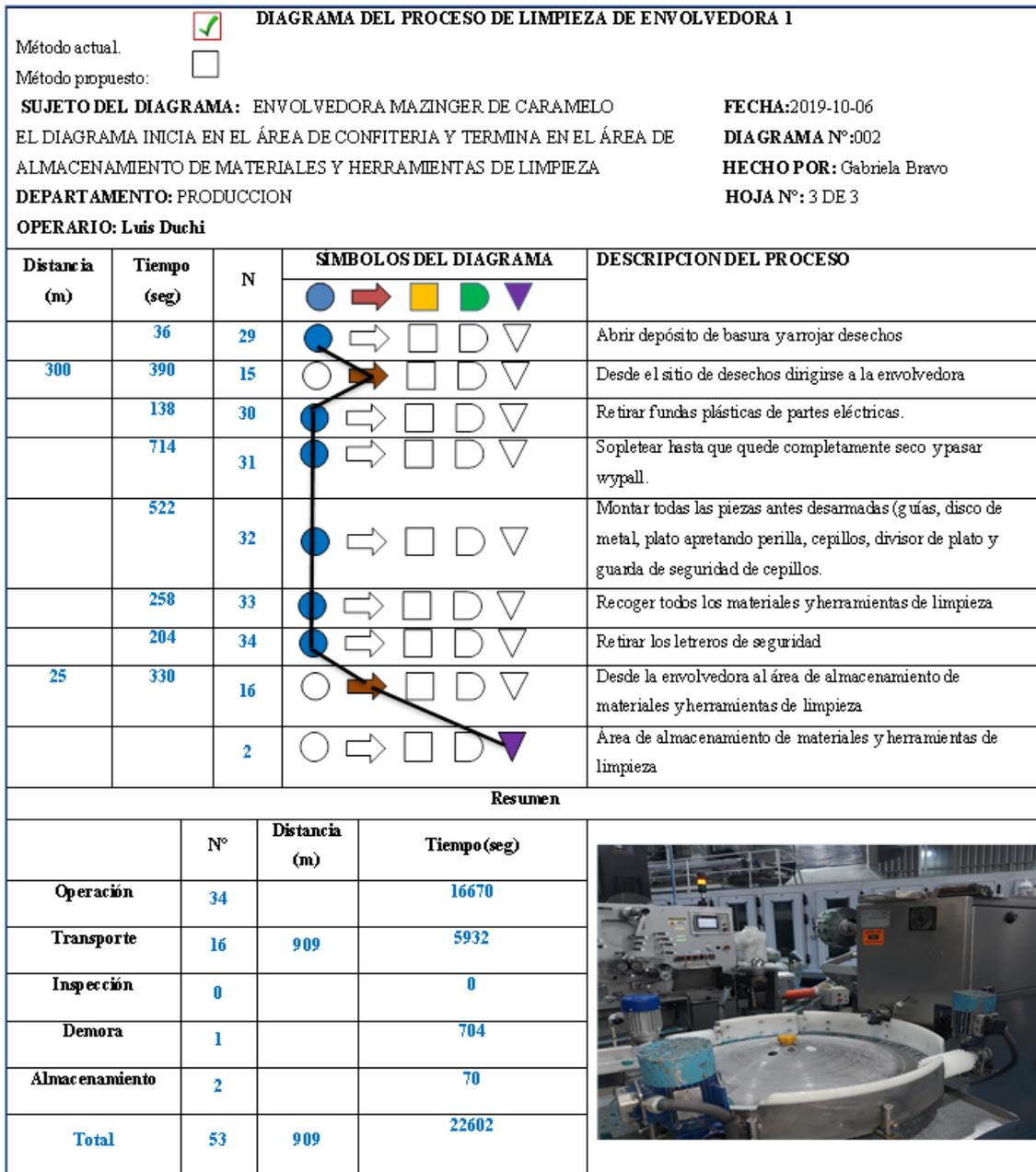
**Figura 34-3:** Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 1

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

<input checked="" type="checkbox"/> <b>Método actual.</b> <input type="checkbox"/> <b>Método propuesto:</b>					<b>DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE ENVOLVEDORA 1</b>				
<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> ENVOLVEDORA MAZINGER DE CARAMELO					<b>FECHA:</b> 2019-10-06				
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA					<b>DIAGRAMA N°:</b> 002				
<b>DEPARTAMENTO:</b> PRODUCCION					<b>HECHO POR:</b> Gabriela Bravo				
<b>OPERARIO:</b> Luis Duchi					<b>HOJA N°:</b> 2 DE 3				
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO	
			●	→	□	D	▽		
	312	14	●	→	□	D	▽	Desmontar la cadena retirando el seguro con una saca-vincha	
	402	15	●	→	□	D	▽	Colocar en un pallet todas las piezas desmontadas	
25	345	8	○	→	□	D	▽	Desde la envolvedora al área de producto terminado	
	36	16	●	→	□	D	▽	Seleccionar un Yalet	
25	365	9	○	→	□	D	▽	Desde el área de producto terminado transporta Yalet a envolvedora	
	30	17	●	→	□	D	▽	Introduce el Yalet en pallet y regula la altura para transporte	
22	318	10	○	→	□	D	▽	Desde envolvedora transportar pallet de piezas al área de lavado	
	2040	18	●	→	□	D	▽	Lavado de piezas de envolvedora con agua caliente	
31	686	11	○	→	□	D	▽	Desde el área de lavado se transporta pallet con piezas a la envolvedora	
	636	19	●	→	□	D	▽	Secado de todas las piezas de envolvedora con wypall	
	660	20	●	→	□	D	▽	Secado de todas las piezas de envolvedora con aire comprimido	
	582	21	●	→	□	D	▽	Raspar los residuos de caramelo pegados en las superficies de la máquina (espátula).	
25	450	12	○	→	□	D	▽	Desde envolvedora llevar gaveta al área de lavado	
	900	22	●	→	□	D	▽	Abre llaves de agua para llenar gaveta	
	2160	23	●	→	□	D	▽	Cerrar llave de agua	
25	318	13	○	→	□	D	▽	Desde área de lavado llevar gaveta con agua a envolvedora	
	576	24	●	→	□	D	▽	Adiciona desengrasante en gaveta de agua	
	840	25	●	→	□	D	▽	Lavar el equipo humedeciendo el wypall con agua y desengrasante	
	564	26	●	→	□	D	▽	Cepilla las superficies hasta que quede completamente limpio.	
	534	27	●	→	□	D	▽	Secar equipo con wypall	
	588	28	●	→	□	D	▽	Limpiar el área intervenida	
300	402	14	○	→	□	D	▽	Desde la envolvedora dirigirse al sitio de desechos con los residuos resultantes de la actividad	

**Figura 35-3:** Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 2

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**Figura 36-3:** Diagrama de Análisis de Proceso de lubricación Parte 3

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

**Estándar de Reapriete.**

Una buena gestión de reajuste consta de las siguientes etapas: Identificar los puntos críticos de las maquinas, estándar de ajustes, plan de actividades de reajuste, estándar de procedimientos y tiempos, estación de almacenamiento de herramientas.

Las actividades de reapriete consisten en la correcta fijación de piezas mecánicas (pernos, tornillos, tuercas, etc.), los cuales se tienden a aflojar por la vibración, o se pueden encontrar flojos por falta de sujeción cuando se retiran para desarmar piezas en las limpiezas de fin de producción.

En el reapriete es elemental realizar un control de pernos flojos, para evitar que estos se conviertan en faltantes en los equipos, ya que estos pueden llegar a contaminar la materia prima o el producto, de tal manera que afecte el índice de calidad y generar el deterioro acelerado del equipo.

Mantenimiento Formato mantenimiento autónomo Procedimiento de Reapriete					
<b>País</b>	Ecuador	<b>Equipo</b>	Cocinador	<b>Frecuencia</b>	Quincenal
<b>Planta</b>	Riobamba			<b>Tiempo estimado</b>	10 minutos
<b>Área</b>	Manufactura	<b>Tipo de Actividad</b>	Reapriete de bomba de lobulos, cianes y brazos de sujeción de olla.	<b>Estado de equipo</b>	Parada
<b>Línea</b>				<b>Fecha revisión</b>	
<b>Informaciones de Seguridad</b>					
Antes de iniciar con la ejecución de esta actividad evalúe lo siguiente: Verifique que cuenta con todo el equipo de protección necesaria para la ejecución de la actividad Verifique el estado de la herramienta a utilizar y que la misma se encuentre en condiciones de uso Informe al responsable del equipo o área sobre la actividad que realizara y si la misma requiere el paro del equipo o se debe de ejecutar con el equipo en funcionamiento.					
<b>Informaciones de inocuidad</b>					
Al finalizar la tarea, realizar inventario sobre todas las herramientas, componentes utilizados (tornillos, tuercas, paños) y grasa.					
<b>Informaciones de medio ambiente</b>					
Realizar el descarte de todos los residuos generados de la ejecución de esta tarea, tomando en consideración nuestra política de selección y reciclaje.					
<b>Objetivo</b>					
Mantener un ajuste adecuado de la bomba de lobulos, cianes y brazos de sujeción de olla.					
<b>Herramientas e Insumos</b>					
					
a) Guantes de agarre		b) Llaves allen 4, 8 y 12mm		c) llave francesa	
<b>Procedimiento</b>					
					
		Bomba de lobulos	Perno mariposa	Cianes de tubería	
					
Pernos mariposa	Pernos mariposa	Brazos de sujeción de olla	Pernos Allen 4 mm	Pernos Allen 12 mm	
		perno 17 mm	perno 24 mm	Pernos Allen 4 mm	
Antes de iniciar con la ejecución de este servicio, lea completamente este procedimiento. De tener alguna duda comuníquelo a su superior inmediato.					
<b>Paso 1.</b> Apagar el equipo desde el tablero de control.					
<b>Paso 2.</b> Colocar un letrero de seguridad en el tablero control.					
<b>Paso 3.</b> Localizar la bomba de lobulos del cocinador.					
<b>Paso 4.</b> Localizar las pernos de sujeción de la bomba.					
<b>Paso 5.</b> Colocar la llave francesa regulando en la ranura del perno mariposa.					
<b>Paso 6.</b> Proceder a reapretar pernos.					
<b>Paso 7.</b> Localizar la los cianes de tubería.					
<b>Paso 8.</b> Localizar las pernos de sujeción de los cianes.					
<b>Paso 9.</b> Proceder a reapretar pernos.					
<b>Paso 10.</b> Localizar la los brazos de sujeción de las ollas del cocinador.					
<b>Paso 11.</b> Localizar las pernos de sujeción de las ollas.					
<b>Paso 12.</b> Proceder a reapretar pernos.					
<b>Paso 13.</b> Encender el equipo en el caso que este programado producción.					
<b>NOTA:</b> Realizar esta tarea solo en el caso que los pernos estén flojos y el equipo sin productos.					
<b>Anomalías Levantadas</b>					
<b>Acepte Técnico</b>					
<b>Nombre de Ejecutante</b>			<b>Responsable por Acepte</b>		
<b>Observaciones</b>					

Figura 37-3: Ejemplo Formato de hoja de procedimiento de reapriete

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

De la misma forma que se definió los puntos de lubricación, también se especificaron puntos de ajuste, en el **Anexo I** se presenta una parte del plan de mantenimiento de reapriete.

Para llevar a cabo la estandarización de reajustes se procedió a identificar ajustes de los equipos, definir reajustes que pueden ser eliminados con planes de acción, establecer posiciones de reajuste con ayudas visuales, en este caso se pintó de rojo los pernos críticos se exponen al producto,

#### *3.6.3.5 Inspección general*

Los pasos 1 al 3 se realizan para evitar el deterioro y controlar las condiciones básicas de mantenimiento del equipo que son la limpieza, lubricación, y reajuste. En el paso 4, intentamos medir el deterioro con una inspección general del equipo. Adicionalmente, al trabajar devolviendo las buenas condiciones de operación del equipo, se incrementa la competencia de los operadores para un mejor manejo de su equipo.

Inicialmente, los líderes de TPM recibieron un entrenamiento en estos procedimientos de inspección (una categoría de inspección a la vez) usando un manual de inspección general preparado por el staff y supervisores. Los líderes comparten lo aprendido con todos los miembros. Los grupos de trabajadores trabajan juntos para identificar y reconocer las áreas problemáticas descubiertas durante la inspección de mantenimiento, los miembros toman la acción necesaria para corregir el deterioro y mejorar las áreas afectadas.

El entrenamiento en inspección generalmente se los realizo por categoría, se empezó con el desarrollo de la capacidad. Su efectividad se audita y refuerza con entrenamiento adicional y aplicaciones prácticas. El período de entrenamiento, aplicación, auditoría, y modificación se repite para cada clase de inspección. El cuarto paso usualmente requirió más tiempo, porque todos los operarios necesitaron desarrollar habilidades mediante el uso de sus sentidos para detectar anomalías.

De igual forma que el paso anterior se estableció un programa de inspección que tiene como objetivo establecer los puntos de inspección del equipo como son: Inspección de los puntos de lubricación, inspección de las partes del equipo, inspección neumática, hidráulica, eléctricas y de sistemas de conducción, en este punto se constituyó la localización de los puntos de inspección, acciones a realizar, criterios de inspección, fechas de realización, frecuencias y responsable de las actividades.

#### Método de gestión del cuarto paso

El cuarto paso está constituido de las la siguiente forma:

- Lista de materiales
- Preparación de los materiales didácticos y elaborado del plan de entrenamiento
- Instrucción de los líderes
- Entrenamiento a los operadores

- Ejecución de las actividades, de manera que se aprenda mediante la detección de inconvenientes

La capacitación en inspección general para los operadores incluyó lo siguiente:

Selección de los elementos de inspección: se determinó los puntos necesarios de revisión para que el operador manipule e inspeccione su equipo correctamente. Para determinar los puntos se considero el diseño del equipo y la frecuencia de las fallas y defectos. Además se tomó en cuenta las partes del equipo como: válvulas, bombas, motores, bandas, cuchillas, mordazas, ventiladores, también se especificó el sistema de lubricación, sistema neumático, eléctrico y tableros de control. Preparación de materiales para entrenamiento de inspección general: el material de entrenamiento para la inspección conto de una descripción de las funciones básicas y la estructura del equipo, sus partes con nombres, funciones , procedimientos de inspección y las acciones a tomar en caso de detectar anomalías. Para este caso, los formatos de normas de limpieza diseñados fueron utilizados para la educación en este punto. Las hojas de lección en un punto también fueron de gran ayuda para este propósito; los operadores aprendieron a reconocer las anomalías usando estas hojas.

Listado de las actividades en función al tipo de tarea realizada en el equipo. Por ejemplo en los checklist operativos se enlistaron las actividades de revisión visual que realizan los operadores. Dicho checklist consta de algunas características del proceso con la opción de marcar en las casillas si los elementos cumplen con su correcto funcionamiento y en caso de no cumplir se escribe en observaciones la anormalidad encontrada. Este formato desarrollado permitió detectar tempranamente los inconvenientes que se presentan en las máquinas y equipos. Ver **Anexo J** hoja de chequeo.

Para la correcta utilización del formato de chequeo se requirió de conocimiento de los operadores y técnicos sobre los elementos del equipo, sus partes, sistemas, como también conocer sobre su funcionamiento.

Para la implementación se tomaron en cuenta los siguientes puntos.

- Preparación del programa de formación para operarios dirigido a la obtención de un alto conocimiento sobre métodos de inspección.
- Desarrollo de programas de formación empleando la filosofía Gemba.
- Desarrollo de las primeras actividades de inspección con tutor. En este caso los técnicos de mantenimiento pueden apoyar en las tareas.
- Realizar actividades básicas de reparación e intervención con ayuda del tutor.
- Planificar los trabajos de reparación y de nuevas revisiones o inspecciones del equipo.
- Fue necesario contar con un plan de inspecciones rutinarias.

En el **Anexo K** se puede apreciar una parte del plan de inspecciones que se realizan en la línea de fabricación de caramelos duros.

Para la inspección autónoma del equipo se dio a conocer la filosofía gemba. La teoría nos dice que para poder comprender la causa de cualquier anomalía que se presenta en un equipo es indispensable ir a la fuente donde se presentó el efecto, ya estando ahí se debe mirar, escuchar y preguntar, para comprender el porqué del cambio en los parámetros de funcionamiento del equipo.

#### *3.6.3.6 Inspección autónoma*

Con la inspección autónoma se revisaron los estándares creados en los pasos anteriores para así consolidar las actividades de mantenimiento autónomo. Además, se realizó un manual de inspecciones autónomas, complementando las inspecciones de grupo de trabajo de operadores y de técnicos, tanto con equipo parado, o equipos en marcha.

En el paso 4 se consolidó los programas de mejoras de diseño, los de mantenimiento preventivo, mantenimiento mensual, mantenimiento anual.

En el paso 5, los estándares establecidos en los pasos 1 al 3 y los estándares de inspección se compararon y se evaluaron para eliminar cualesquier inconsistencia, y así asegurar que las actividades de mantenimiento preventivo encajen dentro de las metas y tiempos determinados.

Con la consolidación de todas las medidas y actividades realizadas en los pasos anteriores de mantenimiento autónomo, los operadores ya estaban completamente capacitados para ejecutar una inspección general por sí solos, con ello el departamento de mantenimiento estableció las frecuencias de mantenimiento semanal, mensual, trimestral, bimestral, bimensual, y anual.

El método de inspección autónoma consistió en señalar en la máquina, a través de figuras, los puntos de inspección que se especificaron en los estándares. Además, se especificó un número al equipo, de tal forma que el operador sepa el lugar en el que debe realizar la inspección, y que acciones debe realizar en ese punto en el caso que exista una anomalía.

Este paso del mantenimiento autónomo tuvo como primer objetivo: conservar los logros obtenidos en las etapas anteriores y, posteriormente conducir a la mejora de los estándares y la forma en cómo se realizan las actividades de mantenimiento.

Por esta razón se destinó un espacio en la pizarra para dar a conocer los alcances obtenidos, los procedimientos y estándares de TPM creados para su aprendizaje. En la siguiente figura se muestra una inducción sobre el contenido de la pizarra realizada a los operadores.



**Figura 38-3:** Pizarra de Mantenimiento autónomo.

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

De igual forma se llevaron hojas de chequeo diariamente para ayudar a evaluar el cumplimiento de los estándares establecidos en el equipo. Este formato contiene cada uno de los estándares y una matriz con los días del mes, además del nombre del responsable de la inspección, este modelo se especificado en el **Anexo K**. Cabe aclarar que este punto nos ayudó a comprender la importancia de llevar registros de los datos básicos de la máquina.

Este paso también busco aumentar la efectividad en la planta; es decir, disminuir las pérdidas y los desperdicios. Una de la formas de lograr este fin, fue por medio de la formación de operadores competentes en procesos y operaciones, que complementen estos conocimientos con los adquiridos acerca de la inspección.

El entrenamiento de la inspección del proceso abarca tres grandes temas: la correcta operación y manipulación, la forma correcta de ajustar y preparar el equipo y el manejo de las anomalías. Para la enseñanza de la correcta operación y manipulación del equipo se recomiendo la utilización de la herramienta lección de un punto. Fue necesario hacer énfasis en el proceso como una combinación de equipos que transforman materiales en productos.

Para el correcto ajuste y preparación de los equipos, se procuró que los operarios sepan cómo manejar los materiales que son procesados, que afectan al equipo y a la calidad del producto.

### 3.6.3.7 Seguimiento del Mantenimiento Autónomo

Para el último paso que es el seguimiento de las actividades de mantenimiento autónomo, se desarrollaron órdenes de trabajo (OT) de mantenimiento preventivo, que son ingresadas y descargadas al sistema de SAP.

SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos en tratamientos de datos) es un software para planificación y seguimiento que utiliza la Industria Confitera para inventariar todas las actividades de mantenimiento. Además este programa permitió obtener todos los datos históricos de todas las áreas. El formato elaborado en el sistema de SAP para generar las ordenas de trabajo se presenta en el **Anexo M**.

Las auditorías de las actividades de mantenimiento de los equipos son realizadas por el analista de mantenimiento autónomo y por los supervisores. El rol de la directiva como de la operativa juegan un papel muy importante en el desarrollo efectivo del sistema de mantenimiento autónomo. Porque ayudan con el control y seguimiento de las actividades.



**Figura 39-3:** Reunión de seguimiento de mantenimiento autónomo

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Con la generación de las ordenas de trabajo en el sistema de SAP, fue mucha más sencillo generar un documento para dar seguimiento y control a las actividades de mantenimiento autónomo, además el archivo está contemplado por el análisis de AMFE, RCM, análisis de causa raíz, eficiencia de la producción, planes de acción, manual de implementación de los métodos utilizados, capacitaciones, etc. Ver **Anexo N**.

## CAPÍTULO IV

### 4 RESULTADOS

Una vez realizada la implementación se procedió con una auditoria para verificar las metas alcanzadas mediante las metodologías propuestas, en este capítulo se detalla la evaluación aplicada para mejorar la eficiencia productiva del proceso de fabricación de caramelo duros.

#### 4.1 Resultados comparativos entre valores de NPR.

En el **Anexo O** se contempla la evaluación realizada después de la implementación de las acciones tomadas como propuestas de mejora.

**Tabla 1 - 4:** Resultados auditoria AMFE antes y después de la implementación

Código	Causa del fallo potencial	NPR 2018	Acción tomada	NPR 2019
A001	Sedimentación de partículas en el interior bomba	40	Limpieza periódica de bomba y plan de lubricación de engranes definido.	2
A002	Sellos mecánicos desgastados	60	Plan de inspecciones definido con checklist durante la prueba de funcionamiento del equipo.	3
A003	Obstrucciones en el sensor	60	Limpieza periódica de sensor, inspecciones operativas	1
A004	Sello mecánico de bomba de jarabe presenta fallas	12	Plan de cambio de sellos con frecuencias definidas. Inspecciones operativas y técnicas	1
A005	Bomba atascada por saturación de materia prima	120	Limpieza e inspecciones operativas	4
A006	Caramelo pegado a los engranes de la bomba	180	Limpieza de engranes periódica, inspección durante la limpieza, reporte de anomalías o anomalías en orden de trabajo.	8
A007	Rodamiento cónico de la bomba desalineado	144	Frecuencias de cambios de rodamientos definido en plan de mantenimiento preventivo	4
A008	Falta de lubricación en la banda	252	Rutas de inspección técnica, Revisión de chumaceras durante lubricación y reporte de novedades en orden de trabajo, plan de lubricación con frecuencias definidas.	2
A009	Desajuste del pernos caída	189	Revisión y reajuste de pernos, identificación de pernos críticos color rojo, reporte de pernos aislados y faltantes en orden de trabajo.	4
A010	Agrietamiento de cadenas por Presencia de agentes corrosivos ( Materia prima, agua caliente, vapor)	160	Plan de lubricación con frecuencias definidas. Procedimiento de lubricación consta en el equipo, capacitación al operador. Procedimiento de limpieza del equipo	4

A011	Lubricación inadecuada en cadenas	60	Inspección de cadena durante la lubricación, anomalías se reporta en orden de trabajo, seguimiento de corrección de anomalías, indicador de cumplimiento. Plan de lubricación de cadena con frecuencias definidas.	1
A012	Falta de lubricación, frecuencia incorrecta. En tornillo sin fin mixer	125	Plan de lubricación de rodamiento definido. Inspecciones operativas	4
A013	Trabamiento de Tornillo sin fin de mixer por acumulación de masa de caramelo y otras sustancias.	200	Propuesta de tapa hermética para aislar rodamiento. Limpieza, inspecciones operativas	2
A014	Montaje incorrecto, ajuste incorrecto. De tornillo sin fin	72	Revisión y reajuste de pernos	3

Realizado por: Gabriela Bravo, 2019

**Tabla 2 – 4:** Resultados auditoria AMFE antes y de después de la implementación

Código	Causa del fallo potencial	NPR 2018	Acción tomada	NPR 2019
A015	Desajuste de pernos de mixer	192	Revisión y reajuste de pernos en soporte de mixer	4
A016	Eje de rodamientos desalineados	96	Inspecciones operativas y reajuste de pernos en soporte de mixer	4
A017	Eje de rodamiento desgastado por frecuencia de uso	96	Plan de lubricación con frecuencias definidas. Procedimiento de lubricación consta en el equipo,	1
A018	Falta de lubricación	48	Procedimiento de lubricación consta en el equipo	1
A019	Acumulación de material indeseable (Cristales, sedimentos, corrosión, etc.) Grado brix fuera de parámetros en intercambiador de calor	54	Limpieza periódica, inspecciones operativas.	2
A020	Expansión térmica del tubo del intercambiador de calor	54	Inspecciones operativas.	4
A021	Des calibración de mordazas por posición incorrecta del papel de envoltura	144	Center line para identificar rápidamente posición correcta de papel	18
A022	Remordadura de rodamientos de las mordazas por suciedad	192	Limpieza de cisco de caramelo de manera frecuente.	12
A023	Poca presión en el resorte bajo de las mordazas	112	Revisión y reajuste de pernos. Plan de reajuste	8
A024	Suciedad en las escobillas de los colectores	168	Cambio de tipo de colectores por colectores herméticos	2

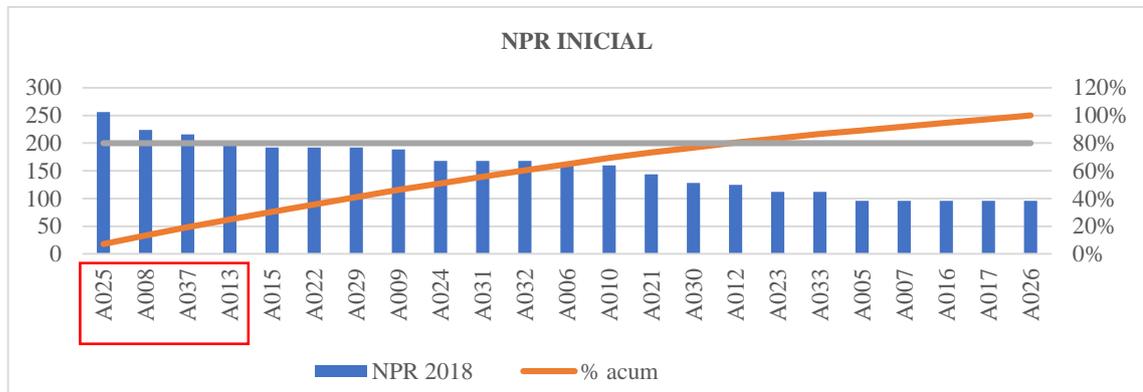
A025	Suciedad solidificada en mordazas	256	Limpieza de cisco de caramelo de manera frecuente. Procedimientos de limpieza. Capacitación, Inspecciones operativas.	4
A026	Tornillos sueltos de las guías	96	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo. Cartilla guía con identificación de pernos críticos.	1
A027	Desgaste de alojamiento de poleas	64	plan de lubricación con frecuencias definidas Inspecciones operativas	1
A028	Eje torcido de las poleas	40	Revisión y reajuste de pernos	2
A029	Desgaste de los pasadores de la cadena	192	Lubricante definido para aplicación en cadenas que se contaminan con cisco, plan de lubricación con frecuencias definidas	6
A030	Impacto en los rodillos de la cadena al engranar	128	. Plan de reajuste	6
A031	Suciedad en los colectores de las tazas	168	Procedimiento de limpieza	4
A032	Contaminación con agua, lubricantes las resistencias	168	Procedimiento de limpieza ubicado, en el equipo, operador capacitado acerca de los cuidados que se deben tener durante la limpieza.	4
A033	Solidificada materia prima en termocuplas	112	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	4
A034	Material extraño sobre la termocupla	72	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	4
A035	Guía de papel Trabada en desbobinador	72	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo.	2
A036	Caramelos se sobrepone en el papel	72	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	4
A037	Acumulación de cisco de caramelo en plato de alimentación	216	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo. Cartilla guía con identificación de pernos críticos.	2
A038	Trabamiento de los piñones con caramelo	72	Limpieza periódica de piñón	4

**Realizado por:** Gabriela Bravo, 2019

Como se puede observar en la tabla 1-4 y 2-4 se presentaron los resultados comparativos entre el primer y el segundo análisis de modos y efectos de fallo, donde se obtuvo un total 20 causas de fallo potenciales con un alto número de prioridad de riesgo, es decir, valores de NPR superiores a 100.

En la gráfica 1– 4 se muestran los fallos A025 (Suciedad solidificada en mordazas), A008 (Falta de lubricación en la banda), A037 (Acumulación de cisco de caramelo en plato de alimentación) y A013 (Trabamiento de Tornillo sin fin de mixer por acumulación de masa de caramelo, agua y

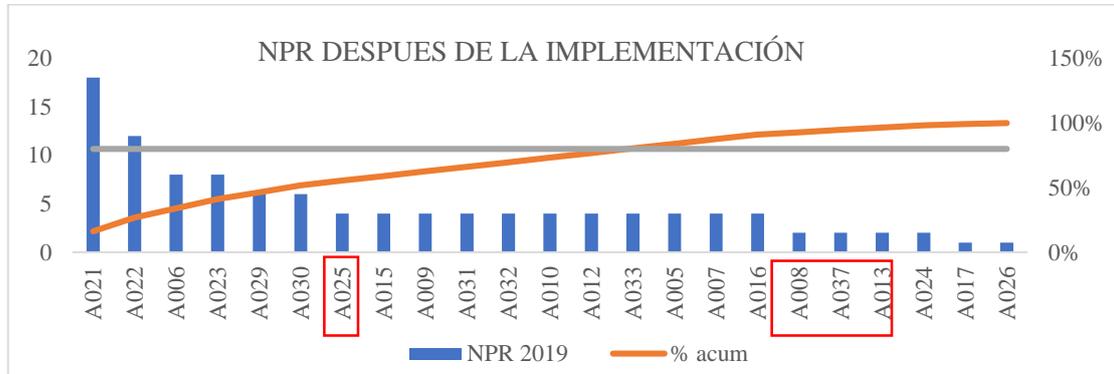
otras sustancias) con un valor de NPR superior a 200, siendo estos el 20% de las causas potenciales de los fallos que generan el 80% de los paros no programados que interrumpen la producción.



**Gráfico 1-4:** Diagrama de fallas AMFE 2018

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

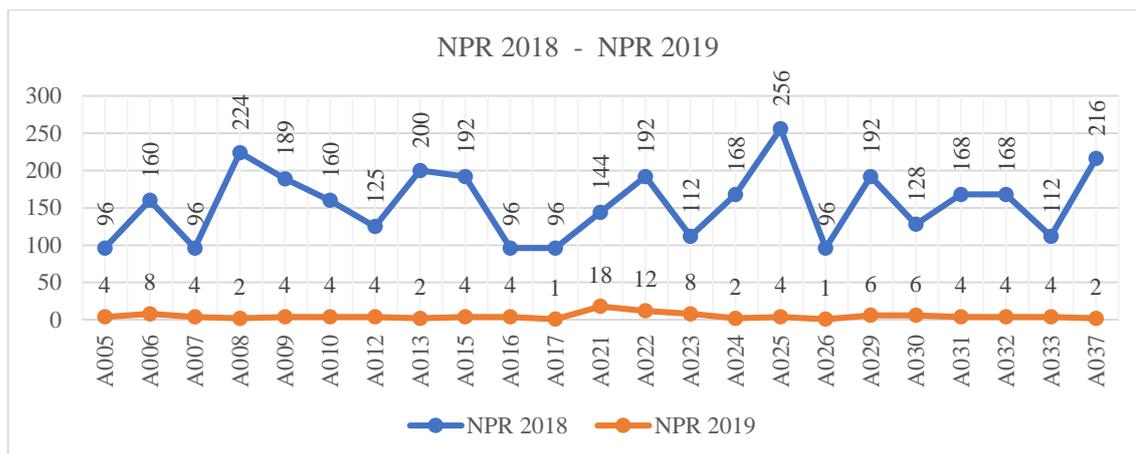
Mediante un análisis de causa raíz se generó planes de acciones de mejora y de prevención de estos fallos, los cuales al ser evaluados evidencian una significativa reducción en severidad, ocurrencia y detectabilidad. Los nuevos valores obtenidos de las causas de fallo potencial A025, A008, A037, A013 pasaron de un NPR de 256, 224, 216 y 200 a un NPR 2, 4, 2 y 2 respectivamente. El gráfico 2 – 4 nos muestra el cambio que se ha generado.



**Gráfico 2 – 4:** Diagrama de fallas AMFE 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

A continuación se presenta gráficamente la reducción de los valores de NPR respecto al año 2018 y 2019. Por lo tanto se evidencia la importancia que tuvo la implementación del análisis de modos y efectos de fallo en la línea de fabricación de caramelos duros en la mitigación de los paros no programados.



**Gráfico 3 – 4:** Diagrama comparativo de NPR 2108 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Para lograr la reducción de los valores de NPR se implementaron algunas acciones de mejora, que se detallan a continuación los resultados obtenidos:

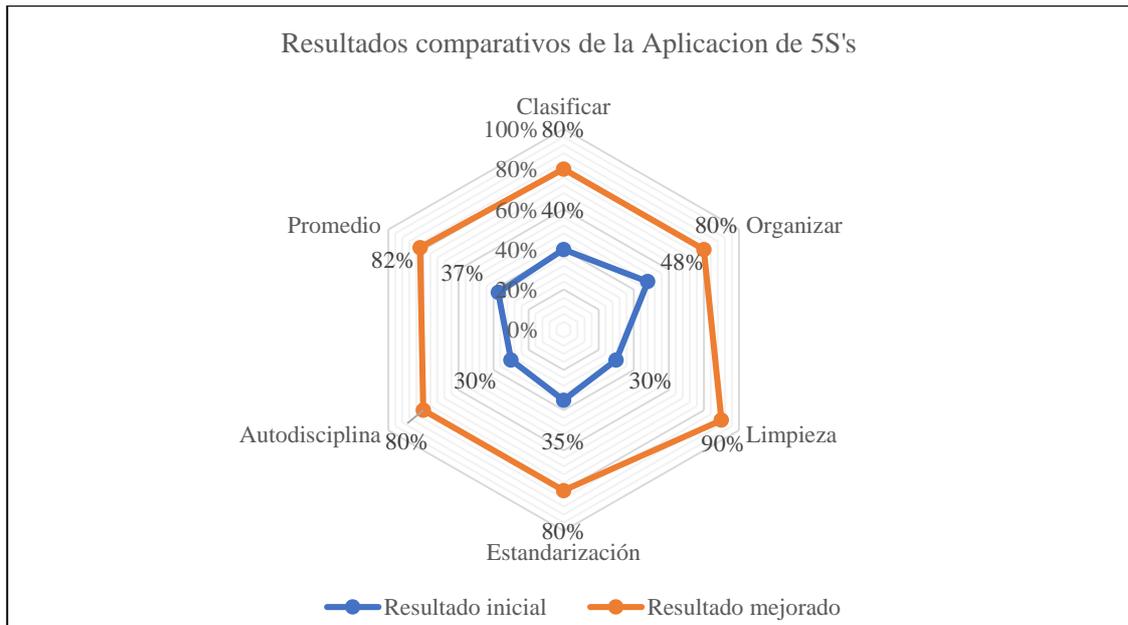
#### 4.1.1 Resultados de la aplicación de la metodologías 5S's

Para conocer el estado de la aplicación de la metodología, se realizó un análisis comparativo del estado inicial del área y después de la implementación. Cuyos resultados están contemplado en la siguiente tabla.

**Tabla 3 – 4:** Resultado comparativo: auditoria de la metodología 5S's

Categoría	Cantidad de preguntas	Máximo de calificación	Calificación total	Resultado inicial	Calificación total	Resultado mejorado
Clasificar	5	25	10	40%	20	80%
Organizar	5	25	12	48%	20	80%
Limpieza	4	20	6	30%	18	90%
Estandarización	4	20	7	35%	16	80%
Autodisciplina	4	20	6	30%	16	80%
<b>Promedio</b>	22	110	41	37%	90	82%

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**Gráfico 4 – 4:** Resultado comparativo de la auditoria de las 5S's.

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Seiri y Seiton resultaron muy efectivos en clasificar y ordenar todos los elementos necesarios de los innecesarios, como las herramientas, materiales y equipos. Con estas etapas de las 5S's se logró identificar y dar a conocer al personal operativo y supervisores estos elementos, para su reubicación, almacenamiento o eliminación del puesto de trabajo. Cabe indicar que seiri y seiton alcanzaron un valor porcentual inicial de cumplimiento de 40% y 48% respectivamente, y después de haber aplicado las medidas de mejora mediante el uso de tarjetas rojas y verdes se obtuvieron resultados aceptables del 80% cada uno.

Con el éxito de las dos primeras S's resulto satisfactorio iniciar con la aplicación de la tercera S's (Limpieza), alcanzando un resultado del 90% comparado con la primera evaluación que solo alcanzó un 30%. La limpieza del área como de los equipos fue indispensable para el cumplimiento de los objetivos porque incrementaron el nivel de confianza de la operación de los equipos y del área en general. Con seiso, se lograron identificar y eliminar todas las fuentes de contaminación que afectaban al área productiva.

El último paso de la metodología fue la aplicación de la cuarta y quinta S's, que son la estandarización y la auditoria. Sus resultados iniciales fueron del 30% y 35% respectivamente. Pero mediante el compromiso y capacitación continua del personal se lograron mejor a un 80%. El éxito de la metodología 5S's se mira reflejado en su auditoría y en la planta en general, porque alcanzo de un 37% a un 82% de avance en sus mejoras. Este método fue la base para aplicar la segunda medida de mejora en la eliminación de las 6 grandes pérdidas en un proceso productivo. La medida aplicada es mantenimiento autónomo.

#### 4.1.2 Resultados de la aplicación de Mantenimiento Autónomo

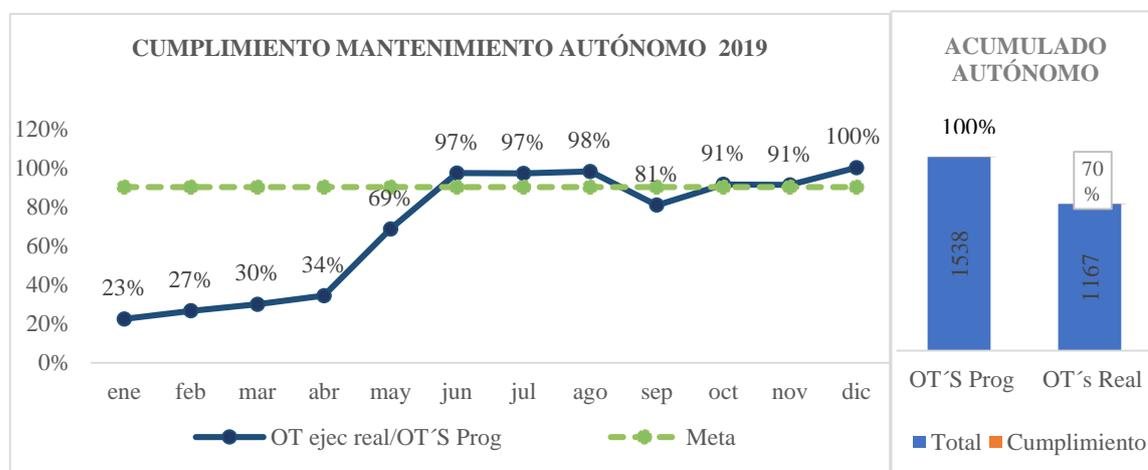
El éxito que ha tenido la aplicación de mantenimiento autónomo como método de mejora es gracias al desarrollo de la metodología 5S's dentro del área productiva.

Como se sabe el pilar de TPM basa su aplicación en 6 pasos primordiales, donde los dos primeros están relacionados estrechamente con las tres primeras S's (sieri, seiton y seiso). La limpieza inicial, la detección y eliminación de fuentes de contaminación y lugares de difícil acceso. La cuarta S's Seiketsu, en cambio esta relaciona con los tres siguientes pasos de mantenimiento autónomo que es la estandarización, la inspección general y autónoma. Y por último se encuentra el control y la autodisciplina.

##### 4.1.2.1 Cumplimiento general de las actividades de mantenimiento autónomo

El cumplimiento de las actividades de mantenimiento autónomo en promedio general alcanzó el 70% anual.

Cabe indicar que la limpieza inicio desde enero 2019 durante todo el año, después iniciaron las inspecciones desde el mes de marzo, las lubricaciones desde abril y los reajustes desde julio.



**Gráfico 5 – 4:** Resultado general de cumplimiento de mantenimiento autónomo 2019

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

En la gráfica se puede observar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento autónomo, que fue incrementado gradualmente durante el transcurso del año 2019. Los alcances obtenidos en las diferentes actividades de mantenimiento autónomo son las siguientes:

- En la actividad de limpieza durante todo el año 2019 se programaron 267 órdenes de trabajo, de las cuales se ejecutaron 263, alcanzando un porcentaje de cumplimiento global del 99%.

- En la actividad de lubricación en cambio se programaron 674 órdenes de trabajo, de los cuales se logró ejecutar 597, logrando un cumplimiento porcentual del 89%.
- En reapriete en cambio desde el mes de julio se programaron 103 órdenes de trabajo, de las cuales se ejecutaron 100, alcanzando un porcentaje de cumplimiento del 97% de lo planificado.
- Finalmente en las Inspecciones operativas durante el año se planificaron 211 órdenes, de los cuales se ejecutaron 209, alcanzando un 98% de cumplimiento.

#### 4.1.2.2 Mejora de las actividades de limpieza y lubricación.

En el **Anexo P** se presenta un diagrama de análisis de procesos de la actividad de limpieza y lubricación generado después de la implementación.

#### Mejora de las actividades de limpieza

A continuación en la siguiente tabla se hace una comparación de los tiempos de la actividad con su respectiva mejora.

**Tabla 4 – 4:** Resultados comparativos en el tiempo de limpieza del cocinador.

Actividad	Inicial			Mejorado		
	Nº	Distancia (m)	Tiempo(seg)	Nº	Distancia (m)	Tiempo(seg)
Operación	28	-	39857	22	-	28181
Transporte	22	1022	3631	18	671	2986
Inspección	0	-	0	0	-	0
Demora	1	-	904	1	-	404
Almacenamiento	2	-	70	2	-	70
<b>Total</b>	53	1022	44462	43	671	31641

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Para optimizar los tiempos de limpieza de los equipos de caramelos duros, se propuso mejorar los siguientes puntos:

- Se optimizó las operaciones reemplazando los pernos por perillas roscables, para facilitar el retiro de guardas, y se eliminó tiempos de transportes al ir a buscar la herramienta.
- Se eliminaron transportes hacia las llaves de paso.
- Se disminuyeron tiempos de demora con la planificación de las actividades, donde el técnico debe estar presente al inicio de la actividad para el bloque de los equipos
- Se disminuyeron los tiempos de las operaciones, con la reorganización de las actividades.

Para mejorar el proceso de limpieza se disminuyeron 6 operaciones, 4 transportes y el tiempo de demora, logrando reducir un total de 53 actividades a 43, reduciendo de 44462 segundos (12 Horas con 21 minutos) a 31641segundos (08 Horas con 47 minutos).

### Mejora de las actividades de Lubricación

Al igual que en las actividades de limpieza se realizó un diagrama de análisis de procesos para mejorar los procedimientos de lubricación. En la siguiente tabla se presenta el alcance del estudio.

**Tabla 5 – 4:** Resultados comparativo en el tiempo de limpieza

Actividad	Inicial			Mejorado		
	N°	Distancia (m)	Tiempo(seg)	N°	Distancia (m)	Tiempo(seg)
Operación	17	-	4660	16	-	3315
Transporte	5	39	786	3	33	178
Inspección	1	-	40	1	-	40
Demora	2	-	960	0	-	0
Almacenamiento	2	-	125	2	-	125
<b>Total</b>	<b>27</b>	<b>39</b>	<b>6571</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>3658</b>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Para optimizar los tiempos de lubricación de los equipos de caramelos duros, se propuso mejorar los siguientes puntos:

- La actividad de lubricación solo consiste en llenar grasa en un recipiente de re-lubricación y no es un trabajo que presente riesgos para la seguridad del operador, por tanto, no es necesario que el técnico eléctrico bloquee la energía del equipo. Es suficiente con que el operador presione el paro de emergencia.
- Se asignaron bombas engrasadoras para cada tipo de grasa para reducir los tiempos por limpieza de la bomba, ya que se evita que esta se contamine con otra variedad de grasas.
- Se reemplazaron los graseros dañados, para así evitar demoras en el cambio de graseros durante la actividad.
- Se cambiaron la forma de llenado de las bombas engrasadoras, se comprobó que mediante succión de la grasa se llena más rápido y quedan menos burbujas de aire en el interior de la grasa.

En conclusión, al implementar los puntos expuestos, se redujo 1 operación, 2 transportes y 2 demoras, logrando reducir un total de 27 actividades a 22, reduciendo 6556 (Una Hora con 49 minutos) a 3658 segundos (Una Hora).

Con el éxito de las actividades de mantenimiento autónomo se llegó a disminuir las 6 grandes pérdidas en un proceso. Para conocer más sobre los alcances obtenidos al aplicar los métodos de mejora ver los ítem 4.2 y 4.3.

## 4.2 Resultados de RCM

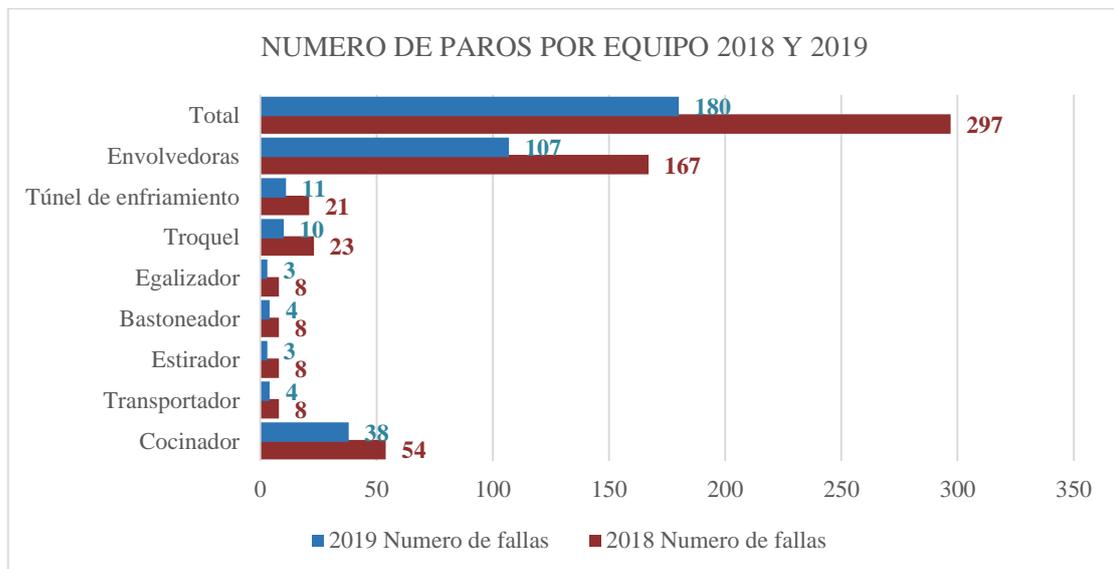
### 4.2.1 Resultados comparativos entre Indicadores MTTR y MTBF

Para el cálculo de los indicadores se realizó un resumen comparativo de las horas de paros no programadas por equipo, su número de fallos y el tiempo total disponible planificado.

**Tabla 6 – 4:** Tiempo de paros, numero de fallos y tiempo disponible

SUBPROCESO/EQUIPO	2018			2019		
	Horas de Paradas	Numero de fallas	Tiempo Disponible	Horas de Paradas	Numero de fallas	Tiempo disponible
Cocinador	154	54	6120	58	38	5880
Transportador	14	8		5	4	
Estirador	12	8		7	3	
Bastoneador	14	8		6	4	
Egalizador	11	8		6	3	
Troquel	75	23		13	10	
Túnel de enfriamiento	57	21		24	11	
Envolvedoras	738	167		365	107	
<b>Total</b>	<b>1075</b>	<b>297</b>		<b>484</b>	<b>180</b>	

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**Gráfico 6 – 4:** Numero de paros por equipo 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Como se puede apreciar en el grafico 14 – 4, existe una reducción significativa del 39% entre los años 2018 y 2019, respecto al número de fallos producidos en cada equipo del proceso.

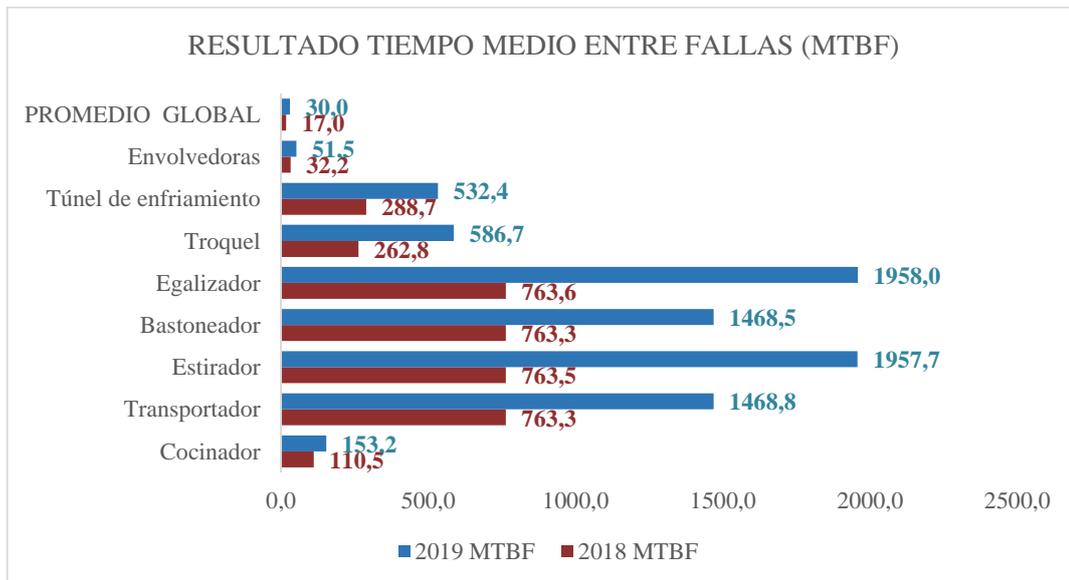
#### 4.2.1.1 Resultado MTTR y MTBF

A continuación en la siguiente tabla se presentan los cálculos de los indicadores de RCM obtenidos en la situación inicial y mejorada.

**Tabla 7 – 4:** Indicadores de RCM 2018 y 2019

SUBPROCESO/EQUIPO	2018			2019		
	MTBF	MTTR	% Disponibilidad	MTBF	MTTR	% Disponibilidad
Cocinador	110,5	2,86	97,5%	153,2	1,53	99,0%
Transportador	763,3	1,75	99,8%	1468,8	1,25	99,9%
Estirador	763,5	1,50	99,8%	1957,7	1,33	99,9%
Bastoneador	763,3	1,75	99,8%	1468,5	1,50	99,9%
Egalizador	763,6	1,38	99,8%	1958,0	1,33	99,9%
Troquel	262,8	3,26	98,8%	586,7	1,30	99,8%
Túnel de enfriamiento	288,7	2,69	99,1%	532,4	2,14	99,6%
Envolvedoras	32,2	4,42	87,9%	51,5	3,41	93,8%
<b>Promedio anual del área</b>	<b>17,0</b>	<b>3,62</b>	<b>82,4%</b>	<b>30,0</b>	<b>2,69</b>	<b>92,0%</b>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

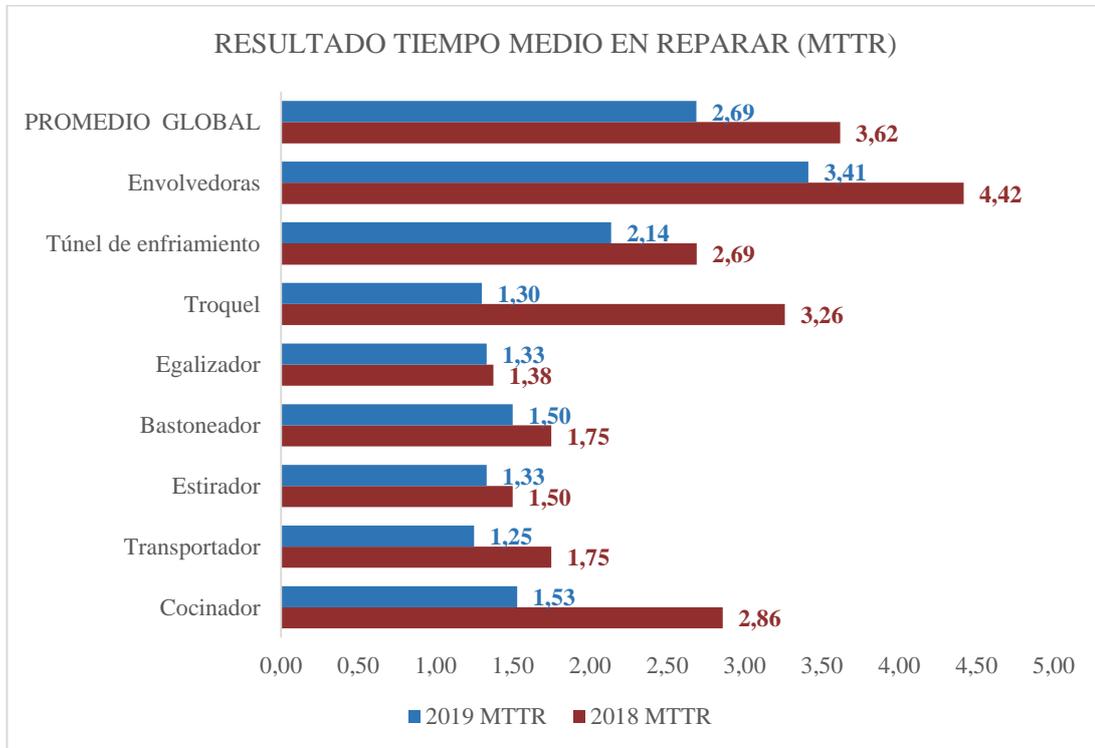


**Gráfico 7 – 4:** Tiempo medio entre fallas 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Con la aplicación de las mejoras identificadas en el AMFE se pasó de tener un MTBF de 17h a 30 h, en términos de porcentuales se tuvo una reducción de fallos del 43,3%. Del histórico

de datos se evidencia que en el año 2018 se presentaron 297 paros y en el año 2019 solamente 180 paros, existiendo una diferencia de 117paros que no presentaron durante el proceso de producción.



**Gráfico 8 – 4:** Tiempo medio en reparar 2018 y 2019

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Del mismo modo con la aplicación de las mejoras disminuyó el MTTR global de 3,62h a 2,69 h, en términos porcentuales solo representa el 74% del tiempo inicial.

#### 4.2.2 Hora de Paro

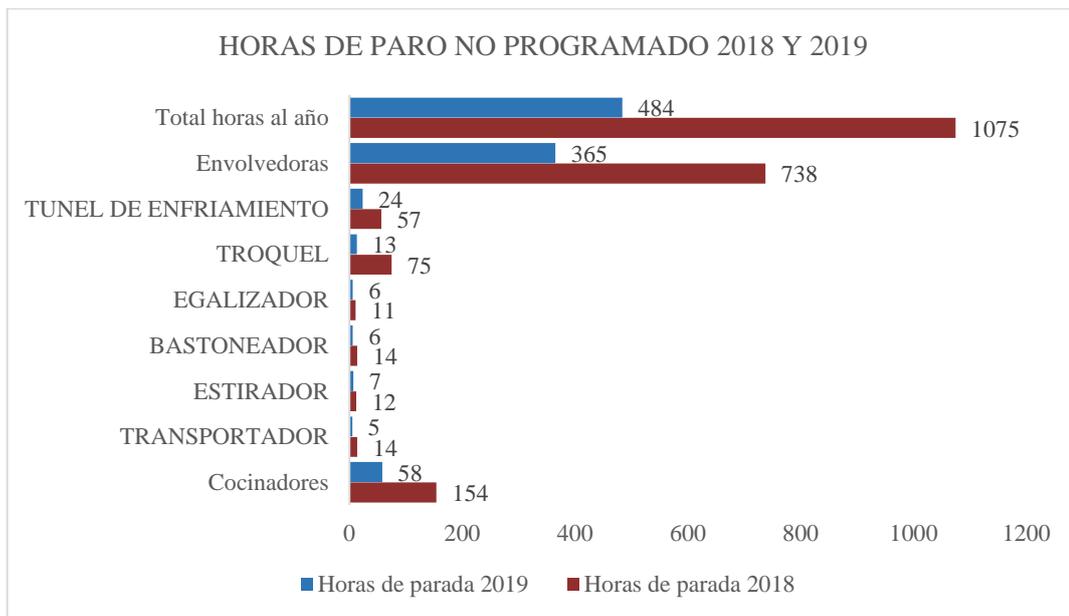
La aplicación de los métodos ayudó a disminuir los tiempos de parada y las pérdidas de producción que se generaban en la línea de fabricación. En la siguiente tabla se presentan los logros obtenidos y las pérdidas generadas por equipo.

**Tabla 8 – 4:** Horas de paro no programado y toneladas no procesadas

Equipos	2018			2019			Relación 2018 2019
	Horas de parada	% de horas de parada	Toneladas no producidas	Horas de parada	% de horas de parada	Toneladas no producidas	
Cocinadores	154	14,4%	20,21	50	10,3%	4,77	5,4%
Transportador	14	1,3%	1,83	3	0,6%	0,29	0,5%
Estirador	12	1,1%	1,57	7	1,4%	0,67	0,7%
Bastoneador	14	1,3%	1,83	8	1,7%	0,77	0,6%
Egalizador	11	1,0%	1,44	8	1,7%	0,77	0,6%
Troquel	75	7,0%	9,82	17	3,5%	1,63	1,2%
Túnel de enfriamiento	57	5,3%	7,40	20	4,0%	1,87	2,2%
Envolvedoras	738	68,7%	96,60	372	76,8%	35,58	34,0%
<b>Total horas</b>	<b>1075</b>	<b>100%</b>	<b>140,70</b>	<b>484</b>	<b>100,0%</b>	<b>46,34</b>	<b>45,0%</b>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

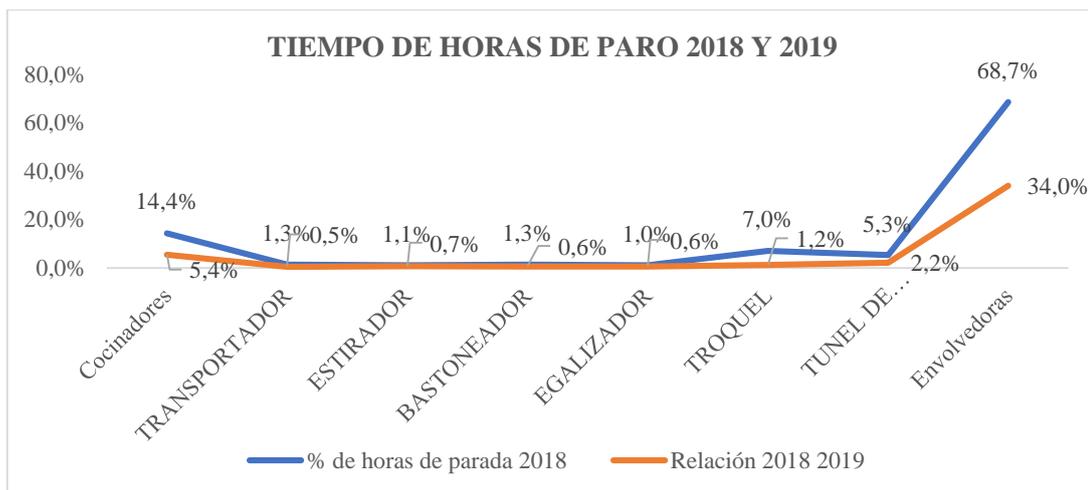
En la gráfica 9 – 4 se presenta una comparación entre los tiempos perdidos por paros no programados en los años 2018 y 2019.



**Gráfico 9 – 4:** Horas de paro no programado 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

La diferencia anual de las horas de paro después de la implementación tan solo representa el 45% del estado inicial de la planta.



**Gráfico 10 – 4:** Porcentaje de horas de paro no programado 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Como se puede observar en la gráfica 10 – 4 los tiempos de paro por equipo se han reducido significativamente. Esta reducción ayudada a que la producción incremente.



**Gráfico 11 – 4:** Toneladas no procesadas por equipo 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

De igual forma como se ha reducido los tiempos de paros no programados en los equipos, se puede observar en la gráfica 11– 4 la reducción de las pérdidas de producción que inicialmente en año 2018 era de 140,71 toneladas y para el 2019 llego a tan solo 46,34 toneladas. En términos

porcentuales está perdida solo representa el 33% respecto al estado inicial de producto no conforme.

### 4.3 Resultados Comparativos del mejoramiento de la eficiencia real de la producción.

Como se mencionó anteriormente, las observaciones realizadas al proceso de fabricación de caramelos duros, con las metodologías AMFE y RCM como herramientas de análisis, se determinaron las deficiencias del proceso productivo.

Cabe mencionar que la eficiencia de un proceso (o de una máquina) es la relación que existe entre la producción real obtenida y la producción máxima teórica. A continuación se presentan los resultados de rendimiento, disponibilidad y calidad que son necesarios para el cálculo de la eficiencia. La información recolectada para el análisis fue realizado de manera global.

En los siguientes gráficos se presenta la relación del antes y después de la implementación de los métodos de mejora continua. En el **Anexo Q** se presenta el nuevo cálculo de la eficiencia de la producción.

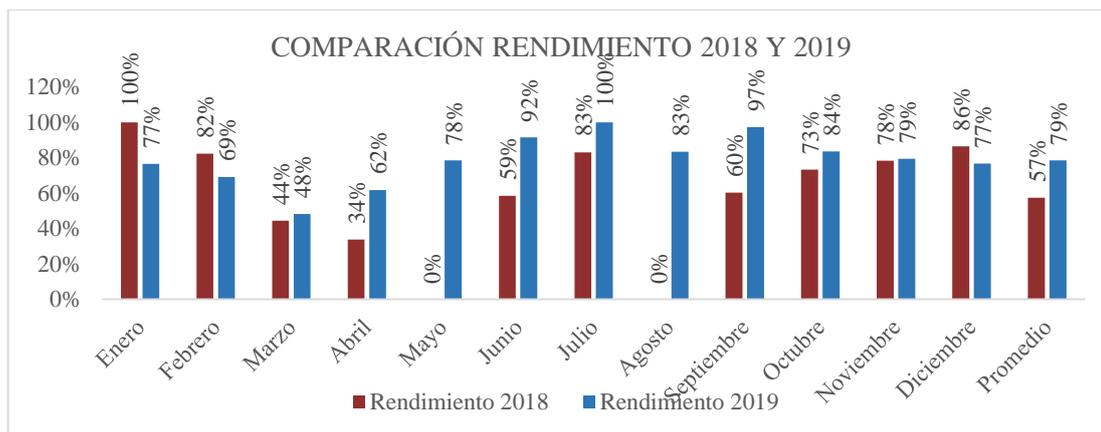


**Gráfico 12 – 4:** Resultados comparativos de disponibilidad 2018 y 2019

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Como resultado de la implementación de los métodos de mejora la disponibilidad de los equipos de la línea de fabricación fue incrementando gradualmente cada mes, llegando a un resultado global de 79% en el 2018 y en el 2019 a un 90% de promedio anual.

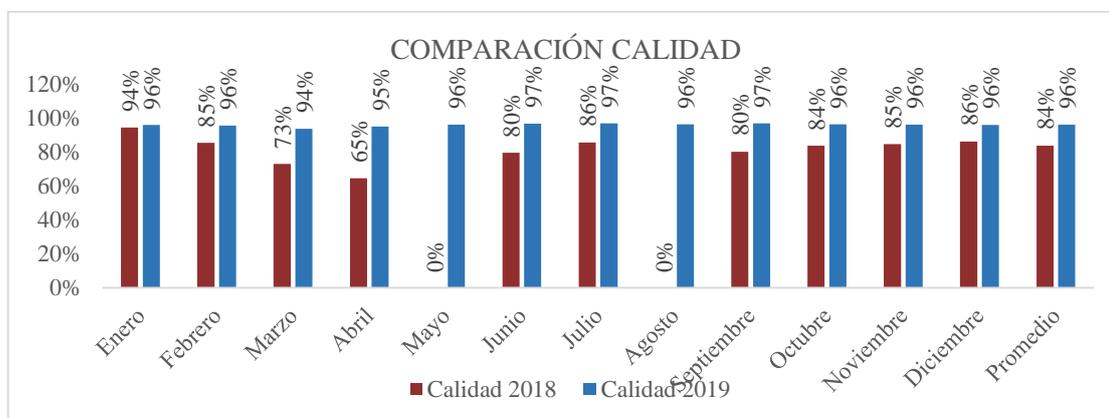
Este incremento en la disponibilidad se traduce directamente en la capacidad para producir sin paros, sin tiempos extras, sin personal extra.



**Gráfico 13 – 4:** Resultados comparativo de rendimiento 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

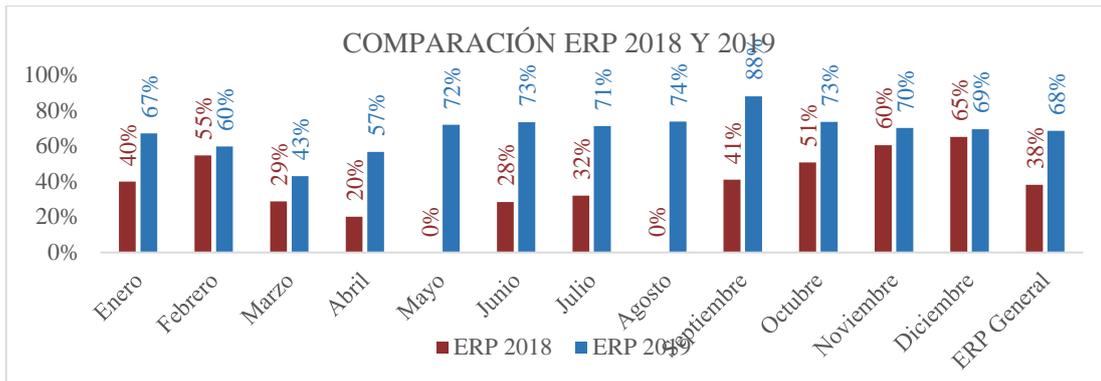
Calcular el rendimiento de los equipos fue indispensable para el cálculo de la eficiencia productiva. Por qué de igual forma como la disponibilidad fue necesario, es importante conocer el rendimiento para producir que tenían los equipos, en otras palabras, se relaciona directamente con velocidad nominal de funcionamiento, que incremento con los mantenimientos preventivos como: la limpieza, los reajustes, las inspecciones y las lubricaciones. El rendimiento general de la línea de fabricación de caramelos duros paso de estar en el 2018 del 57% a un 79% en 2019 globalmente.



**Gráfico 14 – 4:** Resultados comparativo de calidad 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

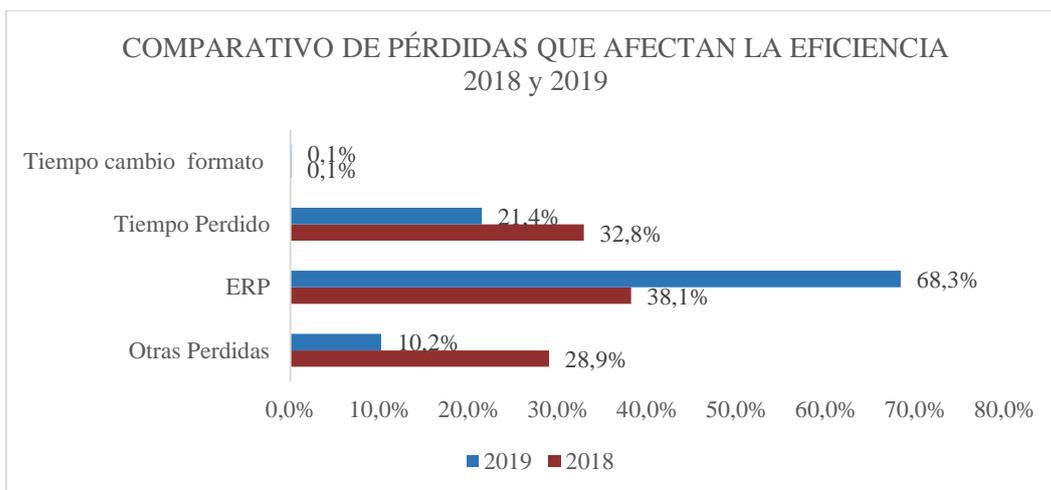
Finalmente el último elemento para el cálculo de la eficiencia es la calidad con la que se produce un producto. Con la aplicación de mantenimiento autónomo y la metodología de las 5 S's la calidad con la que produce un producto paso de un 84% en el 2018 a un 96% en el 2019. Concluyendo el resultado final de la eficiencia real de la producción en la siguiente gráfica.



**Gráfico 15 – 4:** Resultado compartido global del ERP 2018 y 2019

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

Como se puede observar en el gráfico la eficiencia ha tenido una gran evolución a través del tiempo durante el periodo de implementación de las medidas de mejora (mantenimiento autónomo, metodología de las 5S's), identificadas con el análisis de modos y efectos de fallo y el análisis centrado en la confiabilidad. La eficiencia de la producción general de la línea de fabricación de confites incremento de 38% en el 2018 a un 68% en el 2019, este porcentaje alcanzado es satisfactorio para la industria confitera, porque aumento su competitividad.



**Gráfico 16-4:** Comparativo de pérdidas que afectan la eficiencia 2018 y 2019

**Realizado por:** Bravo, Gabriela, 2019

El tiempo perdido por programación y paradas no planificadas tuvo una mejora de 32,8% a un 21,4% así mismo en la reducción de las 6 grandes pérdidas paso de 28,9% a un 10,2%. Y respecto a la eficiencia del proceso, existió un gran cambio respecto al 2018 que se obtuvo un 38%, y en 2019 casi se duplico su eficiencia a un 68,3%.

#### 4.4 Costos por producto rechazado

El mejoramiento de la eficiencia productiva mediante la implementación de las diferentes técnicas permitió reducir los costos por producto rechazado. En la siguiente tabla se indica de manera mensual los costos por producto rechazado.

**Tabla 9-4:** Costo comparativo de Toneladas rechazadas 2018 y 2019

Mes	2018		2019	
	Rechazo	2018	Rechazo	2019
Ene.	17.47	\$74,272.99	9.16	\$38,966.89
Feb.	26.27	\$111,724.61	7.79	\$33,131.54
Mar.	36.71	\$156,089.48	9.56	\$40,639.73
Abr.	36.30	\$154,382.50	9.24	\$39,303.09
May.	0.00	\$0.00	10.05	\$42,730.08
Jun.	24.10	\$102,474.61	8.36	\$35,531.91
Jul.	18.56	\$78,914.64	7.04	\$29,953.54
Ago.	0.00	\$0.00	9.66	\$41,097.67
Sep.	35.05	\$149,031.80	9.85	\$41,891.81
Oct.	34.05	\$144,797.20	8.76	\$37,238.08
Nov.	37.57	\$159,766.03	8.81	\$37,458.67
Dic.	29.45	\$125,232.67	8.12	\$34,550.08
<b>Total</b>	<b>295.52</b>	<b>\$1,256,686.53</b>	<b>106.41</b>	<b>\$452,493.09</b>

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

Los costos por producto rechazado redujeron en un 64%.



**Gráfico 17-4:** Costos por producto rechazado 2018 y 2019

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

## CONCLUSIONES

Con la aplicación de AMFE y RCM se logró identificar 297 fallas, de las cuales 18 presentaban un NPR superior 100. A estos se realizó un análisis de causa-raíz, donde se determinó la propuesta de aplicar mantenimiento autónomo fundamentado en la metodología 5S's, ya que estos métodos están relacionados con las actividades de limpieza, organización, reajuste e inspecciones operativas y lubricación, que necesitaba la industria para mejorar su eficiencia.

Se logró pasar de MTBF de 17 a 30 horas, lo cual corresponde a una reducción de fallas del 43.3%, notable mejora en los problemas operacionales que presentaba la línea de fabricación. Del mismo modo con la aplicación de las mejoras se disminuyó el MTTR de 3,62 a 2,69 horas.

El incremento de la eficiencia también fue gracias a la optimización de las actividades de mantenimiento autónomo, la limpieza y la lubricación. Mediante el análisis de proceso de dichas actividades se mejoró la limpieza de 53 a 43 actividades, respecto al tiempo se redujo 12 Horas con 21 minutos a 8 Horas con 47 minutos. Por otro lado, la lubricación se redujo de 27 actividades a 22, y respecto al tiempo de 1 hora con 49 minutos a 1 hora. Con esto se puede afirmar que se alcanzaron los objetivos planteados para este trabajo.

Los beneficios obtenidos tras la implementación son indiscutibles, porque se cambió la forma de pensar de los operarios ante cualquier cambio en el proceso. Además se logró discutir las seis grandes pérdidas en un sistema productivo y reducirlas a un 10.2 %. A pesar de que este método es muy largo, y se requiere de esfuerzo, participación, compromiso, liderazgo y dedicación constante, es una forma de mejorar la industria.

Además, se logró un cumplimiento del 70% en mantenimiento autónomo y un porcentaje de aceptación de 5S's del 82% después de la implementación, al finalizar el año 2019, lo cual permitió incrementar la eficiencia real de la producción de un 38.1% a un 68,3% que en términos porcentuales es un gran logro para la industria que se refleja en la reducción de los costos de producto rechazado siendo este valor inicialmente en el año 2018 de \$1,256,686.53 y en el año 2019 de \$452,493.09, logrando reducir considerablemente el costo de producto rechazado en 64%.

## **RECOMENDACIONES**

La industria confitera debe considerar siempre que ningún método tiene una fórmula exacta para su aplicación y para mejorar los inconvenientes que pueden existir en su organización, sino que cada empresa debe diseñar su propia metodología que más se adapte a su entorno.

La dirección debe mantener el compromiso y apoyo a los programas implementados y por implementar, de tal manera que se consiga mantener y mejorar los logros obtenidos. Además que las réplicas obtengan el mismo resultado o superior.

Los equipos de trabajo deben apoyar el proceso de mejoramiento de la organización, la gestión debe garantizar que las nuevas mejoras por ejecutar cumplan con los objetivos definidos y también que se disminuyan los tiempos de las implementaciones.

La dirección debe orientar sus esfuerzos en mantener la motivación de sus equipos de trabajo. Además, debe mantener los programas de capacitación.

Realizar evaluaciones continuas luego de la aplicación de nuevas actividades, con la finalidad de comprobar que el sistema de operaciones muestre algún impacto positivo en la organización.

## **GLOSARIO**

**AMFE:** Es una herramienta de análisis que permite identificar los diferentes efectos de falla de un sistema sea productivo o administrativo, con fin de determinar la mejor solución a los problemas identificados. (Martínez, 2014).

**Cinco W+1H:** Es una técnica de análisis que ayuda a determinar por qué se ha producido una determinada falla, sea en un equipo o en el sistema del proceso generalmente. (Trías, et al, 2011)

**Eficiencia:** Es la virtud o facultad para lograr un efecto, median te el uso adecuado de los recursos en sistema productivo. (Merchán, 2015).

**ERP:** Es un indicador de desempeño dentro de una línea de procesos, mientras este valor se acerque a un porcentaje mayor al 80% significaría que el proceso o la misma empresa es más competitiva dentro del mercado. (Villarreal, 2017)

**MTTR:** Es un indicar indispensable para medir el tiempo medio que un equipo necesita para ser reparado y estar en condiciones óptimas de funcionamiento. (Olazo, 2017)

**MTBF:** Es un indicador indispensable para medir el tiempo o el lapso que un equipo puede volver a presentar una falla durante un proceso de trabajo. (Olazo, 2017)

**NPR:** Es el índice de prioridad de riesgo, este indicador es utilizado para determinar el grado de riesgo que puede producir una falla en un sistema productivo. (Toral, et al , 2013)

**RCM:** Es una metodología que se centra en generar una mantenimiento confiable, considerando los diferentes recurso, los equipos, base de datos y que considera primordialmente los efectos de una la gestión. (Vela, 2014).

**TPM:** Es una filosofía de Lean Manufacturing de mejora continua que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad de las operaciones, de los equipos, y del sistema en general, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero fallas, cero accidentes, y mediante la participación total del personal. (González, 2005)

## BIBLIOGRAFÍA

**AGUIAR GUZMÁN, Leonardo & RODRIGUEZ BORJA, Hender Armando.** Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad libre de Colombia bogota D.C, Colombia. 2014. pp. 32-45. [Citado: 21 febrero 2019.]. Disponible en: <https://Repository.Unilibre.Edu.Co/Bitstream/Handle/10901/7838/Doc%20Final%20Proyecto%20Armando%20y%20Leonardo%20sustentacion.Pdf?Sequence=1>.

**AITECO CONSULTORES, SL.** Diagrama de Pareto. [En Línea] 2019. [Citado: 20 septiembre 2019.]. Disponible en: <https://www.aiteco.com/diagrama-de-pareto/>.

**ALVAREZ, Ivan.** Implementación de la metodología RCM para los vehículos de emergencia del benemérito cuerpo de bomberos voluntarios de Cuenca. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Politécnica salesiana sede Cuenca, Ecuador. 2017. pp 18-19. [Citado: 05 septiembre 2019.]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14200/1/UPS-CT006981.pdf>

**BARBOSA, Anaya & RANGEL, Burgos .** Pasos para realizar un diagrama de Pareto. [En Línea] 2019. [Citado: 30 septiembre 2019.]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/332941611\\_Aplicacion\\_De\\_Seis\\_Sigmas\\_Integradas\\_Con\\_AMEF\\_Y\\_QFD\\_En\\_El\\_Proceso\\_De\\_Fabricacion\\_Y\\_Distribucion\\_De\\_Muebles](https://www.researchgate.net/publication/332941611_Aplicacion_De_Seis_Sigmas_Integradas_Con_AMEF_Y_QFD_En_El_Proceso_De_Fabricacion_Y_Distribucion_De_Muebles).

**GARCÍA, Marín & MARTÍNEZ, Rafael Mateo.** Barreras Y Facilitadores De La Implantación Del TPM. *Redalyc* [En línea]. 2013. Vol. 9(3). 823-853. [Consultado: 2 enero 2019]. Disponible en: [http://werken.ubiobio.cl/html/downloads/ISO\\_690/Guia\\_Breve\\_ISO690-2010.pdf](http://werken.ubiobio.cl/html/downloads/ISO_690/Guia_Breve_ISO690-2010.pdf)

**Bizkaia.** Euskalit. Beneficios de la metodología 5s. [En Línea]. 2018. [Citado: 12 octubre 2019.]. Disponible en: <http://www.euskalit.net/pdf/folleto2.pdf>.

**CABEZAS, Adriana.** Evaluación del proceso de elaboración de pan en la empresa PALPES S.A a través del análisis de modo y efectos de falla. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad de las Américas, Ecuador. 2017. pp 21-40 [Citado: 01 marzo 2019.]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8323/1/UDLA-EC-TMDOP-2017-15.Pdf>.

**CÁRCEL, Francisco.** Características de los sistemas TPM y RCM. [En Línea]. 2016. [Citado: 01 junio 2019.]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2016>. ISSN: 2254 – 4143.

**CARRO, Roberto & GONZÁLEZ, Daniel.** Productividad Y Competitividad. [En Línea] 2015. [Citado: 24 Junio De 2019.]. Universidad Nacional de mar del Plata, Argentina. Disponible en: [Http://Nulan.Mdp.Edu.Ar/1607/1/02\\_Productividad\\_Competitividad.Pdf](Http://Nulan.Mdp.Edu.Ar/1607/1/02_Productividad_Competitividad.Pdf).

**CARTÍN, Andrés Rojas; et al.** Implementación del análisis de riesgo en la industria alimentaria mediante la metodología AMEF: enfoque práctico y conceptual. *Scielo.Org.Co.* [En Línea]. 2014. [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <Http://Www.Scielo.Org.Co/Pdf/Rmv/N27/N27a12.Pdf>.

**CASTELO VEGA, Homer Sergio.** Modelo de gestión de mantenimiento de producción total y su incidencia en el rendimiento operacional en el área de extrusión de balanceados para animales. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Tecnica de Ambato, Ecuador. 2017. pp 97-120. [Citado: 21 febrero 2019.]. Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26702/1/Tesis\\_%20t1331mgo.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/26702/1/Tesis_%20t1331mgo.pdf)

**CASTILLO SANTILLÁN , Ángel Vinicio.** Propuesta de mantenimiento centrado en confiabilidad de las unidades de bombeo horizontal multietapas del sistema power oil de la estación atacapi del b57-li de petroamazonas. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2017. pp 31-43. [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <Http://Dspace.Epoch.Edu.Ec/Bitstream/123456789/6300/1/20T00831.Pdf>.

**CENTENO, María.** *Indicadores De Calidad Y Productividad En La Empresa.* Venezuela : Nuevos Tiempos, 2015. ISBN 9806088123.

**CONSUEGRA, Mateus.** *Metodología AMFE Como Herramienta De Gestión De Riesgo En Un Hospital Universitario Cuadernos Latinoamericanos De Administración.* Bogotá : Universidad El Bosque, 2015. ISSN: 1900-5016.

**CONSUEGRE, Mateus.** *Metodología AMFE Como Herramienta De Gestión De Riesgo En Un Hospital Universitario Cuadernos Latinoamericanos De Administración.* Bogotá : Universidad Del Bosque, 2015. Vol. XI.[Citdo: 03 marzo 2019] ISSN: 1900-5016.

**CORONEL EGAS, Fernando.** Mejoramiento del proceso de producción de caramelo duro, mediante la aplicación de la metodología six sigma en la empresa ecuagolosinas Cia. Lta. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Americas, Riobamba, Ecuador. 2012. pp 32 [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <Http://Dspace.Udla.Edu.Ec/Bitstream/33000/2472/1/UDLA-EC-TIPI-2012-07%28S%29.Pdf>.

**CRUELLES RUIZ, José Agustín .** *La Teoría De La Medición Del Despilfarro.* Zaragoza : 2da, 2009. Pág. 102. [Citado: 5 marzo 2019]. ISSN:8461357167, 9788461357161. Disponible en:

<https://books.google.com.ec/books?id=W5f4zsqoMkkC&pg=PA102&dq=eficiencia+global+de+los+equipos+OEE+libros&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwixhdGch6DoAhUQh-AKHQkqB4AQ6AEIKDAA#v=onepage&q=eficiencia%20global%20de%20los%20equipos%20OEE%20libros&f=false>

**DURAND DELGADO, Harold Noe.** Propuesta De Mejora Para Disminuir Los Tiempos De Paradas No Programadas De Los Buses En Una Empresa De Transporte Público A Través De La Metodología RCM Y Un Mantenimiento Autónomo. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Peru. 2018. pp 32 [Citado: 28 febrero 2019.] Disponible en: [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624788/DURAND\\_DH.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624788/DURAND_DH.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

**FERNÁNDEZ , Pita & DÍAZ , Pértegas .** *Investigación Cuantitativa Y Cualitativa .* España : Cad Aten Primaria , 2014.

**GALINDO , Mariana .** Productividad . [En Línea] 2015. [Citado: 24 Junio 2019.] [https://Scholar.Harvard.Edu/Files/Vrios/Files/201508\\_Mexicoproductivity.Pdf](https://Scholar.Harvard.Edu/Files/Vrios/Files/201508_Mexicoproductivity.Pdf).

**GARCÍA, Juan & BARRASA, José.** Sistemas De Calidad Y Mejora Continua. [En Línea] 2014. [Citado: 15 septiembre 2019.]. Disponible en: [Http://Www.Ics-Aragon.Com/Cursos/Gestion-De-Calidad/Curso.Pdf](http://Www.Ics-Aragon.Com/Cursos/Gestion-De-Calidad/Curso.Pdf).

**GONZALES, marco.** Implementación de mantenimiento autónomo para mejorar el indicador de eficiencia de producción en una línea convertidor de papel higiénico marca FABIO PERINI modelo SINCRO. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad privada del norte, Lima, Peru. 2017. pp 45-50 [Citado: 02 mayo 2019.]. Disponible en: [Http://Repositorio.Upn.Edu.Pe/Bitstream/Handle/11537/12823/MARCO%20ANTONIO%20GONZALES%20VELIZ.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y](http://Repositorio.Upn.Edu.Pe/Bitstream/Handle/11537/12823/MARCO%20ANTONIO%20GONZALES%20VELIZ.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y).

**GONZÁLEZ, Francisco Javier.** Teoría Y Práctica Del Mantenimiento Industrial Avanzado. [Aut. Libro] Francisco Javier González Fernández. *Mantenimiento Autónomo.* 2da. Madrid : FC Editorial, 2005. [Citado: 02 mayo 2019.]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=OzwXOAKv\\_QAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=OzwXOAKv_QAC&printsec=frontcover&hl=pt-BR&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

**GRAJALES, Tevni.** *Tipos De Investigación.* Lima : S.N., 2014.[Citado: 04 junio 2019]: Dispnoible en: <http://tgrajales.net/investipos.pdf>

**JUÁREZ, Carla Violeta.** Implementacion De La Metodologia De Las 5 S. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Veracruzana. Veracruz, Mexico. 2009. pp 32-40 [Citado:

02 mayo 2019.].Disponible en: <https://www.uv.mx/gestion/files/2013/01/CARLA-VIOLETA-JUAREZ-GOMEZ.PDF>

**LEAN SOLUCIONES.** Bogotá D.C., Colombia. *Leansolutions.Co.* [En Línea] [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <Http://Leansolutions.Co/Conceptos-Lean/Lean-Manufacturing/Amef- Analisis-De-Modo-Y-Efecto-De-Falla/>.

**LEÓN CARRILLO, Andrés Esteban.** Propuesta De Aumento De La Productividad En Una Empresa De Cosméticos A Través Del Mantenimiento Autónomo Y Trabajo Estandarizado, Enfocado A La Línea De Envasado. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Americas, Ecuador. 2018. pp 22-24 [Citado: 02 mayo 2019.].Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/8904/1/UDLA-EC-TIPI-2018-10.pdf>

**MARCILLO DÍAZ, Carolina Lizbeth.** Diseño e implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (tpm) mediante software para los equipos de la línea de producción de láminas impermeabilizantes con armadura de la empresa imptek en la planta el inga.[En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad De Las Fuerzas Armadas. Sangolquí : ESPE, 2016. pp. 27.[Citado: 02 mayo 2019.].Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/12055/T-ESPE-053362.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**MARTÍNEZ, César.** Implementación De Un Análisis De Modo Y Efecto De Falla En Una Línea De Manufactura Para Juguetes. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma De Nuevo León, 2015. pp. 27.[Citado: 21 junio 2019.].Disponible en: <Https://Core.Ac.Uk/Download/Pdf/76584398.Pdf>.

**MERCHÁN, Alexandra.** Análisis Modal De Fallos Y Efectos (AMFE) Bajo El Proceso De Producción De Tableros Eléctricos De La Empresa EC- BOX . [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador 2014. pp. 27.[Citado: 24 junio 2019.].Disponible en: <Http://Dspace.Uazuay.Edu.Ec/Bitstream/Datos/4278/1/10836.Pdf>.

**MONTALBAN , Loyola ; et al.** Herramienta De Mejora AMEF (Análisis Del Modo Y Efecto De La Falla Potencial) Como Documento Vivo En Un Área Operativa. Experiencia De Aplicación En Empresa Provedora Para Industria Automotriz. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Tecnológica de Querétaro, Bolivia, 2015. pp. 27.[Citado: 24 junio 2019.]. Disponible en: [https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones\\_de\\_la\\_Ingenieria/vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5\\_2.pdf](https://ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5_2.pdf)

**MONTALBAN, Loyola; et al.** Herramienta De Mejora AMEF (Análisis Del Modo Y Efecto De La Falla Potencial) Como Documento Vivo En Un Área Operativa. Experiencia De Aplicación En Empresa Proveedora Para Industria Automotriz. *Experiencia De Aplicación En Empresa Proveedora Para Industria Automotriz*. [En Línea] 2015. [Citado: 13 Agosto 2019.]. Disponible en:

[https://Ecorfan.Org/Bolivia/Researchjournals/Aplicaciones\\_De\\_La\\_Ingenieria/Vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5\\_2.Pdf](https://Ecorfan.Org/Bolivia/Researchjournals/Aplicaciones_De_La_Ingenieria/Vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5_2.Pdf).

**MONTERO , Carlos ; et al.** *Modelo Para La Medición De Eficiencia Real De La Producción Y Administración Integrada De Información En Planta De Beneficio*. Bogotá : Yolanda Moreno M., 2013. [Citado: 13 Agosto 2019.]. ISBN: 978-958-8360-43-0.

**MORFÍN, David.** PTOLOMEO. [En Línea] 2005. [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <http://Www.Ptolomeo.Unam.Mx:8080/Xmlui/Bitstream/Handle/132.248.52.100/521/Hernandezmorfin.Pdf?Sequence=14>.

**OLAZO, Renzo.** Propuesta de mejora de mantenimiento utilizando RCM en la línea de producción de xantato de la industria química. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Peru, 2017. pp 76 - 101 [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: [https://Repositorioacademico.Upc.Edu.Pe/Bitstream/Handle/10757/622657/Olazo\\_QR.Pdf?Sequence=5&Isallowed=Y#Page=32&Zoom=100,0,529](https://Repositorioacademico.Upc.Edu.Pe/Bitstream/Handle/10757/622657/Olazo_QR.Pdf?Sequence=5&Isallowed=Y#Page=32&Zoom=100,0,529).

**PENA, Rua Afonso .** Excelencia En Consultoria De Gestión. [En Línea] 2012. [Citado El: 06 mayo 2019.]. Disponible en: <http://Www.Pdca.Com.Br/Site/Espanhol/Como-Se-Implanta-O-5s/2018-04-04-11-39-51.Html>.

**PRIETO GARCIA, Sergi .** *Resumen GEMBA y AMFE*. Linledin Corporation. [En Línea] 2017. [Citado: 12 junio 2019.]. Disponible en: <https://Www.Linkedin.Com/Pulse/Qu%C3%A9-Es-El-Gemba-Sergi-Prieto-Garcia/?Originalsubdomain=Es>.

**PULIDO , Alexander & BOCANEGRA , Carlos .** *Mitigación De Defectos En Productos Manufacturados*. Scielo. [En Línea] 2014. [Citado: 12 junio 2019.]. Disponible en: <http://Www.Scielo.Org.Co/Pdf/Inco/V17n1/V17n1a15.Pdf>.

**RAMAZZINI, Diego.** *Gestión Del Sistema 5S En El Área De Bodega*. Guatemala : Universidad San Carlos, 2013. pp 47.[Citado: 12 junio 2019.].Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2739\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2739_IN.pdf)

**RODRÍGUEZ, Benito Alberto.** *La industria 4.0, ¿cómo impactaría a la productividad?* EGADE Tecnológico. [En Línea] 2019. [Citado El: 19 septiembre 2019.]. Disponible en:

<https://Egade.Tec.Mx/Es/Egade-Ideas/Opinion/La-Industria-40-Como-Impactaria-La-Productividad>.

**ROGER , Ricardo.** *Diagrama de Analisis de procesos.* Slideshare.Net. [En Línea] 12 De 02 De 2014. [Citado: 12 diciembre 2019.]. Disponible en: <https://Es.Slideshare.Net/Rogerancho/10pdiagramadeanalisisdeprocesodap#:~:Text=1.,Durante%20un%20proceso%20o%20procedimiento..>

**ROSAS, Justo.** *Las 5'S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida.* Paritarios.Cl. [En Línea] 2019. [Citado: 03 mayo 2019.]. Disponible en: [https://Www.Paritarios.Cl/Especial\\_Las\\_5s.Htm](https://Www.Paritarios.Cl/Especial_Las_5s.Htm).

**SALAS, Mario.** Propuesta De Mejora Del Programa De Mantenimiento Preventivo Actual En Las Etapas De Prehilado E Hilado De Una Fabrica Textil. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Peru, 2012. pp 76 - 101 [Citado: 28 febrero 2019.]. Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/578614/Tesis%20Mario%20Salas%20Maceda.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

**SALAZAR LÓPEZ, Bryan.** Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF). *Ingenieriaindustrialonline.Com.* [En Línea] 2016. [Citado El: 20 septiembre 2019.]. Disponible en: <https://Www.Ingenieriaindustrialonline.Com/Herramientas-Para-El-Ingeniero-Industrial/Lean-Manufacturing/Analisis-Del-Modo-Y-Efecto-De-Fallas-Amef/>.

**SEVILLANO, Marco.** La relación entre calidad y productividad. *Isotools GESTIÓN DE LA EXCELENCIA.* [En Línea].2015. [Citado: 07 mayo 2019.]. Disponible en: <https://Www.Isotools.Org/2015/06/05/Como-Influye-La-Calidad-Total-En-La-Productividad-Empresarial/>.

**TOKUTARÓ, Suzuki. 2015.** *TPM En Industrias De Proceso.* Madrid : Japan Institute Of Plant Maintenance, 2015. Págs. 87-143. [Citado: 07 mayo 2019.]. ISSN.84-87022-82-0.

**TORAL, Ximena & BURGOS, Luis.** Diseño e implementacion de un programa de mantenimiento productivo total(TPM) en una empresa productora de alimentos balanceados. [En Línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela superior politécnica del litoral, Ecuador, 2013. pp 119- 150. [Citado: 01 octubre 2019.]. Disponible en: <https://Www.Dspace.Espol.Edu.Ec/Bitstream/123456789/25231/1/Tesis%20TPM%20Torale-Burgos.Pdf#Page=47&Zoom=100,0,152>.

**TORRES , Katherine & SUGEY , Tatiana .** *Calidad Y Su Evolución.* Madrid : Dimens. Empres, 2014. Vol. 10. [Citado: 01 octubre 2019.].

**TRÍAS, Monica; et al.** Las 5 W + H y el ciclo de mejora en la gestión de procesos. Laboratorio Tecnológico De Uruguay. [En Línea]. 2011. [Citado: 26 noviembre 2019.]. Disponible en: <https://Ojs.Latu.Org.Uy/Index.Php/INNOTEC-Gestion/Article/Download/5/4/>.

**VELA, Bolívar.** Mantenimiento En Centrado En Confiabilidad Para La Empresa Metalmeccánica En La Industria Ecuatoriana De Artefactos ECASA . [En Línea] 2014. [Citado: 24 junio 2019.]. Disponible en: <https://Bibdigital.Epn.Edu.Ec/Bitstream/15000/2529/6/CD-0243.Pdf>.

**VENEGAS SOSA, Rolando Alfredo.** Las 5S, manual teórico y de implantación. Daimlerag. Flickr. [En Línea] 13 De 11 De 2005. [Citado: 15 mayo 2019.]. Disponible en: <https://Www.Gestiopolis.Com/Las-5s-Manual-Teorico-Y-De-Implantacion/>.

**VILLARREAL, Maria.** Las 5S herramienta basica de mejora de la calidad. Wordpress.Com. [En Línea]. 2017. [Citado: 1 mayo 2019.]. Disponible en: <https://Marinavillarreal.wordpress.com/2017/03/28/Las-5s-Herramientas-Basicas-De-Mejora-De-La-Calidad-De-Vida/>.

**WIDMAN INTERNATIONAL SRL.** Auditorias al Programa de Lubricación y Filtración [En Línea].2019. [Citado: 1 diciembre 2019.]. Disponible en: <https://Www.Widman.Biz/Boletines/89.Php>.

**YALÍ , Pérez .** *La Mejora Continua De Los Procesos En Una Organización Fortalecida Mediante El Uso De Herramientas De Apoyo A La Toma De Decisiones.* Cuba : S.N., 2016. Vol. 10. [Citado: 1 diciembre 2019.]. ISSN No. 1390 – 3748.

**ZÚÑIGA , Andrés .** Uso de las herramientas 5s. *PANET RAMS.* [En Línea]. 2018. [Citado: 01 octubre 2019.]. Disponible en: <http://Planetrams.Iusiani.Ulpgc.Es/?P=2940&Lang=Es>.

**ZÚÑIGA, Krisley & SERRANO, Joselyn.** Análisis de Modos de Fallo y sus Efectos AMFE.Bitstream. [En Línea]. 2015. [Citado: 15 abril 2019.]. Disponible en: <http://13.65.82.242:8080/Xmli/Bitstream/Handle/Cenit/2013/ENFE-194.Pdf?Sequence=1&Isallowed=Y>.



Firmado electrónicamente por:  
**JHONATAN RODRIGO  
PARREÑO UQUILLAS**

## ANEXOS

### ANEXO A: AMFE COCINADOR (1) ACTUAL

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS											
NOMBRE DEL PROCESO			Elaboración de caramelos duros					FECHA AMFE 18-03-2019			
RESPONSABLE			Gabriela Bravo					FECHA DE REVISIÓN 01-03-2019			
RESPONSABLE AMFE			Gabriela Bravo					PÁGINA: 1 de 4			
FALLOS POTENCIALES							ESTADO ACTUAL				
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	NPR	Estado	
Cocción	Bomba de glucosa	Genera menor caudal	Trabamiento o atascamiento	5	Sedimentación de partículas en el interior bomba	2	Control en tiempo de llenado	4	40		
			Fugas de glucosa	2	Sellos mecánicos desgastados	5	Derrame Visible	6	60		
		No genera caudal	Paro del proceso no es inmediato, porque hay reserva de glucosa en tanque pulmón	5	Cortocircuito en la Bomba dosificadora No hay glucosa	2	Revisión eléctrica Movimiento manual en vacío de la bomba Desarmar bomba y revisar partes internas	6	60		
	Sensor de nivel de glucosa en tanque	No detecta nivel de la glucosa	Derrame de glucosa		3	Mal calibrado	5	Revisión visual de nivel de glucosa	6	90	
					3	Obstrucciones en el sensor	5	controlar paso de glucosa manualmente	6	90	
	Bomba de jarabe	Fuga de jarabe	Derrame de jarabe		3	Sello mecánico presenta fallas	2	Cambio de sellos.(Incluido en el plan)	2	12	
		Bomba Atascada	Retraso de producción		5	Sobrecarga de presión	4	Revisión visual y manual	6	120	
		Engranajes Rotos	Desgaste y ruidos. Paro de la producción		6	Caramelo pegado a los engranes	5	Revisión visual y manual	6	180	
		Atasco de bomba			6	Rodamiento cónico desalineado	4	Revisión visual y manual y cambio de rodamientos	6	144	
	Banda	Rotura de chumaceras	Paro de la producción		7	Falta de lubricación	6	Sonidos extraños, Revisión	6	252	
	Electroválvula	No dosifica	Retraso de la producción		2	Desconectada	2	Control automático	3	12	
					2	Taponada con materia prima	3	Control visual y automático	6	18	
	Arropadores de masa	Caída del arropador	Contaminación de masa		7	Desajuste del pernos	7	Detección visual, retiro de masa inmediatamente	4	196	

Realizado por: Gabriela Bravo, 2019

AMFE de cocinador (2)

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS											
NOMBRE DEL PROCESO			Elaboración de caramelos- línea continua						FECHA AMFE 18-03-2019		
RESPONSABLE			Gabriela Bravo						FECHA DE REVISIÓN 01-03-2019		
RESPONSABLE AMFE			Gabriela Bravo						PÁGINA: 2 de 4		
FALLOS POTENCIALES									ESTADO ACTUAL		
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	ENP R	Estado	
<b>Cocción</b>	Cadena de 4 hileras de transmisión	Desgaste de eslabones y rodillos	Paro de producción hasta el área de enfriamiento	8	Agrietamiento por Presencia de agentes corrosivos ( Materia prima, agua caliente, vapor)	5	Lavado urgente para que no se queme y solidifique el caramelo Cambio inmediato de eslabón o de cadena.	4	160		
		Estiramiento de la cadena	Trabaja con menos fuerza	5	Lubricación inadecuada.	3	Planificar cambio	4	60		
	Tornillo sin fin mixer	Desgaste y rotura de rodamientos de bolas	Cabeceo y juego con eje		5	Falta de lubricación, frecuencia incorrecta.	5	Planificar cambio	5	125	
					8	Contaminación con masa de caramelo, agua y otras sustancias. Condiciones de trabajo	5	Cambiar frecuencias de lubricación. Colocar tapa de protección para evitar contaminación.	3	200	
			Paro de producción hasta el área de enfriamiento		8	Montaje incorrecto, ajuste incorrecto.	3	Ninguno	3	72	
					8	Carga excesiva. No hay un control en la vida útil del rodamiento	5	Etiqueta fecha de montaje	3	120	
	Mixer	Vibraciones en el soporte	Contaminación de masa caramelo por caída de perno	8	Desajuste de pernos	6	Ajuste	4	192		
	Eje de rodamientos	Atasco de rodamientos	Produce barrido en el eje del rodamiento por lo que no hay ajuste en la pista interna		6	Rodamientos desalineados	4	Ninguno	4	96	
					6	Desgaste por frecuencia de uso	4	Ninguno	4	96	
					4	Falta de lubricación	3	Ninguna	4	48	
	Intercambiador de Calor	Ensuciamiento	Temperatura de Materia prima fuera de parámetros	6	Acumulación de material indeseable (Cristales, sedimentos, corrosión, etc.) Grado brix fuera de parámetros	3	Se planifica revisión técnica	3	54		
		Fugas en intercambiador de calor	Perdida de presión. Paro de producción	6	Expansión térmica del tubo	3	El técnico debe intervenir inmediatamente	3	54		
			Agujeros en los tubos	6	Encendido y apagado del sistema frecuentemente	3	Ninguna	3	54		

AMFE de envolvedoras (3)

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS										
NOMBRE DEL PROCESO		Elaboración de caramelos- línea continua					FECHA AMFE 18-03-2019			
RESPONSABLE		Gabriela Bravo					FECHA DE REVISIÓN 01-03-2019			
RESPONSABLE AMFE		Gabriela Bravo					PÁGINA: 3 de 4			
FALLOS POTENCIALES							ESTADO ACTUAL			
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	S E V	Causa del fallo potencial	O C U	Acciones actuales de detección	D E C	N P R	Estado
Envoltura	Mordazas	Descalibración de mordazas	Desgaste de las cuchillas	8	Posición incorrecta del papel de envoltura	6	Técnico hace revisión de elementos	3	144	
			Defectos en la envoltura del producto. Paro de equipo	8	Remordedura de rodamientos por suciedad	6	Determinar la causa de la falla y reparar	4	192	
		Sellado de envoltura defectuosa	7	Poca presión en el resorte bajo	4	Ninguna	4	112		
		Temperatura de mordazas fuera de rangos de trabajo para sellado	8	Suciedad en las escobillas de los colectores	7	Ninguna	3	168		
		Hermeticidad de sellado al 50%	8	Suciedad solidificada en mordazas	8	Ninguna	4	256		
	Remordedura de envoltura	8	Producto defectuoso	8	Ninguna	4	256			
	Guías	Inestabilidad en el plato	El producto se cae al piso	8	Tornillos sueltos	4	Ninguna	3	96	
	Poleas	Desbalance de poleas	Desincronización de las poleas	4	Desgaste de alojamiento de poleas	4	Se planifica mantenimiento con externos	4	64	
				5	Eje torcido	4	Ninguna	2	40	
	Cadena	Rotura de la cadena de transporte de caramelo	Paro de la envolvedora y producto defectuoso	8	Desgaste de los pasadores	4	Ninguna	6	192	
				8	Impacto en los rodillos al engranar	4	Ninguna	4	128	
	Tazas	Sello longitudinal defectuoso	Paro de la envolvedora y producto defectuoso	8	Suciedad en los colectores	7	Ninguna	3	168	
	Resistencias	Cortocircuito en resistencias		8	Contaminación con agua, lubricantes	7	Ninguna	3	168	
	Motorreductor	No Arranca	Paro del equipo	6	Carbones desgastados	4	Ninguna	4	96	
				3	Falta de limpieza	2	Ninguna	2	12	
				6	Sobrecarga	5	Ninguna	3	90	

AMFE involucradas (4)

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS										
NOMBRE DEL PROCESO		Elaboración de caramelos- línea continua						FECHA AMFE 18-03-2019		
RESPONSABLE		Gabriela Bravo						FECHA DE REVISIÓN 01-03-2019		
RESPONSABLE AMFE		Gabriela Bravo						PÁGINA: 4 de 4		
FALLOS POTENCIALES							ESTADO ACTUAL			
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	S E V	Causa del fallo potencial	O C U	Acciones actuales de detección	D E C	N P R	Estado
Envoltura	Sensor	No detecta	Paro de maquina	5	Sensor quemado	4	Ninguna	3	60	
	Termocuplas	No detecta temperatura	Materia prima fuera de parámetros	7	Materia prima solidificada	4	Ninguna	4	112	
				5	Fin de su vida útil	2	Ninguna	3	30	
				6	Quemadas	2	Ninguna	2	24	
				6	Material extraño sobre la termocupla	4	Ninguna	3	72	
	Des bobinador	Atascamiento de papel	Paro del equipo	6	Guía de papel Trabada	4	Ninguna	3	72	
				6	Caramelos se sobrepone en e	4	Ninguna	3	72	
	Plato de alimentación	Trabamiento de plato	Desajuste del plato	6	Acumulación de cisco de caramelo	6	Ninguna	6	216	
	Piñón	Rotura de Piñón	Paro del equipo	6	Trabamiento con caramelo	4	Ninguno	3	72	

## ANEXO B: AUDITORIA DEL PROGRAMA DE LUBRICACIÓN DE LA PLANTA

<b>Auditoria del Programa de Lubricación de la Planta</b>	
<b>1.- Almacenamiento</b>	<b>Puntu</b>
¿Están los contenedores almacenados en lugares protegidos del calor o frío?	0
¿Los envases están protegidos contra los elementos (lluvia, tierra, etc.)?	0
¿Cada lubricante está claramente identificado por marca y tipo?	0
¿La cantidad de lubricantes es adecuada (no excesiva)?	0
¿Los lubricantes están almacenados lejos de fuegos, áreas de soldadura e otros peligros?	0
<b>2.- Manipuleo y distribución del lubricante</b>	<b>Puntu</b>
¿Las bombas, embudos y bidones son adecuados y están protegidos del polvo?	0
¿Existe un sistema de distribución entre el almacén y el equipo donde el aceite no puede ser mezclado o contaminado?	0
¿En plantas que usan más que un tipo de grasa, existe un sistema que identifica cual grasa es utilizada en cada punto?	0
<b>3.- Seguridad</b>	<b>Puntu</b>
¿Existe extintores o sistemas de supresión de incendios en el lugar donde se almacenan los lubricantes?	1
¿Los pisos son limpios y seguros?	0
¿Hay hojas MSDS disponibles para cada producto?	0
<b>4.- Entrenamiento</b>	<b>Puntu</b>
¿Se ha identificado a la(s) persona(s) para entrenamiento formal en lubricación en los últimos dos años?	0
¿Los lúbricos han participado en cursos de lubricación en los últimos doce meses?	0
¿Hay fichas técnicas de cada lubricante disponibles para identificar sus calidades y usos?	0
Los lúbricos entienden la diferencia entre calidad y viscosidad?	1
Los lúbricos conocen la importancia de su trabajo?	0
<b>5.- Lubricantes</b>	<b>Puntu</b>
Los lubricantes son mínimamente de la calidad especificada por el fabricante del equipo?	1
En lo posible, están usando lubricantes especiales que ahorran energía al máximo?	0
El determinante en la selección de lubricantes es el departamento de mantenimiento (no compras)?	1
Las viscosidades son las recomendadas por el fabricante del equipo?	0
<b>7.- Mantenimiento preventivo</b>	<b>Puntu</b>
El personal de mantenimiento conoce la frecuencia de lubricación de los equipos?	0
Las frecuencias del mantenimiento preventivo son basadas en la velocidad, condiciones medio ambientales, horas de operación, (original equipment manufacturer)?	0
Hay cero pérdidas de aceite por mangueras, retenes, codos, etc.?	1
Las frecuencias de lubricación son revisadas y comprobadas cada vez que se cambia de marca de lubricante?	0
<b>8.- Análisis de Aceites</b>	<b>Puntu</b>
El programa de Mantenimiento Preventivo PM está tomando regularmente muestreos de aceites a los equipos de Planta?	0
Los reportes de análisis tienen comentarios útiles y proactivos?	0
Las recomendaciones del análisis de aceite son implementadas resultando en mejoras en los próximos muestreos?	0
<b>9.- Reciclado / Disposición final</b>	<b>Puntu</b>
Está el aceite usado reciclado o dispuesto de manera adecuada con las normas y procedimientos medio ambientales?	1
<b>Sumatoria total de puntos: %</b>	<b>6</b>

ANEXO C: FORMATO DE EVOLUCIÓN DEL ESTADO DE LA METODOLOGÍA 5S'S

Evaluación de la metodología 5S's				
Código:	00001		Industria Confitera	
Área:	Confitería			
Fecha:	03/08/2019			
Nombre del Evaluador:	Gabriela Bravo			
Criterio de calificación: 1 = Muy Malo 2 = Malo 3 = Intermedio 4 = Bueno 5 = Excelente				
Categoría	Descripción	Calificación	Observaciones	
Clasificar (Conservar los necesarios)	¿Existen elemento, herramientas innecesarias en el área de trabajo?	2		
	¿Existen equipos innecesarios en el área de trabajo?	3		
	¿Existen materiales deteriorados, defectuosos en el área?	2		
	¿Las zonas para movilizarse se encuentran libres?	2		
	¿Existen estándares de 5 S's para clasificar?	1		
<b>Subtotal</b>		25	9	39%
Organizar (Ordenar los elementos que se encuentren en el área)	¿Existe un lugar definido para cada elemento?	2		
	¿Se encuentra organizado el lugar?	2		
	¿Se encuentra delimitado el área de trabajo?	3		
	¿Se encuentra señalado el área?	3		
	¿Las herramientas, materiales, equipos se encuentran al alcance de los operarios?	2		
<b>Subtotal</b>		25	12	48%
Limpieza (Mantener en óptimas condiciones el área, la maquina)	¿Se tiene identificado todos los elementos limpieza?	1		
	¿Tienen las listas de actividades de limpieza?	1		
	¿Se determinó el personal necesario para las actividades de limpieza?	1		
	¿El área se encuentra libre de contaminantes como polvo, suciedad, etc.?	3		
<b>Subtotal</b>		20	6	30%
Estandarización (Capacitación de formatos y señalización)	¿Se mantiene la cultura de orden y limpieza continuamente?	1		
	¿El personal conoce sus responsabilidades?	2		
	¿Se encuentra señaliza el área, los equipos, materiales, herramientas?	3		
	¿Existen depósitos para los desechos?	1		
<b>Subtotal</b>		20	7	35%
Autodisciplina (Habito de orden y limpieza)	¿El personal es capacitado continuamente?	1		
	¿Se aplica correctamente procedimientos de orden y limpieza?	1		
	¿Se respeta la señalización?	2		
	¿Se respeta los sitios dispuestos para depositar los desechos?	2		
<b>Subtotal</b>		20	6	30%
<b>Calificación Global</b>		<b>110</b>	41	<b>Regular</b>
				>50%
<b>Calificación General</b>	<b>37%</b>			<b>Bien</b>
				>70%
				<b>Excelente</b>
				>90%

## ANEXO D: METODOLOGÍA DE LAS 5S'S

MEJORA CONTINUA

# METODOLOGÍA DE LAS 5S's,

### CLASIFICACIÓN

(Mantener solo lo necesario)

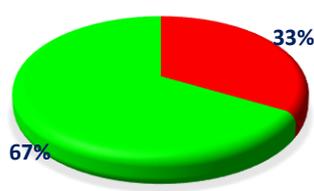
Seleccionar sus herramientas o equipo de trabajo de acuerdo a la frecuencia de uso

A cada momento • Todo los días • Todas las semanas	• Ubiquelo sobre la mesa de trabajo o cerca de ella
Una vez al mes • Cada tres meses	• Ubiquelo cerca al sitio de trabajo
Esporádicamente	• Ubiquelo en el almacén o en un depósito
Lo que no es necesario	• Deséchelo • Suprímalo • Deséchelo





ANEXO F: FORMATO DE SEGUIMIENTO DE ANOMALÍAS

<b>SEGUIMIENTO DE ANOMALÍAS</b>									
						TOTAL ACCIONES	9		
						SIN CERRAR	3		
						CERRADAS	6		
Fecha de Reporte	Área	Equipo	Operador	Técnico Responsable	Anomalías encontradas	Fecha Compromiso	Fecha de Cumplimiento	Semáforo	Observaciones
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Luis Miguel	Daniel Hidalgo	Cambiar cauchos desgastados en pinzas	17/04/2019	15/04/2019	CERRADO	
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Miguel Yunda	Jesús Hernández	Cepillos limpiadores de cisco en mal estado. Crear orden Compra	18/04/2019	15/04/2019	CERRADO	
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Jaime Roldan	Jesús Hernández	Cepillos limpiadores de cisco en mal estado. Crear orden Compra	19/04/2019		SIN CERRAR	
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Javier V	Jesús Hernández	Faltan guardas de seguridad.	20/04/2019	15/04/2019	CERRADO	
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Luis Miguel	Jesús Hernández	Faltan guardas de seguridad.	21/04/2019		SIN CERRAR	
15/04/2019	Caramelo Duro	Envolvedora	Miguel Yunda	Jesús Hernández	Faltan guardas de seguridad.	22/04/2019	17/04/2019	CERRADO	
19/04/2019	Caramelo Duro	Tanque glucosa	Jaime Roldan	Wilson Ati	La electroválvula presenta fallo en su funcionamiento	23/04/2019	22/04/2019	CERRADO	
20/04/2019	Caramelo Duro	Precocción	Javier V	Leonardo Cuenca	Se detecta fuga de jarabe en bomba de precocinador	24/04/2019		SIN CERRAR	
21/04/2019	Caramelo Duro	Cocinador	Miguel Yunda	Ronny Rivera	Se detecta fuga de vapor en tubería de intercambiador de calor	25/04/2019	23/04/2019	CERRADO	







ANEXO J: EJEMPLO DE HOJA DE CHEQUEO

INDUSTRIES S.A.			N° de Doc.	EO1-CD01-001
DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO			Realizado por:	Gabriela Bravo
CHECK LIST TÉCNICO ELÉCTRICO - LÍNEA DE CARAMELO DURO			Revisado por:	
			Aprobado por:	
Fecha:	01/07/20	Responsable Técnico:	E. HERRERA	
Turno:	1	Producto:		
Supervisor:		Frecuencia:		
Operador:				
DESCRIPCIÓN DE OPERACIÓN	UBICACIÓN	MARQUE CON UNA X		Observaciones
		Cumple	No cumple	
<b>COCINADOR</b>				
Verificación de aparatos de medida e indicadores.	variador de velocidad, manómetros	X		
verificación de correcto funcionamiento de protecciones.	Fusibles y pilotos	X		
Verificación de estanquidad de cuadros eléctricos	Tablero eléctrico	X		
Verificación de puesta a tierra de equipos	cocinador	X		
Inspección de los elementos eléctricos, revisión de acometidas eléctricas señalética de tablero y peligros a las cuales esta expuesto el operador.	Tablero principal de cocción	X		Mto. Electrico CABLES FUELOS INEXISTENTES
<b>ESTIRADORA</b>				
Verificación de limpieza de Tablero Electrico Principal, inspeccionar que no exista polvos residuales del proceso.	Tablero eléctrico	X		POLVO ACUMULADO
Inspección de los elementos electricos, revisión de acometida electricas y de los peligros a las cuales esta expuesto el operador.	Tablero eléctrico	X		
Verificación de estanquidad de cuadros eléctricos	Tablero eléctrico	X		
verificación de correcto funcionamiento de protecciones.	Fusibles y pilotos	X		
Verificación de puesta a tierra de equipos	Estiradora	X		
Verificación de aparatos de medida e indicadores.	instrumentos de medida	X		
<b>BASTONEADOR, EGALIZADOR, TROQUEL Y TÚNEL DE FRÍO</b>				

Nota.- Eléctrico

REVISADO POR:

COORD. DE MANTENIMIENTO



GABRIELA BRAVO  
TÉCNICO DE LÍNEA

Edgar Delgado  
SUP. PRODUCCIÓN

Edgar Delgado  
OPERADOR DE LÍNEA

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



# ANEXO M: FORMATO DE ÓRDENES DE TRABAJO

**Industria Conifera S.A.**

**Area:** EC-11-1302  
**N° Equipo:** 9000123  
**Denom Equipo:** Tanque de Glucosa 01 Blandos  
**Inventario:** TANQUE DE GLUCOSA 01  
**Denominación Tipo:**  
**Orden N°:** 800601190  
**Tipo de Orden:** ZM01  
**Centro de Costo:** EB01010408  
**ENVOLVEDORA CARAMELO**  
**Revisión y reapriete precocción cocción**

**PLMID:**  
**Gr.PL:** E01  
**Estado:** Fuera de servicio  
**HR:**  
**Aviso:**  
**Clase de Actividad:** Reapriete  
**Reserva:**  
**Inicio:** 07.07.2020  
**Fin:** 07.07.2020

**NOTA DE SEGURIDAD. NO INTERVENGA MAQUINARIA EN MOVIMIENTO. SIGA PROCEDIMIENTO DE BLOQUEO ETIQUETADO DE ENERGÍA SI APLICA. UTILICE EPP SEGÚN LA TAREA QUE ESTE REALIZANDO. ASEGÚRESE DE CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DEL PERMISO DE SEGURIDAD ASOCIADO. VERIFIQUE EL ESTADO DE LA HERRAMIENTA / UTILIZAR Y QUE LA MISMA SE ENCUENTRE EN CONDICIONES DE USO. INFORME AL RESPONSABLE DEL EQUIPO / ÁREA SOBRE LA ACTIVIDAD QUE REALIZARÁ**

Operación	Pto de Trabajo	Actividades Descripción	Duración	Dur. Real	Hora Inicio	Hora Fin
0010	Operador	Revisión y reapriete precocción cocción			00:00:00	00:00:00

**Revisión y reapriete precocción cocción**  
 Revisar que todos los pernos estén completos en el equipo  
 Con la herramienta correspondiente verificar que los pernos estén ajustados, realizar ajuste  
 Reportar en la OT pernos perdidos en el piso, pernos aislados, pernos faltantes y cantidad de pernos que reajusto  
 Solicite las herramientas a su supervisor

05:30 - 06:05 = 05  
 + 05:05 - 06:10 = 10

**Detalle del Servicio Realizado:**  
 Hora Inicio Real: 05:30 Hora Finalización Real: 06:00 EMERG-Tiempo de paro en máquina (Horas): 00:00

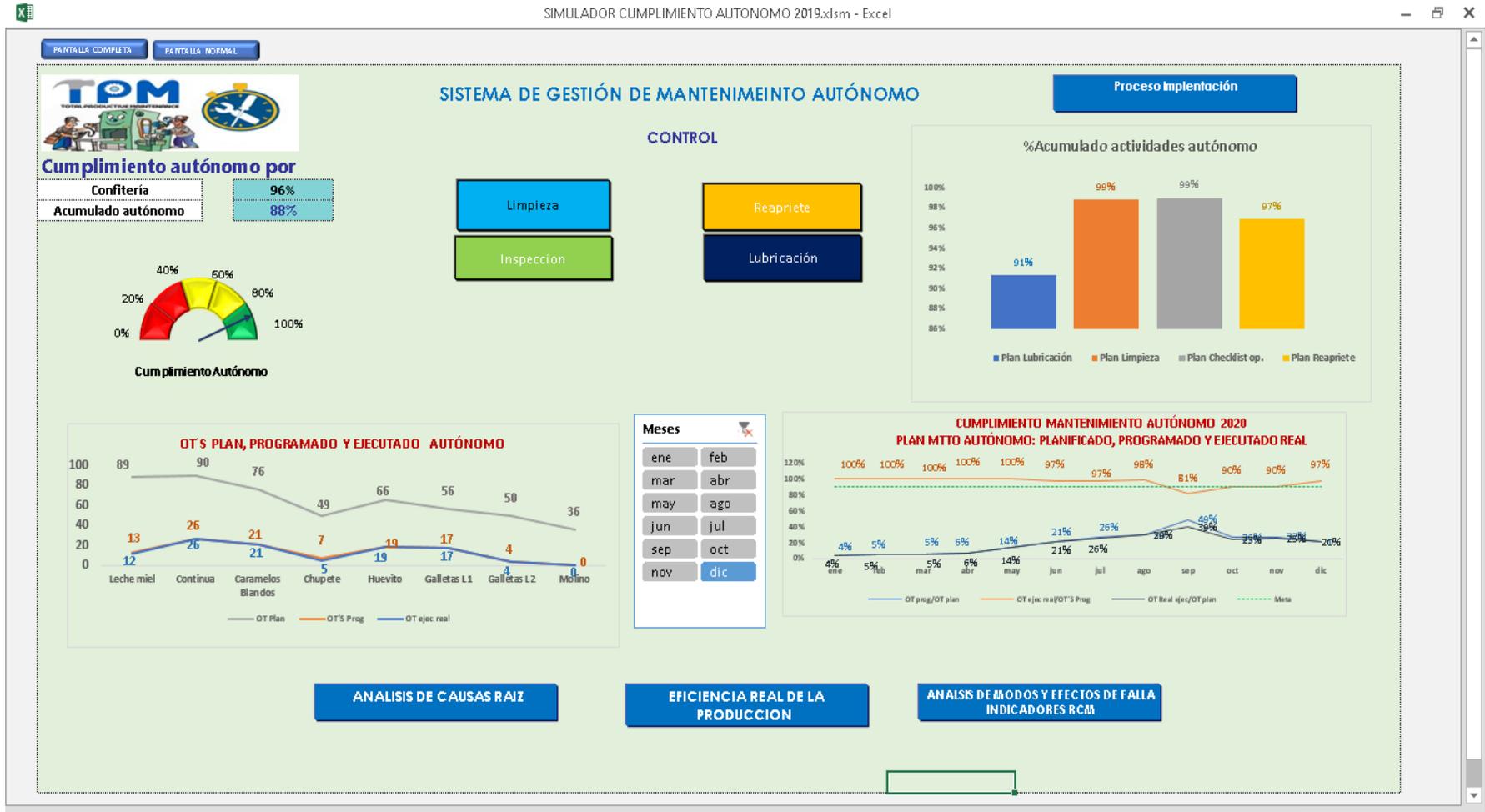
- Se ajusta la parte de la valvula de retención que sujeta alla olla
- falta perno en motor que envia la leche a los tanque recipientes
- mangueras de aire mal ubicadas en los tanques de leche
- ajuste de manija de la valvula de manteo
- guarda de motor de montaje en mal estado
- maniquera de vapor suelta
- fuga de aire en la valvula de precocción
- Motor de ajuste suena muy fuerte
- Abrasadora de tubo de chucosa
- no se encuentran el agitador de blandos de pesaje
- Fuga de aceite en el sistema de drenaje

**INVENTARIO DE PIEZAS. AL REALIZAR EL TRABAJO COLOQUE PIEZAS DESMONTABLES EN UN LUGAR ESPECIFICO. A TERMINAR DE ENSAMBLAR VERIFIQUE QUE NO HAYAN QUEDADO PIEZAS SUELTAS. DEJE LIMPIO Y ORDENADO.**  
**¿LE SOBRO ALGUNA PIEZA PROVENIENTE DEL EQUIPO QUE DESARMÓ? SI / NO**

**Nombre y Firma Ejecutante:** Walter  
**Nombre y Firma Acepte técnico:**

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

ANEXO N: SIMULADOR PARA INDICADORES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO, ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ, PLANES DE ACCIÓN, MANUAL PARA EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN.





PANTALLA COMPLETA

PANTALLA NORMAL

### IMPLEMENTACIÓN AUTÓNOMO - MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

#### Implementación mtto autónomo

<p>PRESENTACIÓN IMPLEMENTACION</p>		<p>CAPACITACIONES</p>	<p>PLAN GENERAL DE MTTO AUTÓNOMO</p>
<p>PRESENTACIÓN MTTO AUTÓNOMO</p>		<p>VALIDACIÓN DE APRENDIZAJE</p>	
<p>PRESENTACIÓN INDICADORES</p>		<p>MATRIZ DE PROCEDIMIENTOS</p>	
<p>TABLERO INDICADORES</p>		<p>MAPEO ACTIVIDADES</p>	

**INICIO**

**ANEXO O: AUDITORIA AMFE**

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS														
NOMBRE DEL PROCESO			Elaboración de caramelos duros										FECHA AMFE	
RESPONSABLE			Gabriela Bravo										FECHA DE REVISIÓN	
RESPONSABLE AMFE			Gabriela Bravo										PÁGINA: 1 de 4	
FALLOS POTENCIALES							Cálculo inicial			Resultado				
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	NPR	Acción tomada	SEV	OCU	DEC	NPR
Cocción	Bomba de glucosa	Genera menor caudal	Trabamiento o atascamiento	5	Sedimentación de partículas en el interior bomba	2	Control en tiempo de llenado	4	40	Limpieza periódica de bomba y plan de lubricación de engranes definido.	2	1	1	2
			Fugas de glucosa	2	Sellos mecánicos desgastados	5	Derrame Visible	6	60	Plan de inspecciones definido con checklist durante la prueba de funcionamiento del equipo.	1	3	1	3
		No genera caudal	5	Paro del proceso, pero no es de inmediato, porque hay reserva de glucosa en tanque pulmón	5	Cortocircuito en la Bomba dosificadora No hay glucosa	2	Revisión eléctrica Movimiento manual en vacío de la bomba Desarmar bomba y revisar partes internas	6	60	Prueba de funcionamiento del equipo, inspecciones operativas y técnicas.	2	1	1
	Sensor de nivel de glucosa en tanque	No detecta nivel de la glucosa	Derrame de glucosa,	3	Mal calibrado	5	Revisión visual de nivel de glucosa	6	90	Posicionamiento correcto del sensor utilizando center line	1	1	3	3
				3	Obstrucciones en el sensor	5	controlar paso de glucosa manualmente	6	90	Limpieza periódica de sensor, inspecciones operativas	1	1	1	1
	Bomba de jarabe	Fuga de jarabe	Derrame de jarabe	3	Sello mecánico presenta fallas	2	Cambio de sellos.(Incluido en el plan)	2	12	Plan de cambio de sellos con frecuencias definidas. Inspecciones operativas y técnicas	1	1	1	1
		Bomba Atascada	Jarabe Saturado. Paro de producción	8	Sobrecarga de presión Saturación de Materia prima	4	Revisión visual y manual	6	120	Limpieza e inspecciones operativas	2	2	1	4
		Engranajes defectuosos	Desgaste y ruidos. Paro de la producción	8	Caramelo pegado a los engranes	5	Revisión visual y manual	6	180	Limpieza de engranes periódica, inspección durante la limpieza, reporte de anomalías o anomalías en orden de trabajo.	4	2	1	8
				8	Rodamiento cónico desalineado	4	Revisión visual y manual y cambio de rodamientos	6	144	Frecuencias de cambios de rodamientos definido en plan de mantenimiento preventivo	2	1	2	4
	Banda	Rotura de chumaceras	Paro de la producción	8	Falta de lubricación	7	Sonidos extraños, Revisión	6	252	Rutas de inspección técnica, Revisión de chumaceras durante lubricación y reporte de novedades en orden de trabajo, plan de lubricación con frecuencias definidas.	1	2	1	2

**Realizado por:** Gabriela Bravo, 2019

AMFE de cocinador (2)

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS														
NOMBRE DEL PROCESO		Elaboración de caramelos- línea continua								FECHA AMFE				
RESPONSABLE		Gabriela Bravo								FECHA DE REVISIÓN				
RESPONSABLE AMFE		Gabriela Bravo								PÁGINA 2 de 4				
FALLOS POTENCIALES						Cálculo inicial				Resultado				
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	NPR	Acción Tomada	SEV	OCU	DEC	NPR
Cocci3n	Electrov3lvula	No dosifica	Retraso de la producci3n	1	Desconectada	2	Detecci3n visual, revisar constante	3	6	Checklist de verificaci3n operativo, prueba de funcionamiento de equipo	1	1	1	1
				1	Taponada con materia prima	3		3	9	Limpieza, inspecciones operativas	1	1	1	1
	Arropadores de masa	Caída del arropador	Contaminaci3n de masa	7	Desajuste del pernos	9	Detecci3n visual, retirar tramo de masa	3	189	Revisi3n y reajuste de pernos, identificaci3n de pernos cr3ticos color rojo, reporte de pernos aislados y faltantes en orden de trabajo.	2	2	1	4
	Cadena de 4 hileras de transmisi3n	Desgaste de eslabones y rodillos	Paro de producci3n hasta el 3rea de enfriamiento	8	Agrietamiento por Presencia de agentes corrosivos ( Materia prima, agua caliente, vapor)	5	Lavado urgente para que no se queme y solidifique el caramelo Cambio inmediato de eslab3n o de cadena. No se detecta hasta que se produce el fallo	4	160	Plan de lubricaci3n con frecuencias definidas. Procedimiento de lubricaci3n consta en el equipo, capacitaci3n al operador. Procedimiento de limpieza del equipo	4	1	1	4
				5	Lubricaci3n inadecuada.	3	Ruidos extra3nos, golpeteo. Visualizaci3n de juego en eje.	4	60	Inspecci3n de cadena durante la lubricaci3n, anomal3as se reporta en orden de trabajo, seguimiento de correcci3n de anomal3as, indicador de cumplimiento. Plan de lubricaci3n de cadena con frecuencias definidas.	1	1	1	1
	Tornillo sin fin mixer	Desgaste y rotura de rodamientos de bolas	Cabeceo y juego con eje	5	Falta de lubricaci3n, frecuencia incorrecta.	5	No se detecta hasta que se produce el fallo	5	125	Plan de lubricaci3n de rodamiento definido. Inspecciones operativas	2	2	1	4
				8	Contaminaci3n con masa de caramelo, agua y otras sustancias. Condiciones de trabajo	5	Cambiar frecuencias de lubricaci3n. Colocar tapa de protecci3n para evitar contaminaci3n.	3	200	Propuesta de tapa herm3tica para aislar rodamiento. Limpieza, inspecciones operativas	2	1	1	2
				8	Paro de producci3n hasta el 3rea de enfriamiento	3	Montaje incorrecto, ajuste incorrecto.	3	72	Revisi3n y reajuste de pernos	3	1	1	3
	Mixer	Vibraciones en el soporte	Contaminaci3n de masa caramelo por caída de perno	8	Desajuste de pernos	6	Detecci3n visual, retiro de masa inmediatamente	4	192	Revisi3n y reajuste de pernos en soporte de mixer	2	2	1	4

Realizado por: Gabriela Bravo, 2019

Análisis AMFE

ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS																	
NOMBRE DEL PROCESO			Elaboración de caramelos- línea continua						FECHA AMFE								
RESPONSABLE			Gabriela Bravo						FECHA DE REVISIÓN								
RESPONSABLE AMFE			Gabriela Bravo						PÁGINA: 3 de 4								
FALLOS POTENCIALES										Cálculo inicial				Resultado			
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	NPR	Acción Tomada	SEV	OCU	DEC	NPR			
Cocción	Eje de rodamientos	Atasco de rodamientos	Produce barrido en el eje del rodamiento por lo que no hay ajuste en la pista interna	6	Rodamientos desalineados	4	Ninguno	4	96	Revisión y reajuste de pernos en soporte de mixer	2	2	1	4			
			Desgaste por frecuencia de uso	6	4	Ninguno	4	96	Plan de lubricación con frecuencias definidas. Procedimiento de lubricación consta en el equipo,	1	1	1	1				
			Falta de lubricación	4	3	Ninguna	4	48	Procedimiento de lubricación consta en el equipo	1	1	1	1				
	Intercambiador de Calor	Ensuciamiento	Temperatura de Materia prima fuera de parámetros	6	Acumulación de material indeseable (Cristales, sedimentos, corrosión, etc.) Grado brix fuera de parámetros	3	Se planifica revisión técnica	3	54	Limpieza periódica, inspecciones operativas.	2	1	1	2			
			Fugas en intercambiador de calor	Perdida de presión.	6	Expansión térmica del tubo	3	El técnico debe intervenir inmediatamente	3	54	Inspecciones operativas.	2	2	1	4		
		Agujeros en los tubos		6	Encendido y apago del sistema frecuentemente	3	Ninguna	3	54	Limpieza periódica, inspecciones operativas.	2	1	1	2			
Envoltura	Mordazas	Des calibración de mordazas	Desgaste de las cuchillas Defectos en la envoltura del producto. Paro de equipo	8	Posición incorrecta del papel de envoltura	6	Técnico hace revisión de elementos	3	144	Center line para identificar rápidamente posición correcta de papel	2	3	3	18			
			Remordedura de rodamientos por suciedad	8	6	Determinar la causa de la falla y reparar	4	192	Limpieza de cisco de caramelo de manera frecuente.	2	2	3	12				
		Sellado de envoltura defectuosa	7	Poca presión en el resorte bajo	4	Ninguna	4	112	Revisión y reajuste de pernos. Plan de reajuste	2	2	2	8				
		Temperatura de mordazas fuera de rangos de trabajo para sellado	8	Suciedad en las escobillas de los colectores	7	Ninguna	3	168	Cambio de tipo de colectores por colectores herméticos	2	1	1	2				
		Remordedura de envoltura	8	Suciedad solidificada en mordazas	8	Ninguna	4	256	Limpieza de cisco de caramelo de manera frecuente.	2	2	1	4				

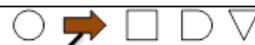
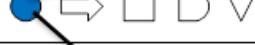
Realizado por: Gabriela Bravo, 2019

AMFE involucradas (4)

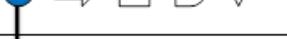
ANÁLISIS DEL MODO DE FALLO Y SUS EFECTOS														
NOMBRE DEL PROCESO		Elaboración de caramelos- línea continua								FECHA AMFE				
RESPONSABLE		Gabriela Bravo								FECHA DE REVISIÓN				
RESPONSABLE AMFE		Gabriela Bravo								PÁGINA : 4 de 4				
FALLOS POTENCIALES						Cálculo inicial				Resultado				
Subproceso	Componente	Modo potencial del fallo	Efectos del fallo potencial	SEV	Causa del fallo potencial	OCU	Acciones actuales de detección	DEC	NPR	Acción Tomada	SEV	OCU	DEC	NPR
Envoltura	Guías	Inestabilidad en el plato	El producto se cae al piso	8	Tornillos sueltos	4	Ninguna	3	96	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo. Cartilla guía con identificación de pernos críticos.	1	1	1	1
	Poleas	Desbalance de poleas	Desincronización de las poleas	4	Desgaste de alojamiento de poleas	4	Se planifica mantenimiento con externos	4	64	plan de lubricación con frecuencias definidas Inspecciones operativas	1	1	1	1
				5	Eje torcido	4	Ninguna	2	40	Revisión y reajuste de pernos	2	1	1	2
	Cadena	Rotura de la cadena de transporte de caramelo	Paro de la envoltora y producto defectuoso	8	Desgaste de los pasadores	4	Ninguna	6	192	Lubricante definido para aplicación en cadenas que se contaminan con cisco, plan de lubricación con frecuencias definidas	3	2	1	6
				8	Impacto en los rodillos al engranar	4	Ninguna	4	128	. Plan de reajuste	2	2	2	6
	Tazas	Sello longitudinal defectuoso	Paro del equipo	8	Suciedad en los colectores	7	Ninguna	3	168	Procedimiento de limpieza	2	2	1	4
	Resistencias	Cortocircuito en resistencias		8	Contaminación con agua, lubricantes	7	Ninguna	3	168	Procedimiento de limpieza ubicado, en el equipo, operador capacitado acerca de los cuidados que se deben tener durante la limpieza.	2	2	1	4
	Termocuplas	No detecta temperatura	Materia prima fuera de parámetros	7	Materia prima solidificada	4	Ninguna	4	112	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	2	2	1	4
		Defectos en el producto		6	Material extraño sobre la termocupla	4	Ninguna	3	72	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	2	2	1	4
	Desbobinador	Atascamiento de papel	Paro del equipo	6	Guía de papel Trabada	4	Ninguna	3	72	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo.	2	1	1	2
				6	Caramelos se sobrepone en el papel	4	Ninguna	3	72	Procedimiento de limpieza, Inspecciones operativas	2	2	1	4
	Plato de alimentación	Trabamiento de plato	Desajuste del plato	6	Acumulación de cisco de caramelo	6	Ninguna	6	216	Revisión de pernos faltantes y aislados, reajustes antes de arrancar el equipo. Cartilla guía con identificación de pernos críticos.	2	1	1	2
Piñón	Rotura de Piñón	Paro del equipo	6	Trabamiento con caramelo	4	Ninguno	3	72	Limpieza periódica de piñón	2	2	1	4	

Realizado por: Gabriela Bravo, 2019

**ANEXO P: DIAGRAMA DE ANÁLISIS DE PROCESOS DE LA ACTIVIDAD DE LIMPIEZA MEJORADO**

Método actual.		<input type="checkbox"/> DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE COCINADOR		
Método Mejorado:		<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> COCINADOR DE CARAMELO			<b>FECHA:</b>	
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA			<b>DIAGRAMA N°:</b> 001	
<b>DEPARTAMENTO:</b> PRODUCCION			<b>HECHO POR:</b> Gabriela Bravo	
<b>OPERARIO:</b> Luis Duchi			<b>HOJA N°:</b> 1 DE 2	
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCION DEL PROCESO
				
40	250	1		Desde el área de confitería al departamento de seguridad.
	30	1		Solicitud de traje desechable y mascarilla
40	320	2		Desde el departamento de seguridad se traslada al área de confitería
	140	2		Colocación de trajes desechables y mascarillas
15	130	3		Ir al área de Almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza.
	70	1		Area de Almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza.
	320	3		Seleccionar material y herramientas para la limpieza
25	255	4		Desde el área de materiales y herramientas de limpieza al Cocinador
3	95	5		Desde cocinador a la oficina del supervisor
	60	4		Se solicita wypall y guantes de nitrilo
3	90	6		Desde la oficina del supervisor a la bodega de azúcar
	140	5		Agarrar fundas plásticas para desechos
5	40	7		Se dirige al cocinador
	704	1		Esperando a técnico eléctrico
	340	6		Apagado y bloqueo de energía del equipo (Técnico eléctrico)
	850	7		Cubrir o proteger motores y tablero eléctrico con fundas plásticas
5	165	8		Colocar tablero de señalización de piso mojado
	1803	9		Rociar ácido Suma gril por todas las superficies externas de cocinador con un atomizador.
5	45	8		Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente

## Diagrama de análisis de procesos 2

Método actual.		<input type="checkbox"/> DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE COCINADOR		
Método Mejorado:		<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> COCINADOR DE CARAMELO			<b>FECHA:</b> 2019-	
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA			<b>DIAGRAMA N°:</b> 001	
<b>DEPARTAMENTO:</b> PRODUCCION			<b>HECHO POR:</b> Gabriela Bravo	
<b>OPERARIO:</b> Luis Duchí			<b>HOJA N°</b> 2 DE 3	
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SÍMBOLOS DEL DIAGRAMA	DESCRIPCION DEL PROCESO
				
	30	10		Abir llave de agua caliente
5	60	9		Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	8250	11		Rociar agua caliente por todas las superficies externas hasta que quede totalmente limpio
5	68	10		Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente
	56	12		Cerrar llave de agua caliente
5	50	11		Desde la llave de agua caliente hasta Cocinador
	5	13		Cerrar boquilla de manguera y cepillar equipo hasta que quede libre de residuos
5	45	12		Desde el Cocinador hasta llave de agua caliente
	320	14		Pasar wypall por superficies de cocinador
3	95	13		Desenroscar pernos mariposa de guarda y retirar
	500	15		Limpiar bomba y guarda con un paño húmedo y retirar acumulación de jarabe cristalizado.
	80	16		Ubicar guarda y enroscar pernos mariposa de guarda
	1540	17		Limpiar el área intervenida.
300	480	14		Desde de cocinador dirigirse a sitio de desechos con los residuos resultantes de la actividad
	60	18		Abir depósito de basura y arrojar desechos
300	60	15		Desde el sitio de desechos dirigirse al cocinador

### Diagrama de análisis de procesos 3

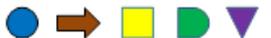
Método actual:	<input type="checkbox"/>	<b>DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE COCINADOR</b>		
Método Mejorado:	<input checked="" type="checkbox"/>			
<b>SUJETO DEL DIA GRAMA:</b> COCINADOR DE CARAMELO EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA DEPARTAMENTO: PRODUCCION OPERARIO: Luis Duchi		<b>FECHA:</b> 2019- <b>DIAGRAMA N°:</b> 001 <b>HECHO POR:</b> Gabriela Bravo <b>HOJA N°</b> 3 DE 3		
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SÍMBOLOS DEL DIA GRAMA	DESCRIPCION DEL PROCESO
				
	984	19		Recoger todos los materiales y herramientas de limpieza
300	480	16		Desde el cocinador se dirige al área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
	320	20		Abrir araque y guardar los materiales
300	480	17		Desde el área de materiales y herramientas de limpieza al Cocinador
	520	21		Retirar fundas plásticas de protección de elementos eléctricos y motores.
	59	22		Retirar los letreros de seguridad
25	260	18		Desde el cocinador se dirige al área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
		2		Área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
<b>Resumen</b>				
	N°	Distancia (m)	Tiempo (seg)	
<b>Operación</b>	22		50017	
<b>Transporte</b>	18	1008	3586	
<b>Inspección</b>	0		0	
<b>Demora</b>	1		704	
<b>Almacenamiento</b>	2		70	
<b>Total</b>	53	1008	54377	

Diagrama de análisis de procesos 4

<b>DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE ENVOLVEDORA 1</b>								
Método actual: 								
Método mejorado: 								
<b>SUJETO DEL DIAGRAMA:</b> ENVOLVEDORA MAZINGER DE CARAMELO				<b>FECHA:</b> 2019				
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA				<b>DIAGRAMA N°:</b> 002				
<b>DEPARTAMENTO:</b> PRODUCCION				<b>HECHO POR:</b> Gabriel				
<b>OPERARIO:</b> Luis Duchí				<b>HOJA N°:</b> 1 DE 2				
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO
								
40	250	1						Desde el área de confitería al departamento
	30	1						Solicitud de traje desechable y mascarilla
40	320	2						Desde el departamento de seguridad se tras confitería
	140	2						Colocación de trajes desechables y mascari
15	130	3						Ir al área de Almacenamiento de materiales
	70	1						Área de Almacenamiento de materiales y h limpieza.
	320	3						Seleccionar material y herramientas para la
25	255	4						Desde el área de materiales y herramientas envolvedora
3	95	5						Desde la envolvedora a la oficina del super
	60	4						Se solicita wyppall y guantes de nitrilo
3	90	6						Desde la oficina del supervisor a la bodega
	140	5						Agarrar fundas plásticas para deshechos
5	40	7						Se dirige a la envolvedora
	604	1						Esperando a técnico eléctrico
	340	6						Apagado y bloqueo de energía del equipo
	350	7						Cubrir o proteger motores, banda, motores tablero eléctrico y vibrador con fundas plás
	300	8						Desmontar las guías (llave hexagonal #5).
	360	9						Desmontar el divisor de plato (llave hexagoc boca #10).
	360	10						Desmontar los cepillos (llave hexagonal 3 y #17).
	360	11						Desmontar plato, aflojando la perilla.
	390	12						Desmontar disco de metal (llave hexagonal
	420	13						Desmontar la tolva
	312	14						Desmontar la cadena retirando el seguro co
	402	15						Colocar en un pallet todas las piezas desmo
25	345	8						Desde la envolvedora al área de producto te
	36	16						Seleccionar un Yalet
25	365	9						Desde el área de producto terminado transp envolvedora
	30	17						Introduce el Yalet en pallet y regula la altu
22	318	10						Desde envolvedora transportar pallet de pie lavado
	2040	18						Lavado de piezas de envolvedora con agua
31	686	11						Desde el área de lavado se transporta pallet envolvedora

Diagrama de análisis de procesos 5

Método actual.		Método propuesto:		DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE ENVOLVEDORA 1				
				SUJETO DEL DIAGRAMA: ENVOLVEDORA MAZINGER DE CARAMELO	FECHA: 2019-10-06			
				EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA	DIAGRAMA Nº: 002			
				DEPARTAMENTO: PRODUCCION	HECHO POR: Gabriela Bravo			
				OPERARIO: Luis Duchi	HOJA Nº: 2 DE 2			
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO
	636	19						Secado de todas las piezas de envolvedora con wypall
	660	20						Secado de todas las piezas de envolvedora con aire comprimido
	582	21						Raspar los residuos de caramelo pegados en las superficies de la máquina (espátula).
25	450	12						Desde envolvedora llevar gaveta al área de lavado
	900	22						Abre llaves de agua para llenar gaveta
	2160	23						Cerrar llave de agua
25	318	13						Desde área de lavado llevar gaveta con agua a envolvedora
	576	24						Adiciona desengrasante en gaveta de agua
	840	25						Lavar el equipo humedeciendo el wypall con agua y desengrasante
	564	26						Cepilla las superficies hasta que quede completamente limpio.
	534	27						Secar equipo con wypall
	588	28						Limpiar el área intervenida
300	402	14						Desde la envolvedora dirigirse al sitio de desechos con los residuos resultantes de la actividad
	36	29						Abrir depósito de basura y arrojar desechos
300	390	15						Desde el sitio de desechos dirigirse a la envolvedora
	138	30						Retirar fundas plásticas de partes eléctricas.
	714	31						Sopletear hasta que quede completamente seco y pasar wypall.
	522	32						Montar todas las piezas antes desarmadas (guías, disco de metal, plato apretando perilla, cepillos, divisor de plato y guarda de seguridad de cepillos.
	258	33						Recoger todos los materiales y herramientas de limpieza
	204	34						Retirar los letreros de seguridad
25	330	16						Desde la envolvedora al área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
		2						Área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
Resumen								
Operación	Nº	Distancia (m)	Tiempo(seg)					
Operación	34		16670					
Transporte	16	909	5932					
Inspección	0		0					
Demora	1		704					
Almacenamiento	2		70					
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>909</b>	<b>22602</b>					



Diagrama de análisis de procesos 6

DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE ENVOLVEDORA 2 Y 3								
Método actual:	<input type="checkbox"/>							
Método propuesto:	<input checked="" type="checkbox"/>							
SUJETO DEL DIAGRAMA: ENVOLVEDORA SCHIB 1 Y 2 DE CARAMELO			FECHA: 2019-10-06					
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA			DIAGRAMA N°: 003					
DEPARTAMENTO: PRODUCCION			HECHO POR: Gabriela Bravo					
OPERARIO: Luis Duchi			HOJA N°: 1 DE 2					
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO
			○	→	□	D	▽	
40	250	1	○	→	□	D	▽	Desde el área de confitería al departamento de seguridad.
	30	1	○	→	□	D	▽	Solicitud de traje desechable y mascarilla
40	320	2	○	→	□	D	▽	Desde el departamento de seguridad se traslada al área de confitería
	140	2	○	→	□	D	▽	Colocación de trajes desechables y mascarillas
15	130	3	○	→	□	D	▽	Ir al área de Almacenamiento de materiales y herramientas.
	70	1	○	→	□	D	▽	Área de Almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza.
	320	3	○	→	□	D	▽	Seleccionar material y herramientas para la limpieza
25	255	4	○	→	□	D	▽	Desde el área de materiales y herramientas de limpieza a la envolvedora
3	95	5	○	→	□	D	▽	Desde la envolvedora a la oficina del supervisor
	60	4	○	→	□	D	▽	Se solicita wypall y guantes de nitrilo
3	90	6	○	→	□	D	▽	Desde la oficina del supervisor a la bodega de azúcar
	140	5	○	→	□	D	▽	Agarrar fundas plásticas para desechos
5	40	7	○	→	□	D	▽	Desde la bodega de azúcar a la envolvedora
	604	1	○	→	□	D	▽	Esperando a técnico eléctrico
	340	6	○	→	□	D	▽	Apagado y bloqueo de energía del equipo (técnico eléctrico)
	276	7	○	→	□	D	▽	Cubrir o proteger motores de cepillos, banda, internos, sensor de taca y tablero eléctrico con fundas plásticas
	282	8	○	→	□	D	▽	Desmontar guías
	318	9	○	→	□	D	▽	Desmontar guardas laterales (llave allen #5)
	384	10	○	→	□	D	▽	Desmontar los cepillos (llave de boca #13).
	360	11	○	→	□	D	▽	Desmontar plato, aflojando la perilla.
	384	12	○	→	□	D	▽	Desmontar disco de metal (llave de boca #13).
	300	13	○	→	□	D	▽	Desmontar la perilla del bobinador.
	366	14	○	→	□	D	▽	Colocar en un pallet todas las piezas desmontadas
25	348	8	○	→	□	D	▽	Desde la envolvedora al área de producto terminado
	36	15	○	→	□	D	▽	Seleccionar un Yalet
25	1584	8	○	→	□	D	▽	Desde el área de producto terminado transporta Yalet a envolvedora
	30	16	○	→	□	D	▽	Introduce el Yalet en pallet y regula la altura para transporte
22	306	10	○	→	□	D	▽	Desde envolvedora transportar pallet de piezas al área de lavado
	1866	17	○	→	□	D	▽	Lavado de piezas de envolvedora con agua caliente
31	576	11	○	→	□	D	▽	Desde el área de lavado se transporta pallet con piezas a la envolvedora

Diagrama de análisis de procesos 7

DIAGRAMA DEL PROCESO DE LIMPIEZA DE ENVOLVEDORA 2 Y 3								
Método actual.								
Método propuesto: <input checked="" type="checkbox"/>								
SUJETO DEL DIAGRAMA: ENVOLVEDORA SCHIB 1 Y 2 DE CARAMELO			FECHA: 2019-10-06					
EL DIAGRAMA INICIA EN EL ÁREA DE CONFITERIA Y TERMINA EN EL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS DE LIMPIEZA			DIAGRAMA N°: 003					
DEPARTAMENTO: PRODUCCION			HECHO POR: Gabriela Bravo					
OPERARIO: Luis Duchi			HOJA N°: 2 DE 2					
Distancia (m)	Tiempo (seg)	N	SIMBOLOS DEL DIAGRAMA					DESCRIPCION DEL PROCESO
			●	➔	□	D	▽	
	510	18	●	➔	□	D	▽	Secado de todas las piezas de la envolvedora con wypall
	660	19	●	➔	□	D	▽	Secado de todas las piezas de envolvedora con aire comprimido
	582	20	●	➔	□	D	▽	Sopletear máquina hasta que quede libre de residuos de caramelo.
25	450	12	○	➔	□	D	▽	Desde envolvedora lleva gaveta al área de lavado
	900	21	●	➔	□	D	▽	Abrir llaves de agua para llenar gaveta
	2160	22	●	➔	□	D	▽	Cerrar llaves de agua
25	318	13	○	➔	□	D	▽	Desde área de lavado llevar gaveta con agua a envolvedora
	576	23	●	➔	□	D	▽	Adiciona desengrasante en gaveta de agua
	840	24	●	➔	□	D	▽	Lavar el equipo humedeciendo el wypall con agua y desengrasante
	564	25	●	➔	□	D	▽	Cepillar las mordazas, las tasas y superficies en general de la máquina hasta que quede completamente limpio.
	534	26	●	➔	□	D	▽	Raspar los residuos de caramelo pegados en las superficies de la máquina (espátula).
	588	27	●	➔	□	D	▽	Limpia el área intervenida
300	402	14	○	➔	□	D	▽	Desde la envolvedora dirijese al sitio de desechos con los residuos resultantes de la actividad
	36	28	●	➔	□	D	▽	Abrir depósito de basura y arrojar desechos
300	390	15	○	➔	□	D	▽	Desde el sitio de desechos dirijese a la envolvedora
	138	29	●	➔	□	D	▽	Retirar fundas plásticas de partes eléctricas.
	534	30	●	➔	□	D	▽	Sopletear hasta que quede completamente seco y pasar wypall.
	522	31	●	➔	□	D	▽	Montar todas las piezas antes desmontadas (perilla del bobinador, plato de metal, plato azul, apretando perilla, cepillos, divisor de plato y guarda de seguridad de cepillos.
	258	32	●	➔	□	D	▽	Recoger materiales y herramientas de limpieza
	204	33	●	➔	□	D	▽	Retirar los letreros de seguridad
24	330	16	○	➔	□	D	▽	Desde el cocinador Al área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza
		2	○	➔	□	D	▽	Área de almacenamiento de materiales y herramientas de limpieza

Resumen			
	N°	Distancia (m)	Tiempo (seg)
Operación	33		15238
Transporte	16	908	5884
Inspección	0		0
Demora	1		704
Almacenamiento	2		70
<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>908</b>	<b>21796</b>


ANEXO Q: RESULTADO DEL ERP 2019

MES	Tiempo programado	# Turno	Tiempo paros planificados	Tiempo Cambio Formato	Tiempo paradas no programado	Producción Total (Ton)	Producción no aceptada	Tiempo disponible	Tiempo operativo	Producción Teórica (Ton)	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Enero	504	42	66.50	0	40	236	9.2	438	397	308.0	90.8%	76.6%	96.1%	66.9%
Febrero	432	36	57,00	0	37	181	7.8	375	338	261.9	90.1%	69.1%	95.7%	59.6%
Marzo	504	42	66.50	0	23	155	9.6	438	415	321.2	94.7%	48.2%	93.8%	42.9%
Abril	480	40	63.33	0	16	192	9.2	417	401	310.7	96.2%	61.8%	95.2%	56.6%
Mayo	528	44	69.67	0	23	265	10.0	458	436	337.8	95.1%	78.5%	96.2%	71.8%
Junio	504	42	66.50	0	75	257	8.4	438	362	280.9	82.8%	91.5%	96.7%	73.3%
Julio	480	40	63.33	0	111	240	7.0	417	306	236.8	73.3%	100.0%	97.1%	71.2%
Agosto	528	44	69.67	0	39	271	9.7	458	419	324.9	91.5%	83.4%	96.4%	73.6%
Septiembre	528	44	69.67	0	31	322	9.9	458	427	331.1	93.2%	97.2%	96.9%	87.9%
Octubre	480	40	63.33	1.75	35	246	8.8	417	380	294.4	91.2%	83.6%	96.4%	73.5%
Noviembre	480	40	63.33	1.75	33	235	8.8	417	382	296.1	91.7%	79.4%	96.3%	70.0%
Diciembre	432	36	57,00	1.75	21	209	8.1	375	352	273.1	94.0%	76.7%	96.1%	69.3%
ERP General	5880		775.83	5.25	484	2810	106.41	5104	4615.3	3576.8	90.4%	78.6%	96.2%	68.3%

## ANEXO R: PLAN DE ACCIONES

ESTRATEGIAS DE MEJORA								Fecha última actualización:	17/04/2019
Plan de Acción								Fecha de la próxima reunión:	18/04/2019
Participantes: Analista de AMFE, coordinador y planificador de mantenimiento									
#	Equipo	Modo de falla	Causa de la Falla	Asunto	Acción	Como	Responsable	Status	
1	Envolvedora	Remordedura de envoltura en mordazas	Solidificación de suciedad	Limpieza	Limpieza periódica de mordazas	Capacitación metodología 5S "	Coordinador	Completado	
2	Cocinator	Rotura de chumaceras de banda	Falta de lubricación	Lubricación	Plan preventivo y aplicación de las 5C	Capacitación sobre Mantenimiento autónomo	Planificador de Mantenimiento	Completado	
3	Envolvedora	Caida de arropador	Falta de ajuste de pernos	Reajuste	Implementar revisión y reajuste de pernos antes de los arranques, utilizar organizadores de pernos en las limpiezas, identificación de pernos con colores.	Capacitación sobre Mantenimiento autónomo y las 5'S	Gabriela Bravo	Completado	
4	Cocinator	Engranajes de bomba de jarabe trabados	Solidificación de caramelo en engranes	Checklist	Realizar inspecciones durante la limpieza, establecer criterios de inspección.	Capacitación sobre Mantenimiento autónomo	Coordinador	Completado	
5	Envolvedora	Desgaste de eslabones y rodillos de cadena de transmisión de 4 hileras	Acumulación de agentes corrosivos(caramelo, agua, vapor)	Mejora	Hermetizar guarda de protección de cadena para evitar la contaminación	rediseñando el sistema de protección de la cadena	Gabriela Bravo	Completado	
6	Envolvedora	Desgaste y rotura de rodamientos de tornillo sin fin de mixer	Contaminación con caramelo, falta de lubricación no existe control en su vida útil	Mejora	Hermetizar guarda de protección de cadena para evitar la alta contaminación con masa de caramelo.	rediseñando el sistema de protección de rodamiento.	Gabriela Bravo	Completado	
7	Envolvedora	Vibraciones en el soporte del mixer	Pernos desajustados	Plan preventivo autónomo	Implementar revisión y reajuste de pernos antes de los arranques, utilizar organizadores de pernos en las limpiezas, identificación de pernos con colores.	Reajuste de puntos específicos que presentan problemas repetitivos.	Gabriela Bravo	Completado	
8	Envolvedora	Descalibración de mordazas	Posición incorrecta del papel Rodamientos remordidos por suciedad	Limpieza	Limpieza periódica de mordazas	Capacitación 5'S, formato de checklist de limpieza	Gabriela Bravo	Completado	
9	Envolvedora	Sellado de envoltura defectuosa	Baja presión en el resorte por ajuste	Reajuste	Implementar una frecuencia de revisión y reapriete de pernos flojos de ajuste de resorte.	Creando un plan preventivo de actividades de mto autónomo	Gabriela Bravo	Completado	
10	Envolvedora	Temperatura de mordazas fuera de rango de trabajo	Suciedad acumulada en las escobillas de los colectores	Eliminar limpieza de colectores	Eliminar paradas frecuentes por suciedad de colectores.	Implementación de colectores con sellado hermético, también conocidos como trompos.	Gabriela Bravo	Completado	
11	Envolvedora	Rotura de cadena de transporte de caramelo	Desgaste de los pasadores e impacto en los rodillos al engranar	Plan preventivo autónomo	Crear plan preventivo de cadenas. Estandarizar lubricante	Incluyendo inspección y lubricación de cadenas de transporte de caramelo de mantenimiento preventivo	Gabriela Bravo	Completado	
12	Envolvedora	Sello longitudinal defectuoso en los rodillos de arrastre de papel	Suciedad acumulada en los colectores	Eliminar limpieza de colectores	Eliminar paradas frecuentes por suciedad de colectores.	Implementación de colectores con sellado hermético, también conocidos como trompos.	Gabriela Bravo	Completado	
13	Envolvedora	Cortocircuito en resistencias	Contaminación con agua y lubricante	Limpieza	Controlar limpieza y lubricación correcta en el equipo	Colocando identificación del tipo de limpieza que se debe realizar en cada equipo (limpieza húmeda, semihúmeda, en seco, etc) y procedimiento de lubricación en el equipo. Capacitando al operador sobre los procedimientos correctos.	Gabriela Bravo	Completado	
14	Envolvedora	Termocoplas no detectan temperatura	Solidificación de materia prima en los sensores	Limpieza	Implementar limpieza periódica en los equipos, verificar mediante checklist	mediante formato o checklist de limpieza el operador verificará todos los elementos que periódicamente presentan fallos por acumulación de cisco.	Gabriela Bravo	Completado	
15	Envolvedora	Trabamiento de plato de alimentación	Acumulación de cisco de caramelo	Limpieza	Implementar limpieza periódica en los equipos, verificar mediante checklist	mediante formato o checklist de limpieza el operador verificará todos los elementos que periódicamente presentan fallos por acumulación de cisco.	Gabriela Bravo	Completado	

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019

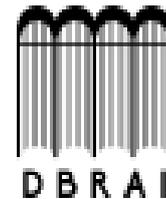
ANEXO S: CALCULO ACTUAL DE LA EFICIENCIA REAL DE LA PRODUCCIÓN (ERP), AÑO 2018

MES	Tiempo programado	# Turno	Tiempo paros planificados	Tiempo Cambio Formato	Tiempo paradas no programado	Producción Total (Ton)	Producción no aceptada	Tiempo disponible	Tiempo operativo	Producción Teórica (Ton)	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Enero	528	44	80.67	0	259	314.4	17.47	447	189	146.1	42.1%	100.0%	94.4%	39.8%
Febrero	432	36	66.00	0	82	181	26.27	366	284	219.8	77.5%	82.3%	85.5%	54.5%
Marzo	528	44	80.67	0	51	136.5	36.71	447	396	307.1	88.6%	44.4%	73.1%	28.8%
Abril	504	42	77.00	0	35	102.5	36.30	427	392	303.7	91.8%	33.7%	64.6%	20.0%
Mayo	552	46	84.33	0	0	0	0.00	468	468	362.4	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Junio	504	42	77.00	0	167	118	24.10	427	260	201.6	60.9%	58.5%	79.6%	28.4%
Julio	528	44	80.67	0	247	129	18.56	447	200	155.3	44.8%	83.1%	85.6%	31.9%
Agosto	528	44	80.67	0	0	0	0.00	447	447	346.7	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Septiembre	528	44	80.67	0	69	177	35.05	447	378	293.2	84.6%	60.4%	80.2%	40.9%
Octubre	528	44	80.67	1.75	78	209	34.05	446	368	284.9	82.5%	73.4%	83.7%	50.7%
Noviembre	528	44	80.67	1.75	40	246	37.57	446	406	314.3	91.0%	78.3%	84.7%	60.4%
Diciembre	432	36	66.00	1.75	46	213	29.45	364	318	246.4	87.3%	86.4%	86.2%	65.0%
ERP General	6120		935	5.25	1075	1826.4	295.52	5179.8	4105.2	3181.6	79.3%	57.4%	83.8%	38.1%

Realizado por: Bravo, Gabriela, 2019



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS  
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS  
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 23 / 03 / 2021

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres - Apellidos:** Gabriela Dalcisy Bravo Medina

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** Mecánica

**Carrera:** Ingeniería Industrial

**Título a optar:** Ingeniería Industrial

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. CPA. Jonathan Rodrigo Parraño Uquillas, MBA.



firmado electrónicamente por:  
JONATHAN RODRIGO  
PARRAÑO UQUILLAS



23-03-2021

0692-DBRAI-UPT-2021