



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

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

Josué Eduardo Quezada Palacios

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes

Guatemala, octubre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE
PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSUÉ EDUARDO QUEZADA PALACIOS

ASESORADO POR EL ING. EDWIN JOSUÉ IXPATÁ REYES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. José Francisco Gómez Rivera
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Alvarado de León
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de enero de 2015.

Josué Eduardo Quezada Palacios

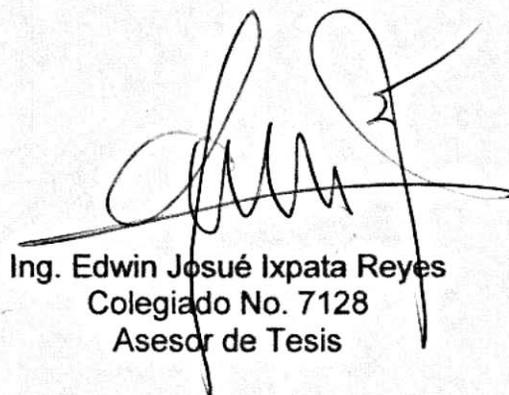
Guatemala 12 Octubre del 2015

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Mecánica Industrial
USAC

Ingeniero Urquizú:

Por este medio hago constar que revisé y aprobé el trabajo de graduación presentado por el alumno Josué Eduardo Quezada Palacios de la carrera de ingeniería mecánica industrial, en la escuela a su digno cargo, con carné 2011-14542 , tema: ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS.

Atentamente,



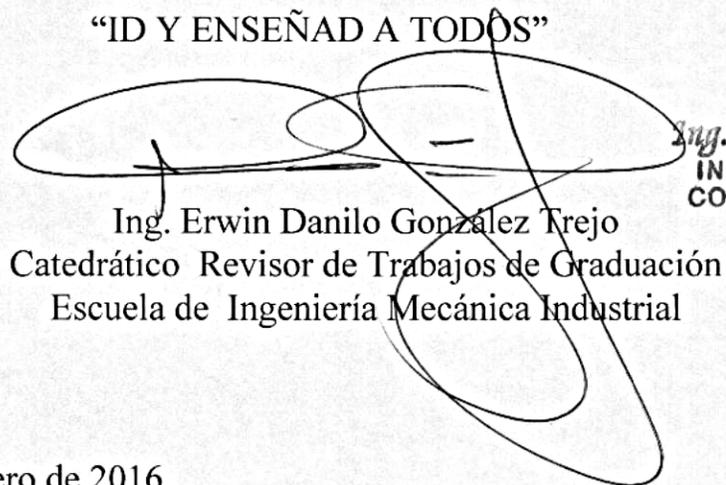
Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
Colegiado No. 7128
Asesor de Tesis

Edwin Josué Ixpata Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7128



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Josué Eduardo Quezada Palacios**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO 6182

Guatemala, febrero de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.192.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario **Josué Eduardo Quezada Palacios**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2016.



/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

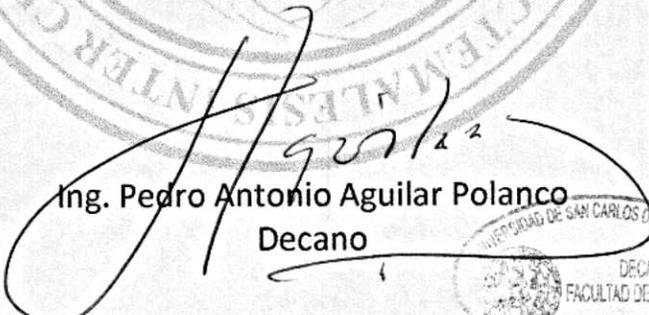


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 515.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE RENDIMIENTO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE BEBIDAS CARBONATADAS**, presentado por el estudiante universitario: **Josué Eduardo Quezada Palacios**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, octubre de 2016

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la sabiduría para cumplir mis metas.
Mis padres	Josué Quezada y Olga Palacios de Quezada, por su apoyo y enseñanza que me han brindado
Mis tíos	Rito, Antonia, Isabel y Jacinta Quezada, por su apoyo incondicional y consejos.
Mis hermanos	Astrid y Diego Quezada Palacios, por alentarme a dar lo mejor de mí.
Mi familia	Por darme sus sabios consejos siempre.
Mis primos	Emmanuel, Lesly, Lilian y Efraín Quezada, por su apoyo y compañía.
Mis amigos	Mynor Rivas, Ángel Illescas y José Canel, por los grandes momentos vividos.
Mis catedráticos	Por sus enseñanzas y consejos.
Mi asesor	Por su confianza e impulso a este objetivo.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de tener una profesión y superarme como persona.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme los conocimientos y valores para formarme como un profesional de la ingeniería.
Mis amigos de la Facultad	Por los grandes momentos vividos Luis Morales, Álvaro Martínez, Rubén Larios, Moris Pineda, Pablo Sagastume, Kevin Morales, Daniel Charles, Marco Valenzuela y Hardye Milián.
Edwin Josué Ixpatá Reyes	Por su apoyo y consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS	XVII
GLOSARIO	XIX
RESUMEN.....	XXIII
OBJETIVOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXVII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Bebidas carbonatadas	1
1.1.1. Historia	1
1.2. Producto	2
1.3. Descripción del proceso	3
1.3.1. Proceso	3
1.3.2. Proceso de jarabe.....	5
1.3.2.1. Proceso llenado	6
1.3.2.1.1. Botellas retornables.....	7
1.4. Diagramas de proceso.....	8
1.4.1. Diagrama de proceso	8
1.4.1.1. Diagrama de operaciones.....	10
1.4.2. Diagrama de recorrido	11
1.5. Distribución de la planta	12
1.6. Estructura general de la empresa.....	14
1.6.1. Estructura Departamento de Producción	14
1.6.2. Estructura Departamento de Mantenimiento	15
1.7. Recursos	16

1.7.1.	Materias primas.....	16
1.7.2.	Insumos.....	17
1.7.2.1.	Electricidad.....	17
1.7.2.2.	Mano de obra	18
1.7.2.3.	Búnker.....	18
1.7.2.4.	Otros insumos	18
1.7.2.4.1.	Cajas.....	18
1.7.2.4.2.	Cartón	18
1.7.2.4.3.	Fleje	19
1.7.2.4.4.	Tarimas	19
1.7.2.4.5.	Lubricantes.....	19
1.8.	Maquinaria y equipo.....	19
1.8.1.	Sala de envasados.....	19
1.8.2.	Sala de jarabe	20
1.8.3.	Equipos auxiliares	21
1.8.3.1.	Central de frío.....	21
1.8.3.2.	Vapor.....	21
1.8.3.3.	Soda.....	22
1.8.3.4.	Aire comprimido	22
1.8.3.5.	Otros	23
1.8.3.5.1.	Subestaciones.....	23
1.8.3.5.2.	Transporte.....	23
2.	MARCO TEÓRICO	25
2.1.	Rendimiento	25
2.1.1.	Indicador.....	25
2.1.2.	Significado de desempeño	25
2.1.2.1.	Por qué medir.....	26
2.1.3.	Índice.....	26

2.2.	Productividad.....	27
2.2.1.	Criterios para analizar la productividad.....	28
2.2.2.	Productividad de las instalaciones, de la maquinaria, del equipo y de la mano de obra.....	29
2.3.	Diagramas de proceso.....	32
2.3.1.	Diagramas de operaciones del proceso	33
2.3.2.	Diagrama de recorrido	36
2.3.3.	Diagrama de flujo de proceso	37
2.4.	Control estadístico	37
2.4.1.	Plantillas de recogida de información	38
2.4.2.	Histogramas.....	38
2.4.3.	Diagrama de Pareto.....	39
2.4.4.	Diagrama causa-efecto.....	40
2.4.5.	Diagramas de control.....	40
2.4.6.	Estratificación	41
2.5.	Eficacia y eficiencia	42
2.6.	Paros de producción.....	43
2.6.1.	Tiempo muerto.....	43
2.7.	Costos	45
2.8.	Balance de líneas	46
2.8.1.	Métodos de balanceo de líneas	47
2.8.2.	El método típico	48
2.8.3.	Método heurístico	48
2.8.4.	Método de peso posicional	49
2.9.	Medición del tiempo.....	49
2.9.1.	Tipos de cronómetros	50
2.9.1.1.	Método de lectura con retroceso a cero.....	50
2.9.2.	Tablas de Westinghouse	51

2.9.2.1.	Método de calificación.....	51
2.9.2.2.	Calificación objetiva.....	52
2.9.2.3.	Suplementos del estudio de tiempos....	52
2.9.2.4.	Suplementos por retrasos por fatiga	53
2.9.3.	Tiempo normal	54
2.9.4.	Tiempo estándar	54
2.10.	Sistema SME	54
3.	ANÁLISIS DE RENDIMIENTO.....	57
3.1.	Productividad	57
3.1.1.	Capacidad de producción.....	58
3.1.2.	Velocidades de las máquinas línea de envasado....	59
3.2.	Eficiencia.....	60
3.3.	Eficiencia Global OEE	61
3.3.1.	Rendimiento	61
3.3.1.1.	Porcentaje de rendimiento.....	63
3.3.1.2.	Porcentajes de tiempo.....	64
3.3.1.3.	Cálculo eficiencia de rendimiento.....	64
3.3.1.4.	Resultados rendimiento.....	65
3.3.2.	Calidad	66
3.3.2.1.	Rechazo en proceso	66
3.3.2.2.	Rechazo en inspección final.....	67
3.3.2.3.	Indicador de calidad	67
3.3.2.4.	Resultados calidad	68
3.3.3.	Disponibilidad.....	69
3.3.3.1.	Rendimiento información recolectada ..	70
3.3.3.2.	Rendimiento información reportes.....	70
3.4.	Resultado de eficiencia general	72
3.4.1.	Cálculo de eficiencia global	72

3.4.2.	Eficiencia por cajas producidas producción	73
3.5.	Comparaciones resultados de eficiencia por cajas y eficiencia global	73
4.	PAROS DE PRODUCCIÓN	75
4.1.	Causas de los paros de producción	75
4.1.1.	Paros programados	76
4.1.1.1.	Cambio de mecanismos	76
4.1.1.2.	Mantenimiento preventivo	77
4.1.1.3.	Cambio de turno	78
4.1.1.4.	Otros	78
4.2.	Paros no programados	78
4.2.1.	Falla operativa	78
4.2.2.	Falla mecánica	79
4.3.	Estudio de paros de producción	79
4.3.1.	Obtención de datos	80
4.4.	Resultados paros de producción	81
4.4.1.	Indicadores	81
4.4.2.	Paros de producción	81
4.4.2.1.	Estudio recolección de información propia	82
4.5.	Resultados	84
4.5.1.	Productividad	93
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
5.1.	Proceso general	95
5.1.1.	Departamento de Producción	95
5.1.2.	Departamento de Mantenimiento	95
5.1.3.	Departamento de Operaciones	95

5.1.4.	Departamento de Finanzas	95
5.1.5.	Departamento de Mercadeo.....	96
5.1.6.	Departamento de Eventos Especiales	96
5.1.7.	Departamento de Taller Automotriz.....	96
5.1.8.	Departamento de Recursos Humanos	96
5.1.9.	Proceso de envasado.....	96
5.2.	Capacidad de producción.....	99
5.3.	Rendimiento	100
5.3.1.	Productividad.....	100
5.4.	Resultados estudio realizado	102
5.5.	Eficiencia global	105
5.5.1.	Eficiencia global	106
5.5.2.	Comparación de resultados estudio realizado.....	110
5.6.	Rendimiento maquinaria	111
5.6.1.	Proporcionado por la empresa	116
5.7.	Calidad.....	119
5.8.	Disponibilidad.....	124
5.9.	Paros de producción	130
5.9.1.	Resultados paros llenadora.....	141
5.10.	Resultados general de rendimiento.....	145
6.	ESTRATEGIA PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO	147
6.1.	Resultados esperados de la metodología	148
6.1.1.	Causas a eliminar o reducir para aumentar el rendimiento de la línea de producción.....	148
6.2.	Capacitar personal	149
6.2.1.	Crear una cultura que involucre a todo el personal en el mantenimiento	150
6.2.2.	Capacitación constante de personal	152

	6.2.2.1.	Compromiso y responsabilidad de los operarios	152
6.2.3.		Control de los cambios	152
	6.2.3.1.	Paros programados	153
	6.2.3.2.	Paros no programados	153
6.2.4.		Diseño de estrategias para reducir los tiempos de paro	153
6.2.5.		Planificar la mejora	155
	6.2.5.1.	Cómo poner en marcha	155
	6.2.5.2.	Cómo se debe corregir	157
6.3.		Control estadístico	157
	6.3.1.	Maquinaria	158
	6.3.1.1.	Rendimiento.....	158
	6.3.1.2.	Paros de producción.....	158
	6.3.1.3.	Calidad	158
	6.3.2.	Operativa	158
	6.3.2.1.	Paros de programados	159
	6.3.2.2.	Paros de producción por falla operativa.....	159
	6.3.2.3.	Calidad	159
	6.3.3.	Proceso estadístico	160
	6.3.3.1.	Obtención de datos.....	160
		6.3.3.1.1. Rendimiento	160
		6.3.3.1.2. Calidad	162
		6.3.3.1.3. Disponibilidad	162
	6.3.3.2.	Registro y análisis.....	165
	6.3.3.3.	Resultados estadísticos a presentar..	166
		6.3.3.3.1. Herramientas estadísticas.....	166

6.4.	Rediseño de maquinas.....	166
6.5.	Mantenimiento.....	167
6.5.1.	Estado de la maquinaria encontrado	167
6.5.2.	Control de mantenimiento	168
6.5.2.1.	Maquinaria crítica	168
6.5.2.2.	Maquinaria crítica del proceso.....	169
6.5.3.	Mantenimiento Productivo Total (TPM)	171
6.5.4.	Objetivos del TPM.....	174
6.5.4.1.	Beneficios del TPM	174
6.5.4.2.	Procesos fundamentales TPM	176
6.5.4.3.	Mejoras enfocadas o <i>kobetsu kaisen</i> .	176
6.5.4.4.	Mantenimiento planificado o progresivo.....	179
6.5.4.5.	Mantenimiento de calidad o hinshitsu hozen.....	179
6.5.4.6.	Prevención del mantenimiento	180
6.5.4.7.	Mantenimiento en áreas administrativas	181
6.5.4.8.	Las 5S, Una filosofía esencial	182
6.5.4.9.	La efectividad global de los equipos (EGE)	185
6.5.4.10.	Las seis grandes pérdidas.....	186
6.5.4.11.	Impedir el deterioro acelerado.....	188
6.5.4.12.	Mantenimiento de condiciones básicas del equipo.....	188
6.5.4.13.	Adherirse a las condiciones correctas de operación.....	189
6.5.4.14.	Mejorar la calidad del mantenimiento.	189
6.5.4.15.	Corregir debilidades de diseño.....	190

6.5.4.16.	Aprender lo máximo posible de cada avería.....	190
6.5.4.17.	Pérdidas por preparación y ajuste	191
CONCLUSIONES		193
RECOMENDACIONES.....		195
BIBLIOGRAFÍA.....		197
APÉNDICES		199

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Diagrama de proceso general	4
2. Diagrama proceso de jarabe	6
3. Diagrama de proceso de embotellado.....	8
4. Diagrama de proceso	9
5. Diagrama de operaciones	10
6. Diagrama de recorrido.....	11
7. Plano de planta	12
8. Plano de equipos línea de producción	13
9. Estructura organizacional.....	14
10. Organigrama Departamento de Producción.....	15
11. Organigrama Departamento de Mantenimiento	16
12. Tiempo de en fabricación	30
13. Tiempos de operación.....	30
14. Encabezado de diagrama	33
15. Figuras diagramas.....	34
16. Ejemplo de diagrama de operaciones.....	35
17. Ejemplo de diagrama de recorrido	36
18. Velocidades línea de producción	60
19. Diagrama cálculo de eficiencia global	61
20. Diagrama de causas de paros de producción.....	75
21. Velocidades maquinaria	99
22. Capacidad de producción según producto	100
23. Historial de productividad	101

24.	Resultados estadísticos productividad.....	102
25.	Comparación de resultados de productividad.....	103
26.	Estadísticas productividad por turno.....	104
27.	Historial de eficiencia cajas producidas.....	105
28.	Resultados eficiencias.....	107
29.	Resultados eficiencia global.....	108
30.	Comportamiento eficiencia global.....	109
31.	Comportamiento de eficiencia (02/01/2015-06/02/2015).....	110
32.	Estadísticas de eficiencias.....	111
33.	Gráfico de historial de rendimiento maquinaria.....	112
34.	Comparación velocidades de producción.....	113
35.	Estadísticas velocidades.....	114
36.	Gráfico comparativo de velocidades de producción.....	115
37.	Tiempos de velocidad de producción.....	116
38.	Rendimiento por turno.....	117
39.	Rendimiento por producto.....	118
40.	Comportamiento eficiencia calidad.....	120
41.	Resultados estadísticos eficiencia calidad.....	121
42.	Calidad por turno.....	122
43.	Calidad por producto.....	123
44.	Causa de rechazo de producto.....	124
45.	Eficiencia disponibilidad.....	125
46.	Comportamiento eficiencia disponibilidad.....	126
47.	Resultados disponibilidad.....	127
48.	Resultados disponibilidad por turno.....	128
49.	Resultados disponibilidad por producto.....	129
50.	Comportamiento de tiempo de paro de producción.....	130
51.	Resultados de paros de producción por turno.....	131
52.	Resultados por producto.....	132

53.	Resultados por tipo de paro	133
54.	Gráficos paros de producción programados	134
55.	Gráficos paros no programados.....	135
56.	Resultados paros de producción (falla maquinaria)	136
57.	Resultados paros de producción (falla operativa)	137
58.	Resultado final paros de producción (falla operativa)	138
59.	Paros de producción sala de envasado (falla maquinaria).....	139
60.	Resultados paros de producción falla maquinaria.....	140
61.	Paros de producción sala de envasado (falla operativa).....	140
62.	Resultados paros de producción falla operativa.....	141
63.	Historial de paros llenadora.....	142
64.	Paros por turno y producto llenadora	142
65.	Pareto causa de paros llenadora	143
66.	Gráficos por tipo falla	144
67.	Resultados generales de rendimiento	145
68.	Causas principales del bajo rendimiento.....	146
69.	Proceso estadístico	160
70.	Plantilla de recolección por maquina.....	163
71.	Plantilla de recolección supervisor	163
72.	Clasificación de las causas de paros de producción.....	164
73.	Plantilla de recolección jefe de línea	165
74.	Fallas por maquinaria.....	169
75.	Mantenimiento autónomo o <i>jishu hozen</i>	177

TABLAS

I.	Sala de envasado	20
II.	Sala de jarabe	20
III.	Central de frío	21

IV.	Comparación eficiencia y eficacia.....	42
V.	Causas de la baja eficiencia	43
VI.	Productividad	57
VII.	Consumo de tiempo por caja	58
VIII.	Velocidades máquinas (botellas/minuto)	58
IX.	Velocidad llenadora	59
X.	Velocidades llenadora por producto	62
XI.	Tiempos de estudio.....	63
XII.	Turnos de estudio	63
XIII.	Promedio de velocidades.....	63
XIV.	Porcentaje de rendimiento	64
XV.	Porcentajes de tiempo trabajados a distintas velocidades.....	64
XVI.	Comportamiento de rendimiento por día.....	65
XVII.	Promedio de rendimiento por turno.....	65
XVIII.	Promedio de rendimiento por producto.....	66
XIX.	Indicadores de estudio de calidad	68
XX.	Resultados de eficiencia de calidad.....	68
XXI.	Comportamiento de calidad por día	68
XXII.	Tabla calidad por turno	69
XXIII.	Tabla causa de rechazo de producto.....	69
XXIV.	Jornadas de trabajo	69
XXV.	Estudio de disponibilidad	71
XXVI.	Resultados de estudio	71
XXVII.	Tiempo de paro (minutos).....	71
XXVIII.	Porcentajes disponibilidad	71
XXIX.	Diferencia de eficiencia disponibilidad	72
XXX.	Datos de cajas producidas.....	73
XXXI.	Comparación resultados de eficiencias	74
XXXII.	Saneamiento en cambios de presentación	76

XXXIII.	Simbología para saneamientos.....	77
XXXIV.	Duración para los tipos de saneamiento	77
XXXV.	Indicadores de tiempo de paro.....	81
XXXVI.	Asignación de paros de producción	82
XXXVII.	Formato de recolección de información propia	83
XXXVIII.	Formato de reportes de producción	84
XXXIX.	Resultados por turno	85
XL.	Resultados por producto	85
XLI.	Resultados por tipo de paro	86
XLII.	Resultados paro no programados	87
XLIII.	Resultados paros programados	87
XLIV.	Resultados paro por falla operativa y maquinaria	88
XLV.	Paros no programados, falla operativa o maquinaria	89
XLVI.	Paros de producción falla maquinaria	90
XLVII.	Estadísticas paros por falla operativa y maquinaria	91
XLVIII.	Valores mínimos registrados maquinaria y operativa.....	92
XLIX.	Resultados productividad	93
L.	Proceso de estrategias para mejoramiento del rendimiento	147
LI.	Plantilla de recolección de datos rendimiento	161
LII.	Plantilla de recolección de datos calidad.....	162
LIII.	Sistema de producción Toyota y TPM.....	173

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
∇	Bodega
σ	Desviación estándar
/	División
H.H.	Horas hombre
□	Inspección
Lt	Litro
>	Mayor que
<	Menor que
mL	Mililitro
*	Multiplicación
O	Operación
Δ	Porcentaje

GLOSARIO

Ajustes	Cambios adicionales que se hacen a un equipo para su buen funcionamiento. Estas muchas veces son hechos por operadores con experiencia.
Banda transporte	Es una banda de plástico, metal o hule utilizada para transportar el producto en sus distintas etapas de producción. Estas bandas llevan un lado de tracción y una de cola, la transmisión de movimiento puede ser por cadenas o por fajas de transmisión y poleas.
Costo-beneficio	Es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto.
Desechos	Son aquellos materiales, sustancias, objetos, cosas, entre otros. Estos se necesita eliminar porque ya no ostenta utilidad.
Eficacia	Producir justo en el tiempo establecido y con la calidad requerida.
Eficiencia	Relación entre la producción real y la producción estándar.

Estándares	El documento aprobado por consenso por un organismo reconocido, que proporciona reglas, pautas y características para uso común. Esto con el objeto de obtener un óptimo nivel de resultados en un contexto dado.
Hombre-máquina	Método descriptivo de la ingeniería industrial para el estudio de la relación existente entre el hombre y la máquina para procesos semiautomatizados y mejorar la productividad.
Inocuidad	Concepto que implica que los alimentos no causarán daño al consumidor final.
Lubricación	Operación que tiene por objeto anular o disminuir la resistencia de vida al rozamiento que aparece en el movimiento entre dos superficies en contacto
Mantenimiento	Es la serie de trabajos que hay que ejecutar en determinado equipo, planta o método. Esto a fin de conservarlo para lo que fue diseñado.
Maquinaria	Conjunto de piezas que componen un mecanismo y que sirven para poner en funcionamiento un aparato.
<i>Pallets</i>	Es una bandeja de carga que soporta los embalajes y los constituye en una unidad de carga.

Outsourcing

Esta modalidad se refiere a la contratación de personal mediante una empresa externa, es decir, la empresa deja la responsabilidad contractual del empleado a una tercera.

RGE

Rendimiento Global de Equipos.

TPM

Mantenimiento Productivo Total.

5 S

Representan acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro donde trabajar.

RESUMEN

Para realizar el estudio de rendimiento, de una línea de producción de bebidas carbonatadas, se realizó el estudio general del proceso. Esto considerando situaciones de entorno de la organización, características del proceso, variables involucradas en los procesos, y las áreas más influyentes dentro del proceso productivo. Luego se determinaron los indicadores del grado de rendimiento de la línea de producción de la mejor forma. Para lo cual se utilizó el indicador de eficiencia general Overall Equipment Efficiency (OEE) que tiene como base de estudio tres pilares. Estos son disponibilidad, calidad y rendimiento maquinaria.

Para determinar los indicadores de los tres pilares de eficiencia se procedió a recolectar información. Esta se obtuvo mediante recopilación propia y otra parte fue suministrada por la empresa. Luego se analizaron los datos obtenidos mediante la herramienta Excel, para obtener resultados estadísticos, que ayuden a describir los resultados de manera detallada y clara. En ella se realiza un estudio de lo general a un objetivo en particular, se analizan los tiempos de paro de dos líneas de producción de características similares, para generar índices que apoyen a la mejor toma decisiones para mejorar la productividad.

Luego se realizó una discusión de los resultados para describir las causas y efectos de los resultados obtenidos, para luego analizar escenarios de riesgo por los motivos de paro asociados a sus costos respectivos. Por último se plantean estrategias para educación de tiempos de paro en un proceso,

enfocadas en la mejora de la productividad del proceso y del desarrollo de una cultura de mejora continua.

OBJETIVOS

General

Analizar el rendimiento de una línea producción de bebidas carbonatadas.

Específicos

1. Estudiar la línea de producción de bebidas carbonatadas, para conocer proceso y los recursos con los que se cuentan.
2. Determinar la productividad de la línea de producción, para conocer el porcentaje de la capacidad efectiva alcanzada.
3. Identificar las causas de los paros de producción, para conocer y cuantificar sus efectos en el rendimiento.
4. Evaluar el rendimiento para los diferentes turnos de producción.
5. Determinar los efectos de un bajo rendimiento en el costo de producción.
6. Identificar las variaciones de rendimiento, debido a la producción de diferentes sabores y presentaciones de producto.
7. Diseñar estrategias para mejorar el rendimiento de la línea de producción.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo está orientado al análisis de la situación actual de rendimiento de una línea de producción, bebidas carbonatadas. Esta produce cinco tipos de sabores en tres diferentes presentaciones, el propósito del estudio es generar una propuesta de un sistema de control y evaluación del desempeño de producción. Se considera que los resultados del estudio servirán al Departamento de Producción y Mantenimiento a tomar mejores decisiones para optimización y planificación de la producción.

El rendimiento permite evaluar la relación entre los resultados obtenidos y los recursos empleados para alcanzar los objetivos. Esto permite determinar el funcionamiento del proceso de producción y su tendencia lo cual es un indicador vital para que el Departamento de Producción tome decisiones. El proceso de producción de bebidas carbonatas se divide en tres procesos importantes los cuales son, el tratamiento de agua, jarabe y envasado. Cada proceso está compuesto por una serie de operaciones ordenadas que se realizan a través de máquinas y personal. Para evaluar el rendimiento total de la línea, se observan tres aspectos importantes los cuales son el desempeño de la maquinaria, calidad y disponibilidad.

Al conocer los resultados detallados y las causas de estos se puede crear una estrategia. Esta debe permitir tomar acciones eficaces para el incremento del desempeño de los recursos y llevar a la empresa a mejores utilidades.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Bebidas carbonatadas

La gaseosa (también llamada refresco, bebida carbonatada, soda o cola, dependiendo del país) es una bebida saborizada, efervescente (carbonatada) y sin alcohol. Estas bebidas suelen consumirse frías, para ser más refrescantes y para evitar la pérdida de dióxido de carbono, que le otorga la efervescencia. Se ofrecen diversos sabores de gaseosas, como cola, naranja, lima limón, uva, cereza y ponche.

1.1.1. Historia

Uno de los primeros en iniciar con las bebidas carbonadas fue el químico Jean Baptista van Helmont a finales del siglo XV. Fue el primero en emplear el término gas para nombrar a las aguas naturales con dióxido de carbono. Luego el francés Gabriel Ven lo denominó como un líquido burbujeante agua aireada.

En todo el siglo XVIII, muchos investigadores siguieron con el estudio del origen de las efervescencias. Entre los científicos que destacan en los estudios en este siglo son Henry Cavendish y Joseph Priestley. Lo que paso con el nuevo producto fue un fracaso comercial, pero luego esta bebida empezó a ser prescrita como agua medicinal lo que le dio un mayor impulso, se preparaban las aguas carbónicas para tratar a los pacientes que sufrían de dolores estomacales. Luego nace la idea que agregar un químico, para mejorar su sabor, por lo que se tuvo la mejora de disolver un edulcorante en la nueva

mezcla, con el sabor que se obtuvo se logró una mejor aceptación del mercado por adquirir un mejor sabor.

En el transcurso de los años el desarrollo de estas bebidas estuvo dado por muchas farmaceutas que comenzaron a agregar nuevos sabores a la mezcla. Esto para obtener una ventaja al tener una gran variedad, y así nacieron grandes marcas como Dr. Pepper. Esta fue creada en 1885 es una gaseosa que tuvo un gran éxito y todavía se puede encontrar en el mercado de los Estados Unidos.

La bebida Coca Cola surge a finales del siglo XIX. Esta es una mezcla de nuez de kola, hoja de coca y una serie de ingredientes que hasta el momento permanecen como uno de los secretos mejor guardados del mundo. Esta bebida desde su inicios es la bebida más popular del mundo que ha tenido una gran aceptación y es una de las vendidas en el mundo actual.

1.2. Producto

La industria de las bebidas se compone de dos categorías principales y ocho subgrupos. Las bebidas suaves son definidas la fabricación de jarabes de bebidas refrescantes; el embotellado y enlatado de agua y bebidas refrescantes, el embotellado, enlatado y envasado en cajas de zumos de frutas. La industria del café y la industria del té también forma parte de esta categoría. Esto puede ser aplicado a una amplia variedad de bebidas, aunque las más consumidas son las bebidas gaseosas. Los ingredientes naturales o artificiales se utilizan para darle un sabor específico a cada bebida.

El proceso de llenado es fácil de realizar, y este proceso cambia según el tipo de envase que se utilice. Sin embargo, los procesos e ingredientes pueden variar según las compañías, pero al final el producto sigue siendo lo mismo.

1.3. Descripción del proceso

La descripción de un proceso de producción es un sistema de acciones que se encuentran interrelacionadas de forma dinámica y que se orientan a la transformación de ciertos elementos. De esta manera, los elementos de entrada (conocidos como factores) pasan a ser elementos de salida (productos), tras un proceso en el que se incrementa su valor.

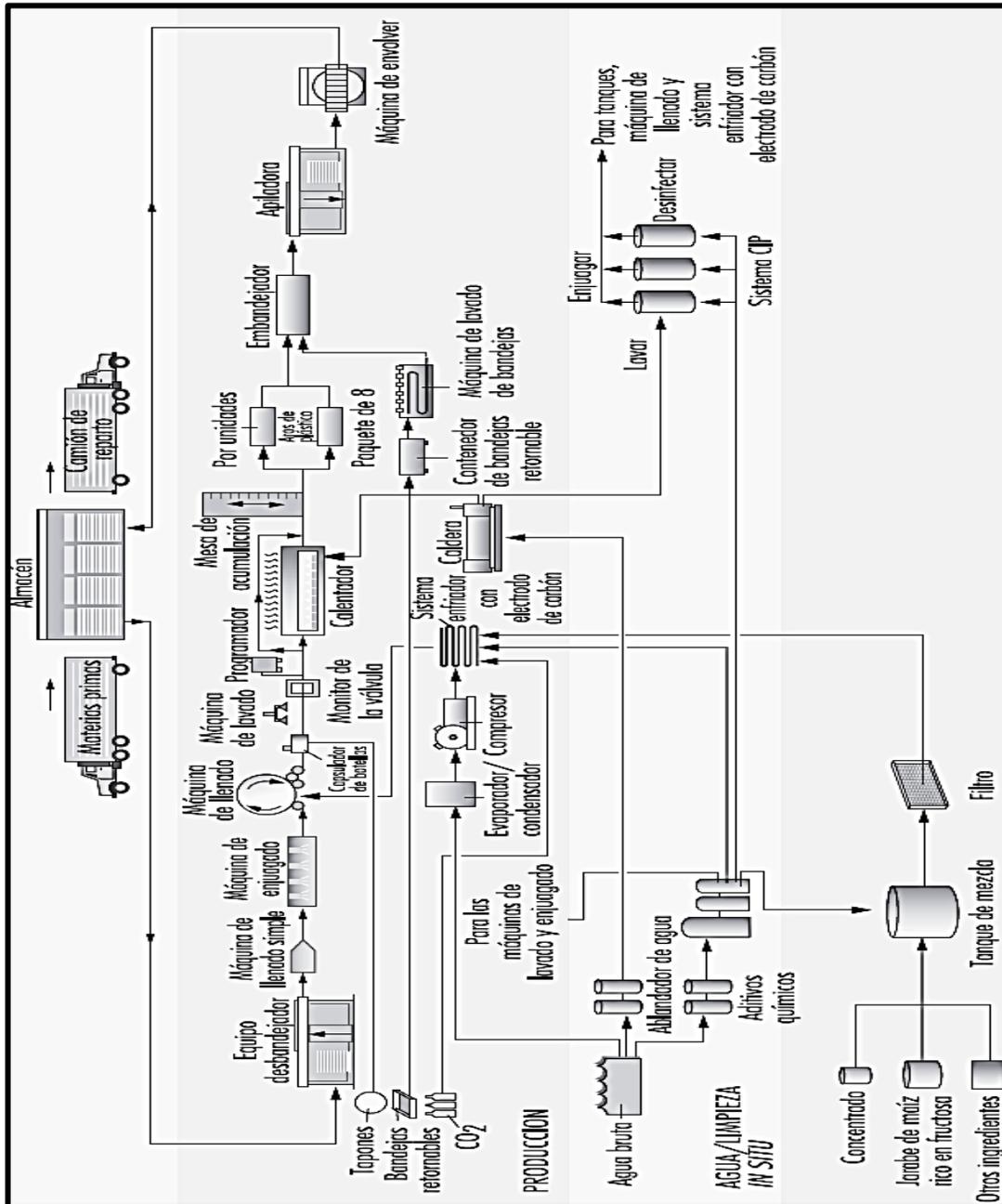
1.3.1. Proceso

La elaboración del concentrado representa la primera etapa en la producción de bebidas refrescantes. En los albores de la industria, en el siglo XIX, los concentrados y las bebidas refrescantes se fabricaban en las mismas instalaciones.

Las plantas de concentrado están optimizando constantemente sus procedimientos mediante sistemas automáticos. Las operaciones que se llevan a cabo en una planta de fabricación de concentrado se pueden dividir en cinco procesos básicos:

- Tratamiento del agua
- Recepción de materias primas
- Fabricación del concentrado
- Llenado del concentrado y de los aditivos
- Transporte de los productos terminados

Figura 1. Diagrama de proceso general



Fuente: GÓMEZ, Emilio. *Planta procesadora de bebidas gaseosas*.

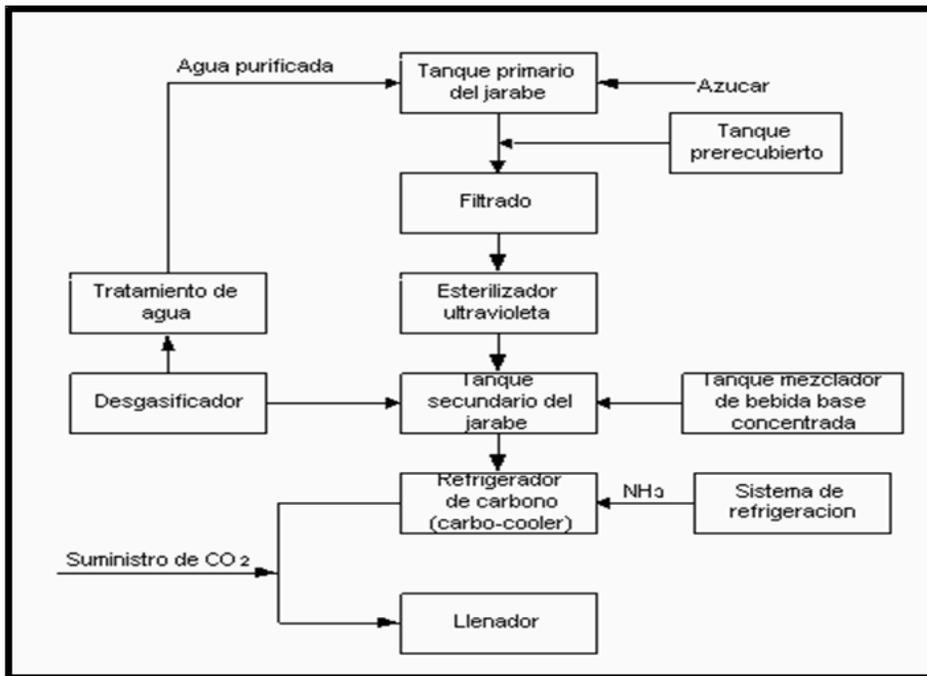
<https://prezi.com/ex9azyjzxf8f/planta-procesadora-de-bebidas-gaseosas/>. Consulta: 26 de diciembre de 2014.

1.3.2. Proceso de jarabe

Es la operación más importante. El fin fundamental es el de elaborar el jarabe terminado en diferentes sabores según los estándares de calidad y sanidad especificados ya que representa el principal insumo para la preparación de la bebida.

- Azúcar disuelto, jarabe simple o corriente, y agua (el cual ha sido depurado y tratado químicamente) son mezclados en el tanque del jarabe.
- El jarabe simple es filtrado y esterilizado en el esterilizador ultravioleta.
- Luego, el jarabe esterilizado es bombeado al tanque de abastecimiento final donde se añadirá la bebida base concentrada y el agua depurada.
- Finalmente, el jarabe es conducido al carbón-refrigerador para su carbonatación y enfriamiento. Una vez que ha sido enfriado, queda listo para su embotellado.

Figura 2. Diagrama proceso de jarabe



Fuente: GÓMEZ, Emilio. *Planta procesadora de bebidas gaseosas*.

<https://prezi.com/ex9azyjzxf8f/planta-procesadora-de-bebidas-gaseosas/>. Consulta: 26 de diciembre de 2014.

1.3.2.1. Proceso llenado

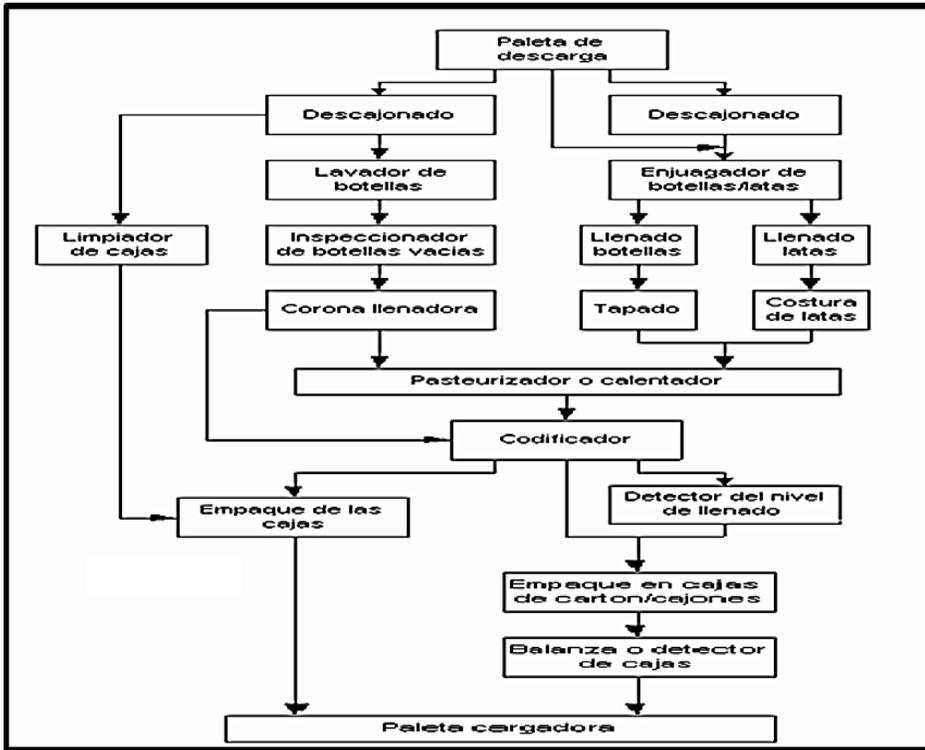
El envase pasa por un proceso de presurización hasta alcanzar el mismo de la llenadora, que está bajo presión de gas carbónico. Cuando se alcanza este equilibrio de presiones del interior de los envases y la llenadora, la bebida carbonatada se transfiere al interior del envase interrumpiéndose en el momento que se alcanza el nivel de llenado adecuado. Posteriormente de la salida de la llenadora, la botella es capsulada con una tapa hermética que asegura la conservación del producto terminado

1.3.2.1.1. Botellas retornables

Aunque tomar bebidas gaseosas no trae ningún efecto saludable para el cuerpo humano, millones de personas alrededor del mundo se beben. Actualmente hay varios formatos disponibles en el comercio y cada uno parece generar más basura que el otro: pequeñas botellas de vidrio, latas, envases de plástico desechables. Hay uno solo con el que se podría ser más o menos ecológico y son las botellas retornables.

- Las botellas vacías son recicladas en cajas y colocadas en paletas. Carretillas elevadoras transportan las paletas al despaletador donde se descargan las cajas. Luego, las cajas son enviadas al descajonador el cual obtiene las botellas desde las cajas.
- Una vez que las botellas entran a la máquina lavadora, las cajas son transportadas al almacén de cajas.
- Después de lavadas, las botellas limpias pasan a través de un registrador y luego son llenadas, tapadas y codificadas.
- El producto final codificado es transportado y enviado para su encajonamiento, completando el proceso de empaque.

Figura 3. Diagrama de proceso de embotellado



Fuente: GÓMEZ, Emilio. *Planta procesadora de bebidas gaseosas.*

<https://prezi.com/ex9azyjzxf8f/planta-procesadora-de-bebidas-gaseosas/>. Consulta: 26 de diciembre de 2014.

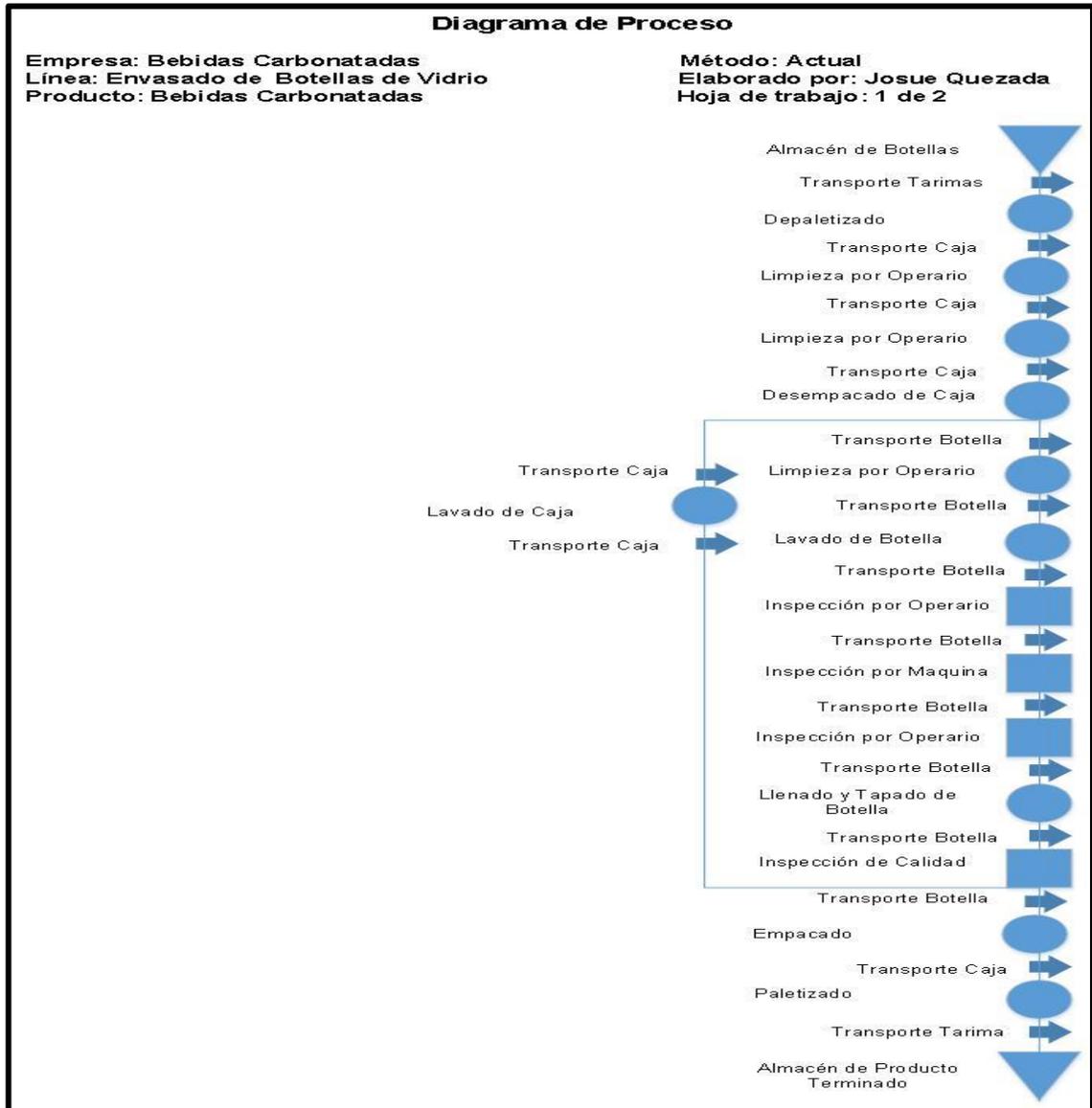
1.4. Diagramas de proceso

Son una forma gráfica de presentar las actividades involucradas en la elaboración de un bien y servicio terminado.

1.4.1. Diagrama de proceso

Se emplea con símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso.

Figura 4. Diagrama de proceso



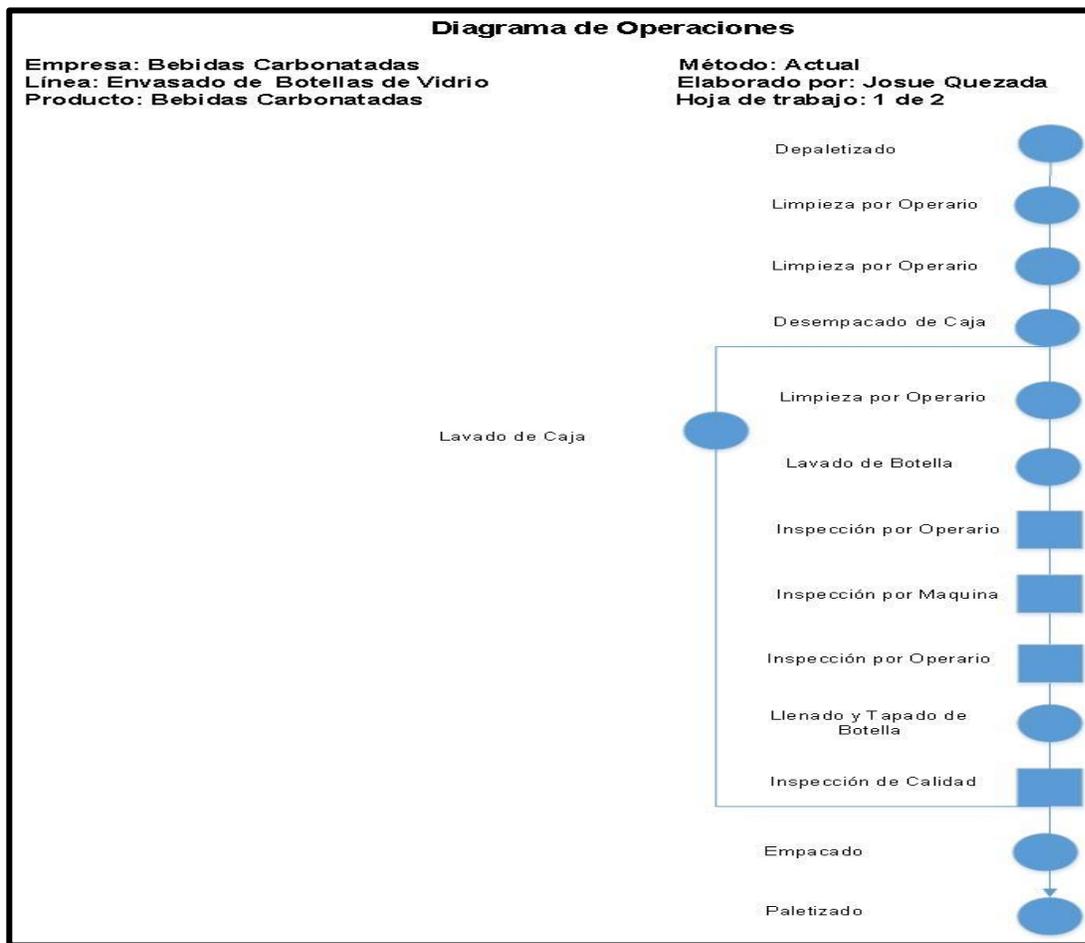
Fuente: GÓMEZ, Emilio. *Planta procesadora de bebidas gaseosas*.

<https://prezi.com/ex9azyjzxf8f/planta-procesadora-de-bebidas-gaseosas/>. Consulta: 26 de diciembre de 2014.

1.4.1.1. Diagrama de operaciones

Se suele utilizar para representar las relaciones existentes entre las diferentes actividades, de un proceso de fabricación, en una secuencia lógica de todas las operaciones. Esto es de un proceso de fabricación de un producto. En este diagrama únicamente se considera todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones.

Figura 5. Diagrama de operaciones

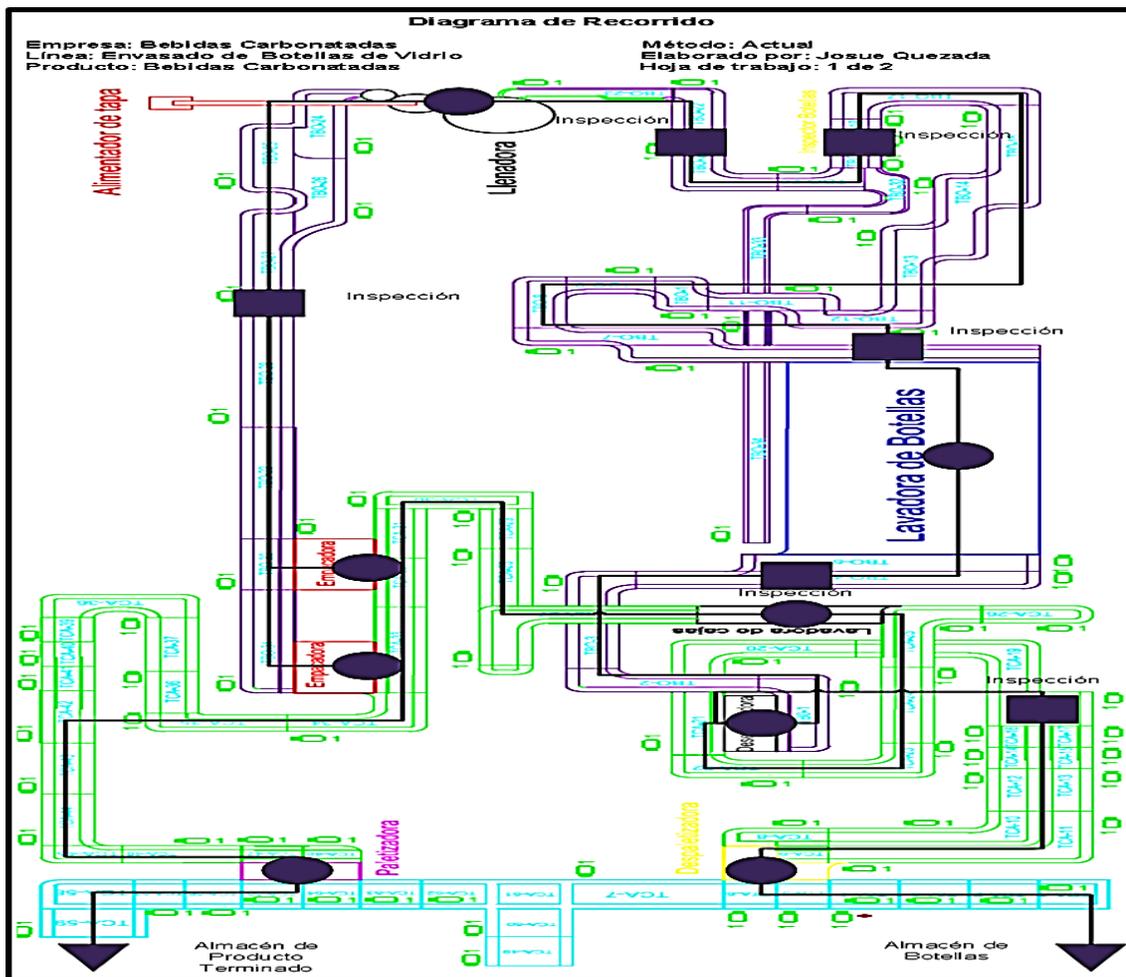


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.4.2. Diagrama de recorrido

Es un diagrama o modelo que se utiliza para complementar el análisis de proceso. Se elabora tomando como base un plano a escala de la fábrica en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas. Muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto que siguen los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ejecutarlas.

Figura 6. Diagrama de recorrido

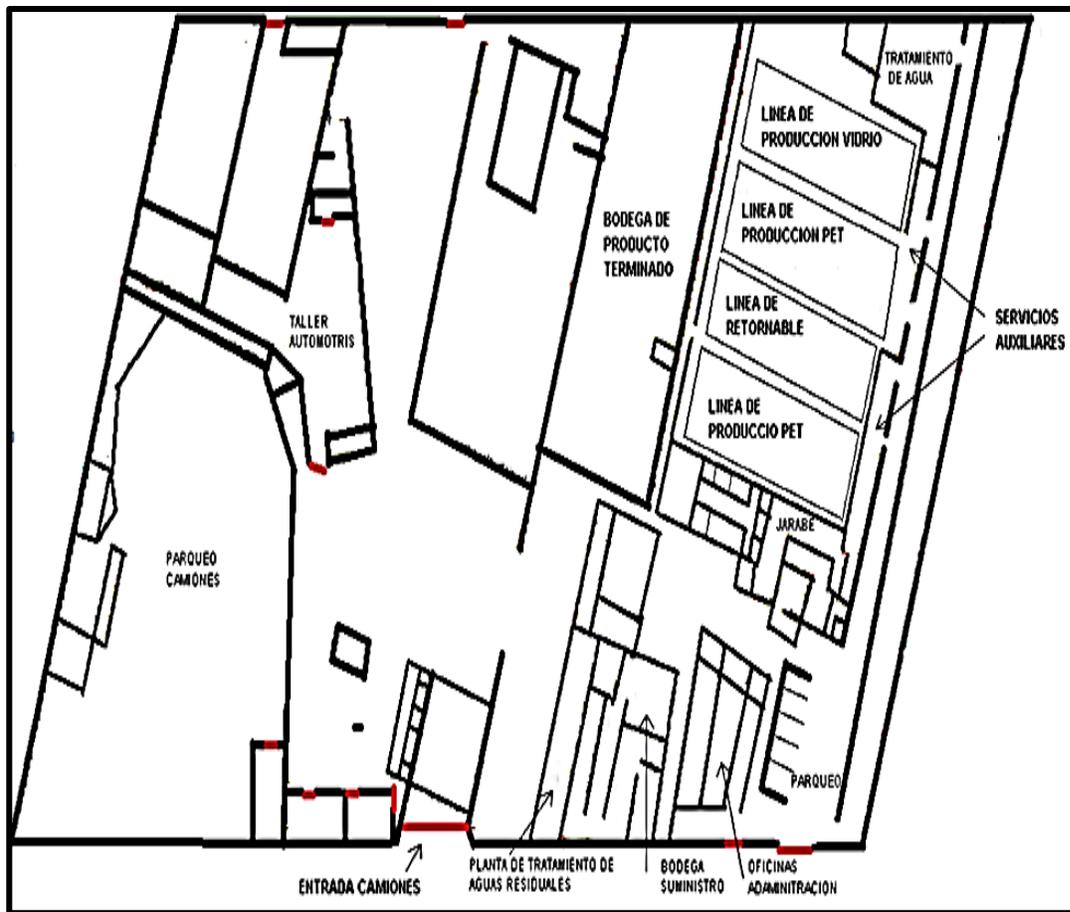


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.5. Distribución de la planta

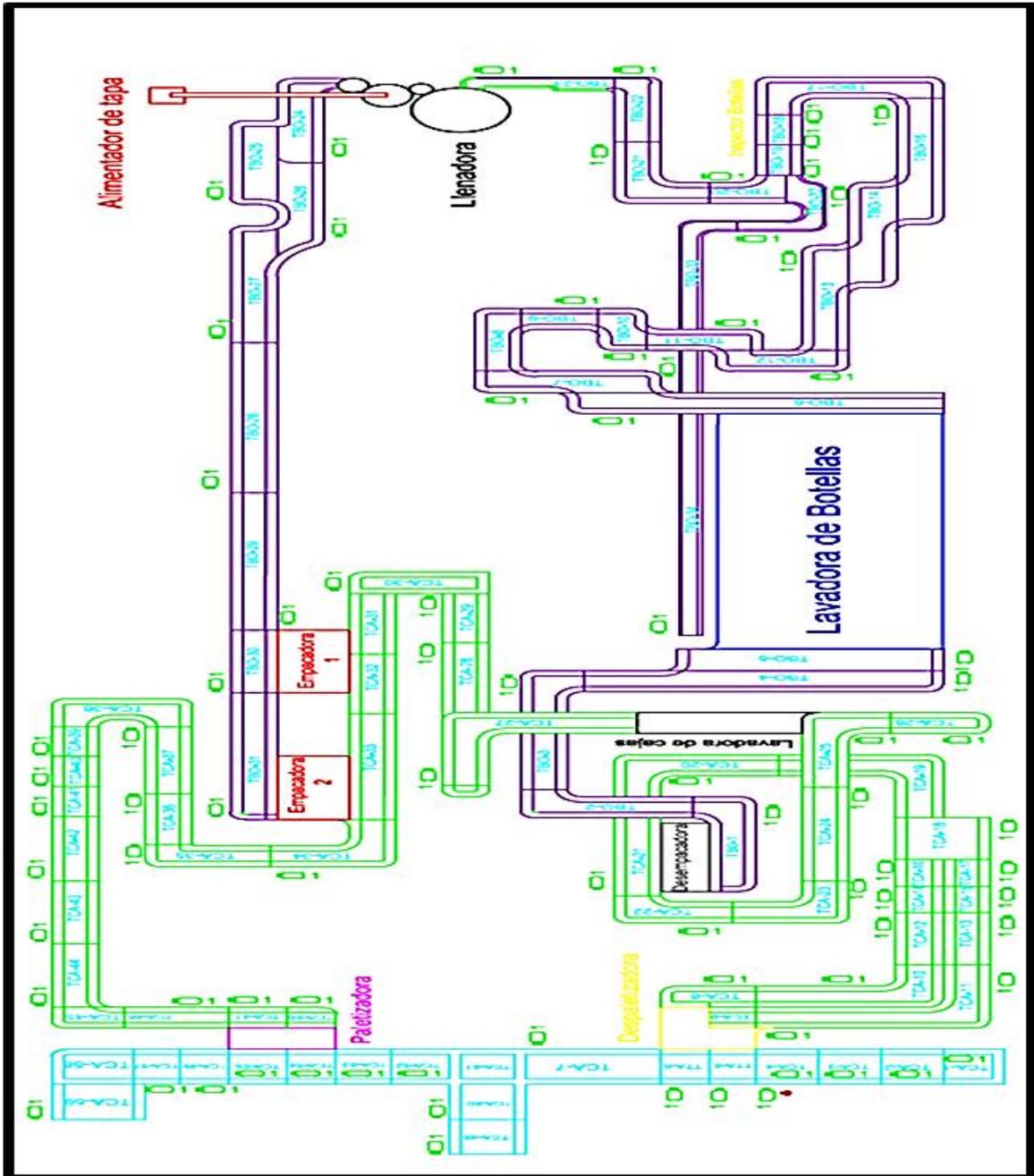
Es un croquis, o un plano con todo el detalle que se le quiera dar, del espacio físico donde va a desarrollarse la grabación de uno o varios planos y secuencias. Normalmente es una vista cenital donde se sitúa la utilería, los personajes, la iluminación, las cámaras, los micrófonos, entre otros. Donde además se suele indicar también los posibles movimientos de todos estos elementos.

Figura 7. Plano de planta



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 8. Plano de equipos línea de producción

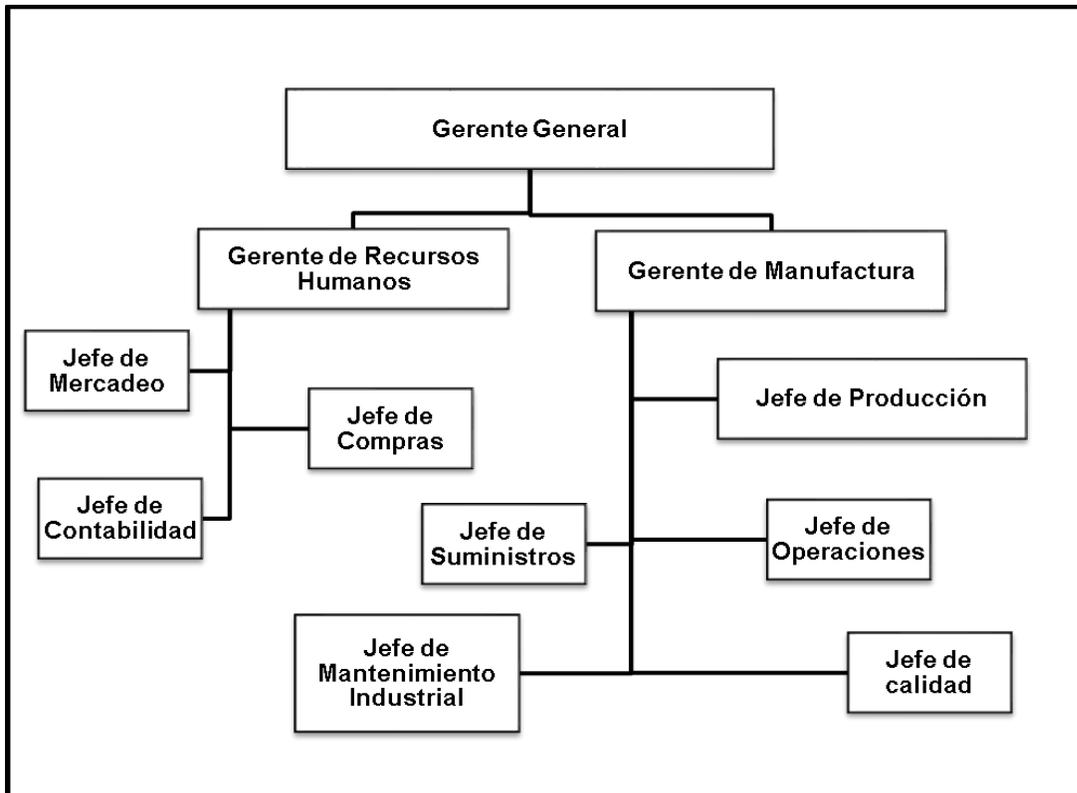


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

1.6. Estructura general de la empresa

Representación gráfica de la estructura de una empresa o una institución, en la cual se muestran las relaciones entre sus diferentes partes y la función de cada una de ellas, así como de las personas que trabajan en las mismas.

Figura 9. Estructura organizacional

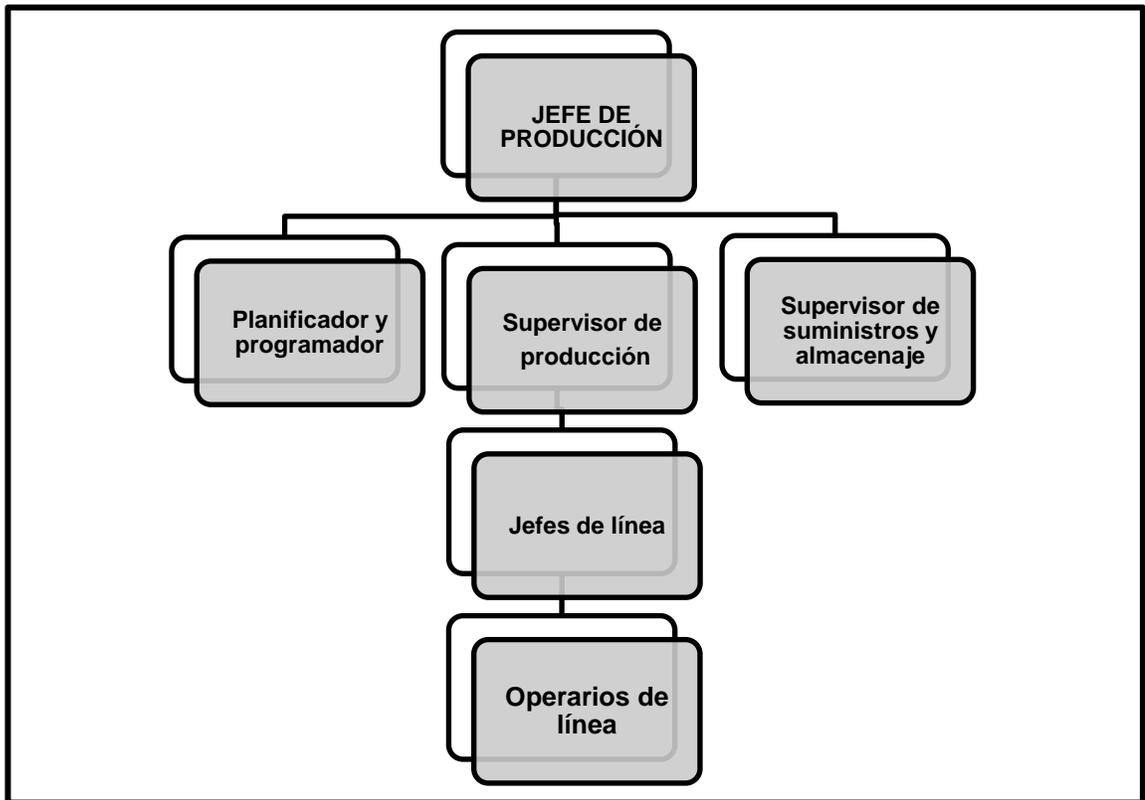


Fuente: elaboración propia.

1.6.1. Estructura Departamento de Producción

Es el organigrama de cómo está conformado el Departamento de Producción.

Figura 10. Organigrama Departamento de Producción

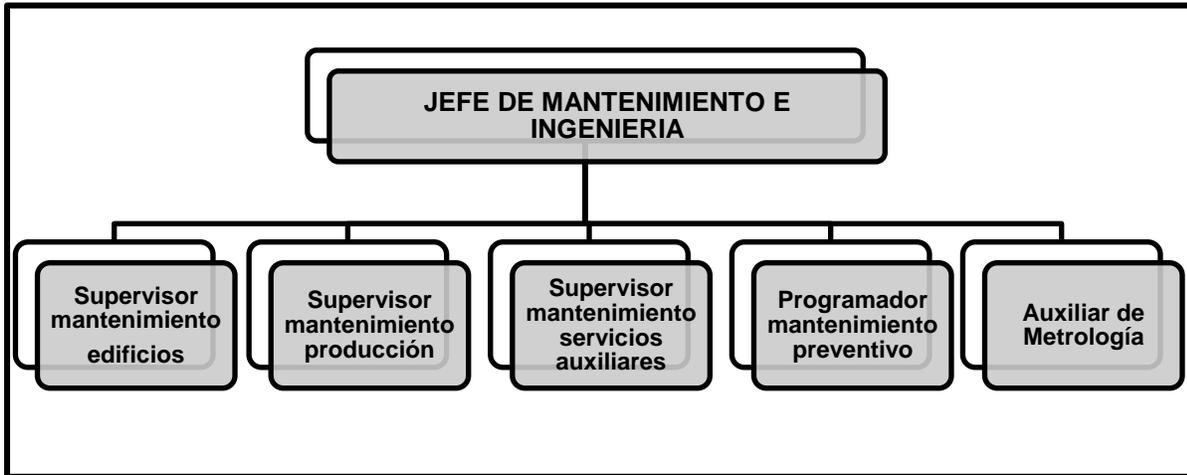


Fuente: elaboración propia.

1.6.2. Estructura Departamento de Mantenimiento

Es el organigrama de cómo está conformado el Departamento de Mantenimiento, para conocer como es la logística de mando de este Departamento.

Figura 11. Organigrama Departamento de Mantenimiento



Fuente: elaboración propia.

1.7. Recursos

Es una fuente o suministro del cual se produce un beneficio. Normalmente, los recursos son material u otros activos que son transformados para producir beneficio y en el proceso pueden ser consumidos o no estar más disponibles.

1.7.1. Materias primas

Se conocen como materias primas a la materia extraída de la naturaleza y que se transforma para elaborar materiales que más tarde se convertirán en bienes de consumo.

Las materias primas que ya han sido manufacturadas, pero todavía no constituyen definitivamente un bien de consumo, se denominan productos

semielaborados, productos semiacabados o productos en proceso, o simplemente materiales.

Las materias primas utilizadas en el proceso son

- Agua
- Saborizantes
- Colorantes
- Endulzantes
- Carbonatados
- Conservantes
- Tapa
- Botella
- Azúcar

1.7.2. Insumos

Es todo aquello disponible para el uso y el desarrollo de la vida humana, desde lo encontrado en la naturaleza, hasta lo creado por los humanos, es decir la materia prima de una cosa.

1.7.2.1. Electricidad

Este es un recurso necesario para que las máquinas funcionen, como lo son los sensores, motores eléctricos y la iluminación. Esto es un recurso básico dentro de la planta.

1.7.2.2. Mano de obra

En producción son las personas las que se encargan de la línea de llenado, en la parte de operar y administrar la parte de producir el producto. Por su parte el Departamento de Mantenimiento se encarga de los equipos estén en buen estado y de reparar a la hora de que estos fallen, o modificar algunas piezas para un mejor desempeño.

1.7.2.3. Búnker

Este es un combustible que se utiliza para que la caldera queme y así esté caliente el agua que posteriormente se utiliza en el proceso.

1.7.2.4. Otros insumos

En esta parte se describe otros insumos que se necesitan, pero son de manera indirecta, ya que son necesarios para poder transportar el producto.

1.7.2.4.1. Cajas

Es un objeto de forma cuadrada que permite almacenar y trasportar de mejor forma el producto. Este puede variar las unidades, según el tamaño del embase.

1.7.2.4.2. Cartón

Se utiliza para que el producto no tenga un contacto directo con las tarimas, para protegerlo de cualquier golpe que sufra durante su traslado.

1.7.2.4.3. Fleje

Es un polímero de baja densidad que se utiliza para envolver un conjunto de productos, para que se preserve de mejor forma y no sea afectado por el ambiente.

1.7.2.4.4. Tarimas

Es objeto de forma cuadrada puede ser de madera o de plástico. Este sirve para colocar el producto terminado o materia prima y así trasportar a cualquier lugar de una forma fácil.

1.7.2.4.5. Lubricantes

Se utilizan para reducir la fricción en los componentes mecánicos de las máquinas para su mejor funcionamiento y aumentar su vida útil.

1.8. Maquinaria y equipo

Bienes que se utilizan para elaborar y ensamblar otros bienes. Esto es para prestar un servicio de carácter productivo y que no se consume en un sólo ciclo de producción.

1.8.1. Sala de envasados

En este proceso se envasa la bebida debidamente obtenida, de acuerdo a las normas preestablecidas. La bebida se obtiene de la mezcla de agua tratada, gas carbónico y jarabe terminado, y solo se diferencia con otro producto por el jarabe y envase utilizado.

Tabla I. **Sala de envasado**

<ul style="list-style-type: none"> • Depaletizadora • Desempacadora • Equipo de mezcla • Empacadora • Paletizadora • Analizador y controlador, brix y co₂ • Ultravioleta 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavadora de cajas • Lavadora de botellas • Llenadora • Inspector electrónico de botellas • Codificador n4 (I2-1) • Codificador n6 (I4-2) • Empacadora 	<ul style="list-style-type: none"> • Transportador de cajas 140 m • Transportador de botellas 146 m • Transportador de tarimas 25 m • Pantalla de inspección 1 • Pantalla de inspección 2 • Almacén de paletas • Inspector de nivel • Alimentador de tapas
--	---	--

Fuente: elaboración propia.

1.8.2. **Sala de jarabe**

Dado su uso el jarabe terminado representa el factor más costoso del proceso productivo; así sus rendimientos deben ser vigilados muy cuidadosamente ya que inciden directa y gravemente en los costos de fabricación del producto.

Tabla II. **Sala de jarabe**

<ul style="list-style-type: none"> • Elevador de canjilones con celdas de carga • Elevador de sacos con polipasto de 2 toneladas • Tanque de cocimiento de jarabe simple tjs-01 de 20 000 litros • Tanque de cocimiento de jarabe simple tjs-02 de 22 000 litros • Tanque de precapa tjs-03 de 1 500 litros 	<ul style="list-style-type: none"> • Enfriador de placas • Ultravioleta • Bomba de jarabe a filtro <i>sparkler</i> 1 de 10 hp • Bomba de jarabe a filtro <i>sparkler</i> 2 de 10 hp • Bomba para carbón a tanques de jarabe simple 5 hp • Bomba de traslado jarabe simple 10 hp tipo c218 • Tanque jarabe terminado tjt-07 de 20 000 litros 	<ul style="list-style-type: none"> • Tanque jarabe terminado tjt-10 de 17 600 litros • Tanque jarabe terminado tjt-11 de 16 600 litros • Tanque jarabe terminado tjt-12 de 8 200 litros • Tanque preparación concentrado tjt-13 de 500 litros • Bomba para preparación de jarabe 10 hp • Tanque para saneamiento tsa-14 de 3 200 litros
--	--	---

Fuente: elaboración propia.

1.8.3. Equipos auxiliares

Son todos los equipos que ayudan al funcionamiento de la línea indirectamente. Estos son el complemento de las máquinas que directamente trabajan el producto.

1.8.3.1. Central de frío

La refrigeración es un elemento esencial del proceso de embotellado de cualquier bebida carbonatada.

Tabla III. Central de frío

<ul style="list-style-type: none">• Compresor de amoníaco núm. 1 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 2 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 3 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 4 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 5 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 6 con motor 100 hp• Compresor de amoníaco núm. 7 con motor 250 hp	<ul style="list-style-type: none">• Condensadores evaporativos núm. 1 de 140 ton• Condensadores evaporativos núm. 2 de 140 ton• Condensadores evaporativos núm. 3 de 70 ton• Condensadores evaporativos núm. 4 de 213 ton• Condensadores evaporativos núm. 5 de 229 ton• Condensadores evaporativos núm. 6 de 120 ton• Depósitos de amoníaco de 9 000 litros
---	--

Fuente: elaboración propia.

1.8.3.2. Vapor

Son todos los equipos encargados de la generación de vapor, para el saneamiento de las líneas.

- Caldera núm. 3 de 300 hp
- Caldera núm.4 de 300 hp
- Tanque para búnker # 1 de 3 000 gal con bomba de 2 hp
- Tanque para búnker # 2 de 3 000 gal con bomba de 2 hp

1.8.3.3. Soda

Son todos los equipos que se utilizan para el almacenaje de mezclas de bebidas y de agua.

- Tanque para soda al 50 % # 1 diámetro 1,95 m alto 3,6 m
- Tanque para soda al 50 % # 2 diámetro 2,1 m alto 3,6 m
- Tanque para soda al 50 % # 3 diámetro 1m alto 1,10 m
- Tanque para soda al 5 % # 4 diámetro 1,85 m alto 1,60 m
- Tanque para soda al 5 % # 5 diámetro 2,9 m alto 6,10 m
- Tanque para soda al 5 % # 6 diámetro 2,9 m alto 6,10 m
- Tanque para soda al 5 % # 7 diámetro 2,9 m alto 6,10 m

1.8.3.4. Aire comprimido

Son todos los equipos encargados de la generación de aire comprimido para la alimentación de toda la maquinaria neumática de las líneas de producción.

- Compresor de aire # 1 de 50 hp
- Compresor de aire # 2 de 75 hp
- Compresor de aire # 3 de 100 hp
- Compresor de aire # 4 de 25 hp
- Compresor de aire # 5 de 50 hp
- Secador # 1 de 500 cfm
- Secador # 2 de 500 cfm
- Ultravioleta
- Tanque pulmón de aire diámetro 0,95 m alto 2,40 m
- Tanque pulmón de aire estéril diámetro 0,80 m alto 1,70 m

1.8.3.5. Otros

Son otros equipos que son necesarios para el funcionamiento de la línea, pero no poseen una clasificación por ser muy pocos.

1.8.3.5.1. Subestaciones

Estos equipos son los encargados de la generación de energía eléctrica a la hora de un apagón. Estos entran a funcionar para que la planta no pare su funcionamiento.

- Generador # 1 de 344 kva y 275 kw
- Generador # 2 de 344 kva y 275 kw
- Generador # 3 de 344 kva y 275 kw
- Generador # 4 de 469 kva y 375 kw
- Tanque para diésel de 1 000 gal con bomba de 2 hp
- Subestación eléctrica # 1 de 1 000 kva de 13 000 a 440 v
- Subestación eléctrica # 2 de 500 kva de 13 000 a 440 v
- Subestación eléctrica # 3 de 225 kva de 13 000 a 440 v
- Subestación eléctrica # 4 de 500 kva de 13 000 a 440 v
- Subestación eléctrica # 7 de 500 kva de 13 000 a 440 v

1.8.3.5.2. Transporte

Es el equipo utilizado para mover las botellas de la línea de producción a los camiones de distribución.

- Montacargas

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Rendimiento

En un sentido amplio, la palabra rendimiento refiere el producto o la utilidad que rinde o da una persona o cosa. Poniéndolo de alguna manera en términos matemáticos, el rendimiento sería la proporción entre el resultado que se obtiene y los medios que se emplearon para alcanzar al mismo.¹

En tanto, de acuerdo al uso que se le dé a la palabra la misma podrá referir diversas cuestiones. Por ejemplo, aplicado el término a una persona, es decir, cuando se habla del rendimiento de tal o cual se estará haciendo referencia al cansancio, falta de fuerza, o en su defecto al excelente estado que presenta el individuo en cuestión, luego de llevar a cabo determinada tarea, actividad.

Por otro lado, cuando el término es aplicado dentro del mundo de los negocios y las empresas, referirá al resultado que se obtiene por cada una de las unidades presentes que despliega una actividad, ya sea que se trate de una persona, una oficina, un área, un departamento, entre otros.

2.1.1. Indicador

Es una expresión matemática de lo que se quiere medir, con base en factores o variables claves y tienen un objetivo y cliente predefinido. Los indicadores de acuerdo a sus tipos (o referencias) pueden ser históricos, estándar, teóricos, por requerimiento de los usuarios, por lineamiento político, planificado, entre otros.²

$$\text{Indicador} = a (\text{unidad}) / b (\text{unidad})$$

2.1.2. Significado de desempeño

Logro de resultados con base en normas establecidas. Administrar o establecer acciones concretas para hacer realidad las tareas y/o trabajos programados y planificados. Se define desempeño como aquellas acciones que son relevantes para lograr los objetivos de la organización, y que pueden ser medidas en términos de contribución a las metas de la empresa.³

¹ *Rendimiento*. <https://es.wikipedia.org/wiki/Rendimiento>. Consulta: 20 de diciembre de 2014.

² XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. p. 38.

³ *Ibíd.*

El desempeño es un concepto relativamente nuevo y, en principio, nos conduce a un concepto plural, que busca englobar diversos factores en un elemento medible y cuantificable.

2.1.2.1. Por qué medir

La medición del desempeño puede ser definida generalmente, como una serie de acciones orientadas a medir, evaluar, ajustar y regular las actividades de una empresa.

Entonces, ¿Por qué medir?

- Porque la empresa debe tomar decisiones.
- Porque se necesita conocer la eficiencia de las empresas (caso contrario, se marcha “a ciegas”, tomando decisiones sobre suposiciones o intuiciones).
- Porque se requiere saber si se está en el camino correcto o no en cada área.
- Porque se requiere saber, en lo posible, en tiempo real, que pasa en la empresa (eficiencia o ineficiencia).

2.1.3. Índice

Valor que da la expresión matemática (indicador) al introducirle datos y se obtienen para evaluarlos a través de diagnóstico.

$$\text{Índice} = 100 \text{ libras} / \text{HH}$$

2.2. Productividad

Una definición simplista de productividad puede ser simplemente el lograr obtener más por menos. La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados; es por tanto un indicador que refleja que tan bien se están usando los recursos de una economía en la producción de bienes o servicios. Uno de los problemas comunes es el confundir el concepto de productividad con otros conceptos como:

- Eficiencia (la ejecución disciplinada de un trabajo determinado aunque este no resulte efectivo en conseguir los resultados deseados).
- Eficacia (la obtención del resultado deseado, aunque no se haya ejecutado el trabajo o plan de forma disciplinada).
- Intensidad del trabajo (el sobreesfuerzo del trabajador en la realización de sus actividades, ya sea mediante el aumento de horas de trabajo o exigiendo mucha más producción en la misma jornada de laboral).

“Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. En este caso, el objetivo es la fabricación de artículos a un menor costo, a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres y máquinas.”⁴

Si se parte de que los índices de productividad se pueden determinar a través de la relación producto-insumo, teóricamente existen tres formas de incrementarlos:

⁴ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 9.

- Aumentar la producción y mantener el mismo insumo.
- Reducir el insumo y mantener la misma producción.
- Aumentar la producción y reducir el insumo simultánea y proporcionalmente.

“La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con que se han combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables”.⁵ Por tanto, la productividad puede ser medida según el punto de vista:

$$1^{\circ} = \frac{\textit{Producción}}{\textit{insumo}} \qquad 2^{\circ} = \frac{\textit{Resultados logrados}}{\textit{Recursos empleados}}$$

2.2.1. Criterios para analizar la productividad

“Existen una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo y en especial los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las M mágicas, llamadas así porque todos ellos, en inglés, empiezan con EME”.⁶

- Hombres
- Dinero
- Materiales
- Métodos
- Máquinas medio ambiente
- Mantenimiento del sistema

⁵ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 11.

⁶ *Ibíd.*

- Controles, materiales, costos, inventarios, calidad, cantidad, tiempo, entre otros.

2.2.2. Productividad de las instalaciones, de la maquinaria, del equipo y de la mano de obra

Se considera nuevamente la naturaleza de la productividad, que ya definimos como la relación aritmética entre la cantidad producida y la cuantía de los recursos empleados en la producción. Para comprenderla se tiene que introducir la noción de tiempo, ya que la cantidad de productos que se obtienen de una máquina o de un trabajo en un tiempo determinado constituye la medida de la productividad. “Esta se determina computando la producción de mercancía o de servicios en cierto número “hora-hombre u horas-máquina”.⁷

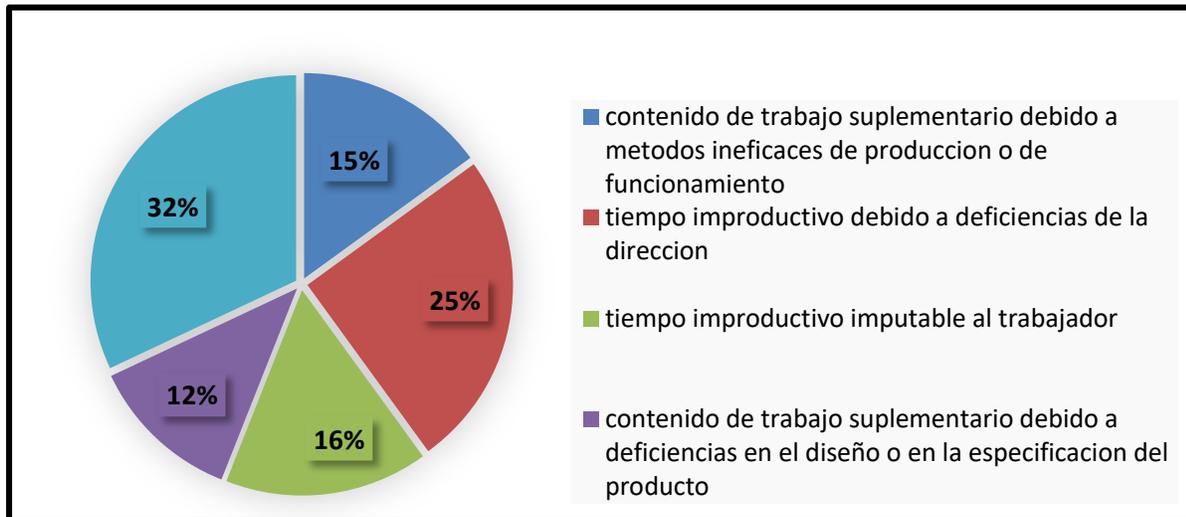
- Una hora-hombre = trabajo de un hombre en una hora
- Una hora-máquina = funcionamiento de una máquina durante una hora

“El tiempo invertido por un hombre en una máquina para llevar a cabo una operación o producir una cantidad determinada de productos o servicios se descompone generalmente en que se observa en la figura”.⁸

⁷ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 15.

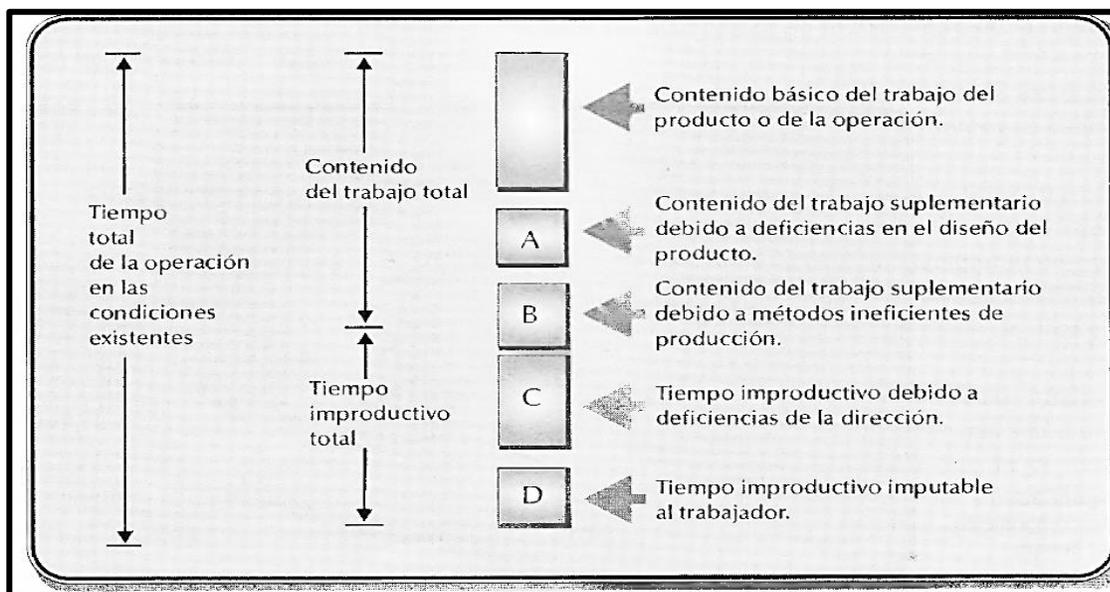
⁸ *Ibíd.*

Figura 12. **Tiempo de en fabricación**



Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 15.

Figura 13. **Tiempos de operación**



Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 16.

- Contenido de trabajo suplementario debido a deficiencias en el diseño o en la especificación del producto:
 - Diseño del producto o partes que impide la utilización de procedimientos o métodos de fabricación más económicos.
 - Diversidad excesiva de productos o falta de normalización de los componentes.
 - Fijación equivocada de normas de calidad, por exceso o por defecto.
 - "Los componentes de un producto puede tener un modelo tal que, para darle forma definitiva, es preciso eliminar una cantidad excesiva de material, lo cual ocasiona desperdicios de material y aumento del contenido de trabajo".⁹

- Contenido de trabajo suplementario debido a métodos ineficaces de producción o de funcionamiento:
 - Utilización de tipos o tamaños inadecuados de maquinaria cuya capacidad sea inferior a la apropiada.
 - Los procesos de alimentación, ritmo, velocidad de recorrido. Temperatura, presión, y otros, no funcionan adecuada.
 - Se utilizan herramientas inadecuadas.
 - La disposición de la fábrica, taller o lugar de trabajo impone movimientos innecesarios, lo cual da por resultados pérdidas de tiempo y fatiga.
 - "Los métodos de trabajo del operador entrañan movimientos innecesarios, pérdida de tiempo y energía".¹⁰

⁹ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 17.

¹⁰ *Ibíd.*

- Tiempo improductivo debido a deficiencias de la dirección:
 - Política de ventas que exija un número excesivo de variedades de un producto.
 - Falta de estandarización de componentes de uno o varios productos con efecto similar.
 - Descuido en el diseño del producto sin respetar las indicaciones del cliente y evitar modificaciones del modelo.
 - "Inadecuada organización del abastecimiento de materias primas, herramientas y de más elementos necesarios.
 - Deficiente mantenimiento de las instalaciones y la maquinaria.
 - Por permitir que las instalaciones y la maquinaria funcionen en mal estado".¹¹

- Tiempo improductivo imputable al trabajador
 - Ausencias, retardos, no trabajar de inmediato, trabajar despacio, o simple y sencillamente no querer trabajar.
 - Trabajar con descuido, lo cual origina desechos o repeticiones.

2.3. Diagramas de proceso

Estos son diagramas que emplean símbolos gráficos para representar los pasos o etapas de un proceso. Los diagramas permiten describir la secuencia de las distintas actividades o etapas de proceso industrial, "existen tres tipos de diagramas, diagrama de flujo de operaciones, diagrama de procesos y diagrama de recorrido"¹²

¹¹ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p.16.

¹² *Ibíd.*

Los símbolos empleados, en los diagrama de flujo, van desde cuadrados, círculos, triángulos, flechas, combinaciones de ellos. Los símbolos tienen significados específicos y se conectan por medio de flechas que indican el flujo entre los distintos pasos o etapas.

Figura 14. **Encabezado de diagrama**

Fábrica:	_____
Edificio:	_____ Situación: _____
Departamento:	_____
Diagrama número:	_____
Hoja número:	_____ de _____ hojas _____
Aprobado por	_____ Revisado por _____

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 45.

2.3.1. **Diagramas de operaciones del proceso**

Se suele utilizar para representar las relaciones existentes entre las diferentes actividades de un proceso de fabricación en una secuencia lógica de todas las operaciones de un procesos de fabricación de un producto. En este diagrama únicamente se considera todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones. "Con esto, se entiende que única y exclusivamente se utilizaron los símbolos de operación e inspección".¹³

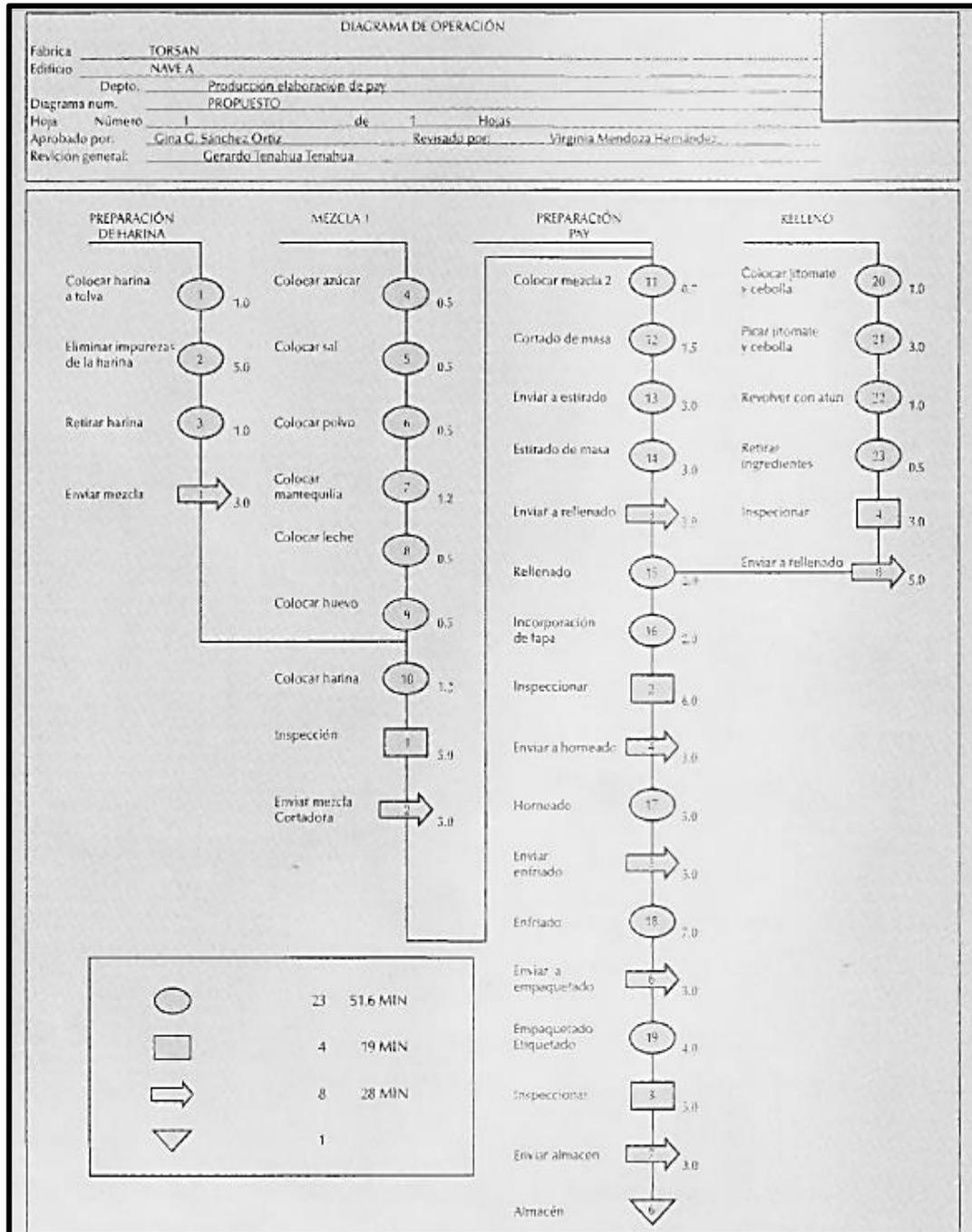
¹³ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 46.

Figura 15. Figuras diagramas

ACTIVIDAD	SÍMBOLO	RESULTADO PREDOMINANTE
Operación		Se produce o efectúa algo.
Transporte		Se cambia de lugar o se mueve.
Inspección		Se verifica calidad o cantidad.
Demora		Se interfiere o retrasa el paso siguiente.
Almacenaje		Se guarda o protege.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 45.

Figura 16. Ejemplo de diagrama de operaciones



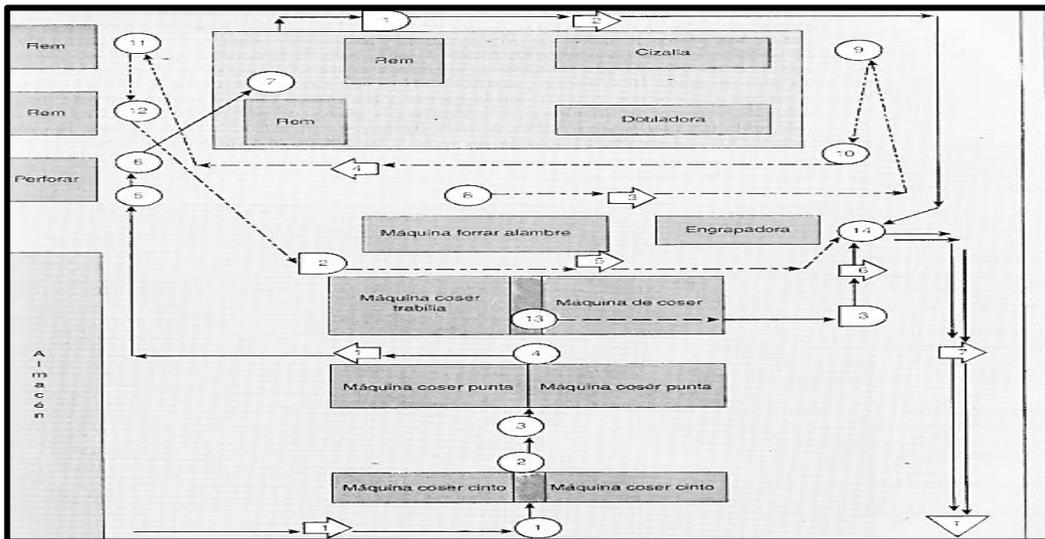
Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 32.

2.3.2. Diagrama de recorrido

Es un modelo que se utiliza para complementar el análisis de proceso, se elabora tomando como base un plano a escala de la fábrica en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas, muestra el lugar donde se efectúan actividades determinadas y el trayecto que siguen los trabajadores, los materiales o el equipo a fin de ejecutarlas. "Utilizando para ello los mismos símbolos empleados en el diagrama de flujo".¹⁴

Una de las aplicaciones de este tipo de diagrama es seguir los movimientos de materias u objetos. También tiene mucha importancia para el análisis de las distancias que recorren los operarios, los materiales por medio de las cintas transportadoras o las máquinas en la planta.

Figura 17. Ejemplo de diagrama de recorrido



Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 67.

¹⁴ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 63.

2.3.3. Diagrama de flujo de proceso

En este tipo de diagrama se encuentra con mayor detalle las actividades realizadas en el proceso de fabricación de un producto ya que toma en cuenta además de las operaciones e inspecciones, los transportes, almacenaje y la demora. "Por medio del análisis de proceso se trata de eliminar las principales deficiencias en la fabricación de productos".¹⁵

2.4. Control estadístico

Es una técnica para monitorear un proceso y verificar su estabilidad. El control del proceso se hará mediante el control de su variabilidad. Más concretamente consistirá en controlar si la variabilidad observada es la que se espera si sólo actuaran causas no asignables.

Se utiliza el control estadístico de proceso para medir el funcionamiento de un proceso. Se dice que un proceso está funcionando bajo control estadístico cuando las únicas causas de variación son causas comunes (naturales). El proceso, en primer lugar, debe controlarse estadísticamente, detectando y eliminando las causas especiales (imputables) de variación. "Posteriormente se puede predecir su funcionamiento y determinar su capacidad para satisfacer las expectativas de los consumidores".¹⁶

El objetivo de un sistema de control de proceso es proporcionar una señal estadística cuando aparezcan 14 causas de variación imputables. Una señal de este tipo puede adelantar la toma de una medida adecuada para eliminar estas causas imputables.

¹⁵ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 65.

¹⁶ XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. p. 32.

Existe unanimidad, en la literatura, relacionada con el control estadístico de la calidad. Las herramientas más importantes para el control estadístico de un proceso son:

- Plantillas de recogida de información
- Histogramas
- Diagramas de Pareto
- Diagramas causa-efecto
- Diagramas de control

2.4.1. Plantillas de recogida de información

Son hojas de verificación con un formato construido especialmente para recabar datos, de tal forma que sea sencillo su registro sistemático y que sea fácil analizar la manera en que los principales factores que intervienen influyen en una situación o problema específico. "Una característica que debe reunir una buena hoja de verificación o plantilla es que visualmente se pueda hacer un primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales".¹⁷

2.4.2. Histogramas

Es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma permite que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. La correcta utilización del histograma permite tomar

¹⁷ XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. p. 32.

decisiones no solo con base en la media, sino también con base en la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. "Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y los hechos objetivos".¹⁸

2.4.3. Diagrama de Pareto

Cuando un proceso es complejo existen múltiples causas que pueden provocar fallos y afectar a la calidad final de forma significativa. No obstante, un análisis pormenorizado del proceso puede llevar a la conclusión de que no todos los tipos de fallos posibles ocurren con la misma frecuencia ni tienen igual repercusión. "Lo más probable es que la mayoría de los fallos sean debidos a un número muy reducido de causas".¹⁹

Pareto encontró que el 20 % de la población poseía el 80 % de la riqueza total. A su vez, de la riqueza que poseía este reducido y afortunado grupo, el 80 % pertenecía al 20 % de ellos. Este resultado empírico ha dado lugar al denominado análisis de Pareto, que consiste en comprobar si existe dicha concentración de efectos en el sistema que nos ocupe. A dicha concentración se le suele denominar Ley de Pareto o regla 80/20 (el 80 % de los efectos están provocados por el 20 % de las posibles causas).

¹⁸ RODRÍGUEZ, Isaí. *Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas*. p. 36.

¹⁹ XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. p. 38.

2.4.4. Diagrama causa-efecto

Llamado también diagrama de Ishikawa, es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales. El diagrama de Ishikawa es una gráfica en la cual, en el lado derecho, se anota el problema, y en el lado izquierdo se especifican por escrito todas sus causas potenciales, de tal manera que se agrupan o estratifican de acuerdo con sus similitudes en ramas y subramas. "El diagrama de Ishikawa es una herramienta muy útil para localizar las causas de los problemas, y será de mayor efectividad en la medida en que dichos problemas estén mejor localizados y delimitados".²⁰

2.4.5. Diagramas de control

En las organizaciones se cuestiona ocasionalmente acerca del efecto que tiene lo que se hace sobre la calidad, la eficiencia y las ventas. El contexto de estos cuestionamientos es el hecho de que en la empresa, por lo general, reacciona de alguna manera ante los cambios y situaciones adversas. Por ejemplo, se reacciona y actúa ante:

- Disminución de ventas
- Cancelación de pedidos
- Deterioro de la calidad
- Lotes rechazados
- Reclamos y quejas de los clientes

²⁰ RODRÍGUEZ, Isái. *Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas*. p. 42.

- Retraso en la producción
- Aumento de los costos de producción y administración
- Excesiva rotación de personal
- Accidentes de trabajo
- Nuevos productos de la competencia

2.4.6. Estratificación

Esta herramienta dará la clasificación sobre las causas de los tiempos de paro. "Es decir, toda la información debe ser estratificada de acuerdo a las causas individuales de paro con el objeto de asegurarse de los factores asumidos".²¹

Los criterios efectivos para la estratificación son:

- Tipo operador
- Causa y efecto del paro
- Localización del paro
- Producto, entre otros

La estratificación generalmente se hace partiendo de la clasificación de los factores que inciden en los tiempos de paro de la línea de producción.

Objetivos de la estratificación:

- Identificar la causa que tiene mayor influencia en los paros.

²¹ RODRÍGUEZ, Isái. *Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas*. p. 52.

- Comprende de manera detallada la estructura de un grupo de datos, lo cual permitirá identificar las causas del problema y llevar a cabo las acciones correctivas convenientes.

2.5. Eficacia y eficiencia

Desde un punto de vista sistémico se sabe que para que una empresa trabaje bien, todas sus áreas y su personal, sin importar sus jerarquías, deben funcionar adecuadamente. Esto porque la productividad es el punto final del esfuerzo y combinación de todos los recursos humanos, materiales y financieros que integran una empresa.

La eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. La eficiencia se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad. "De ello se desprende que la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de recursos".²²

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Eficacia}}{\text{Eficiencia}} = \frac{\text{valor cliente}}{\text{costo productor}}$$

Tabla IV. **Comparación eficiencia y eficacia**

Variables	Definición	Indicadores
Eficiencia	Forma en que se usan los recursos de la empresa: humanos, materia prima, tecnológicos, y otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Tempos muertos • Desperdicios • Porcentaje de utilización de la capacidad instalada.
Eficacia	Grado de cumplimiento de los objetivos, metas o estándares, y otros.	<ul style="list-style-type: none"> • Grado de cumplimiento de los programas de producción o de ventas. • Demoras en los tiempos de entregas.

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 19.

²² GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 9.

- “Eficiencia: es la capacidad disponible en horas-hombre y hora-máquina para lograr la productividad y se obtiene según los turnos que trabajaron en el tiempo correspondiente”.²³

Las causas de tiempos muertos, tanto en horas-hombre como en horas-maquinas, son las siguientes:

Tabla V. **Causas de la baja eficiencia**

<ul style="list-style-type: none"> • Falta de material • Falta de personal • Falta de energía • Manufactura 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento • Producción • Calidad • Falta de tarjetas 	<ul style="list-style-type: none"> • Otros • Falta de información
---	---	---

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 20.

Capacidad usada = (capacidad disponible – tiempo muerto)

Porcentaje de eficiencia = (capacidad usada/capacidad disponible) * 100

Porcentaje de eficiencia = (producción real/producción programada) * 100

2.6. Paros de producción

Estos son todos aquellos que se deben de saber con antelación, ya que son necesarios, y se pueden planificar porque a menudo estos ocurren con una frecuencia conocida.

2.6.1. Tiempo muerto

Se refieren tanto a las esperas de los trabajadores como las esperas de las máquinas. “Es la necesidad de esperar causada por múltiples factores

²³ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 9.

incluyendo demoras de transporte, errores de máquinas, y algunos operarios que trabajan o muy rápido o muy lento”.²⁴

Las causas del tiempo muerto son:

- Obstrucción de flujos
- Problemas con el *layout* del equipamiento
- Problemas en la parte ascendente del proceso
- Desequilibrio de capacidad
- Lote de producción extenso

¿Cómo eliminamos las pérdidas por tiempo muerto?

- Nivelar la producción
- *Layout* específico para el producto
- Dispositivos a prueba de errores
- Automatización humana
- Rápida preparación de máquinas
- Mantenimiento autónomo
- Línea balanceada

Los cambios en la producción, productos, presentaciones nuevas, rotación de personal y demás factores de crecimiento en la planta y en la empresa en general, obligan a hacer una evaluación periódica de los métodos de producción en cada línea y para cada producto.

²⁴ XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. p. 38.

Es de utilidad para la empresa, conocer la situación actual en todos los aspectos, las propuestas de mejoras, la generación de ideas para una correcta toma de decisiones y la solución rápida de problemas, dependen en gran medida del conocimiento de la situación actual dentro de la planta de producción. La presencia de los analistas en las líneas de producción, permite la observación de otros problemas independientes al sistema actual de tiempos no productivos o relacionados con el mismo.

2.7. Costos

En economía el coste o costo es el valor monetario de los consumos de factores que supone el ejercicio de una actividad económica destinada a la producción de un bien o servicio. Todo proceso de producción de un bien supone el consumo o desgaste de una serie de factores productivos, el concepto de coste está íntimamente ligado al sacrificio incurrido para producir ese bien. "Todo coste conlleva un componente de subjetividad que toda valoración supone".²⁵

Desde un punto de vista más amplio, en la economía del sector público, se habla de costes sociales para recoger aquellos consumos de factores (por ejemplo naturales o ambientales), que no son sufragados por los fabricantes de un bien. Por tanto, son excluidos del cálculo de sus costes económicos, sino que por el contrario son pagados por toda una comunidad o por la sociedad en su conjunto.

Un caso típico de coste social es el del deterioro de las aguas de un río derivado de la instalación de una fábrica de un determinado bien. Si no existe una legislación medioambiental que lo recoja, la empresa fabricante no tendrá

²⁵ Coste. <https://es.wikipedia.org/wiki/Coste>. Consulta: 20 de diciembre de 2014.

en cuenta entre sus costes los daños ambientales provocados por el desarrollo de su actividad. Además de los perjuicios derivados de la disminución de la calidad del agua sería soportado por todos los habitantes de la zona, se habla en estos casos de externalidades negativas a la producción.

2.8. Balance de líneas

A la línea de producción se le reconoce como el principal medio para fabricar a bajo costo grandes cantidades o series de elementos normalizados. En su concepto más perfeccionado, la producción en línea es una disposición de áreas de trabajo donde las operaciones consecutivas están colocadas inmediata y mutuamente adyacentes, donde el material se mueve continuamente y a un ritmo uniforme a través de una serie de operaciones equilibradas que permiten la actividad simultánea en todos los puntos, "moviéndose el producto hacia el fin de su elaboración a lo largo de un camino razonadamente directo".²⁶

Deben de existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica. Las líneas de ensamble bien balanceadas no solo son menos costosas, también ayudan a mantener un buen ánimo en los trabajadores porque existen diferencias muy pequeñas en el contenido de trabajo que realizan en la línea.

Los principales problemas en líneas de producción son:

- Líneas con diferentes tasas de producción
- Inadecuada distribución de planta
- Variabilidad de los tiempos de operación

²⁶ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 413.

Si los tiempos productivos que se requieren en todas las estaciones de trabajo fuesen iguales no existirían tiempos muertos y la línea estaría perfectamente equilibrada. "El problema de diseño para encontrar las formas de igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea".²⁷

- Cantidad: el volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea.
- Equilibrio: "los tiempos necesarios para cada operación en la línea deben ser aproximadamente iguales".²⁸
- Continuidad: una vez iniciadas las líneas de producción deben continuar pues la detención en un punto corta la alimentación del resto de las operaciones. "Esto significa que deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub ensamblados, etcétera y la previsión de falla en el equipo".²⁹

2.8.1. Métodos de balanceo de líneas

Es una de las herramientas más importantes para el control de la producción. Dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso. Las variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

²⁷ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 414.

²⁸ *Ibíd.*

²⁹ *Ibíd.*

2.8.2. El método típico

Un procedimiento típico de balanceo de líneas se establece según algunos criterios:

- Según determinadas tareas que se deben hacer para realizar una parte de una unidad de un producto en particular.
- El orden o secuencia que se debe de llevar a cabo para realizar la tarea.
- Realizar una gráfica del diagrama de procedencia, que se trata de un diagrama de flujo, en que los círculos representan tareas y las flechas que las unen la relación en su secuencia.
- Calcular los tiempos de las tareas.
- Calcular el tiempo mínimo para cada estación de trabajo.

2.8.3. Método heurístico

Al realizar las investigaciones del balanceo de línea se utilizan modelos matemáticos, para realizar su estudio como es la programación lineal, la programación entera y la programación dinámica para plantear las circunstancias en que se encuentra. Es un método basado en reglas simples se utiliza para desarrollar buenas soluciones a la situaciones que se presentan, no pueden ser las mejores pero si aceptables. "Entre los métodos heurísticos se encuentra heurística de la utilización incremental y heurística del tiempo de la tareas".³⁰

³⁰ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 420.

La heurística de la utilización incremental, simplemente le agrega tareas a una estación de trabajo según su orden de procedencia una a la vez, hasta que se logra una utilización del 100 % o esta se reduce. Se sigue repitiendo el procedimiento en las siguientes estaciones de trabajo con las todas la tareas. Esta se utiliza para incrementar apropiada cuando uno o más tiempos de la tarea es igual o mayor que el tiempo el ciclo.

2.8.4. Método de peso posicional

En este método se le conoce también como estación del 100 %, se caracteriza por realizar tareas o trabajos más grandes y por lo tanto las necesidades que se tienen de tiempo son mayores. Las estaciones se limitan al caudal de la producción de la línea que se balancea, si el encargado del área pretende mejorar la línea de producción con reducir costos, necesita saber la tasa de producción con la cual es posible calcular el tiempo del ciclo y este valor impulsa el peso posicional que determina la cantidad de estaciones de trabajo que se necesitan. "Estos cambios en la demanda de productos y las modificaciones en las máquinas que pueden hacer camíbar este método y que se presente una falta de capacidad para lograr producir o se incumple un exceso en la demanda".³¹

2.9. Medición del tiempo

Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

³¹ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 426.

2.9.1. Tipos de cronómetros

El proceso que consiste en medir el tiempo de operación se le conoce como cronometraje. Los instrumentos utilizados para medir el tiempo son los cronómetros, aparatos movidos regularmente por un mecanismo de relojería que puede ponerse en marcha o detenerse a voluntad de operario. "Los cronómetros ordinarios solo llevan un pulsador para ponerlos en marcha, pararlos y a volverlos a cero".³²

Los cronómetros de vuelta a cero llevan solo dos pulsadores. El primero se combinado con la corona, para ponerlos en marcha, pararlos y volverlos a cero. El otro es independiente que al presionarlo retorna la aguja a cero y soltándolo inmediatamente la aguja recomienza su marcha.

2.9.1.1. Método de lectura con retroceso a cero

El método consiste en presionar y soltar inmediatamente la corana del cronometro cuando termina cada elemento, para que la aguja se regrese a cero y empiece de inmediato su marcha nuevamente.

- Ventajas:
 - La toma de tiempo es más exacto, ya que proporciona en forma directa el tiempo de duración de cada elemento.
 - Cada lectura comienza desde cero.
 - Se utiliza solo un cronómetro el menos costoso.

³² GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 430.

- Desventajas:
 - La toma de tiempo se realiza con la manecilla en movimiento.
 - Se pierde tiempo durante cada uno de los retrocesos por eso es menos exacto.
 - Como la toma de tiempo se inicia en cero el error que cometa no tiene a compensarse.

2.9.2. Tablas de Westinghouse

Un método muy utilizado para calificar es el método desarrollado por Westinghouse Electric Company. Se basa en calificar la habilidad, esfuerzo, condiciones laborales y consistencia, la habilidad de una persona aumenta con el tiempo, debido a que al familiarizarse con el trabajo alcanzará mayor rapidez, movimientos suaves y menores dudas.

2.9.2.1. Método de calificación

“Se analizan cuatro métodos de calificación que serán utilizados según las características de cada empresa, trabajo u operario, y considerando las posible políticas y datos que se recopilan”.³³

- Nivelación: cuando se utiliza este método, al evaluar la actuación del operador se consideran cuatro factores habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.
- Habilidad: es el aprovechamiento al seguir un método dado. El observador debe calificar y evaluar la habilidad desplegada por el

³³ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 435.

operador dentro de una de seis clases habilísimo, excelente, buena, medio, regular y malo, Luego, la calificación de la habilidad se traduce a su porcentaje equivalente de valor, que va de 15 % hasta 22 %.

- Esfuerzo: es la demostración de la voluntad, para trabajar con eficiencia. El esfuerzo es representativo de la velocidad con que se aplica la habilidad y puede ser controlada en un alto grado por el operador. El observador debe calificar y evaluar el esfuerzo desplegada por el operador dentro de una de seis clases excesivo, excelente, buena, medio, regular y malo. Luego, la calificación de esfuerzo se traduce a su porcentaje equivalente de valor, que va de 13 % hasta 17 %.

2.9.2.2. Calificación objetiva

Es un método según el cual se califican el ritmo y la dificultad de trabajo. Bajo este procedimiento, el operador se califica exactamente en la misma forma que el método de calificación, pero posteriormente se selecciona un segundo factor de ajuste que toma en cuenta la dificultad de trabajo.

2.9.2.3. Suplementos del estudio de tiempos

Son tres los suplementos que pueden concederse en un estudio de tiempo:

- Suplementos por retrasos personales.
- Suplementos por retrasos por fatiga (descanso).
- Suplementos por retrasos especiales, incluye:
 - Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes.

- Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión.
- Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva.

2.9.2.4. Suplementos por retrasos por fatiga

Fatiga: se puede definir como el estado física o mental imaginaria o real de una persona que puede influir en la capacidad de trabajo. También se puede definir como la reducción de la habilidad para realizar un trabajo.

Factores que pueden producir fatiga:

- Tipo de trabajo
- Monotonía y tedio
- Ausencia de descansos apropiados
- Esfuerzo físico y mental requeridos
- Condiciones climáticas

- Los factores que deben tener en cuenta para calcular el suplemento son:
 - Trabajo de pie
 - Postura anormal
 - Levantamiento de pesos
 - Intensidad de la luz
 - Calidad del aire
 - Tensión visual
 - Tensión auditiva
 - Tensión mental

- Monotonía mental
- Monotonía física

2.9.3. Tiempo normal

Es tiempo requerido por un operario normal para realizar una operación cuando trabaja con una velocidad estándar sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables. Para obtener el tiempo normal, se debe multiplicar el tiempo cronometrado por el factor de calificación, que este último se obtiene con la ayuda de las tablas de "Westinghouse que considera cuatro factores habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia".³⁴

2.9.4. Tiempo estándar

Es el tiempo requerido por un operario para terminar una unidad de trabajo, que posee la habilidad requerida y una velocidad normal que pueda mantenerla día tras día sin presentar fatiga. "Para obtener el tiempo estándar se debe multiplicar el tiempo normal por (1+tolerancia) la tolerancia se obtiene con la ayuda de la tabla de suplementos".³⁵

- Tolerancia: se define como la suma de los suplementos constantes y variables que afectan el desempeño del operario.

2.10. Sistema SME

Para empresas que quieren incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de *stock* resulta crítico reducir al mínimo los tiempos tanto

³⁴ GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la producción*. p. 440.

³⁵ RODRÍGUEZ, Isai. *Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas*. p. 65.

para los cambios de herramientas como para las preparaciones. Esta necesidad viene a su vez insertada dentro de la filosofía de reducción de tiempo o máxima velocidad, que hoy todo lo invade, desde la capacidad de rápida atención, a la reducción de tiempos de respuesta. Además de menores plazos desde la investigación y diseño hasta el inicio de la producción y puesta del producto en el mercado, y la reducción en los plazos de elaboración.

El tiempo vale oro, y cada día ello toma mayor importancia tanto desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, como desde los costos y de la capacidad competitiva de la empresa. Para empresas que quieren incrementar su flexibilidad y al mismo tiempo disminuir sus niveles de *stock* resulta crítico reducir al mínimo los tiempos, tanto para los cambios de herramientas como para las preparaciones.

Esta necesidad viene a su vez insertada dentro de la filosofía de reducción de tiempo o máxima velocidad, que hoy todo lo invade, desde la capacidad de rápida atención, a la reducción de tiempos de respuesta, menores plazos desde la investigación y diseño hasta el inicio de la producción y puesta del producto en el mercado, y la reducción en los plazos de elaboración. El tiempo vale oro, y cada día ello toma mayor importancia tanto desde el punto de vista de la satisfacción del cliente, como desde los costos y de la capacidad competitiva de la empresa.

3. ANÁLISIS DE RENDIMIENTO

3.1. Productividad

Es la medida para determinar la relación que existe entre la cantidad que se produce y la cantidad de recursos que se necesitan para producirlos. Para este estudio se utilizarán las botellas que se llenan de producto, y como recurso el tiempo ya que de esto dependen la mayoría de los otros recursos para producir el productos.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Botellas llenadas}}{\text{Tiempo}} = \frac{1 \text{ Botella llenada}}{\text{Costo}}$$

La tabla VI da la productividad esperada para cada diferente producto, que la empresa tiene como parámetro de trabajo. Esto significa que sería la productividad ideal.

Tabla VI. **Productividad**

Producto	(Botellas/Minuto)	(Cajas/Minuto)
6,5 oz Coca Cola	600	25
12 oz Coca Cola	600	25
12 oz, Shangri-La Fanta Uva y Naranja	500	21
0,5 Lt Coca Cola	450	19

Fuente: Empresa en estudio.

Tabla VII. **Consumo de tiempo por caja**

Producto	Segundos/Caja
6,5 oz Coca Cola	2,4
12 oz Coca Cola	2,4
12 oz Shangri-La, Fanta Uva y Naranja	3,20
0,5 Lt Coca Cola	2,89

Fuente: Empresa en estudio.

3.1.1. **Capacidad de producción**

La capacidad de producción de la línea es la cantidad de unidades que puede producir en una unidad de tiempo. Esto se toma como la velocidad más lenta de todas las operaciones que se realizan, esta será la máxima velocidad con que puede producir la línea.

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Botellas llenadas}}{\text{Unidad de tiempo}}$$

La línea de producción llena diferentes tipos de tamaño de botella y de producto. Para lo cual las velocidades de producción cambian en la llenadora, ya que esta cambia según el producto.

Tabla VIII. **Velocidades máquinas (botellas/minuto)**

	Despaletizadora	Desempacadora	Lavadora de cajas	Lavadora Botella	Llenadora	Empacadora	Paletizadora
Promedio	900	653	694	740	530	700	808
Desviación estándar	25	57	169	26	63	32	55
Max	929	720	1 028	768	600	720	900
Min	881	554	517	708	450	654	751

Fuente: elaboración propia.

La velocidades que trabaja la llenadora dependen del presentación y formato. Por ello, la línea se adapta a velocidad con que trabaja esta máquina. A continuación se presenta una tabla de las velocidades que trabaja la llenadora para las diferentes presentaciones y formatos.

Tabla IX. **Velocidad llenadora**

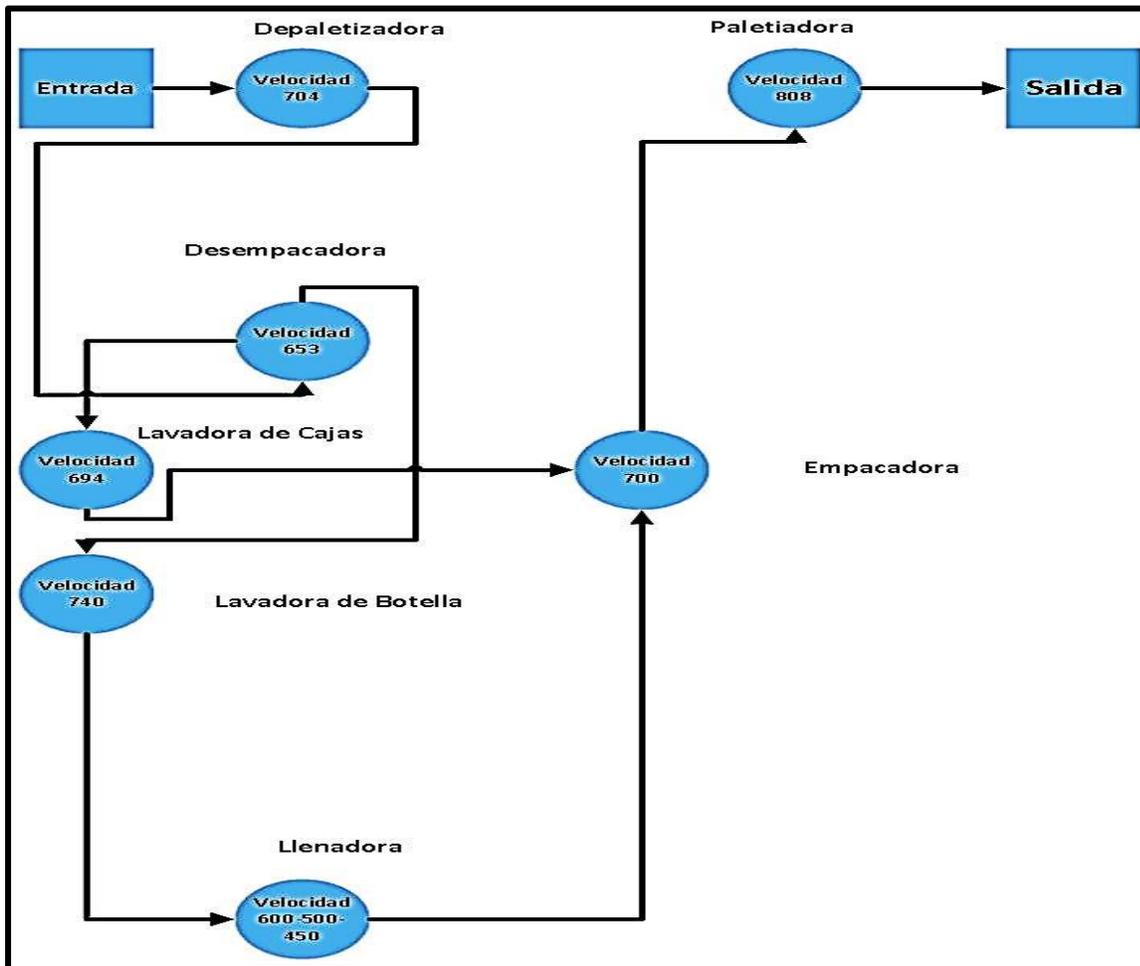
Producto	Velocidad (Botellas/Minuto)	Velocidad (Cajas/Minuto)
6,5 oz Coca Cola	600	25
12 oz Coca Cola	600	25
12 oz, Shangri-La Fanta Uva y Naranja	500	21
0,5 Lt Coca Cola	450	19

Fuente. Empresa en estudio.

3.1.2. Velocidades de las máquinas línea de envasado

La capacidad de la línea de producción es la de la llenadora que tiene su máxima velocidad con 600 Botellas/Minuto y de 25 Cajas/Minuto. Por ello, es la mayor cantidad de unidades que puede producir la línea idealmente sin paros y que las máquinas trabajen sin paros y a su máxima velocidad. La menor velocidad sería para el producto Coca-Cola ½ litro, la cual es de 450 Botellas/Minuto y de 19 Cajas/Minuto.

Figura 18. Velocidades línea de producción



Fuente: elaboración propia.

3.2. Eficiencia

Es el porcentaje con que utiliza en su totalidad los recursos para producir a la mayor capacidad posible en el mayor tiempo posible y con la calidad que requiere el producto. Para evaluar el rendimiento de la línea de producción se analizará la eficiencia global conocida como OEE, con la finalidad de conocer el rendimiento de la línea de producción.

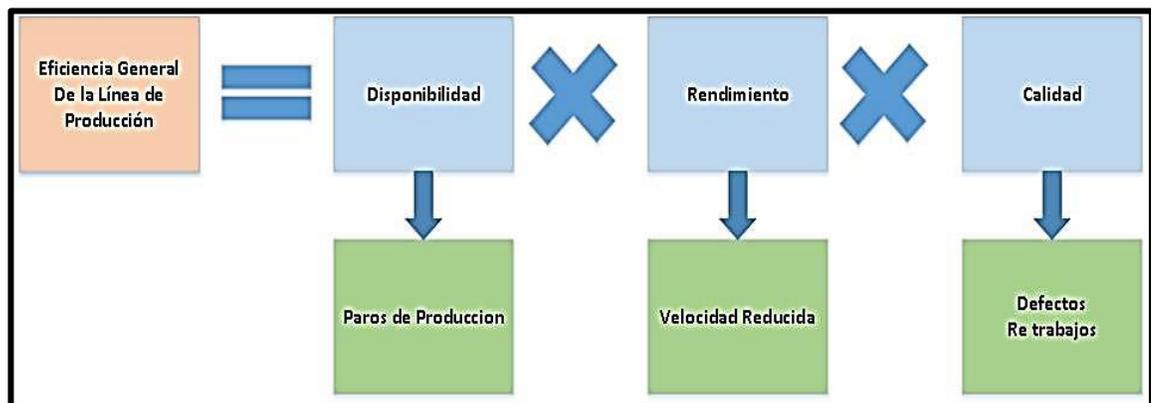
3.3. Eficiencia Global OEE

Para el cálculo de la eficiencia global, de la línea de producción, se debe de evaluar tres aspectos rendimiento, disponibilidad y calidad.

$$Eficiencia\ global = Eficiencia\ disponibilida * Eficiencia\ tendimiento * Eficiencia\ calidad$$

Para realizar el estudio de la eficiencia se realiza el estudio para cada uno de los aspectos de la eficiencia global.

Figura 19. Diagrama cálculo de eficiencia global



Fuente: elaboración propia.

3.3.1. Rendimiento

Este aspecto evalúa el porcentaje de las velocidad con que las máquinas trabajan realmente y su velocidad de diseño. Para lo cual se evaluará únicamente la velocidad de la máquina más lenta, ya que esta es la que marca la mayor capacidad de producción que sería la velocidad de la llenadora.

$$\text{Eficiencia Rendimiento} = \frac{\text{Velocidad operativa}}{\text{Velocidad de diseño}}$$

Donde

- Velocidad operativa: es la velocidad con que las máquinas trabajan realmente, la cual puede ser igual o menor a la de diseño, ya que al pasar el tiempo las máquinas tienen deteriorarse y disminuir su velocidad.
- Velocidad de diseño: es la velocidad máxima que puede trabajar la máquina, la cual estipula el fabricante.

Para el estudio del rendimiento de las máquinas se toma como la velocidad de diseño la estipulada por la empresa, como su velocidades de producción ideales.

Tabla X. **Velocidades llenadora por producto**

Producto	Botellas/Caja	Cajas/Minuto	Cajas/hora
6,5 oz Coca Cola	24	25	1 500
12 oz Coca Cola	24	25	1 500
12 oz, Shangri-La Fanta Uva y Naranja	24	21	1 250
0,5 Lt Coca Cola	24	19	1 125

Fuente: Empresa en estudio.

Para el estudio de las velocidades se tomaron los reportes del jefe de línea, donde coloca la velocidad con que se trabajaron y el tiempo que trabajaron a esa velocidad.

Fecha de estudio: 02/01/2015 a 06/02/2015

Tabla XI. **Tiempos de estudio**

Días	Turnos	Horas	Minutos
31	88	648	38 880

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Turnos de estudio**

Turno 1	Turno 2	Turno 3	Total
30	30	28	88

Fuente: elaboración propia.

Los reportes de producción contienen el tiempo y velocidad en que trabajaron en su respectivo turno. Por ello cual se manejan en su mayoría 2 tipos de velocidades de trabajo durante diferente tiempo. En la siguiente tabla se presentan los resultados de promedio de tiempo y velocidad que se trabajaron durante el estudio.

Tabla XIII. **Promedio de velocidades**

Velocidad 1 (Botellas/Minuto)	Tiempo Velocidad 1 (Horas)	Velocidad 2 (Botellas /Minuto)	Tiempo Velocidad 2 (Horas)	Velocidad de Diseño	Tiempo Velocidad de Diseño (Horas)
474,64	342,88	506,42	186,32	538,64	529,19

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.1. **Porcentaje de rendimiento**

Este porcentaje compara el promedio de velocidades que se trabajaron con el promedio de velocidad de diseño que se tuvo que haber trabajado.

$$\text{Rendimiento de la Velocidad} = \frac{\text{Velocidad de trabajado realmente}}{\text{Velocidad de diseño}}$$

Cálculo de rendimiento para las velocidades 1 y 2.

$$\text{Rendimiento de la Velocidad 1} = \frac{\text{Promedio velocidad de trabajado 1}}{\text{Promedio velocidad de diseño}}$$

Tabla XIV. **Porcentaje de rendimiento**

Velocidad 1 (Botellas /Minuto)	Velocidad 2 (Botellas /Minuto)
89,69 %	95,70 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2. **Porcentajes de tiempo**

Este representa el tiempo que se trabajó a las velocidades 1 y 2, durante todo el tiempo de estudio.

Tabla XV. **Porcentajes de tiempo trabajados a distintas velocidades**

Tiempo Velocidad 1	Tiempo Velocidad 2
64,79 %	35,21 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.3. **Cálculo eficiencia de rendimiento**

Para el cálculo del rendimiento se toman las velocidades de producción 1 y 2, con su respectivo tiempo para conocer un promedio ponderado de rendimiento de la maquinaria.

$$\text{Eficiencia Rendimiento} = \frac{(\text{Velocidad 1} * \text{Tiempo 1})(\text{Velocidad 2} * \text{Tiempo 2})}{(\text{Velocidad diseño} * \text{Tiempo total})}$$

Eficiencia rendimiento
90,20 %

3.3.1.4. Resultados rendimiento

Para saber qué resultados se obtienen en el transcurso de las actividades que se realiza y si está siendo favorable se debe medir, así se sabe si se consiguen los objetivos.

Tabla XVI. **Comportamiento de rendimiento por día**

Fecha	Promedio eficiencia	Fecha	Promedio eficiencia
02/01/2015	89 %	21/01/2015	94 %
03/01/2015	82 %	22/01/2015	96 %
05/01/2015	78 %	23/01/2015	90 %
06/01/2015	89 %	24/01/2015	83 %
07/01/2015	100 %	26/01/2015	74 %
08/01/2015	83 %	27/01/2015	99 %
09/01/2015	89 %	28/01/2015	96 %
10/01/2015	86 %	29/01/2015	89 %
11/01/2015	89 %	30/01/2015	100 %
12/01/2015	69 %	31/01/2015	86 %
13/01/2015	88 %	02/02/2015	100 %
14/01/2015	67 %	03/02/2015	96 %
15/01/2015	76 %	04/02/2015	100 %
16/01/2015	89 %	05/02/2015	114 %
17/01/2015	83 %	06/02/2015	110 %
20/01/2015	90 %	Promedio	89 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Promedio de rendimiento por turno**

Turno	Promedio eficiencia
1	88 %
2	91 %
3	89 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Promedio de rendimiento por producto**

Producto	Promedio eficiencia
Coca-Cola 192 mL	87 %
Coca-Cola 354 mL	85 %
Coca-Cola 500 mL	93 %
Fanta 354 mL	102 %
Shangri La 354 mL	92 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Calidad

En este aspecto lo que se quiere determinar es el porcentaje de productos que se producen cumpliendo con la calidad requerida y no se tengan que rechazar durante el proceso o en las revisiones que se realizan al finalizar el proceso.

$$\text{Eficiencia calidad} = \frac{\text{Unidades aceptadas}}{\text{Unidades producidas}}$$

Fecha de estudio: 02/01/2015 a 31/02/2015

Los datos obtenidos de reportes de calidad y de jefe de línea, se obtienen de dos tipos de producto rechazado que son:

3.3.2.1. Rechazo en proceso

Este rechazo se realiza en el proceso de llenado, en donde un operario inspecciona si las botellas llevan cantidad adecuada de producto. También si tienen algún tipo de defecto que se puede ver a simple vista. Estos defectos pueden ser:

- Evidente desproporción de jarabe
- No posee el contenido correcto de producto
- Suciedad
- Que no tenga tapa

3.3.2.2. Rechazo en inspección final

Este rechazo lo realiza el Departamento de Calidad el cual realiza diferentes pruebas de las cualidades que debe poseer el producto. Estos defectos pueden ser:

- Gas bajo
- Gas alto
- Brix alto
- Brix bajo
- Codificación
- Presencia de glucosa

Para el estudio de calidad se tomaron los datos proporcionados por la empresa, en donde ellos llevan el control de calidad, en el cual se realiza el control del producto y se libera o rechaza. Liberar es cuando es aceptado el eslabón lo que es un conjunto de tarimas de producto, al cual le realizan las pruebas para su aceptación.

3.3.2.3. Indicador de calidad

Estos números representa el promedio de los porcentajes de aceptación y rechazo, de todos los lotes que se estudiaron.

Tabla XIX. **Indicadores de estudio de calidad**

Estadísticas	Porcentaje eficiencia
Promedio	63 %
Desviación estándar	32 %
Max	100 %
Mínimo	10 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Resultados de eficiencia de calidad**

Resultado de eficiencia calidad
63,17 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.4. **Resultados calidad**

Corresponde a la estructura organizacional, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para implementar la gestión de calidad.

Tabla XXI. **Comportamiento de calidad por día**

Fecha	Eficiencia	Fecha	Eficiencia
02-ene	60 %	21-ene	30 %
03-ene	40 %	22-ene	50 %
05-ene	45 %	23-ene	67 %
06-ene	100 %	24-ene	100 %
07-ene	50 %	26-ene	100 %
08-ene	100 %	27-ene	100 %
09-ene	100 %	28-ene	20 %
10-ene	33 %	29-ene	20 %
11-ene	100 %	30-ene	100 %
12-ene	100 %	31-ene	50 %
13-ene	50 %	02-feb	100 %
14-ene	10 %	03-feb	20 %
15-ene	33 %	04-feb	50 %
16-ene	100 %	05-feb	50 %
17-ene	40 %	06-feb	100 %
20-ene	40 %		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Tabla calidad por turno**

Turno	Promedio liberado	Promedio rechazado
1	35,62 %	64,38 %
2	82,19 %	17,81 %
3	82,19 %	17,81 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Tabla causa de rechazo de producto**

Causa	Alto	Bajo
Gas	23 %	36 %
Brix	15 %	26 %

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Disponibilidad

Aquí se evalúa el porcentaje de tiempo que realmente se trabaja, en relación al tiempo que se tiene programado trabajar. Para lo cual se tienen que considerar las jornadas de trabajo, en que opera la línea y los días.

$$\text{Eficiencia Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo trabajado realmente}}{\text{Tiempo programado}}$$

Tabla XXIV. **Jornadas de trabajo**

TURNOS	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
1	06:00-14:00	06:00-14:00	06:00-14:00	06:00-14:00	06:00-14:00	06:00-10:00
2	14:00-20:30	14:00-20:30	14:00-20:30	14:00-20:30	14:00-20:30	10:00-18:00
3	20:30-02:30	20:30-02:30	20:30-02:30	20:30-02:30	20:30-02:30	18:00-00:00

Fuente: Empresa en estudio.

Para este estudio se tomaran dos tipos de información para su evaluación que después se comparan resultados entre sí, para conocer realmente las causas de los paros de producción.

3.3.3.1. Rendimiento información recolectada

El primer tipo de información se obtuvo directamente de la línea de producción cronometrando el tiempo del paro y la causa.

Para lo cual se realizó un estudio durante 15 días, en el cual se tomaron datos del funcionamiento de la línea de producción, y después comparar con los reportes que entregan el jefe de Línea.

El propósito de la toma de datos propia es compararlos con los datos de reportes de jefe de Producción para sacar una mejor conclusión de lo que ocurre.

3.3.3.2. Rendimiento información reportes

Esta información se obtuvo de los reportes que el jefe de línea entrega al Departamento de Producción de los paros ocurridos en su turno con una breve descripción de la causa y su duración.

Para lo cual se realizó durante 30 días. En ella se tomaron datos de los reportes de respectivos días

Tabla XXV. Estudio de disponibilidad

Información	Días de estudio	Tiempos de estudio (Horas)	Turnos de estudio
Reportes	02/01/2015-06/02/2015	648	1,2,3
Recopilada	02/01/2015-04/02/2015	82,57	1,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Resultados de estudio

Información	Tiempo de estudio (Horas)	Tiempo trabajado eficazmente (Horas)	Tiempo de paro de producción (Horas)
Recopilada	82,57	57,82	24,76
Reportes	648	401,93	246,07

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVII. Tiempo de paro (minutos)

Producto	Reportes			Total reportes	Recopilada		Total recopilada
	Turno 1	Turno 2	Turno 3		Turno1	Turno1	
Coca-Cola 192	570	327	471	1 368	265	32	296
Coca-Cola 354	1 792	2 131	2 139	6 062	420		420
Coca-Cola 500	2 107	1 832	1 340	5 279	433	54	487
Fanta 354	270	459	112	841	246	3	249
Shangri-La354	951	253	10	1 214	33		33
Total general (Horas)	95	83	68	246	23	1	25

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. Porcentajes disponibilidad

Información	Tiempo de trabajado eficazmente	Tiempo de paro de producción
Reportes	62,03 %	37,97 %
Recopilada	70,03 %	29,97 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Diferencia de eficiencia disponibilidad**

Diferencia de eficiencia disponibilidad
08,00 %

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de los paros de producción se estudiarán en el siguiente capítulo y resultados generales de la pérdida de eficiencia.

3.4. Resultado de eficiencia general

Después de obtener las eficiencias correspondientes a la disponibilidad, rendimiento y calidad se procede a calcular la eficiencia global.

$$Eficiencia\ Global = Eficiencia\ disponibilidad * Eficiencia\ Rendimiento * Eficiencia\ calidad$$

3.4.1. Cálculo de eficiencia global

El cálculo se hará para con base en dos tipos de información al que se tuvo disponibilidad. Los resultados de calidad y rendimiento de maquinaria se mantienen en los dos estudios igual.

$$Eficiencia\ reportes = 0,9020 * 0,6317 * 0,6203 = 0,3534$$

$$Eficiencia\ recopilada = 0,9020 * 0,6317 * 0,7003 = 0,3990$$

Como resultado una eficiencia global según información reportes es de:

35,34 %

Como resultado una eficiencia global según información recopilada es de:

39,90 %

3.4.2. Eficiencia por cajas producidas producción

Esta eficiencia se basa en la cantidad de producto que produce en relación a la cantidad de producto que se espera con base en las horas de trabajo, que es la eficiencia que maneja el Departamento de Producción.

$$Eficiencia = \frac{Cajas\ producidas}{Cajas\ esperadas}$$

Tabla XXX. Datos de cajas producidas

Cajas producidas	Cajas esperadas	Eficiencia
347 618	883 750	39,33 %

Fuente: elaboración propia.

3.5. Comparaciones resultados de eficiencia por cajas y eficiencia global

La eficiencia que toma el Departamento de Producción es la de la cantidad de cajas en relación a las cajas esperadas. No toma en cuenta el producto que rechaza el Departamento de Calidad cuando realiza el control de calidad, por lo cual se compara los resultados, pero la eficiencia global sin agregarle la eficiencia por calidad.

Tabla XXXI. **Comparación resultados de eficiencias**

Información	Eficiencia global	Eficiencia rendimiento, disponibilidad	Eficiencia real (Cajas producidas)
Reportes	23,35 %	55,95 %	39,33 %
Recopilada	25,84 %	63,16 %	39,33 %

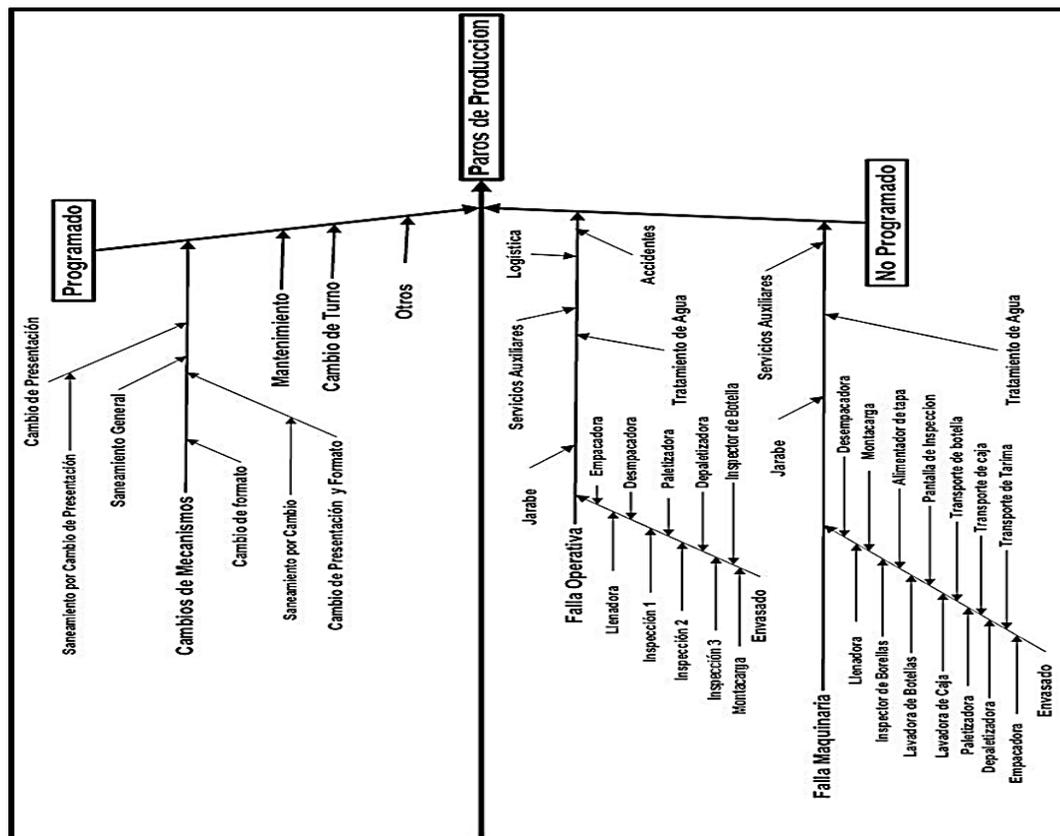
Fuente: elaboración propia.

4. PAROS DE PRODUCCIÓN

4.1. Causas de los paros de producción

En esta parte se estudian las causas de los paros de producción, que son los tiempos en la línea de producción para por algún motivo. Por ello deja de producir reduciendo el rendimiento de la misma.

Figura 20. Diagrama de causas de paros de producción



Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Paros programados

Estos son todos aquellos que se deben saber con antelación, ya que son necesarios, y se pueden planificar, porque a menudo ocurren con una frecuencia conocida.

4.1.1.1. Cambio de mecanismos

Este paro abarca todos el tiempo en que se para la línea, cuando es necesario ya sea por saneamiento por norma o porque se realizará algún cambio de presentación o formato. Los cuales pueden ser los siguientes:

- Cambio de presentación: cuando se realiza un cambio de sabor, pero no de botella.
- Cambio de formato: cuando se realiza un cambio de botella, pero no de sabor.
- Cambio de presentación y formato: esto es cuando se cambia de sabor y de botella.
- Saneamiento: se realiza cuando existe un cambio de presentación y al finalizar la jornada de trabajo con el último turno.

Tabla XXXII. Saneamiento en cambios de presentación

Producto Posterior	Fanta Uva	Sprite	Fanta Naranja	Shangri-la	Coca Cola
Fanta Uva		SPF	SPF	SPF	SPF
Sprite	E		E	3PF	3PF
Fanta Naranja	E	E		3PF	3PF
Shangri-La	E	E	E		3PF
Coca Cola	3PF	3PF	3PF	3PF	

Fuente: Empresa en estudio.

Tabla XXXIII. **Simbología para saneamientos**

Simbología	
Enjuague con agua tratada	E
Tres pasos en frío	3PF

Fuente: Empresa en estudio.

Tabla XXXIV. **Duración para los tipos de saneamiento**

Tiempo	
Enjuague con agua tratada	25 Minutos
Tres pasos en frío	60 Minutos
Cinco paso en frío	90 Minutos

Fuente: Empresa en estudio.

4.1.1.2. Mantenimiento preventivo

En este tipo de paro es cuando se tiene que realizar los mantenimientos de las máquinas periódicamente como lo especifica el fabricante. También porque se ha detectado alguna anomalía que pudiese tener un riesgo mayor el cual se puede planificar en conjunto al departamento de producción. Entre los cuales existen las diferentes áreas de equipos:

- Tratamiento de agua
- Envasado
- Sala de jarabes
- Equipos auxiliares

4.1.1.3. Cambio de turno

Este tipo de paro ocurre en el tiempo en que el personal cambia, en los diferentes turnos, en el cual se pierde tiempo porque se tienen que para las máquinas para que el nuevo personal ocupe su puesto.

4.1.1.4. Otros

Este tipo de paros son poco frecuentes pero se pueden planificar. Entre los cuales se pueden encontrar:

- Charlas de jefe de línea
- Seminarios
- Capacitaciones

4.2. Paros no programados

Este es el tiempo que se pierde porque existen alguna falla que no se esta prevista y que ocurre por alguna mala gestión o falla de la maquinaria.

4.2.1. Falla operativa

Este ocurre cuando alguien del personal de los diferentes departamentos no realiza sus acciones de forma adecuada. Por lo cual la línea para y se deja de producir, entre esta se encuentran las siguientes áreas:

- Envasado
- Servicios auxiliares
- Tratamiento de agua

- Sala de jarabes
- Suministros

Haciendo énfasis en que la parte enfocada, es el área de envasado el cual cuenta con los siguientes puestos operativos:

- Paletizado
- Depaletizado
- Empacadora
- Desempacadora
- Llenadora
- Inspector

4.2.2. Falla mecánica

Cuando la maquinaria o equipos fallan en cualquiera de los procesos, se interrumpe la producción en el tiempo que dura el realizar la reparación del equipo. Esta falla también contempla las fallas eléctricas en las diferentes áreas.

- Envasado
- Servicios auxiliares
- Tratamiento de agua
- Sala de jarabes

4.3. Estudio de paros de producción

En esta parte se desarrollan a profundidad los resultados de los paros de producción y su cuantificación.

4.3.1. Obtención de datos

Es la actividad principal que el sistema de control de tiempos no productivos tiene para el análisis y toma de decisiones con respecto a los paros de actividad durante una corrida de producción.

La obtención de datos se realiza en cada corrida de producción, y esta es realizada por supervisores, mecánicos, electricistas y operarios que se encuentra en la línea. La obtención de datos es iniciada desde el momento en que la línea comienza su actividad de producción. La información es anotada en hojas de control que previamente han sido diseñadas y entregadas a cada responsable de anotar los paros que vayan surgiendo durante la actividad de producción. En las hojas de control, se anota la siguiente información:

- Número de línea de producción
- Presentación del producto
- Sabor
- Turno en que se trabaja
- Fecha de producción
- Hora de inicio de la producción
- Tiempo de paro
- Máquina que causó el paro
- La causa que generó el paro
- Actividad que se realiza para solucionar la causa del paro

Esta información es anotada y detallada en cada hoja de control de tiempos no productivos.

4.4. Resultados paros de producción

En esta parte se analizará los resultados obtenidos respecto a todos los paros de producción y sus causas para lo cual se utilizarán datos estadísticos de los datos obtenidos en el estudio realizado.

4.4.1. Indicadores

El indicador (Minutos de Paro/Hora de trabajo) no dice el tiempo en minutos que se pierde por hora de trabajo estipulada.

$$\text{Indicador} = \frac{\text{Minutos paro}}{\text{Horas de estudio}}$$

Tabla XXXV. **Indicadores de tiempo de paro**

Information	(Minutos de paro/Hora de trabajo)
Reportes	36,73
Recopilada	25,68

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Paros de producción

En esta parte se analizarán los datos de los paros de producción, a través de herramientas estadísticas para describir cómo afecta a la producción y sus causas.

Para analizar se vivieron las causas de los paros de producción por niveles, el cual se obtuvo del diagrama de causa-efecto que se encuentra anteriormente en para poner organizar de mejor forma el estudio. La siguiente tabla presenta el formato para el análisis de paros de producción.

Tabla XXXVI. **Asignación de paros de producción**

Tipo de paro	Clasificación		Categoría	Causa
		Símbolo		
Programado	Cambio de turno	CT	T1-T2/T2-T3/Corte Final	
	Cambio de formato	CF	192mL>354mL	
			192mL>500mL	
			354mL>192mL	
			354mL>500mL	
			500mL>192mL	
	Cambio de presentación	CP	500mL>354mL	
			Coca-Cola>Fanta	
			Coca-Cola>Shangri-La	
			Fanta>Coca-Cola	
			Shangri-La>Coca-Cola	
	Saneamiento	SA	Fanta>Shangri-La	
			Shangri-La>Fanta	
5 Etapas				
Mantenimiento	MAN			
Cambio de presentación y formato	CPF			
Otros	OT			
No programado	Operativa	OP	Envasado	Mecánica/Eléctrica
			Logística	Falla administración
			Servicios Auxiliares	Mecánica/Eléctrica
			Jarabe	Mecánica/Eléctrica
			Tratamiento de agua	Mecánica/Eléctrica
	Maquinaria	MAQ	Otros	Mecánica/Eléctrica
			Servicios Auxiliares	Mecánica/Eléctrica
			Servicios Auxiliares	Mecánica/Eléctrica
			Envasado	Mecánica/Eléctrica
			Tratamiento de agua	Mecánica/Eléctrica
Sistema eléctrico	Mecánica/Eléctrica			
Otros	Mecánica/Eléctrica			

Fuente: elaboración propia.

4.4.2.1. Estudio recolección de información propia

Este estudio se basa en datos obtenidos directamente de la observación del funcionamiento de la línea de producción, cronometrando el tiempo de paro y su causa.

Tabla XXXVII. Formato de recolección de información propia

Paros de producción																		
Fecha						Formato	Coca-cola	Fanta	Shangri-la									
		Turno 1		Turno 2		Turno 3		Hora de inicio	Hora de finalización	200 ml	354 ml	500 ml						
		Tipo de paro				Clasificación							Causa		Máquina			
Hora	Tiempo	Programado		No programado		Programado				No programado			Categoría	Causa				
						CT	CF	CP	SA	MAN	CPF	OT	OP	MAQ		Mecánica	Eléctrica	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVIII. Formato de reportes de producción

Reporte de producción							
Fecha				Línea			
Turno							
Turno				Producto			
Hora	Cajas	Acumulado	Velocidad		Motivo de paro	Tiempo	
06:00-07:00							
07:00-08:00							
08:00-09:00							
09:00-10:00							
10:00-11:00							
11:00-12:00							
12:00-13:00							
13:00-14:00							
14:00-15:00							
15:00-16:00							
16:00-17:00							
17:00-18:00							
18:00-19:00							
19:00-20:00							
20:00-21:00							
21:00-22:00							
22:00-23:00							
23:00-24:00							
00:00-01:00							
01:00-02:00							
02:00-03:00							
Total						Total	
Producto	Un/cf	Cf/hr	Cálculo de eficiencia				
6,5 oz VR	24	1 500	$Eficiencia = \frac{Cajas\ producidas}{Cajas\ esperadas}$			Eficiencia	
12 oz VR	24	1 500					
12 oz SH							
SAB VR	24	1 250					
0,5Lt VR	24	1 125				Jefe de línea	

Fuente: Empresa en estudio.

4.5. Resultados

En esta parte se presenta los resultados estadísticos de los paros de producción.

Tabla XXXIX. Resultados por turno

Turno	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje
1	38,54 %	94,04 %
2	33,88 %	5,96 %
3	27,58 %	0,00 %
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)
1	36,47	3,02
2	33,35	2,77
3	42	0
	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)
1	43,09	8,80
2	28,51	5,45
3	43,01	0
	Max (Minutos)	Max (Minutos)
1	290,00	127,00
2	165,00	30,00
3	231,00	0
	Min (Minutos)	Min (Minutos)
1	5,00	0,00
2	4,00	0,23
3	5,00	0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. Resultados por producto

Producto	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje
C192	9,27 %	19,94 %
C354	41,06 %	28,27 %
C500	35,76 %	32,79 %
F354	5,70 %	16,78 %
S354	8,22 %	2,22 %
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)
C192	57	3
C354	40	4
C500	36	2
F354	20	3
S354	30	8

Continuación de la tabla XL.

	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)
C192	45	5
C354	39	10
C500	42	6
F354	14	15
S354	26	10
	Max (Minutos)	Max (Minutos)
C192	216	30
C354	278	75
C500	290	69
F354	61	127
S354	107	25
	Min (Minutos)	Min (Minutos)
C192	13,0	0,1
C354	4,0	0,3
C500	4,0	0,1
F354	5,0	0,0
S354	5,0	2,3

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Resultados por tipo de paro**

Tipo de paro	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje
No Programado	86,01 %	86,20 %
Programado	13,99 %	13,80 %
	Promedio (Minutos)	Promedio
No Programado	37	3
Programado	36	51
	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)
No Programado	38	6
Programado	42	51
	Max (Minutos)	Max (Minutos)
No Programado	278	75
Programado	290	127
	Min (Minutos)	Min (Minutos)
No Programado	4,0	0,0
Programado	5,0	4,0

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Resultados paro no programados**

Paros no programado	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje
Maquinaria	96,90 %	78,28 %
Operativa	3,10 %	21,72 %
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)
Maquinaria	37,0	2,6
Operativa	32,9	2,6
	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)
Maquinaria	38,2	6,2
Operativa	18,3	4,4
	Max (Minutos)	Max (Minutos)
Maquinaria	278,0	75,0
Operativa	74,0	30,0
	Min (Minutos)	Min (Minutos)
Maquinaria	4,0	0,0
Operativa	5,0	0,2

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Resultados paros programados**

Paro programado	Reportes	Recopilada	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje	Max (Minutos)	Max (Minutos)
Cambio de formato	0,80 %	0,00	16,00	0,00
Cambio de presentación	28,90 %	0,00	136,00	0,00
Cambio de turno	19,18 %	0,00	290,00	0,00
Corte Final	16,19 %	0,00	39,00	0,00
Mantenimiento	2,24 %	0,00	45,00	127,00
Otros	4,43 %	0,00	56,00	69,03
Saneamiento	28,25 %	0,00	61,00	0,00
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)	Min (Minutos)	Min (Minutos)
Cambio de formato	16,00	0,00	16,00	0,00
Cambio de presentación	52,73	0,00	10,00	0,00
Cambio de turno	32,08	0,00	5,00	0,00
Corte Final	19,12	0,00	5,00	0,00
Mantenimiento	45,00	45,33	45,00	4,00
Otros	29,67	35,39	10,00	1,75
Saneamiento	51,55	0	30,00	0,00

Continuación de la tabla XLIII.

	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)		
Cambio de formato	0,00	0,00		
Cambio de presentación	37,00	0,00		
Cambio de turno	78,54	0,00		
Corte Final	8,26	0,00		
Mantenimiento	0,00	57,75		
Otros	19,36	33,64		
Saneamiento	12,10	0,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Resultados paro por falla operativa y maquinaria**

Paro no programado Operativa/Maquinaria	Recopilada Porcentaje	Reportes Porcentaje
Envasado	100,00 %	95,41 %
Jarabe	0	0,53 %
Logística	0	1,95 %
Otros	0	1,44 %
Servicios Auxiliares	0	0,67 %
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)
Envasado	3	37
Jarabe	0	22
Logística	0	35
Otros	0	26
Servicios Auxiliares	0	28
	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)
Envasado	9	38
Jarabe	0	20
Logística	0	20
Otros	0	13
Servicios Auxiliares	0	6
	Max (Minutos)	Max (Minutos)
Envasado	127	278
Jarabe	0	50
Logística	0	74
Otros	0	45
Servicios Auxiliares	0	35

Continuación de la tabla XLIV.

	Min (Minutos)	Min (Minutos)
Envasado	0	4
Jarabe	0	5
Logística	0	13
Otros	0	6
Servicios Auxiliares	0	20

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. **Paros no programados, falla operativa o maquinaria**

Paro no programado	Reportes	Recopilada	Reportes	Recopilada
	Porcentaje	Porcentaje	Max (Minutos)	Max (Minutos)
Envasado	95,39 %	100,00 %	278,00	75,00
Maquinaria	95,39 %	78,28 %	278,00	75,00
Operativa	0,00 %	21,72 %	0,00	30,00
Jarabe	0,53 %	0,00 %	50,00	0,00
Maquinaria	0,49 %	0,00 %	50,00	0,00
Operativa	0,04 %	0,00 %	5,00	0,00
Logística	1,96 %	0,00 %	74,00	0,00
Operativa	1,96 %	0,00 %	74,00	0,00
Otros	1,45 %	0,00 %	45,00	0,00
Maquinaria	0,32 %	0,00 %	20,00	0,00
Operativa	1,12 %	0,00 %	45,00	0,00
Servicios Auxiliares	0,67 %	0,00 %	35,00	0,00
Maquinaria	0,67 %	0,00 %	35,00	0,00
	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)	Min (Minutos)	Min (Minutos)
Envasado	37,15	2,61	4,00	0,00
Maquinaria	37,15	2,61	4,00	0,00
Operativa	0,00	2,65	0,00	0,23
Jarabe	22,33	0,00	5,00	0,00
Maquinaria	31,00	0,00	12,00	0,00
Operativa	5,00	0,00	5,00	0,00
Logística	35,43	0,00	13,00	0,00
Operativa	35,43	0,00	13,00	0,00
Otros	26,14	0,00	6,00	0,00
Maquinaria	13,67	0,00	6,00	0,00
Operativa	35,50	0,00	25,00	0,00
Servicios Auxiliares	28,33	0,00	20,00	0,00
Maquinaria	28,33	0,00	20,00	0,00

Continuación de la tabla XLV.

	Desviación estándar (Minutos)	Desviación estándar (Minutos)		
Envasado	38,49	5,88		
Maquinaria	38,49	6,23		
Operativa	0,00	4,39		
Jarabe	19,77	0,00		
Maquinaria	19,00	0,00		
Operativa	0,00	0,00		
Logística	20,40	0,00		
Operativa	20,40	0,00		
Otros	13,04	0,00		
Maquinaria	5,79	0,00		
Operativa	8,26	0,00		
Servicios Auxiliares	6,24	0,00		
Maquinaria	6,24	0,00		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVI. **Paros de producción falla maquinaria**

Paro no programado	Reportes		Recopilada	
	Maquinaria	Operativa	Maquinaria	Operativa
Tipo de falla	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje	Porcentaje
Maquinaria				
Alimentador de tapas	0,78 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Asevi	6,89 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Codificador n4	0,50 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
Depaletizadora	2,18 %	0,00 %	0,49 %	0,41 %
Desempacadora	5,71 %	0,00 %	0,99 %	1,47 %
Empacadora	10,67 %	0,00 %	7,30 %	6,86 %
Equipo de mezcla	1,55 %	0,00 %	5,87 %	0,00 %
Inspector de botellas	11,16 %	0,00 %	7,66 %	2,09 %
Lavadora de botellas	3,39 %	0,00 %	0,56 %	0,91 %
Lavadora de cajas	0,36 %	0,00 %	29,86 %	4,14 %
Llenadora	41,90 %	0,00 %	0,11 %	0,00 %
Otros	2,36 %	2,01 %	2,05 %	0,12 %
Paletizadora	3,64 %	0,12 %	0,00 %	0,61 %
Pantalla de inspeccion 1	0,00 %	0,00 %	14,90 %	5,12 %
Transportador de botellas	2,16 %	0,00 %	8,49 %	0,00 %
Transportador de cajas	3,89 %	0,22 %	0,00 %	0,00 %
Videoyett	0,52 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %

Continuación de la tabla XLVI.

	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)	Promedio (Minutos)
Alimentador de tapas	97,00	0,00	0,00	0,00
Asevi	45,26	0,00	0,00	0,00
Codificador n4	15,75	0,00	0,00	0,00
Depaletizadora	18,13	0,00	3,14	2,61
Desempacadora	19,24	0,00	3,16	6,25
Empacadora	29,58	0,00	3,46	3,25
Equipo de mezcla	38,60	0,00	75,00	0,00
Inspector de botellas	49,71	0,00	1,96	2,05
Lavadora de botellas	16,27	0,00	2,39	5,85
Lavadora de cajas	15,00	0,00	0,00	0,00
Llenadora	53,89	0,00	2,42	1,20
Otros	29,40	41,83	0,72	0,00
Paletizadora	26,71	15,00	8,75	0,78
Pantalla de inspección 1	0,00	0,00	0,00	3,91
Transportador de botellas	27,00	0,00	1,47	6,55
Transportador de cajas	48,50	27,00	27,15	0,00
Videoyett	21,67	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVII. **Estadísticas paros por falla operativa y maquinaria**

Paro no programado Tipo de falla	Reportes		Recopilada	
	Maquinaria Desviación estándar (Minutos)	Operativa Desviación estándar (Minutos)	Maquinaria Desviación estándar (Minutos)r	Operativa Desviación estándar (Minutos)
Alimentador de tapas	0,00	0,00	0,00	0,00
ASEVI	31,18	0,00	0,00	0,00
Codificador n4	5,85	0,00	0,00	0,00
Depaletizadora	11,00	0,00	2,08	1,08
Desempacadora	13,46	0,00	2,40	3,67
Empacadora	35,86	0,00	2,96	2,45
Equipo de mezcla	29,68	0,00	0,00	0,00
Inspector de botellas	41,42	0,00	2,23	1,76
Lavadora de botellas	15,58	0,00	1,08	4,15
Lavadora de cajas	4,08	0,00	0,00	0,00
Llenadora	46,69	0,00	5,10	0,96
Otros	21,50	19,45	0,22	0,00
Paletizadora	17,77	0,00	10,14	0,14
Pantalla de inspeccion 1	0,00	0,00	0,00	0,91

Continuación de la tabla XLVII.

Transportador de botellas	12,07	0,00	2,92	11,73
Transportador de cajas	63,86	0,00	14,68	
Videoyett	1,70	0,00	0,00	0,00
	Max (Minutos)	Max (Minutos)	Max (Minutos)	Max (Minutos)
Alimentador de tapas	97,00	0,00	0,00	0,00
Asevi	125,00	0,00	0,00	0,00
Codificador n4	23,00	0,00	0,00	0,00
Depaletizadora	45,00	0,00	5,22	3,68
Desempacadora	69,00	0,00	6,10	10,00
Empacadora	189,00	0,00	12,12	9,42
Equipo de mezcla	92,00	0,00	75,00	0,00
Inspector de botellas	164,00	0,00	14,52	6,62
Lavadora de botellas	87,00	0,00	3,73	10,00
Lavadora de cajas	20,00	0,00	0,00	0,00
Llenadora	278,00	0,00	33,43	4,48
Otros	80,00	74,00	0,93	0,00
Paletizadora	68,00	15,00	23,00	0,92
Pantalla de inspeccion 1	0,00	0,00	0,00	4,82
Transportador de botellas	44,00	0,00	31,57	30,00
Transportador de cajas	231,00	27,00	43,00	0,00
Videoyett	24,00		0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. **Valores mínimos registrados maquinaria y operativa**

Paro no programado Tipo de falla	Reportes		Recopilada	
	Maquinaria	Operativa	Maquinaria	Operativa
	Min (Minutos)	Min (Minutos)	Min (Minutos)	Min (Minutos)
Alimentador de tapas	97,00	0,00	0,00	0,00
ASEVI	5,00	0,00	0,00	0,00
Codificador n4	10,00	0,00	0,00	0,00
Depaletizadora	8,00	0,00	1,07	1,53
Desempacadora	4,00	0,00	0,73	1,27
Empacadora	5,00	0,00	0,17	0,85
Equipo de mezcla	10,00	0,00	75,00	0,00
Inspector de botellas	7,00	0,00	0,22	0,42
Lavadora de botellas	4,00	0,00	1,10	1,70
Lavadora de cajas	10,00	0,00	0,00	0,00

Continuación de la tabla XLVIII.

Llenadora	4,00	0,00	0,10	0,23
Otros	6,00	13,00	0,50	0,00
Paletizadora	7,00	15,00	0,25	0,63
Pantalla de inspeccion 1	0,00	0,00	0,00	3,00
Transportador de botellas	7,00	0,00	0,00	0,32
Transportador de cajas	5,00	27,00	4,67	0,00
Videoyett	20,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: elaboración propia.

4.5.1. Productividad

Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.

Tabla XLIX. **Resultados productividad**

Producto	Productividad de diseño (Segundos/Caja)	Promedio de productividad real		
		(Segundos/Caja)	Aumento de tiempo en relación a la productividad de diseño	Porcentaje de aumento de tiempo
Coca Cola 192	2,4	7,24	3,02	201,68 %
Coca Cola 354	2,4	6,3	2,63	162,50 %
Coca Cola 500	3,2	6,92	2,16	116,29 %
Fanta 354	2,89	5,68	1,93	93,43 %
Shangri La 354	2,89	10,8	3,74	273,53 %
		Promedio de % productividad	2,70	270,09 %

Fuente: elaboración propia.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Proceso general

Se describirán los resultados de cómo funciona la línea de producción, y cómo interactuarán todos los factores para general el producto final.

5.1.1. Departamento de Producción

Este se encarga de la planificación y la operación del proceso de producción. En el cual se administra y controla el recurso humano para las diferentes líneas de producción.

5.1.2. Departamento de Mantenimiento

Este se encarga de la planificación y ejecución del mantenimiento de la maquinaria y edificaciones de la planta.

5.1.3. Departamento de Operaciones

Básicamente su función es llevar la logística de distribución del producto terminado.

5.1.4. Departamento de Finanzas

Son los encargados de realizar la parte contable de la empresa y determinar su óptimo funcionamiento.

5.1.5. Departamento de Mercadeo

Se encargan de dar a conocer el producto por medio de *marketing* al cliente potencial.

5.1.6. Departamento de Eventos Especiales

Administran cualquier tipo de actividad para dar a conocer el producto dentro y fuera de la empresa. Esto para dar a conocer nuevas presentaciones de producto o atraer clientes potenciales.

5.1.7. Departamento de Taller Automotriz

En el encargado de realizar las reparaciones de la flota de la empresa.

5.1.8. Departamento de Recursos Humanos

Llevan el control del desarrollo humano de la empresa. Así como capacitaciones, contrataciones, planilla, entre otros.

5.1.9. Proceso de envasado

Las tres fases principales para la producción de la bebida son las siguientes:

- Tratamiento de agua: el agua es uno de los principales ingredientes de la bebida carbonatada. Es evaluada con un proceso riguroso de calidad para cumplir con los requerimientos de la Organización Mundial de la

Salud, la compañía y la Norma ISO de gestión de calidad de los alimentos.

- Bebida terminada: el jarabe terminado junto con el agua tratada se dosifican en proporciones establecidas en un depósito para su mezcla, La bebida de agua con jarabe se impulsa por medio de una bomba al carbonatado. Por efecto de la presión a la que se somete, es transportado por medio de una tubería a la llenadora de botellas.
 - Jarabe simple: el siguiente paso es unir el agua tratada con endulzantes nutritivos ejemplo el azúcar. Este jarabe se filtra a baja presión con esto se logra eliminar cualquier tipo de impureza.
 - Jarabe terminado: este resulta de la unión del jarabe simple con el concentrado de una bebida determinada, el cual es proporcionado por la compañía. En esta etapa se da la filtración y desinfección con los cuales se asegura la inocuidad del producto, eliminando contaminantes químicos y sabores extraños. Se debe tomar en cuenta que el agua antes de ser utilizada pasa por rigurosos métodos de análisis.
- Envasado: el funcionamiento de una línea de producción de bebidas tiene como funcionamiento general. Primero es el ingreso del material base las (botellas), que son transportadas por yales de los camiones de distribución a la máquina departidora que las coloca las cajas en la línea. Luego se le realiza una inspección para separar basura, tapita y botellas que no sean las del producto a llenar. Seguidamente se transporta hacia máquina des empacadora, la cual quien realiza la actividad de separar las cajas y las botellas y colocarlas en diferentes transportes. Luego se transporta a una máquina que realiza el proceso

de enjuague de botella, para luego ser transportado al área de llenado y taponado del producto. En el trayecto las botellas pasan por el inspector de botella el cual realiza una inspección de limpieza y del estado de la botellas.

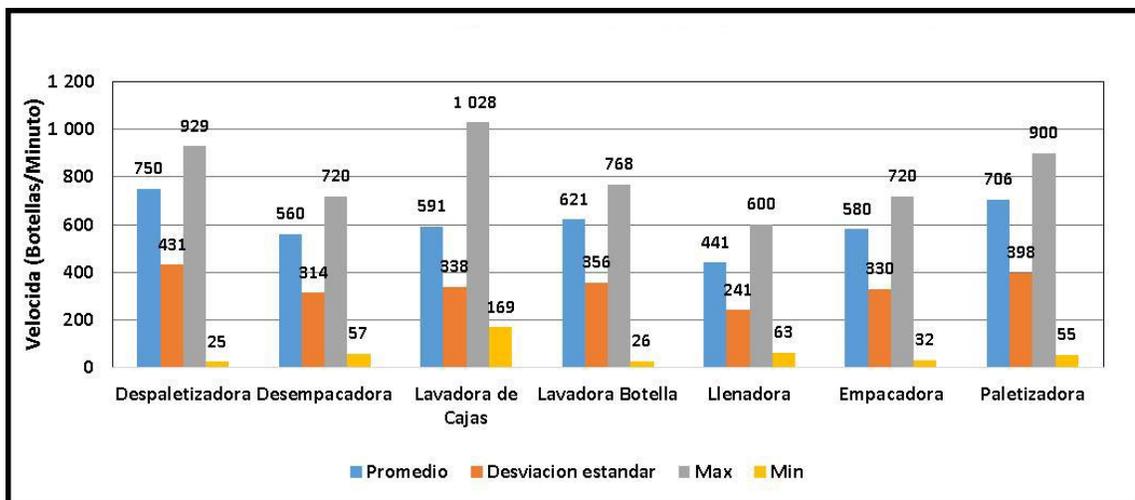
- Para el llenado, el producto es extraído de un equipo de mezcla el cual realiza las combinaciones de los ingredientes del producto, donde se encuentra el producto mezclado con los porcentajes requeridos de jarabe (sabor) y agua. Una vez realizado este proceso, es transportado para una inspección. Esta actividad inspecciona que el producto esté bien sellado, que la marca la botella con su marca correspondiente al tipo de producto, nivel de producto adecuado. Una vez que el producto final cumpla con estas características, es transportado para su respectiva codificación.
- La codificación corresponde a fecha de producción y fecha de vencimiento del producto, codificado el producto, es transportado para su respectivo empaçado. El empaçado del producto es realizado por paquetes, cada paquete tiene un número específico de botella. Este número varía dependiendo de la presentación que se esté trabajando.
- Una vez ordenado el producto, las cajas son transportados al área de paletizado. El paletizado es realizado por un número específico de camas, cada cama tiene un número específico de cajas. Este número es especificado por el tipo de presentación, Una vez realizado este proceso, el producto es transportado a bodega de producto terminado. El siguiente diagrama de flujo muestra el

proceso básico de una línea de producción, dejando ver la entrada y salida de materiales a utilizar.

5.2. Capacidad de producción

Depende de la maquina más lenta de la línea de producción. Esta varía dependiendo el producto esta es la que se toma de parámetro para conocer la capacidad de producción.

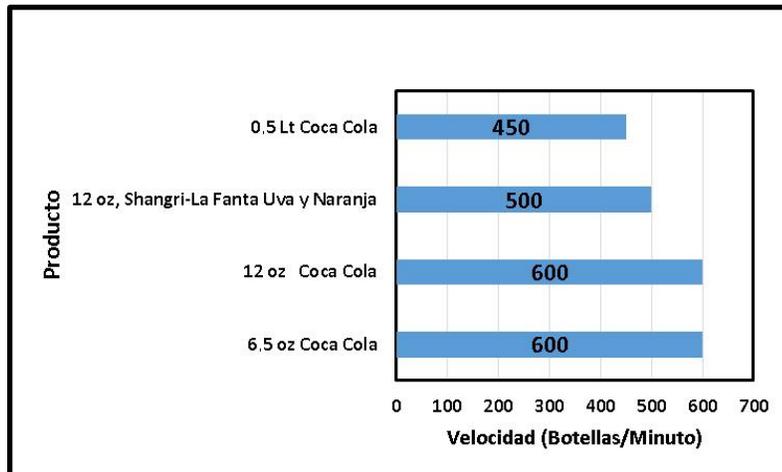
Figura 21. Velocidades maquinaria



Fuente: elaboración propia.

Según resultados de la gráfica figura 20 de velocidades, la llenadora es la maquina más lenta de todo el proceso. Por lo cual la capacidad de producción es la velocidad de la llenadora dependiendo del producto que se esté realizando esta variará la capacidad de producción.

Figura 22. **Capacidad de producción según producto**



Fuente: elaboración propia.

Según gráfico (figura 21), se tienen 3 diferentes velocidades de producción para diferentes productos. Estas son la máxima velocidad de producción para ese producto, las cuales tenemos 600 500 y 450 Botellas/Minuto. Con este parámetro se evalúa posteriormente el rendimiento de la línea de producción.

5.3. Rendimiento

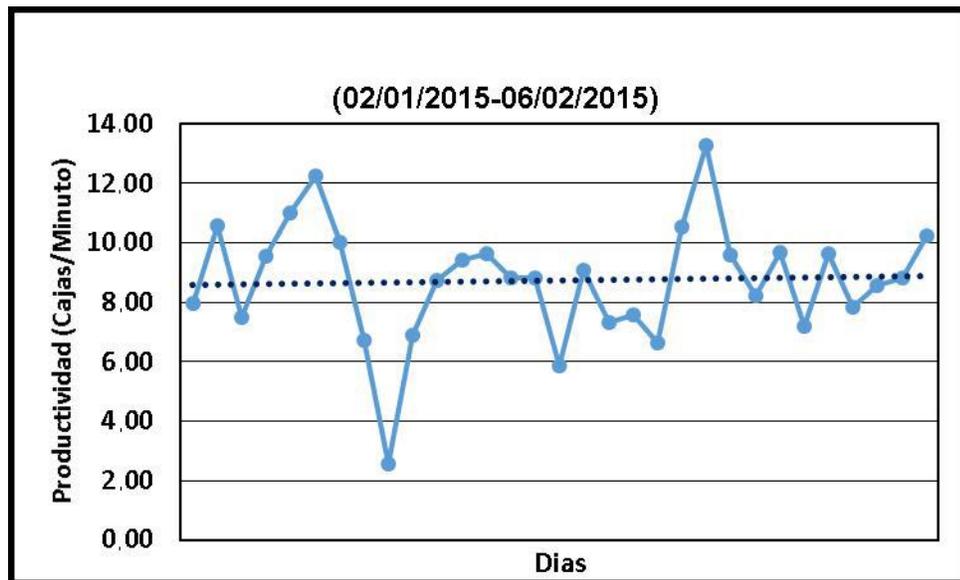
Para evaluar el rendimiento de la línea de producción, se tomarán en cuenta diferentes tipos de indicadores. Estos darán una clara respuesta del rendimiento actual de la línea de producción.

5.3.1. Productividad

En esta parte se evalúa la relación que existe entre la producción y la cantidad de recursos que se usan para llenar una botella, tomando esta como base de análisis en relación al recurso que será el tiempo. La relación es cuánto

tiempo se consume para producir una caja de 24 botellas de producto. En el siguiente gráfico está el registro de productividad durante los días de estudio, sin importar que producto.

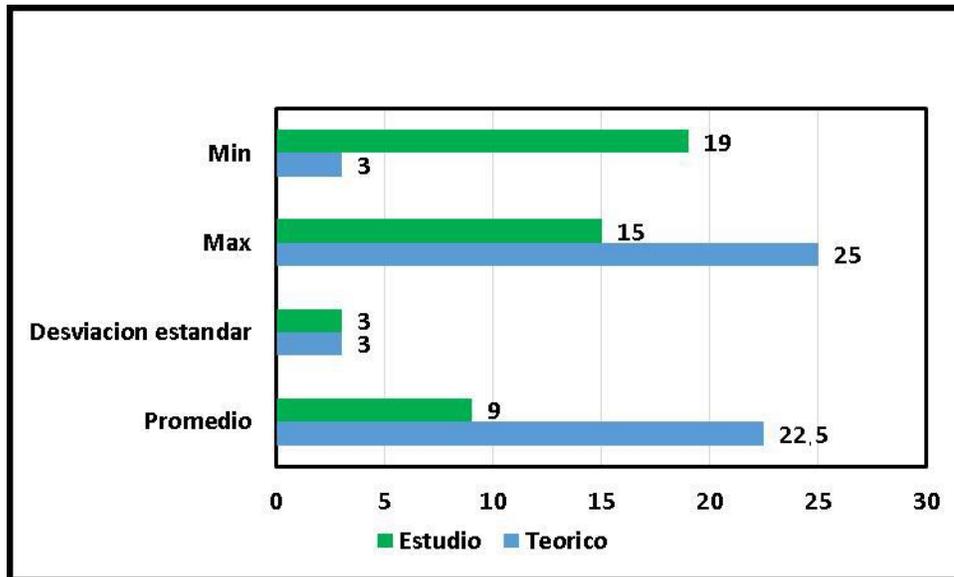
Figura 23. **Historial de productividad**



Fuente: elaboración propia.

Según el grafico figura 22, la productividad en general se mantuvo en su mayor parte entre 12 y 6 Cajas/Minuto. Mientras que se esperaba que estuviera entre 25 y 19 Cajas/Minuto, tomando en cuenta que tendría que existir una separación de 6 unidades. Esta se mantuvo, pero en un menor productividad de la esperada y con un máxima productividad registrada de 13 Cajas/Minuto y una menor de 3 cajas/minutos, de lo cual la máxima es muy baja y la mínima muy baja. Por lo cual la variación de productividad si es la esperada ya que si tuvo una rango aproximado de 6 cajas/minuto, pero con una productividad menor.

Figura 24. **Resultados estadísticos productividad**

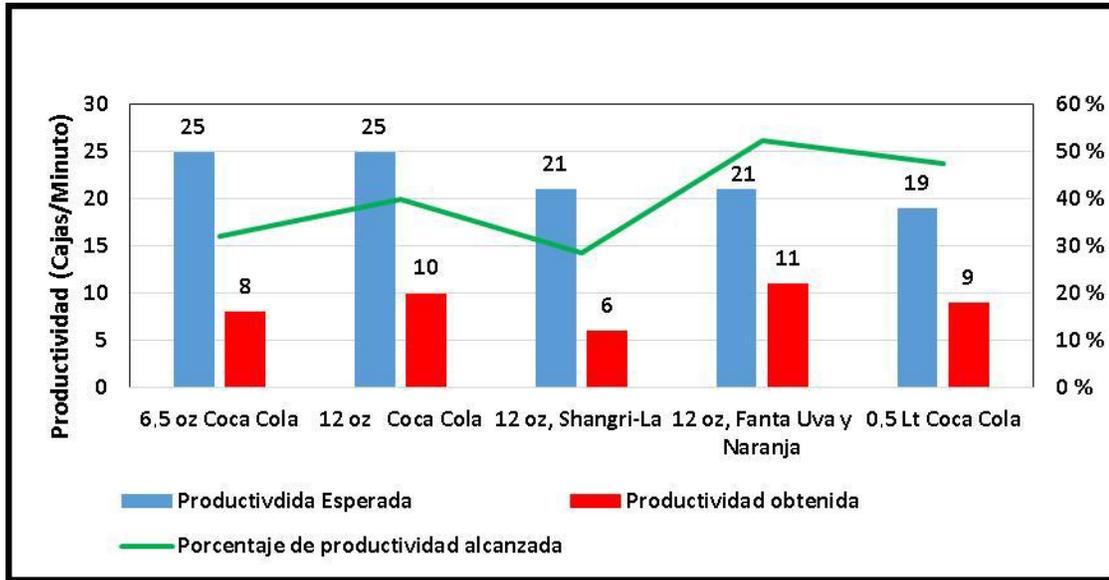


Fuente: elaboración propia.

5.4. **Resultados estudio realizado**

Según resultados de gráfico 23, la productividad se redujo en promedio 13,5 caja/minutos de lo teóricamente se esperaba de 22,5 cajas/minuto a 9 cajas/minuto, pero siempre hay que tomar en cuenta que este promedio varía según el tiempo que se produzca a diferente productividad. Ahora bien los máximo y minina productividad si deberían de estar cerca ya que estos valores no dependen del tiempo. Por lo cual el valor máximo del estudio es muy bajo a comparación del teórico existe una reducción de 10 cajas/minuto y el mínimo del estudio es muy bajo siendo de 3 cajas/minuto. Mientras el teórico es de 19 cajas/minuto, la variación de productividad si la esperada se mantuvo en 3 cajas/minuto. Por lo cual la productividad en términos generales esta baja.

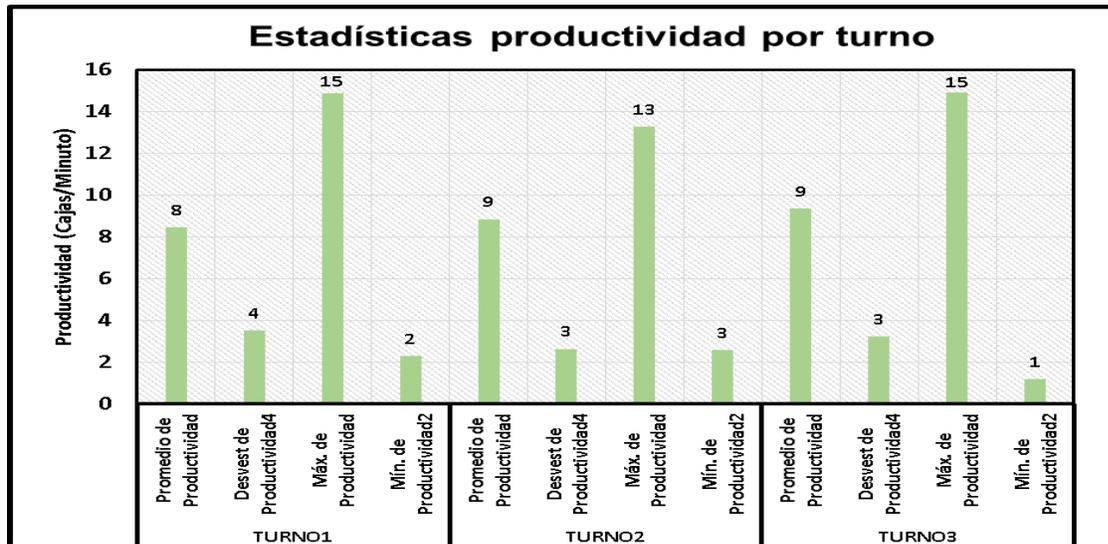
Figura 25. Comparación de resultados de productividad



Fuente: elaboración propia.

Según la gráfica de resultados de la figura 24, se tiene que la productividad por producto se ha mantenido en un rango de 50 y 30 % de la productividad teórica lo cual es muy bajo. Se habla que en promedio la línea de producción produce a un 40 % de la productividad esperada. Lo cual aumentaría el costo a un poco más del doble de lo esperado. La mayor productividad obtenida según el estudio es del producto fanta con un 52 %. Luego le sigue Coca-Cola 12 oz con un 50 %, después Coca-Cola ½ litro con 48 %, seguidamente de Coca-Cola 6,5 oz con un 33 %, y por último Shangri-la con un 29 % productividad.

Figura 26. Estadísticas productividad por turno



Fuente: elaboración propia.

Según el gráfico de la figura 25, la productividad por turno, se sabe si existe una variación en dicha productividad. Esta se debería en su mayor parte por el recurso humano, ya que es lo único que cambiaría en el proceso. En promedio de productividad se mantuvo en 9 Cajas/Minuto. En el turno 2 y 3 y el turno baja a 8 Cajas/Minuto. Esto es una ligera disminución de productividad, también en el turno 1 se muestra una mayor variación en la productividad siendo de 4 Cajas/Minuto, y en los dos turnos de 3 Cajas/Minuto.

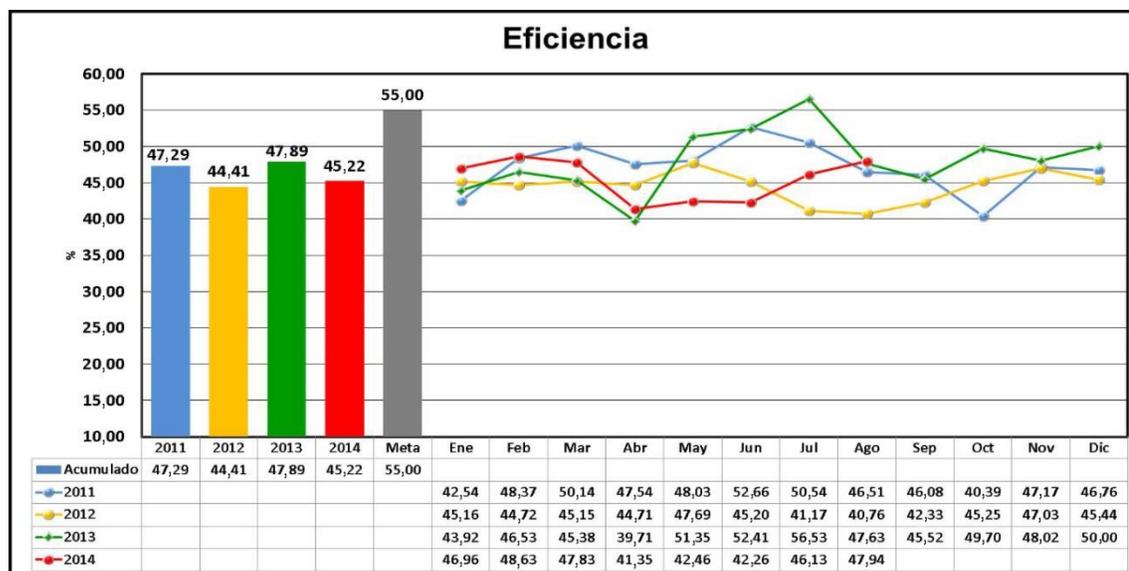
En cuanto a los valores máximos y mínimos registrados se tiene una productividad máxima de 15 Cajas/Minuto en los turnos 1 y 3. En el turno 2 de 13 Cajas/Minuto es un poco menor al valor de los otros dos turnos. En el valor mínimo registrado se tiene que los tres turnos tienen diferentes resultados, de entre 3 y 1 Cajas/Minuto siendo el más alto el turno 2 y el menor el turno 3,

Por los resultados anteriormente expuestos, se puede decir que no existe una variación relevante, en el tiempo paro de producción por turno.

5.5. Eficiencia global

Se desarrollan los resultados de la eficiencia global obtenida durante el tiempo de estudio y algunas comparaciones con los indicadores que maneja la empresa.

Figura 27. **Historial de eficiencia cajas producidas**



Fuente: Empresa en estudio.

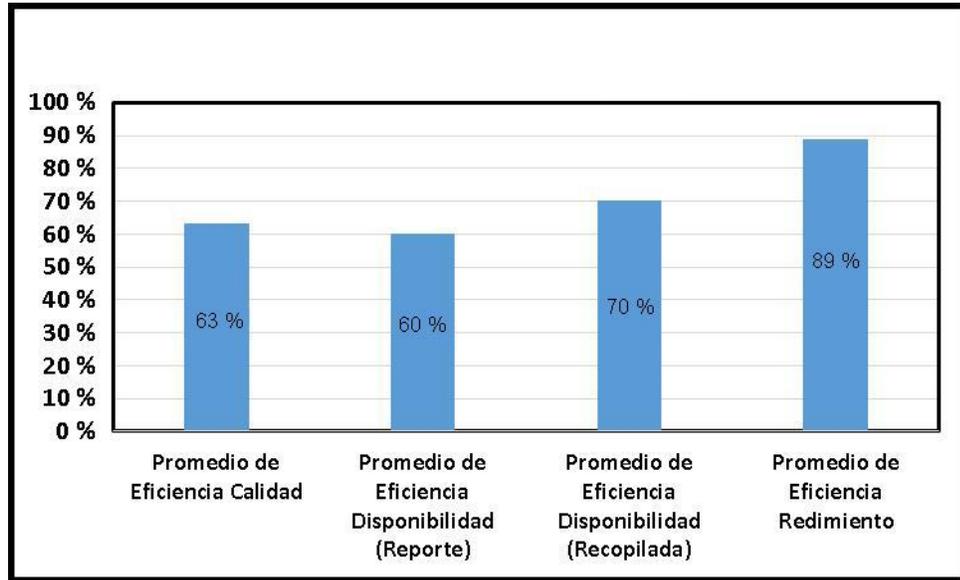
Con los resultados de la eficiencia en cajas producidas (figura 26), de la información proporcionados por el Departamento de Producción de los últimos 4 años en el cual se mantiene de entre 40 y 50 %. Esta información servirá para tener el parámetro y la tendencia, que se espera en los resultados del estudio rendimiento que se realizó.

5.5.1. Eficiencia global

Esta se evalúa según el valor de la OEE que permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. A continuación se presenta los parámetros para evaluar la eficiencia global.

- Criterios para calificar la eficiencia global
 - OEE < 65 % Inaceptable: se producen importantes pérdidas económicas, Muy baja acometividad.
 - 65 % < OEE < 75 % Regular: aceptable solo si se está en proceso de mejora, Pérdidas económicas, baja competitividad.
 - 75 % < OEE < 85 % Aceptable: continuar la mejora par supera el 85 % y avanzar hacia la World Class, Ligeras pérdidas económicas, Competitividad ligeramente baja.
 - 85 % < OEE < 95 % Buena: entra en valores World Class, Buena competitividad.
 - OEE > 95 % Excelencia: valores World Class. Excelente competitividad.

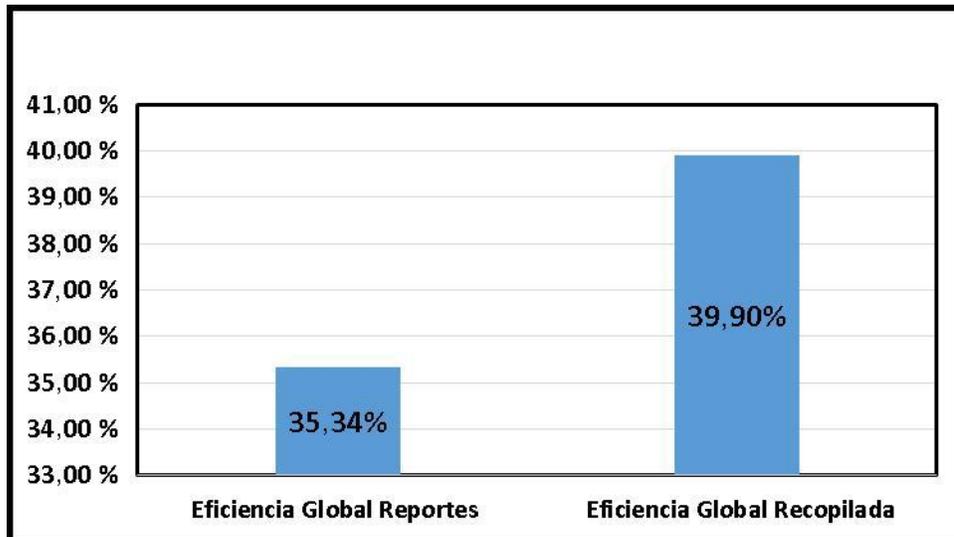
Figura 28. **Resultados eficiencias**



Fuete: empresa en estudio.

La gráfica de la figura 27, presenta los resultados de las tres eficiencias que se basa la eficiencia global para su cálculo. Se tienen dos resultados de eficiencia disponibilidad porque obtuvieron dos tipos de información de reportes de producción e información recolectada de forma propia tomando tiempos de paros de producción. Los resultados muestran que los puntos más débiles son en calidad y disponibilidad, ya que se tiene resultados menores del 65 %.

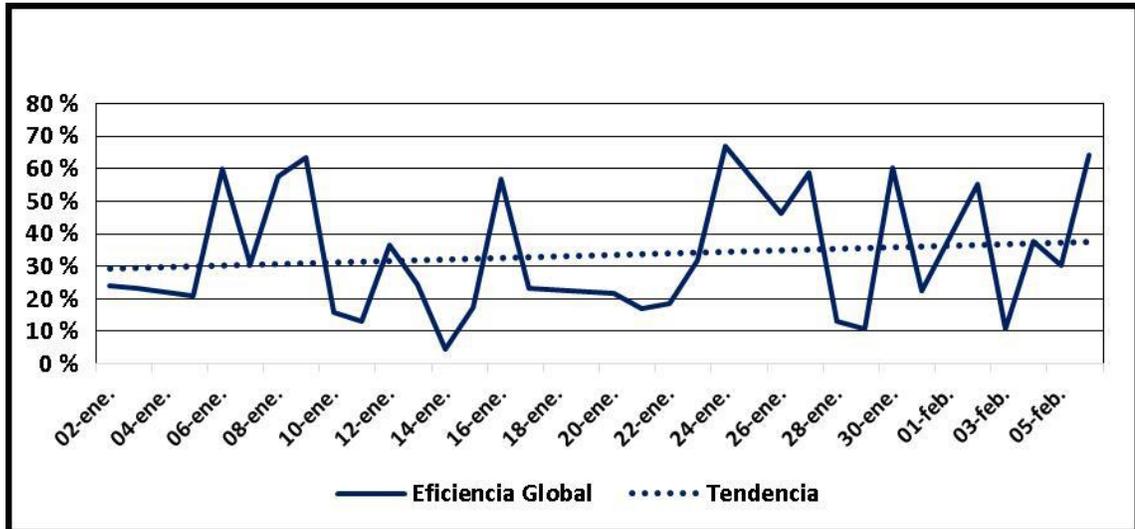
Figura 29. **Resultados eficiencia global**



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico de resultados obtenidos (figura 28), la eficiencia global de 39,90 % es para la información recopilada. Para la información según reportes es de 35,34 %, los cuales entran en la clasificación de OEE < 65 %. Esto es Inaceptable, es una muy mala eficiencia lo cual genera importantes pérdidas y un aumento del costo considerable.

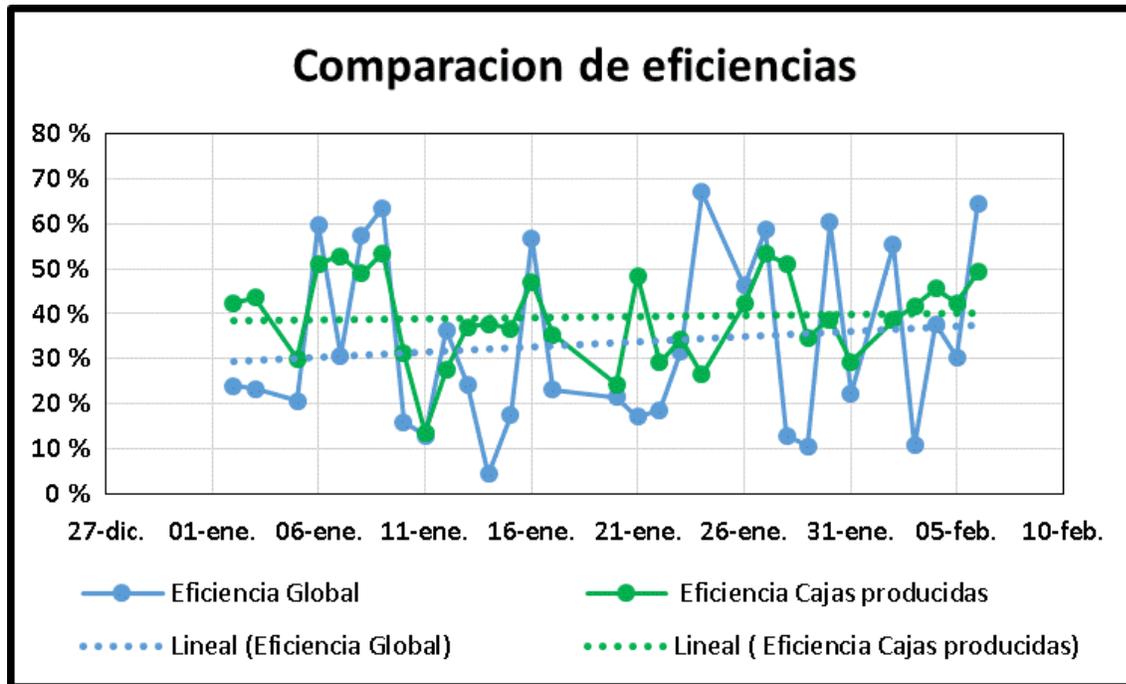
Figura 30. Comportamiento eficiencia global



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 29), el comportamiento existe una gran variación en la eficiencia, en un máximo de 62 % y un mínimo 5 %. Esto es un rango muy grande, pero se puede ver que existe una tendencia a mejorar lo cual es una buena señal, que se está trabajando para mejorar la eficiencia de la línea de producción.

Figura 31. Comportamiento de eficiencia (02/01/2015-06/02/2015)

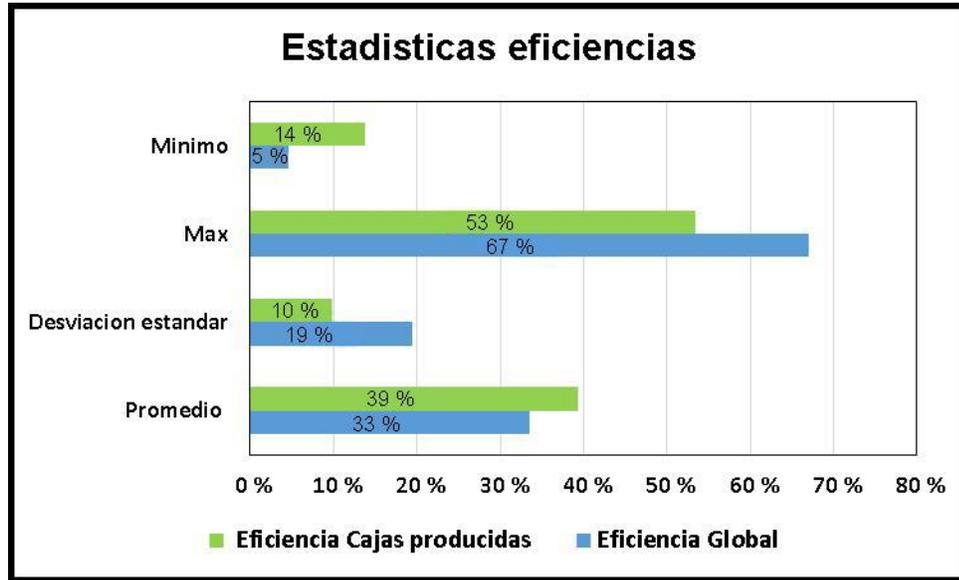


Fuete: Empresa en estudio.

5.5.2. Comparación de resultados estudio realizado

Partiendo del gráfico (figura 30), el comportamiento de eficiencias ayuda a comparar el comportamiento de la eficiencia global y el de la eficiencia por cajas producidas que utiliza en Departamento de Producción. El fin es conocer cuál es el mejor indicador del rendimiento de la línea de producción. La tendencia de la eficiencia por cajas producidas es más alta porque este no contempla las cajas que son rechazada por el Departamento de Calidad y la cajas que también se rechazan en el proceso por lo cual la eficiencia es un mejor indicador, ya que indica de mejor forma el comportamiento del rendimiento de la línea de producción.

Figura 32. Estadísticas de eficiencias



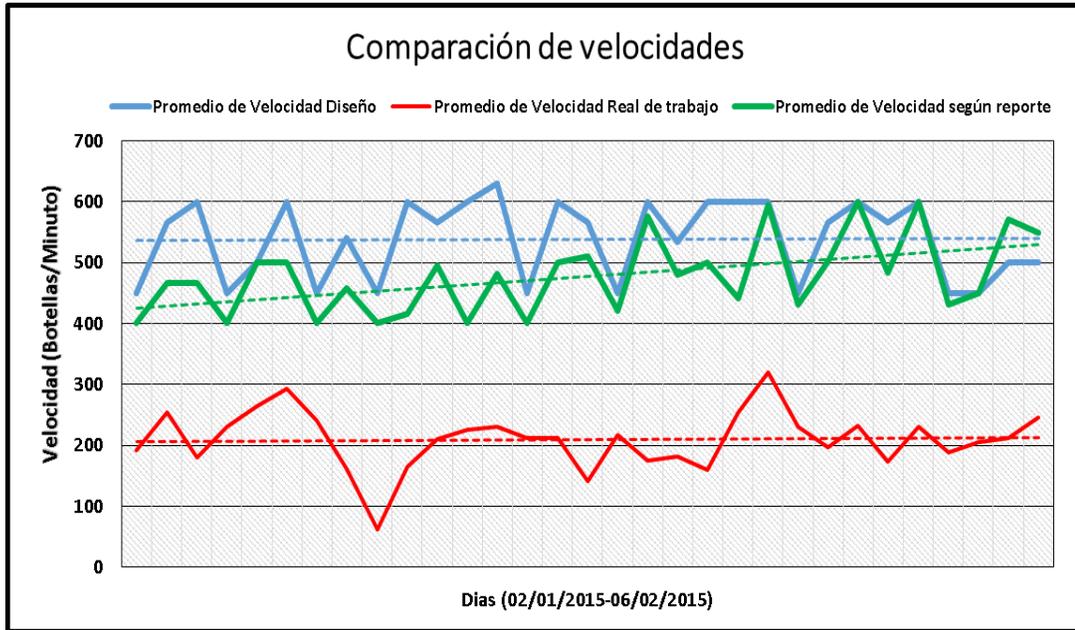
Fuete: Empresa en estudio.

Según resultados del gráfico (figura 31), el promedio de eficiencia global es de 33 % y un promedio de oficina en cajas producidas de 39 %. Esto es una diferencia de 6 % que se puede decir que sería el porcentaje de rechazo que no toma en cuenta la eficiencia por cajas producidas. En cuanto a la variación la eficiencia global tiene una variación mayor respecto al promedio mayor, lo cual también se debe a la variabilidad del rechazo de producto.

5.6. Rendimiento maquinaria

El rendimiento lo se evalúa de igual forma que para la eficiencia global en el cual se utilizarán los mismos rangos que se utilizaron para conocer su resultado. El resultado obtenido para el rendimiento es de 90,20 % el cual se ubica en el rango 85 % < OEE < 95 % el cual posee la calificación de buena, y entra en valores World Class descrito con buena competitividad.

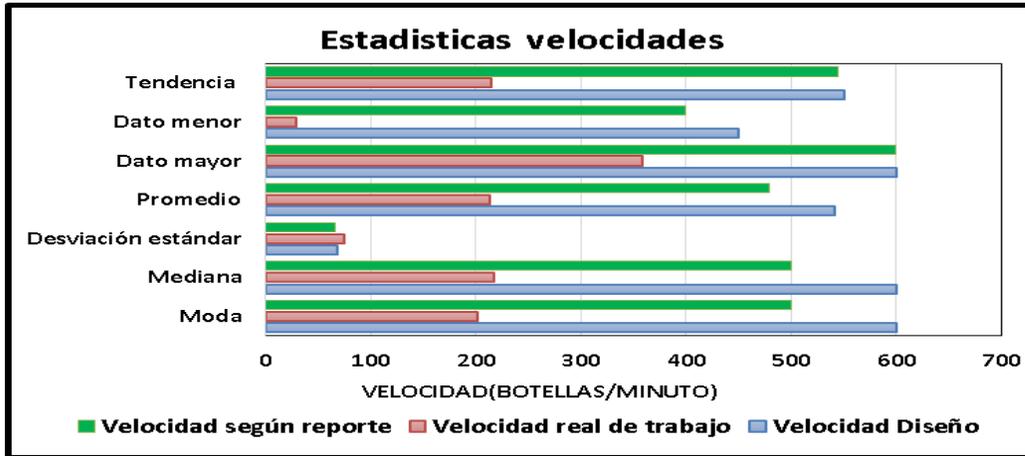
Figura 34. **Comparación velocidades de producción**



Fuete: Empresa en estudio.

Partiendo del gráfico (figura 33), la velocidad de diseño en promedio es de 550 botellas/minuto. Mientras que la tendencia de velocidad con que se trabaja aumenta de las 420 a casi el promedio de 550. Esto indica que se está mejorando. En comparación, la velocidad real de trabajo, es la cantidad de producto producido dividido el tiempo que se necesitó. Esta es mucho menor con una tendencia de 210 botellas/minuto, esto se debe a los paros de producción.

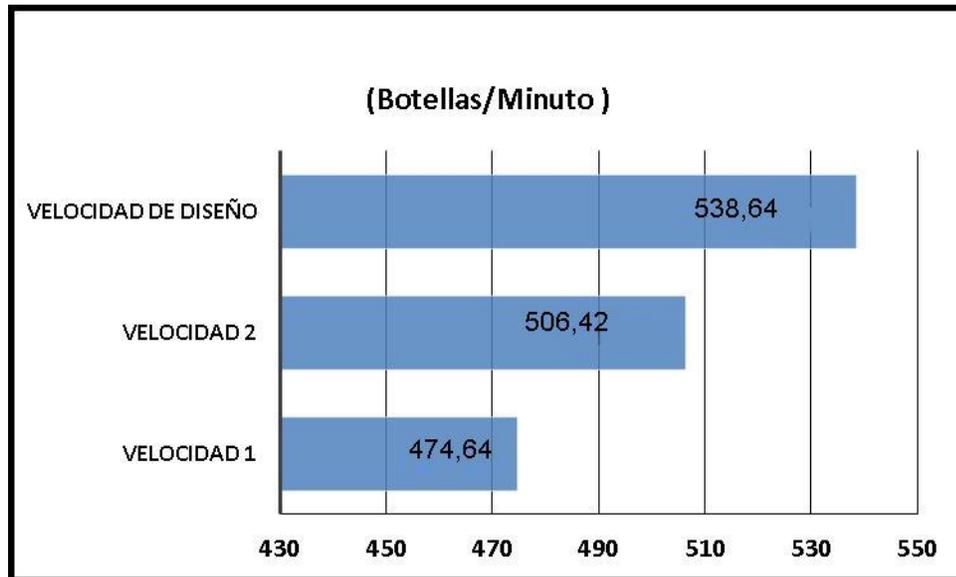
Figura 35. Estadísticas velocidades



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 34), las estadísticas obtenidas son la variación de la velocidad es de 60 Botellas/Minuto. Esto es aceptable, ya que teóricamente puede variar entre 50 y 150 botellas/minuto según el producto. El promedio según reportes es de 490 Botellas/Minuto lo cual es un valor bastante bueno, porque es un 93 % de lo esperado que sería de 525 botellas/minuto.

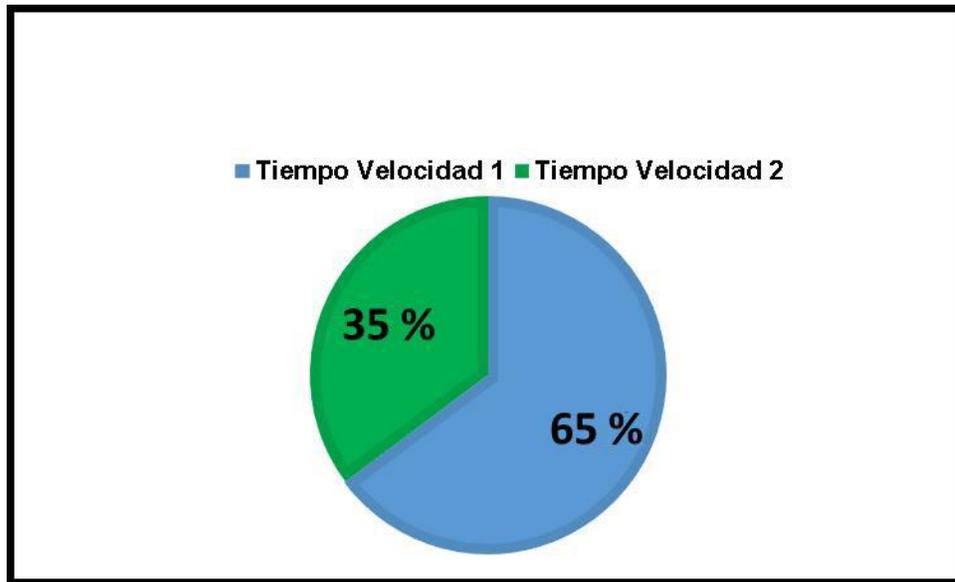
Figura 36. **Gráfico comparativo de velocidades de producción**



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 35), las velocidades 1 y 2, representan las dos velocidades que a menudo se utilizan en producción, ya que con frecuencia se cambia de velocidad. Esto porque existe un tiempo en que la maquinaria se acopla a un cambio de producto. Se tiene en comparación con la velocidad de diseño están dentro del rango que es de 600-450 botellas/minuto.

Figura 37. **Tiempos de velocidad de producción**

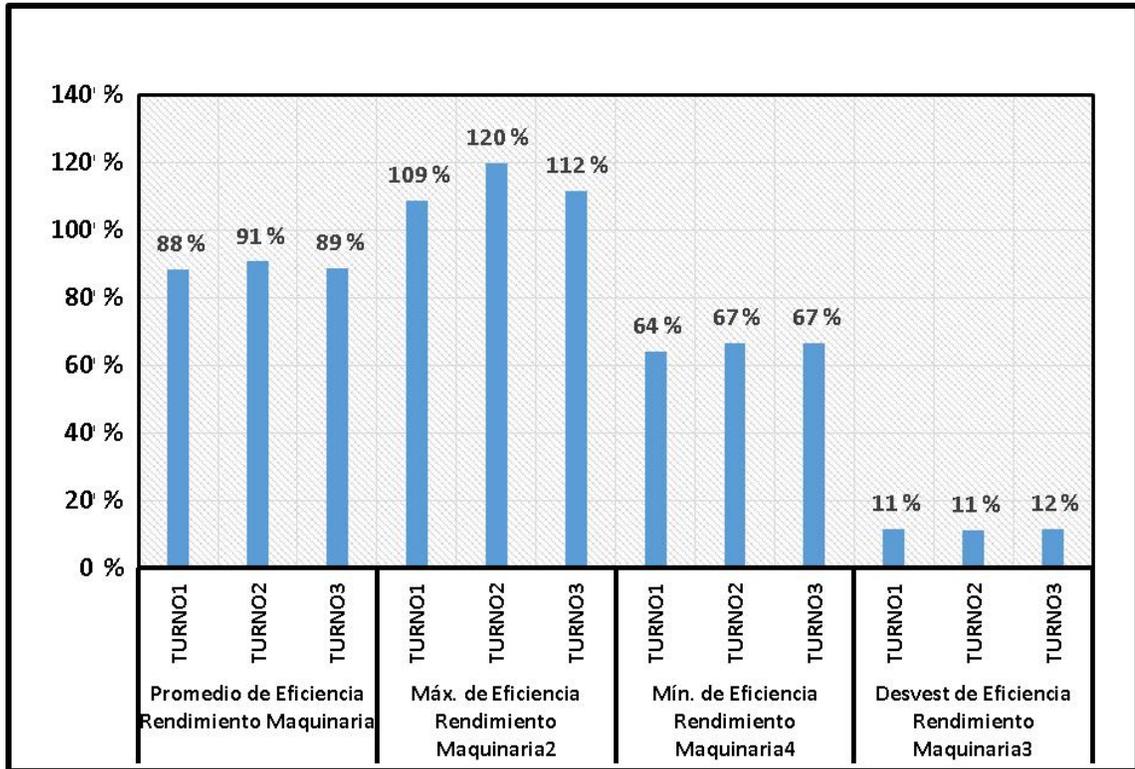


Fuente: Empresa en estudio.

5.6.1. Proporcionado por la empresa

Según el gráfico (figura 36), el porcentaje de tiempo que se trabaja a la velocidad 2, que en promedio de 507 botellas/minuto es de 65 % de tiempo total de trabajo. Esto es bastante bueno pero debe estar entre los 80 a 85 %, para tener un ritmo de producción que no varíe tanto y aumente la capacidad de producción. Ya que la velocidad 1 es menor y se utiliza cuando se inicia el proceso o existe alguna anomalía.

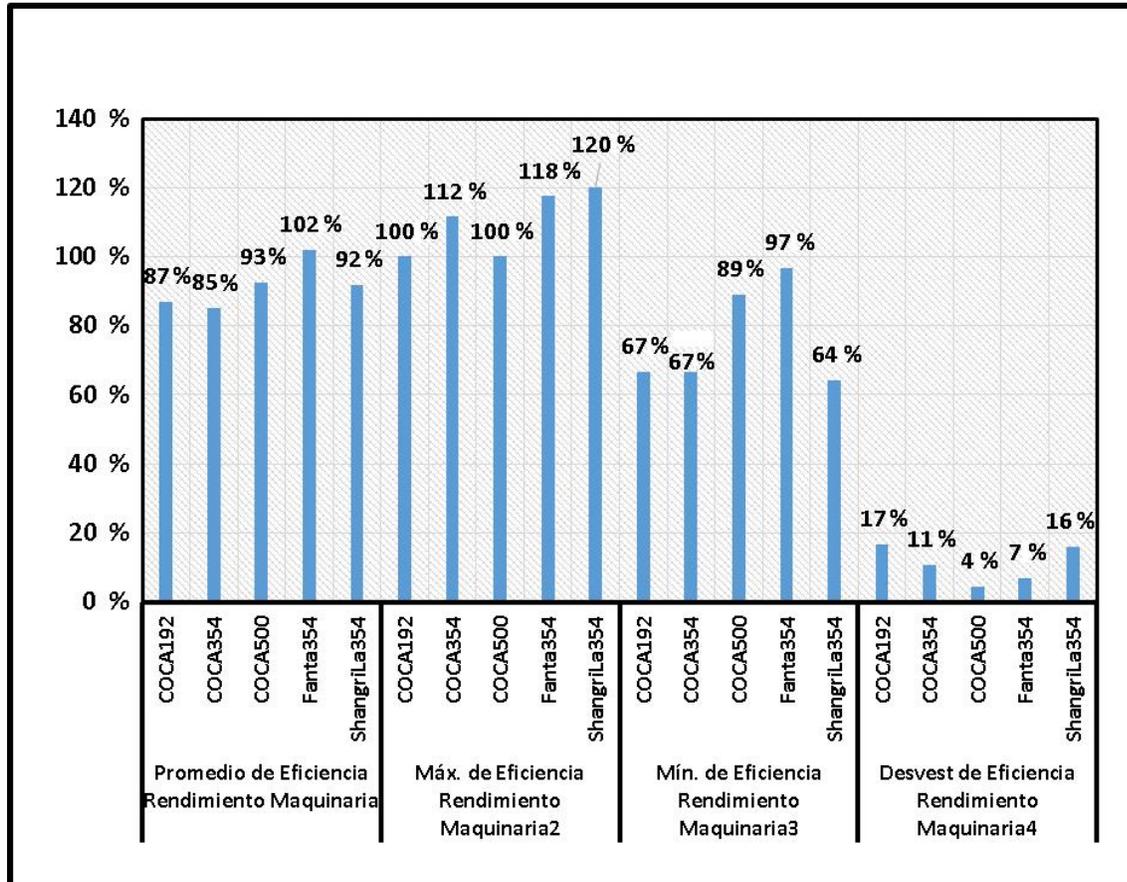
Figura 38. Rendimiento por turno



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 37), se tiene que el rendimiento de la maquinaria no varía considerablemente según el turno sino se mantiene. Esto es de esperarse ya que la maquinaria debe trabajar de igual maneras sin importar el turno. En promedio el rendimiento por turno es de un 90 %, y varía un máximo 2 % por turno lo cual es un valor muy bajo, se tienen valores máximos muy altos de aproximadamente de 115 %. Esto se debe a que existen periodos de tiempo en que se produce a una mayor velocidad que la de diseño. De igual manera se tiene que los valores mínimos registrados asilan en entre los 64 y 67 %. Esto es son bajos pero no tan malos, se necesita mejorar en estos bajones de rendimiento del equipo.

Figura 39. Rendimiento por producto



Fuete: Empresa en estudio.

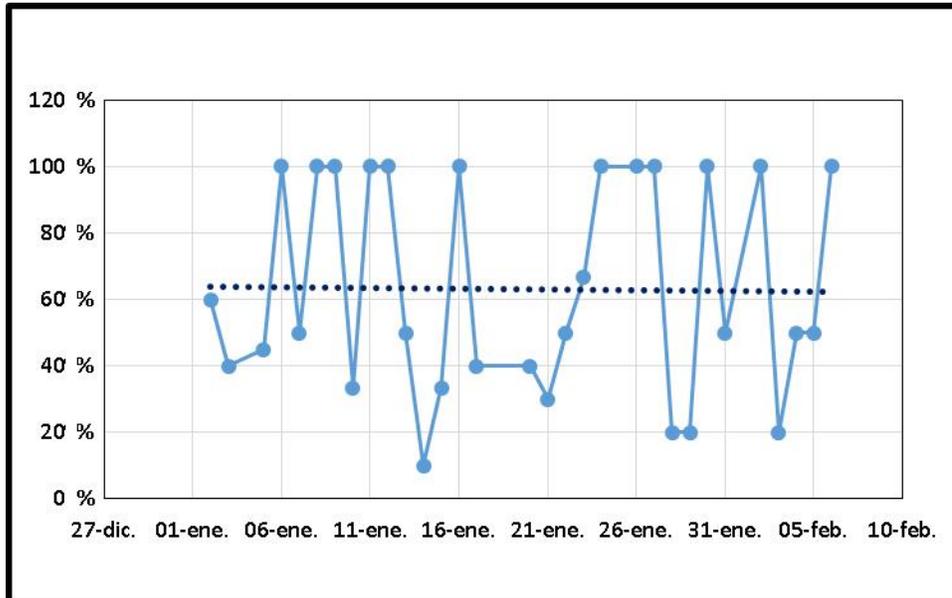
Partiendo de los resultados de la gráfica (figura 38), se tiene que en promedio el producto con mayor rendimiento del equipo es fanta con un 102 %. Esto ocurre porque el equipo se utiliza a una mayor velocidad que la de diseño. Luego Coca-Cola ½ litro con un promedio de 93 %, le sigue Shangri-La con un 92 %, después esta Coca-Cola 6 oz con un 87%, y por último Coca-Cola 12 oz con un 85 %. Los resultados son buenos, pero se necesita mejorar para los valores menores de 90 %. En cuanto los valores máximos todos los productos llegan a su máxima velocidad y algunos aún más, pero en los valores mínimos

para los productos Coca-Cola 6 oz, Coca-Cola 12 oz Shangri-La, habrá que trabajar ya que existen disminuciones hasta un 60 %. Esto baja el rendimiento considerablemente.

5.7. Calidad

La eficiencia se evalúa de igual forma para la eficiencia global en el cual se utilizarán los mismos rangos que se utilizaron para conocer su resultado. El resultado obtenido para el rendimiento es de 63,17 % el cual se ubica en el rango de OEE < 65 % Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas, de muy baja acometividad.

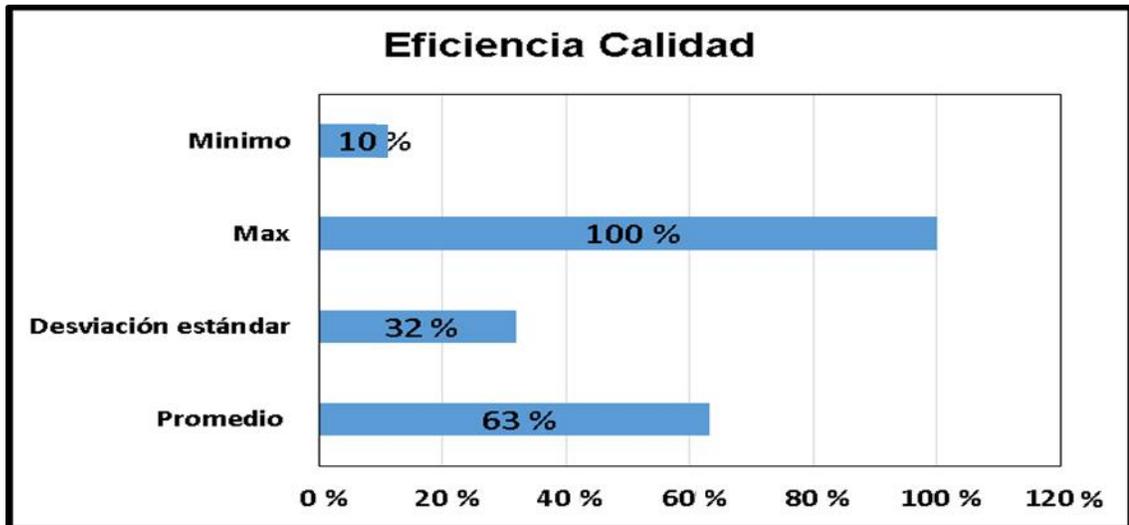
Figura 40. Comportamiento eficiencia calidad



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 39), la tendencia de la eficiencia de la calidad está disminuyendo a un 60 %. Esto indica que hay que estudiar las causas de esta disminución en la calidad.

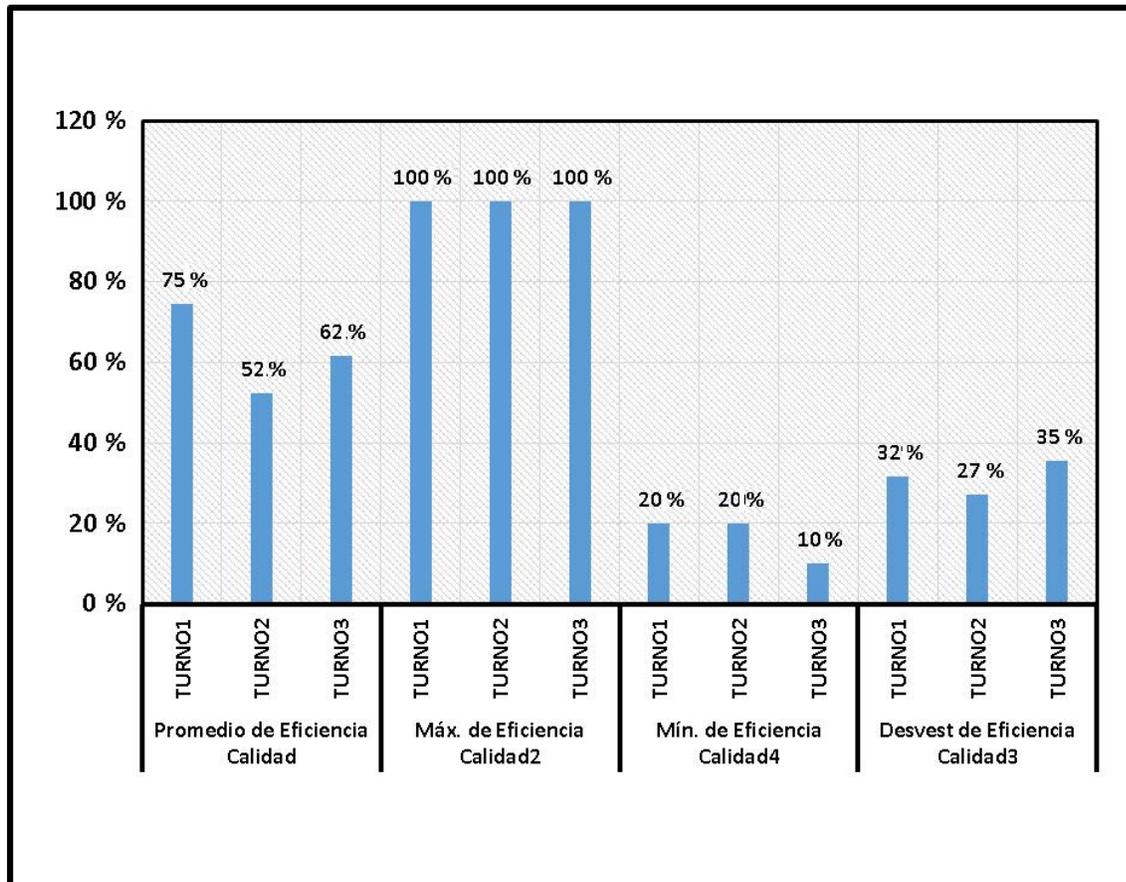
Figura 41. **Resultados estadísticos eficiencia calidad**



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 40), en promedio la eficiencia en la calidad es de un 63 %, un valor mínimo registrado muy bajo de 10 %. Esto quiere decir que hay días en que se rechaza un 90 % de lo producido lo cual es muy alto. También se tiene la variación muy alta según la desviación estándar de un promedio de 32 %.

Figura 42. Calidad por turno

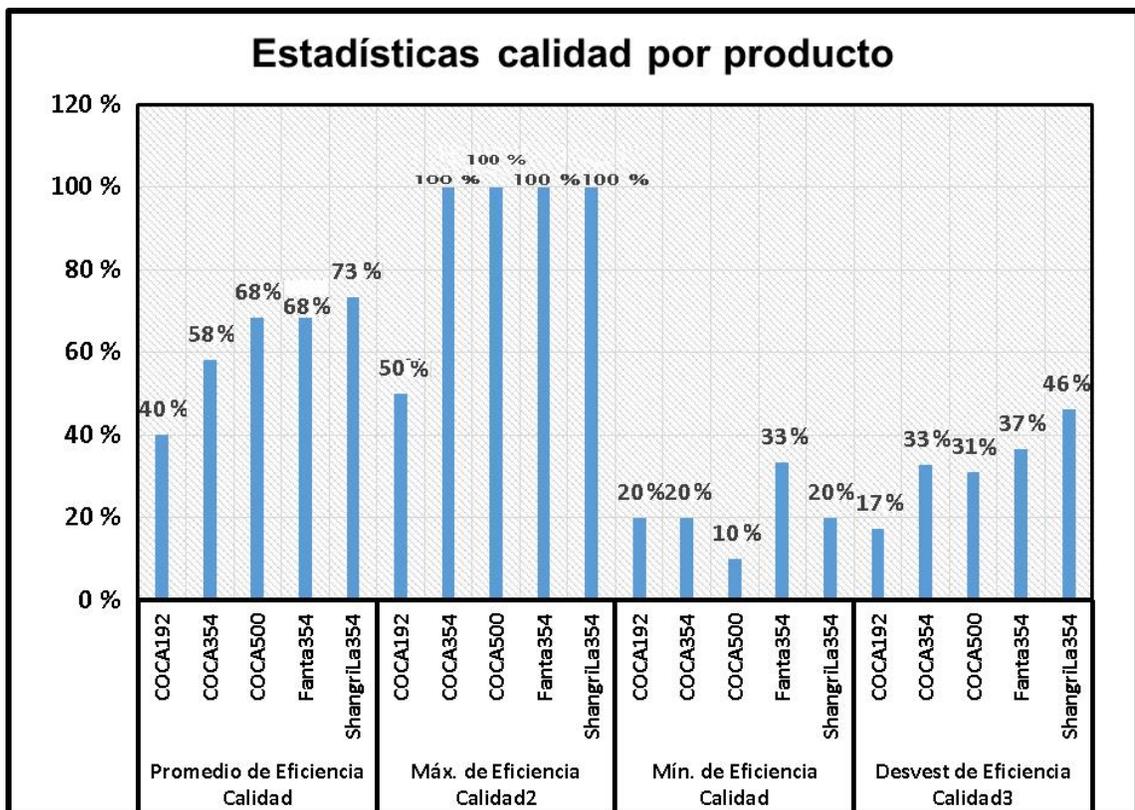


Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 41), en promedio la eficiencia en calidad es mayor en el turno 1 con un 75 %, y el menor promedio en el turno 2 con un 52 %. Mientras que en el turno 3 se mantiene la eficiencia de 62 %, por lo cual hay que evaluar el motivo de reducción de la eficiencia en los turno 2 y3, y tratar de aumentar al nivel del turno 1. Los valores máximos son los esperados, esto dice es que en los tres turno se ha podido alcanzar la totalidad de la eficiencia. El menores de los valores mínimos se registra en el turno 3, lo cual es el menor registrado de un 10 %, la variación más alta de eficiencia por turno 3, de un

35 % esto indica que se debe de estudiar más a fondo las causas de la baja eficiencia en el turno 3.

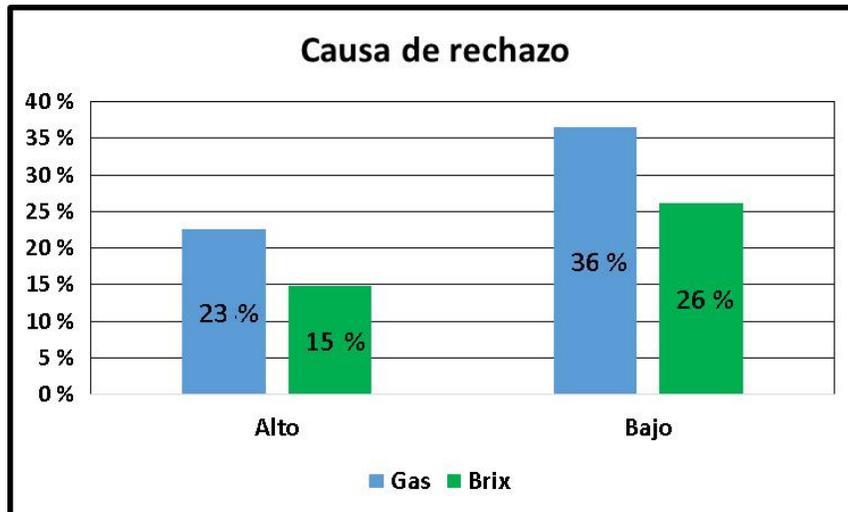
Figura 43. Calidad por producto



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 42), la menor eficiencia en calidad se registra en el producto Coca-Cola 6,5 oz con un 40 %. Este no se registra que nunca haya llegado a una mayor eficiencia del 50 %. El menor valor mínimo entre los productos se registró para el producto Coca-Cola 12 oz con un 10 %, y la mayor variación de eficiencia es para Shnagri-La con un 46 %. Esto quiere decir que la eficiencia puede ser muy alta, pero también muy baja.

Figura 44. Causa de rechazo de producto



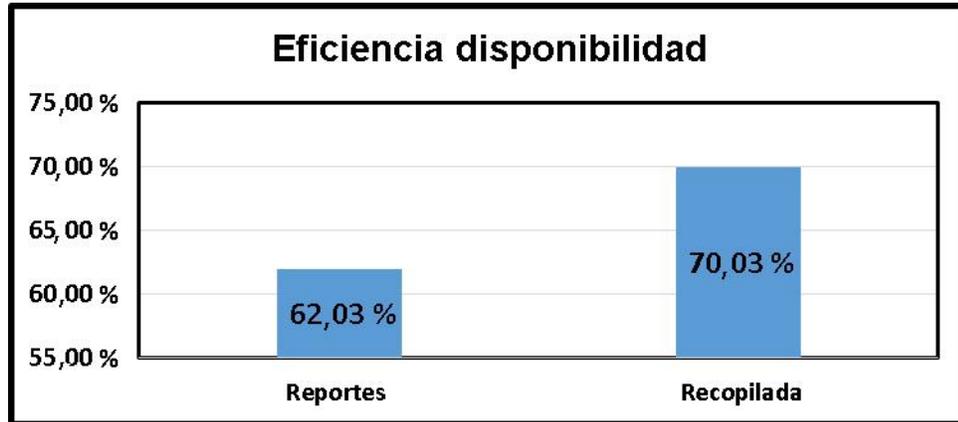
Fuete: Empresa en estudio.

Según los resultados de la gráfica (figura 43), un 36 % se ha rechazado por gas bajo en el producto. Luego le sigue brix bajo con un 26 %, después gas alto con un 23 %, y por ultimo brix bajo con un 15 %. Esto se puede deber a un mal funcionamiento del equipo o una operativa, ya que no se halla graduado de forma adecuada el equipo.

5.8. Disponibilidad

Es una medida que indica cuánto tiempo está ese equipo o sistema operativo respecto de la duración total durante la que se hubiese deseado que funcionase.

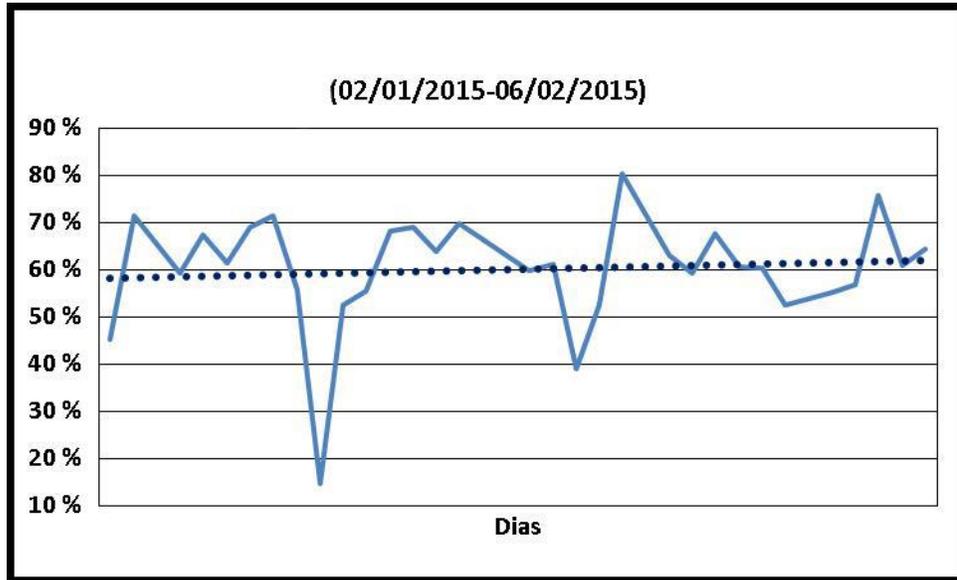
Figura 45. **Eficiencia disponibilidad**



Fuente: Empresa en estudio.

El rendimiento se evalúa de igual forma que para la eficiencia global en el cual se utilizarán los mismos rangos empleados para conocer su resultado. El resultado obtenido en la figura 44, para el rendimiento es de 62,03 % para la información reportes, según el cual se ubica en el rango $OEE < 65 \%$ Inaceptable, Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja acometividad. Para la información recopilada se tienen 70,03 % el cual se ubica en el rango $65 \% < OEE < 75 \%$ el cual tiene calificación de regular. Este es aceptable solo si se está en proceso de mejora así como pérdidas económicas y baja competitividad.

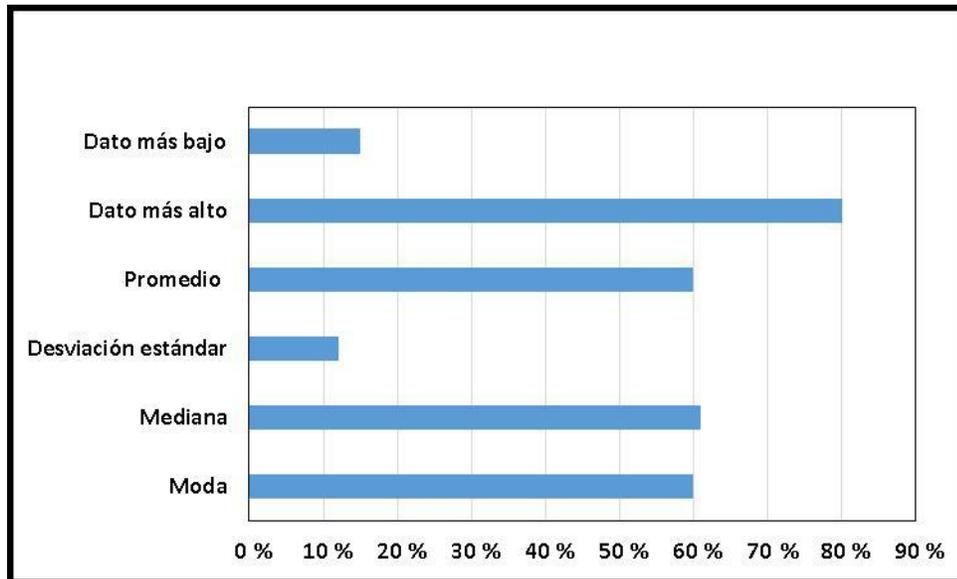
Figura 46. **Comportamiento eficiencia disponibilidad**



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 45), se tiene el comportamiento de la eficiencia para la información según reportes. En este se pueden observar que la tendencia de la eficiencia en la disponibilidad está aumentando.

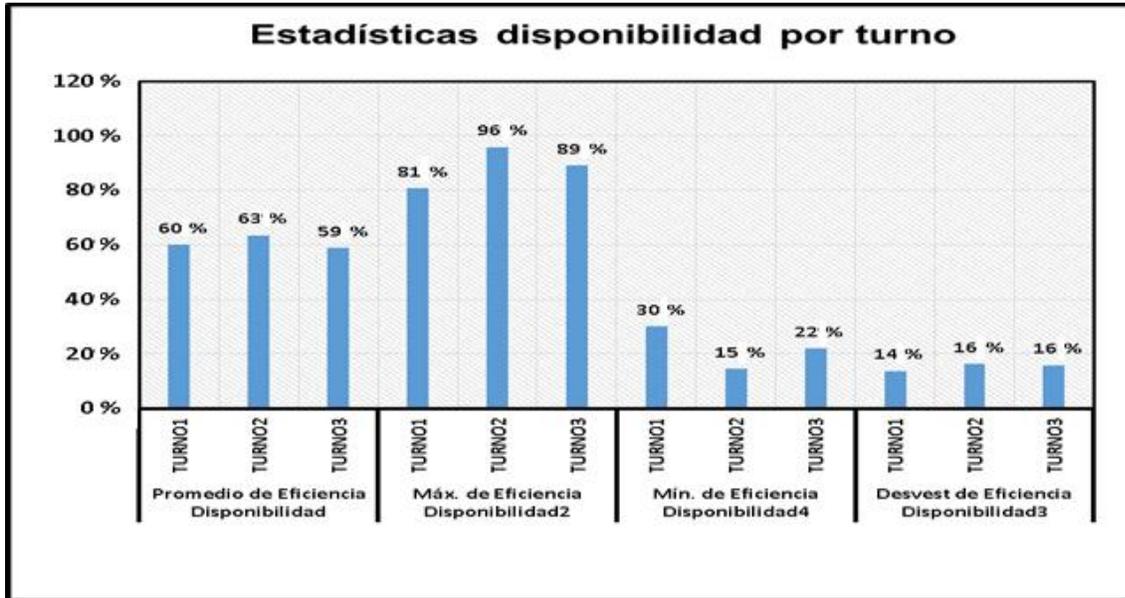
Figura 47. Resultados disponibilidad



Fuente: Empresa en estudio.

Según los resultados de la figura 46, en promedio la eficiencia en disponibilidad es de un 60 %, y que alcanzado una eficiencia máxima de 80 % y una mínima de 15 %, tiene una variación promedio respecto a la media de 12 %. La eficiencia que más se repite es de 60 %, de lo cual se puede traducir como una variación media, y un valor mínimo muy bajo. Por ello se tendrá que analizar por qué sucedió y de que se puede llegar a un 80 % de eficiencia.

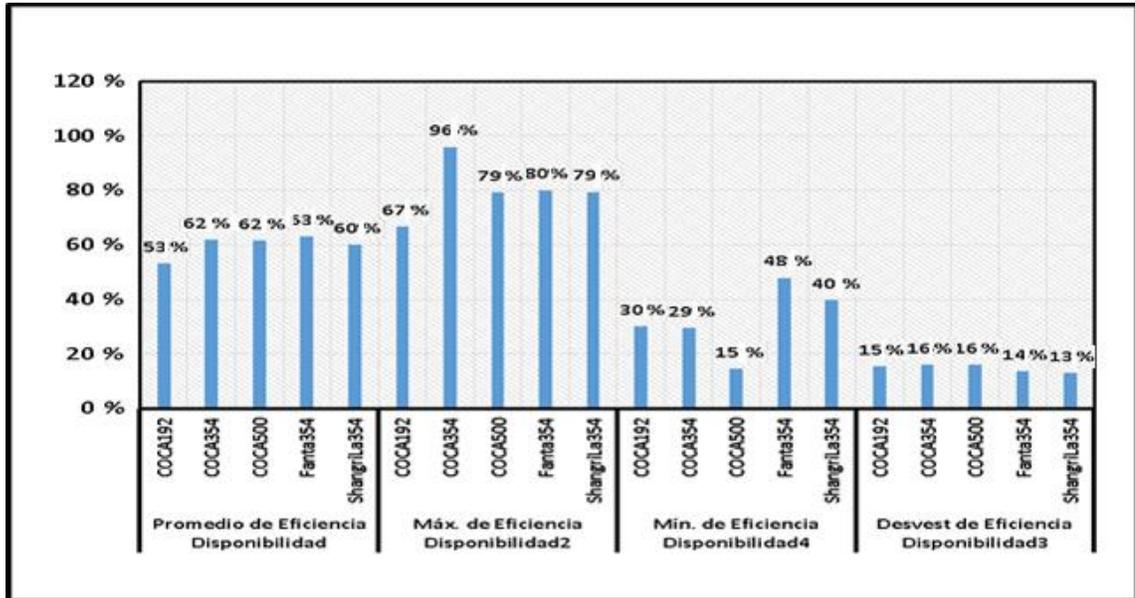
Figura 48. Resultados disponibilidad por turno



Fuete: Empresa en estudio.

Según resultados del gráfico (figura 47), el turno 2 en promedio es el turno más eficiente y el menos eficiente es el turno 3. Según valores máximos el turno 2 es el registra el mayor eficiencia alcanza. Mientras que el turno 1 es el que menor eficiencia máxima alcanza. El turno 2 es el turno que registra la menor eficiencia, y que los turnos 2 y 3 son los que más varían en eficiencia. En promedio la eficiencia por turno varia como máximo un 4 %, por lo cual la variación de eficiencia entre turnos es mínima.

Figura 49. Resultados disponibilidad por producto



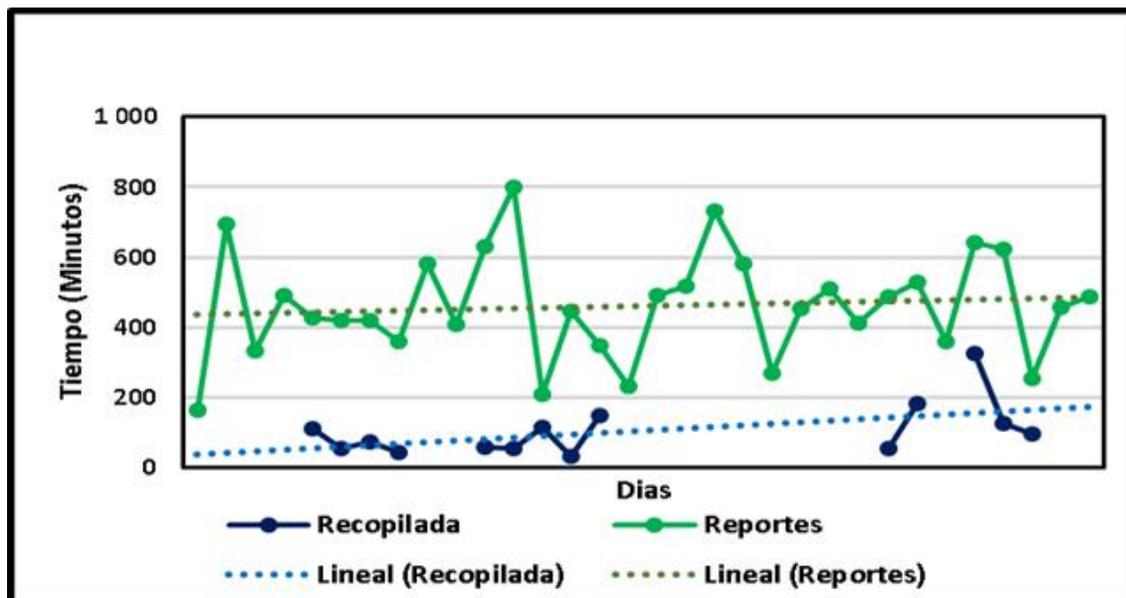
Fuete: Empresa en estudio.

Partiendo de los resultados del gráfico (figura 48), la mayor diferencia del promedio de eficiencia entre productos es de un 4 %. Esto quiere decir es que no importando el producto la eficiencia se mantiene, no existe un problema con algún producto. Mientras que el valor máximo de eficiencia se registra para Coca-Cola 12 oz con un 96 %, y el menor de los máximos para Coca-Cola 6,5 oz, los valores máximos describen la mayor eficiencia alcanzada por el producto. Mientras el valor mínimo la menor eficiencia registrada para cada producto, y la desviación estándar el promedio que varía respecto a la media.

5.9. Paros de producción

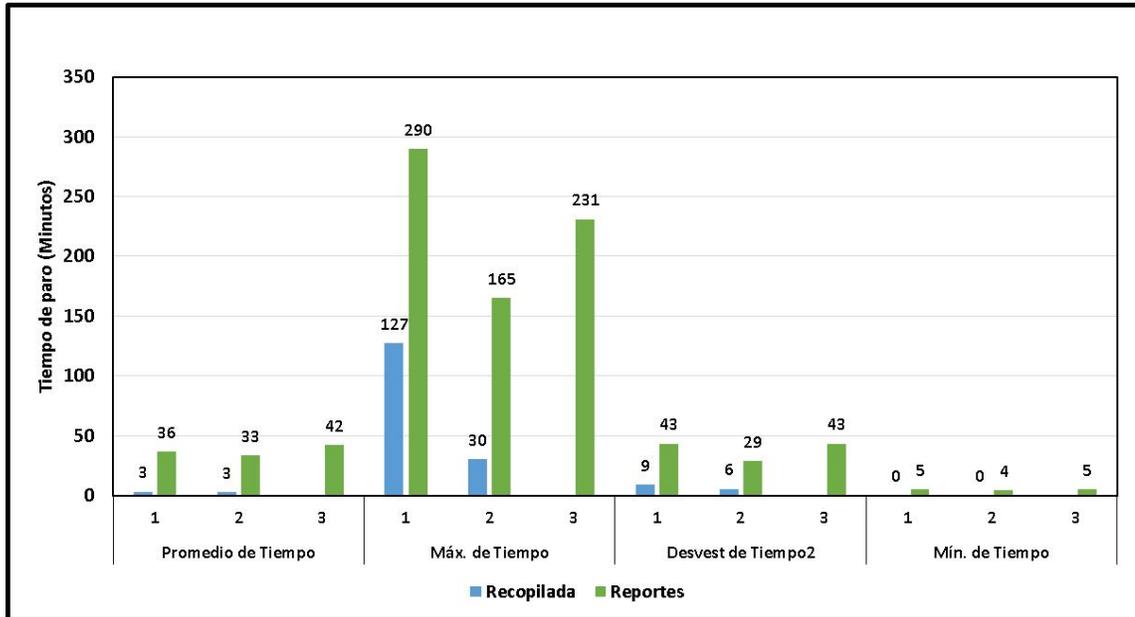
Según el gráfico (figura 49), la tendencia de los paros de producción, según información de reportes aumentando a unos 500 minutos por día, y para la información recopilada a unos 200 minutos por día. Esto indica una reducción en la eficiencia en disponibilidad y que existe una diferencia de unos 300 minutos de paro de producción al día entre la información de reportes y la recolectada. Esto se puede deber a que la información de reportes es un aproximado que realiza el jefe de línea y que puede estar aumentadas la cifras.

Figura 50. Comportamiento de tiempo de paro de producción



Fuete: Empresa en estudio.

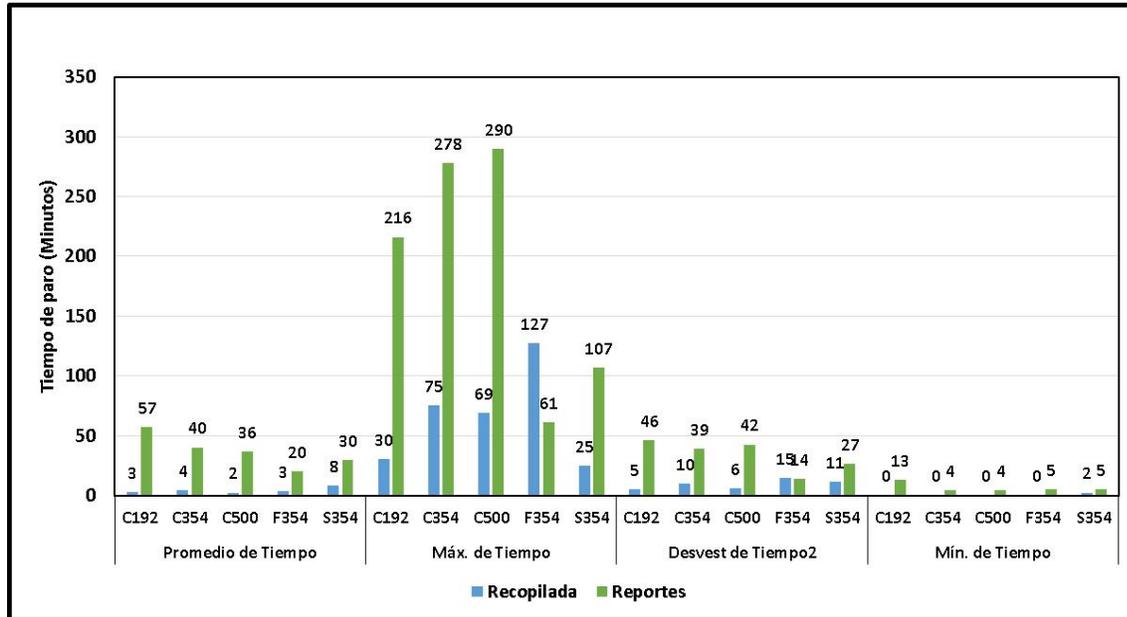
Figura 51. Resultados de paros de producción por turno



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 50), los resultados de la información de reportes de producción se tiene que, en promedio la duración de paros es de unos 36-42 minutos. Para la información recopilada el promedio de duración es de 3 minutos. Esto dice es que el tiempo de paro tomado por los reportes es un aproximado que toma el jefe de línea, sin importar que fuesen lapsos en no se produjo. El reporte indica que se pierde más tiempo en el turno 3. Los valores máximos indican el mayor tiempo perdido registrado durante el estado y los mínimo el menor tiempo existe una gran diferencia entre los reportes y la información recopilada.

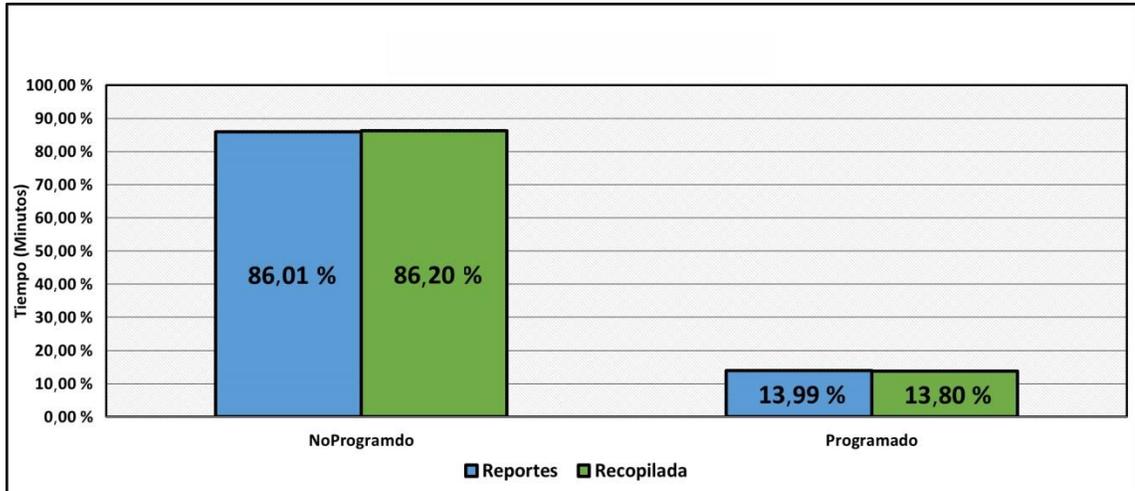
Figura 52. Resultados por producto



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 51), en promedio el mayor tiempo perdido según reporte es para Coca-Cola 6,5 oz, y el menor es fanta. Mientras que la información recopilada indica que el mayor tiempo perdido es en Shangri-la y el menor es de Coca-cola ½ litro, los valores mínimo de tiempo de paro de producción son de 4 minutos para los reportes. Esto para la información recopilada menor de un minuto.

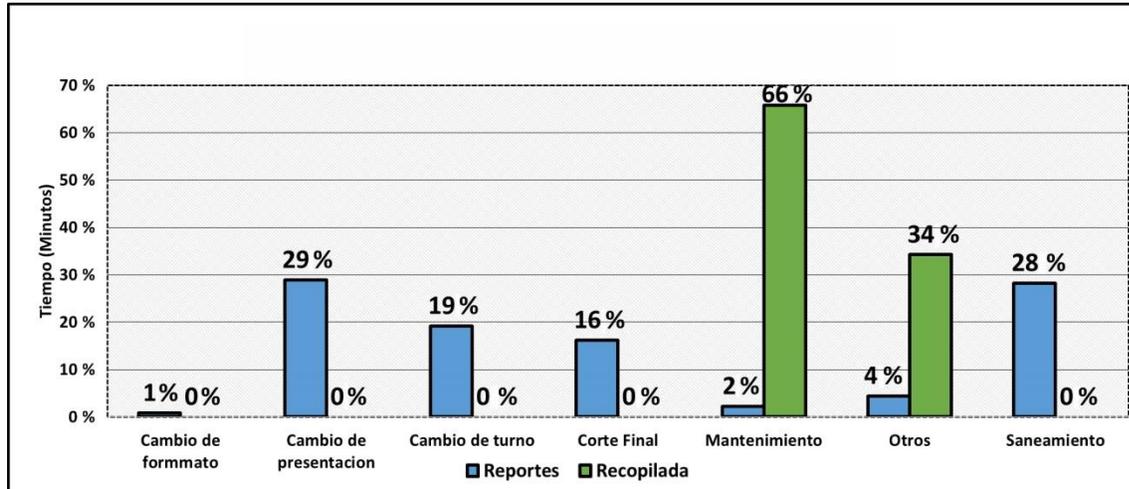
Figura 53. Resultados por tipo de paro



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 52), los resultados de paros programados y no programados para ambos estudios, según información de producción y la información recopilada de forma propia, coinciden en que aproximadamente un 86 % del tiempo de paro corresponde a paros no programados y un 14 % a paros programados. Lo cual quiere decir que del tiempo perdido en producción un 14 %, es inevitable, y que un 86 % de los paros de producción es evitable, y se puede reducir a un 0 %.

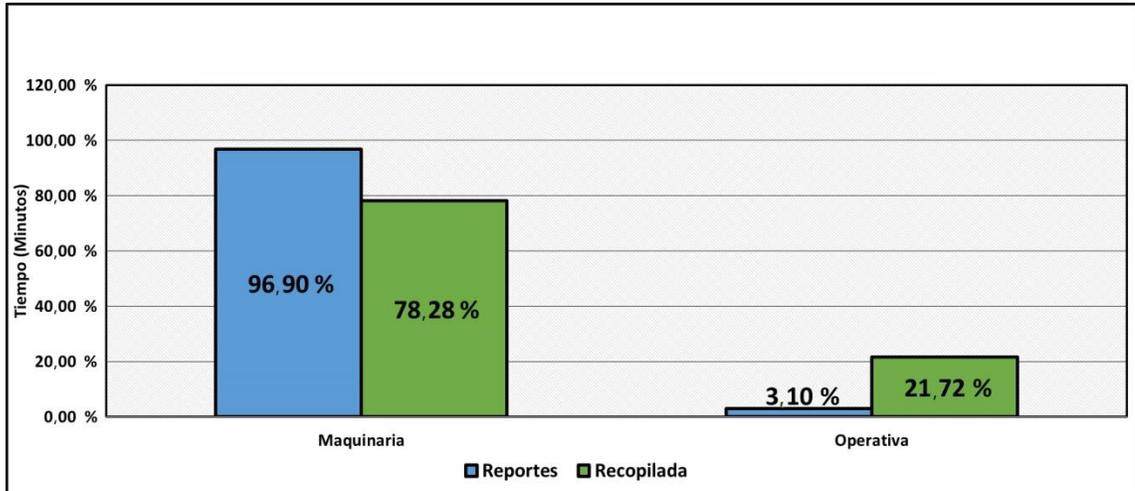
Figura 54. Gráficos paros de producción programados



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 53), los resultados de paros de producción programados, según su clasificación, la información de reportes distribuye de mejor forma y da un mejor resultado. Esto ya que este estudio si toma en cuenta los 3 turnos y fue un estudio de mayor duración que el de información recopilada. Por lo cual para este para se tomara con base de estudio, por lo cual se tiene que un 29 %, corresponde al tiempo de paro por cambio de presentación. Luego le sigue con un 28 % el tiempo de paro por saneamiento. Luego con un 19 % el tiempo de paro por cambio de turno, y después con 16 % el corte final que es cuando el turno 3 termina de trabajar, lo cual ocurre que paran antes de su tiempo establecido.

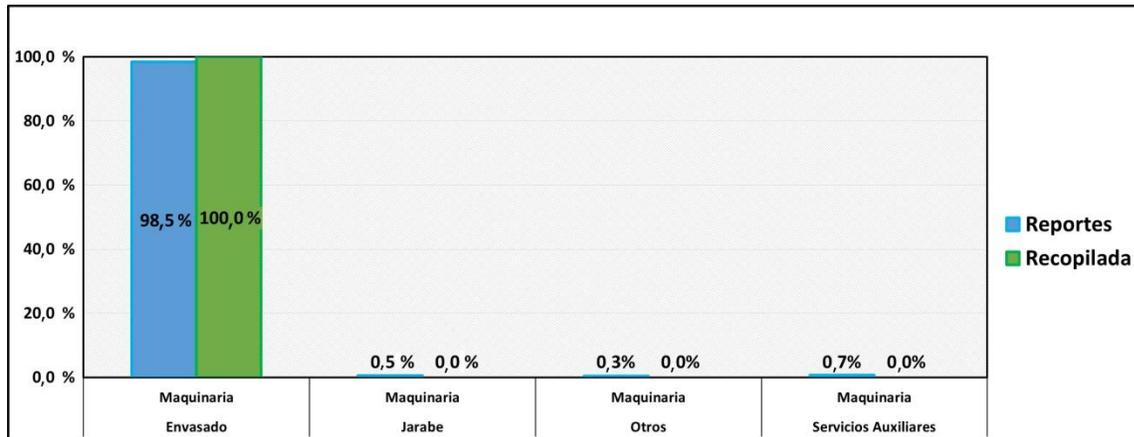
Figura 55. Gráficos paros no programados



Fuete: Empresa en estudio.

Según resultados del gráfico (figura 54), según información de reportes de producción el 97 % de los paros no programados se deben a falla en la maquinaria 3 % por falla operativa. Mientras que la información recopilada de forma propia arroja que un 78 % de los paros de producción son por falla de la maquinaria, dejando el 22 % de los paros de producción por falla operativa. El resultado que se tomará como verdadero es el de recolección propia, ya que en los reportes no colocan el verdadero motivo de los paros de producción cuando son por falla operativa.

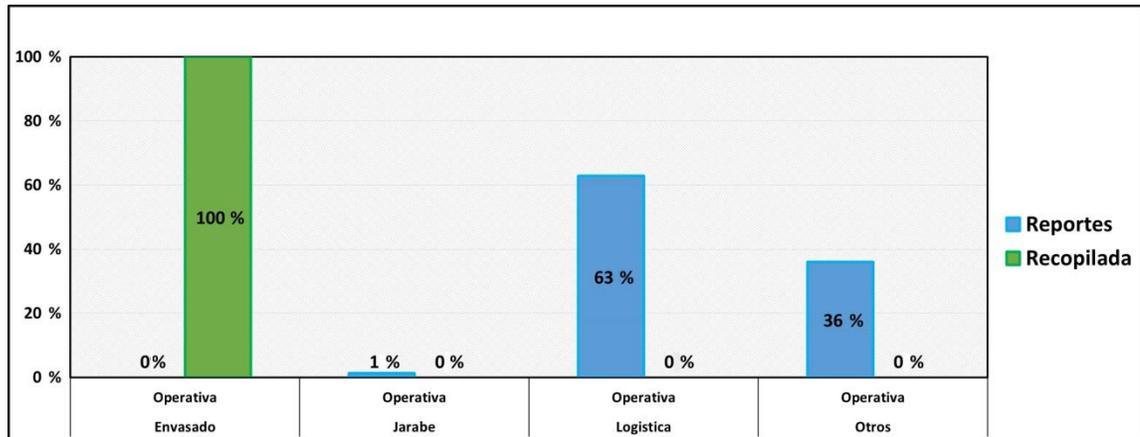
Figura 56. Resultados paros de producción (falla maquinaria)



Fuete: Empresa en estudio.

Según los resultados (figura 55), para la información según reportes y recopilada, son concretas en señalar que casi el 100 % de los paros por falla de la maquinaria ocurren en la sala de envasado. Casi son despreciables los paros por fallos de la maquinaria en otra área del proceso.

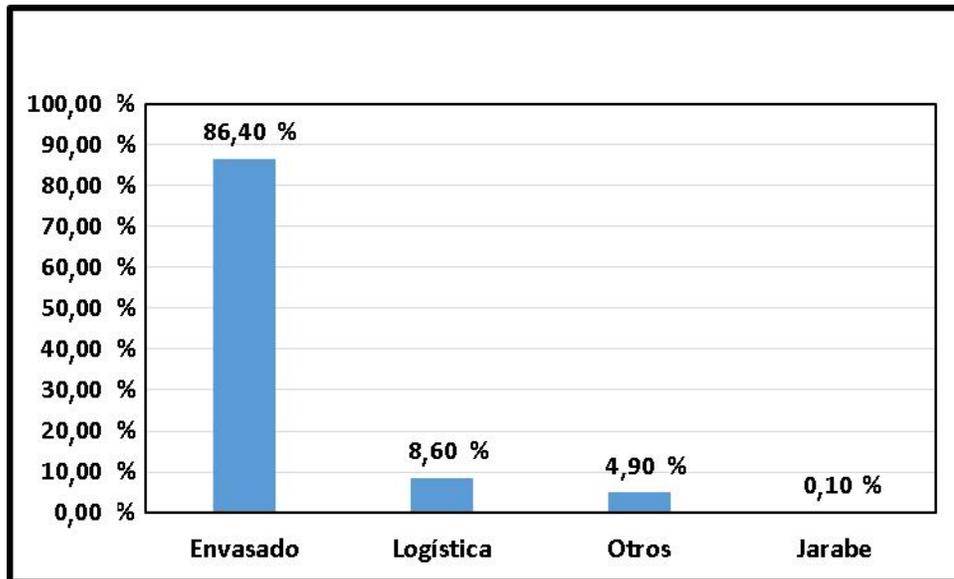
Figura 57. Resultados paros de producción (Falla operativa)



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 56), el estudio de información recopilada se presenta que el 100 % de los paros de producción por falla operativa se presenta en la sala de envasado. Mientras que para la información basada en los reportes de producción se tiene que un 63 %, se producen por logística y 36 % por otros motivos y con 1 % en la sala de jarabe. Para los resultado final se tomará el a partir de que un 22 % de los paros son no programados y de estos un 3 % corresponden a la información según reporte y un 19 %, se realiza una regla de tres y se obtienen los siguiente resultado final para los paros programados.

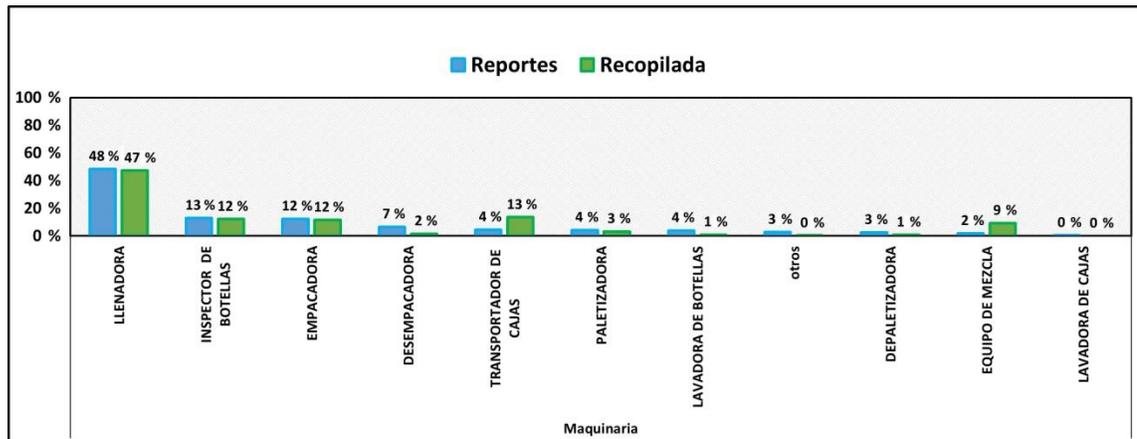
Figura 58. **Resultado final paros de producción (falla operativa)**



Fuete: Resultados estudio realizado.

Según el gráfico (figura 57), los resultados finales de paros de producción por falla operativa el mayor causante es en la sala de envasado. Este corresponde con un 86,4 %, y el segundo es por logística con un 8,6 %. Le sigue en tercer lugar por otros con un 4,9 % y en último lugar la sala de jarabe con un 0,1 %.

Figura 59. **Paros de producción sala de envasado (falla maquinaria)**

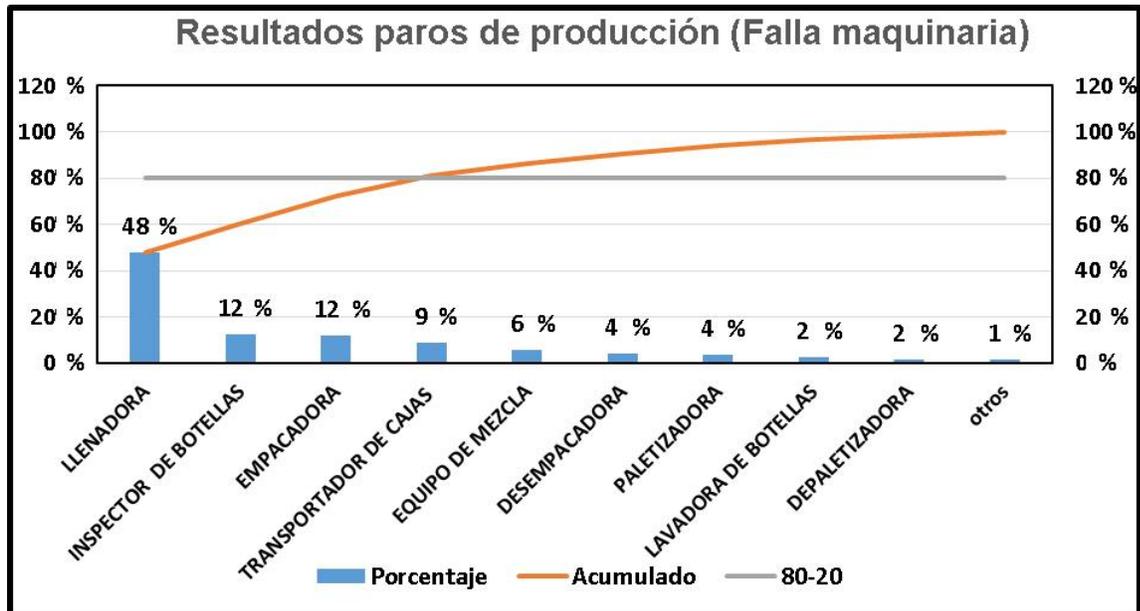


Fuete: Empresa en estudio.

Según los resultados del gráfico (figura 58), para ambas informaciones recolectadas; el mayor causante de paros de producción por falla en maquinaria, es la llenadora con una aproximación de 48 %. Le sigue el inspector de botella con un 13 %. Luego la empacadora con un 12 %, a partir de la cuarta posición se tomara un promedio de los dos resultados, para según el promedio más alto posicionarlo como causante.

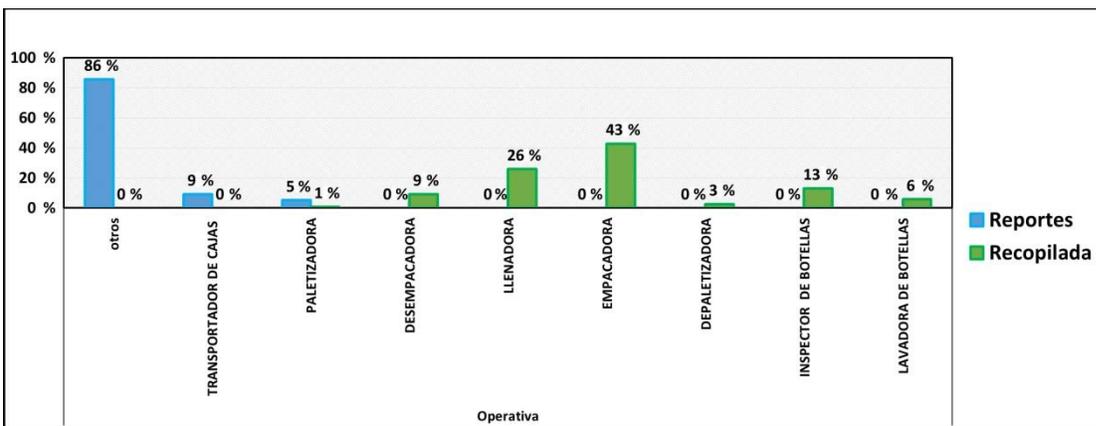
En la cuarta posición se ubica con 8 % transporte de caja, en la quinta posición equipo de mezcla con un 6%, y en sexta posición la empacadora con un 5 %. En séptima posición paletizadora con un 4 %, y en octava posición lavadora de botellas con un 3 %, en la novena posición depaletizadora con un 2 %, por ultimo otros equipos con un 1%. En el siguiente gráfico (figura 59) se muestran los resultados del orden de paros de producción por falla maquinaria.

Figura 60. Resultados paros de producción falla maquinaria



Fuete: Empresa en estudio.

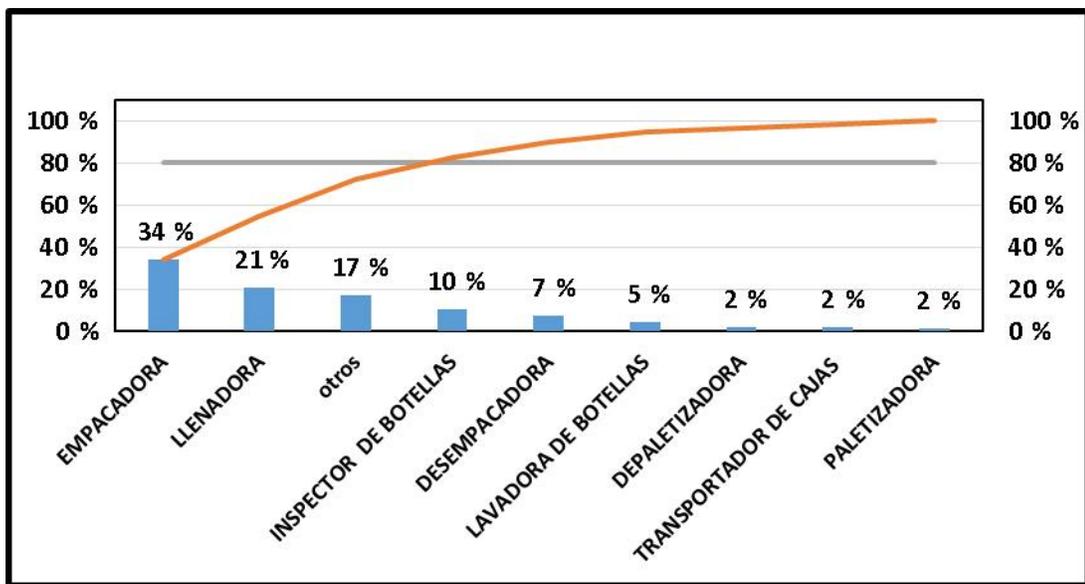
Figura 61. Paros de producción sala de envasado (falla operativa)



Fuete: Empresa en estudio.

Partiendo de los resultados del gráfico (figura 60), los resultados que se tomaran como 80 % los resultados de la información recopilada y un 20 % la de los reportes de producción. Por ello las causas de paros de producción quedarían de la siguiente manera (figura 61).

Figura 62. **Resultados paros de producción falla operativa**

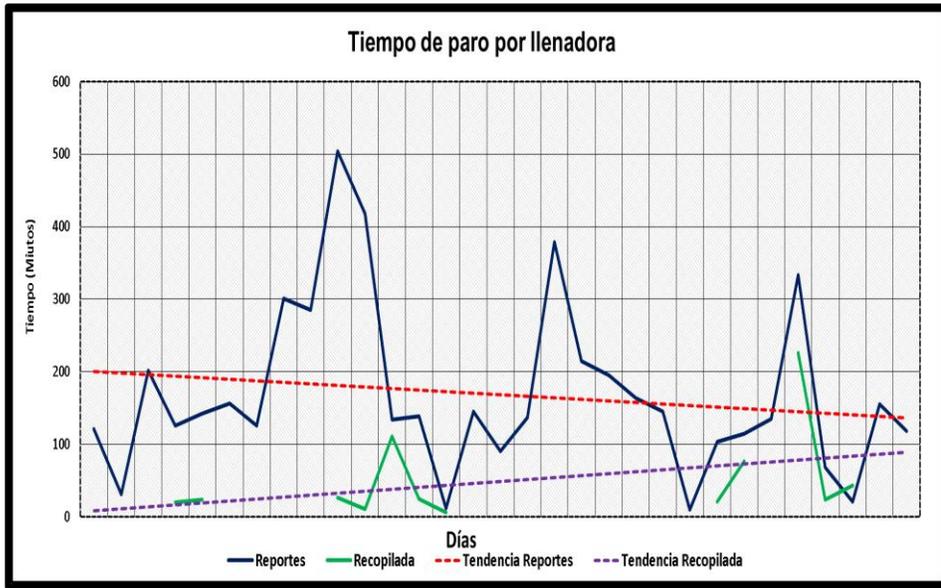


Fuete: Empresa en estudio.

5.9.1. **Resultados paros llenadora**

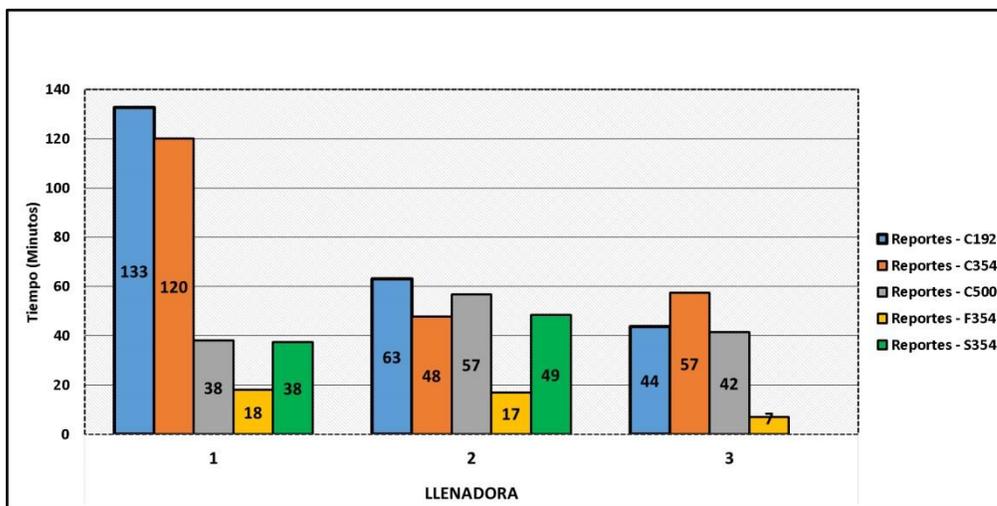
Según el gráfico (figura 62), la tendencia de la información según reportes el tiempo de paro, por llenadora, está disminuyendo a un aproximado de 120 minutos por día. Mientras que la información recolectada muestra un aumento, pero a un aproximado de 100 minutos por día. Esto se puede concluir claramente es que al final la llenadora está tendiendo a tener un promedio de paro por día en un rango de 120-100 minutos.

Figura 63. **Historial de paros llenadora**



Fuete: Empresa en estudio.

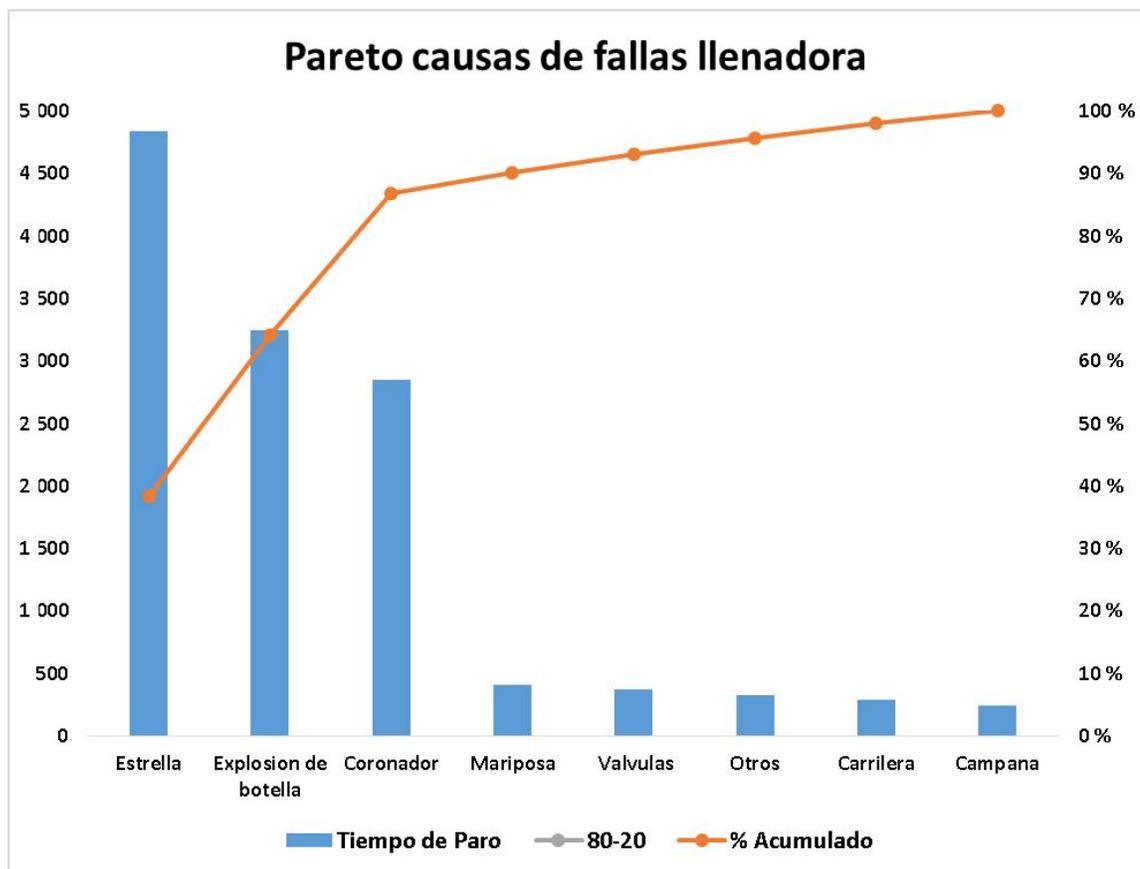
Figura 64. **Paros por turno y producto llenadora**



Fuete: Empresa en estudio.

Según los resultados de la figura 63, por turno se tiene que el turno 1 es el turno que más paros de la llenadora presenta. Luego le sigue el turno 2 y por último el turno 3, Por producto Coca-Cola 6,5 oz es el mayor en 2 de 3 de los turnos. Luego le sigue Coca-Cola 12 oz que es el segundo mayor en 2 de 3 turno y primero en el tercer turno. El tercer producto que tiene mayor cantidad de tiempo de paro es Coca-Cola ½ litro, y en cuarta posición Shagri-La, por último Fanta como el menor de todos.

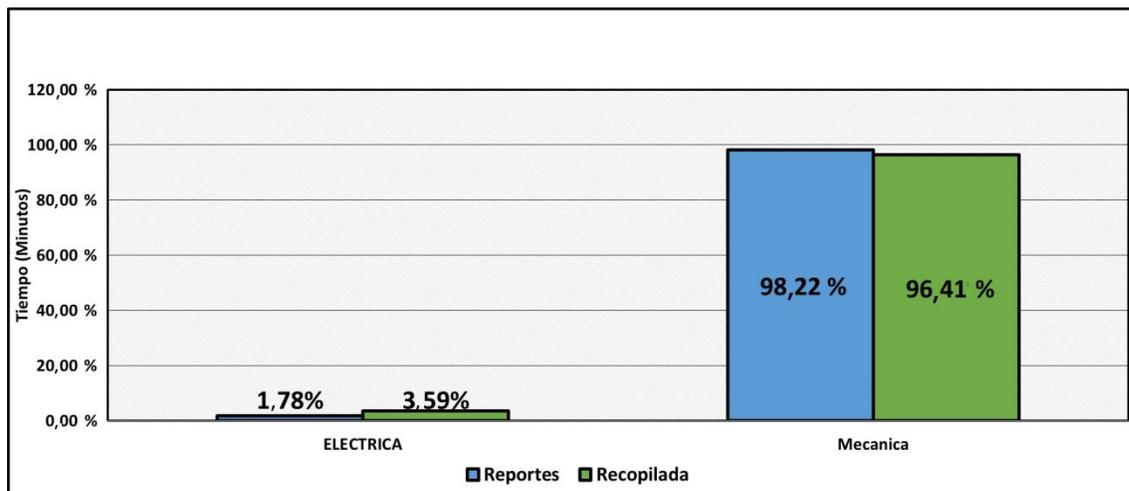
Figura 65. Pareto causa de paros llenadora



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 64), el mayor de los causante de los paros de la llenadora se deben a falla con la estrella con un 40 %, la número dos es la explosión de botella con un 22 %. En tercer lugar el coronador con un 18 %, estos 3 corresponden al 80 % de las fallas en la llenadora. Los siguientes causantes son menores a un 10 %. Por ello es importan ante céntrense en los primeros tres con son los causante de la mayor parte de paros de producción.

Figura 66. Gráficos por tipo falla



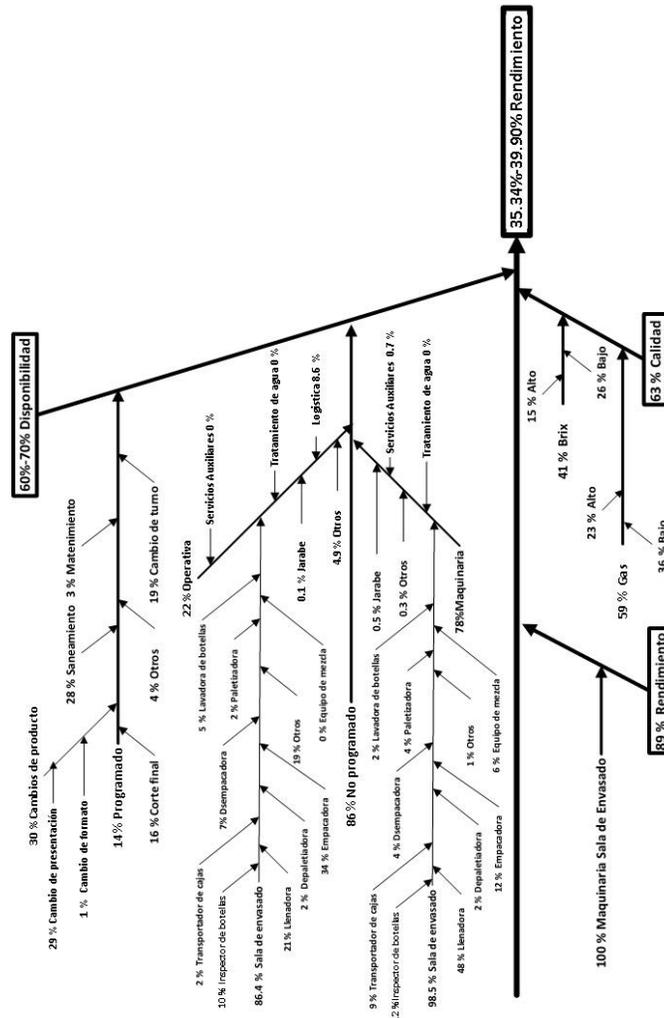
Fuete: Empresa en estudio.

Según los resultados del gráfico (figura 65), los resultados para ambos estudios presentan que alrededor de un 97 % de las fallas en los equipos son de carácter mecánico, y un 3 % son por falla eléctrica.

5.10. Resultados general de rendimiento

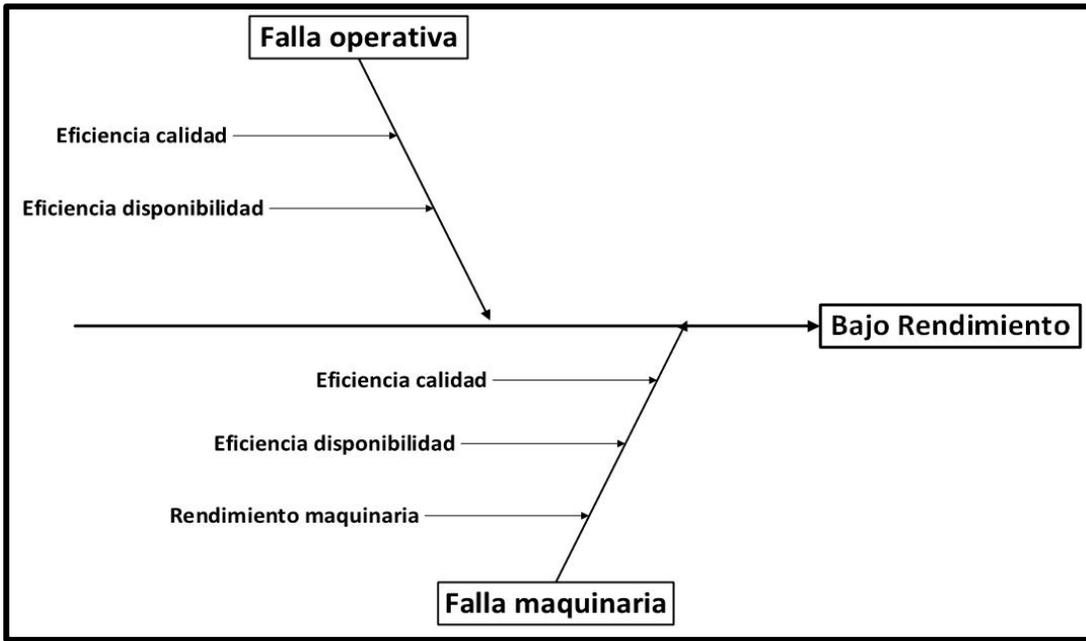
En la siguiente grafica se representa el resultado final del rendimiento de la línea de producción, que se desglosa de tres eficiencias las cuales son disponibilidad, rendimiento y calidad.

Figura 67. Resultados generales de rendimiento



Fuete: Empresa en estudio.

Figura 68. Causas principales del bajo rendimiento



Fuete: Empresa en estudio.

Según el gráfico (figura 67), las dos principales causas del bajo rendimiento en la línea de producción se deben a fallas operativas y de la maquinaria. Esto es en lo que se debe trabajar para mejorar el rendimiento, la falla operativa do se presenta en el rendimiento de la maquinaria.

6. ESTRATEGIA PARA EL MEJORAMIENTO DEL RENDIMIENTO

El capítulo tiene como objetivo de plantear metodologías que ayuden a mejorar el rendimiento de la línea de producción reduciendo y controlando las causas del bajo rendimiento encontradas en el capítulo anterior. Entre los que se encuentran los tiempos de paro, bajo rendimiento de la maquinaria y la reducción de producto defectuoso.

Tabla L. **Proceso de estrategias para mejoramiento del rendimiento**

Capacitación	Reducir las fallas operativas que presentan pérdidas de tiempo y también pueden causar una falla en la maquinaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar fallas operativas • Reducir el tiempo de paros programados • Mantener todo el personal actualizado del estado de la maquinaria y su debida manipulación.
Control estadístico	Mantener un rango de reducción de la causas del bajo rendimiento para que con esta información reducir las eficazmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener una medición y reducción de los paros de producción. • Identificar y cuantificar las causas de bajo rendimiento.
Mantenimiento	Conforme a especificaciones de la maquinaria y resultados estadísticos se prioriza el mantenimiento de la maquinaria.	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener la maquinaria en el mejor estado posible, para que falle lo menos posible y produzca con la calidad requerida y a su mayor capacidad. • Programar el mantenimiento adecuado para cada equipo, reduciendo el tiempo perdido.
Diseño o renovación	Si se detecta una causa que no se puede eliminar con mantenimiento se evalúa si se rediseña la máquina o se reemplaza por una nueva.	<ul style="list-style-type: none"> • Si la maquinaria tiene un costo muy alto de mantenimiento o ya no se puede reparar, de debe evaluar si se cambia o rediseña la maquinaria para mejorar su rendimiento evaluando los costos y beneficios.

Fuente: elaboración propia.

6.1. Resultados esperados de la metodología

Aumentar el rendimiento de la línea de producción a través de los siguientes tres puntos:

- Aumento de la eficiencia en calidad
- Aumento de la eficiencia del rendimiento de la maquinaria
- Aumento de la eficiencia de disponibilidad

6.1.1. Causas a eliminar o reducir para aumentar el rendimiento de la línea de producción

Estas son algunas de las causas del bajo rendimiento encontradas en el estudio:

- Pérdida de tiempo por fallo en equipos
- Pérdida de tiempo por fallo operativa
- Pérdidas por falla operativa, causan baja calidad por lo cual existe producto rechazado.
- Pérdidas por mal funcionamiento maquinaria, causan baja calidad por lo cual existe producto rechazado.
- Pequeñas paradas o marcha en vacío
- Pérdida de velocidad por bajo rendimiento de la maquinaria
- Pérdidas por programación
- Pérdidas por mediciones y ajustes
- Pérdidas por cambios de turno y producto

6.2. Capacitar personal

Todo el personal que trabaja en alguna área relacionada con la línea de producción debe saber con exactitud de las tareas que debe realizar dependiendo de su puesto. Para realizar su actividades con la mayor confiabilidad, para el personal que opera y manipula alguna maquinaria reduzca lo mayor posible los errores de manipulación, errores de ajuste y arranque. Además de estándares de operación incorrectos, inconsistencia en el mantenimiento de las condiciones básicas reducen la confiabilidad.

- Objetivos de la capacitación:
 - Que entienda completamente las tareas y responsabilidades que conlleva su puesto.
 - Que tenga un adecuado conocimiento de la manipulación de la maquinaria.
 - Que esté dispuesto a la contribuir a la mejora del rendimiento de la línea de producción.
 - Que entienda los indicadores de rendimiento y que conozca las metas rendimiento.
 - El compromiso de realizar todas sus tareas de la mejor forma y ser proactivo.
 - Una buena comunicación con los compañeros de trabajo.

Se debe capacitar al personal con una frecuencia para indicarles la manera correcta de cómo deben realizar los ajustes y calibraciones en las máquinas. Esto es de suma importancia tanto para los operadores titulares o las personas que estén cubriendo deban estar bien capacitados para desarrollar su labor la mejor manera posible. Es importante evaluarlos sobre el conocimiento de la manipulación de la maquinaria y de seguridad para reducir los paros por fallas operativas y accidentes.

- Descuido: esto es muy frecuente en el personal que opera la maquinaria en la sala de envasado. Esta acción se define cuando la persona deja de atender o se presta atención a su máquina y se entretiene realizando otras actividades ajenas su trabajo.
- Tiempos paro en una línea de producción: la metodología estará basada en la presentación de diferentes escenarios de pérdidas en caso de no disminuir los tiempos paro. En la necesidad de tener medidas con las que sea posible comparar diferentes líneas de producción con respecto a los tiempos paro. Además de proponer acciones correctivas para disminuir los tiempos muertos y acciones que deben estar basadas en las herramientas de las 7w o 5S.

6.2.1. Crear una cultura que involucre a todo el personal en el mantenimiento

El mantenimiento autónomo permite que el trabajo se realice en ambientes seguros, libres de ruido, contaminación y con los elementos de trabajo necesarios.

El orden en el área, la ubicación adecuada de las herramientas, medios de seguridad y materiales de trabajo, traen como consecuencia la eliminación de esfuerzos innecesarios por parte del operario. Estos son menores desplazamientos con cargas pesadas, reducir los riesgos potenciales de accidente y una mayor comprensión sobre las causas potenciales de accidentes y averías en los equipos.

El mantenimiento autónomo (MA) estimula el empleo de estándares, hojas de verificación y evaluaciones permanentes sobre el estado del sitio de trabajo, Estas prácticas de trabajo crean en el personal operativo una actitud de respeto hacia los procedimientos, ya que ellos comprenden su utilidad y la necesidad de utilizarlos y mejorarlos. Estos beneficios son apreciados por el operario y estos deben hacer un esfuerzo para su conservación.

El contenido humano del MA lo convierte en una estrategia poderosa de transformación continua de empresa, Sirve para adaptar permanentemente a la organización hacia las nuevas exigencias del mercado y para crear capacidades competitivas centradas en el conocimiento que las personas poseen sobre sus procesos.

Otro aspecto a destacar es la creación de un trabajo disciplinado y respetuoso de las normas y procedimientos. El TPM desarrollado por el JIPM estimula la creación de metodologías que sin ser inflexible o limiten la creatividad del individuo, hacen del trabajo diario en algo técnicamente bien elaborado y que se puede mejorar con la experiencia diaria.

6.2.2. Capacitación constante de personal

La especificación del contenido de la capacitación requiere un análisis de las operaciones necesarias para alcanzar los objetivos de la empresa. Puede conocerse los objetivos en los operadores al entrevistarlos y por observación directa del flujo de trabajo y la sucesión de operaciones. El centro del estudio entero es expresar las conductas de trabajo deseadas en términos operacionales, la especificación de las conductas debe incluir las acciones y deberes concretos que han de realizarse. Estas especificaciones conductuales constituyen las conductas terminales que serán desarrolladas por medio de la capacitación.

6.2.2.1. Compromiso y responsabilidad de los operarios

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo
- Mejor control de las operaciones
- Incremento del compromiso del trabajador
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.

6.2.3. Control de los cambios

Con base en los estudios de tiempos se debe cronometrar el tiempo adecuado para los diferentes tipos de paros de producción programados y reducir al menor tiempo el tiempo de paros de producción no programados.

Para capacitar al personal para que realice los cambios en el menor tiempo posible.

6.2.3.1. Paros programados

Estos son todos los paros de producción que necesarios y que se planificar dado que se sabe con precisión cuando ocurrirán.

- Cambio de turno
- Cambio de sabor
- Cambio de presentación
- Cambio de presentación y sabor
- Saneamiento
- Mantenimiento

6.2.3.2. Paros no programados

Capacitar al personal para reducir el tiempo en que les toma corregir la avería que tiene la maquinaria.

6.2.4. Diseño de estrategias para reducir los tiempos de paro

En esta parte se diseñarán estrategias para reducir los paros de producción analizando el proceso y las condiciones de la línea de producción para la elaboración más adecuada de estas.

- Después de generar un análisis completo del entorno de los motivos de tiempo de paro de una línea de producción de bebidas carbonatas, se

deben establecer estrategias que mejoren los indicadores dentro del sistema. Las estrategias para reducir los tiempos de paro dependerán de qué motivos sean los más significativos en la prensa de estudio, Se deberá seguir la siguiente estructura.

- Establecer un programa de 5S que contemple todas las actividades que se realizan en la línea de producción en estudio para lograr una cultura de mejora continua. El programa de 5S debe ser ejecutado por los operadores, monitoreado por los supervisores y auditado por el gerente del área apoyado por el área de Calidad.
- Clasificar los motivos derivados de los estudios previos de acuerdo a su naturaleza, similitud, características, entre otros. De esta manera se podrán establecer acciones con un enfoque integral dentro de la línea de producción.
- Realizar una descripción a detalle del motivo de paro para conocer y entender todo el flujo que tiene cada actividad.
- Generar un indicador de productividad para cada motivo de manera que pueda evaluar la reducción de tiempo de paro durante un periodo.
- Involucrar al personal que interviene en los procesos analizados para dar el seguimiento de las actividades que se proyecten dentro de la línea de producción.
- Considerar herramientas estadísticas complementarias para medir y controlar las propuestas que se implanten dentro de las líneas de producción de etiquetas.

6.2.5. Planificar la mejora

Es necesario establecer un plan de mejora para introducir los cambios necesarios en el proceso previamente diseñado. Este plan debe contemplar todos los aspectos que permitan conducir el proceso hacia la excelencia, para lo cual se debe tomar los siguientes aspectos:

- Aspectos relacionados con las persona, como el grado de implicación de los profesionales (objetivos individuales, e incentivos), la capacidad de introducir innovaciones y el grado de autonomía para hacerlas posible.
- Forma de organizar las estrategias de mejora, es decir, cuestiones tales como quién las lidera, con qué estructura organizativa (comisiones y grupos de trabajo).
- Si se planifican las actividades de mejora con carácter puntual o están integradas en el trabajo diario.
- Recursos de formación, tiempo, personas y recursos materiales.

6.2.5.1. Cómo poner en marcha

Consiste en hacer mejorar las cosas, asegurando que se miden los resultados en cada paso, desde la entrada hasta el final del proceso (la cantidad y la entrega de servicios y la calidad de los mismos). Asimismo, hay que medir el tiempo de realización de las tareas previstas y el lugar más idóneo donde estas se ejecutan, es decir, se debe valorar la eficiencia del proceso y su efectividad, y no solo desde el punto de vista de la calidad científico técnica

(que siempre tienen en cuenta los proveedores), sino también de la percibida por los usuarios.

Para llevar a cabo estas mediciones es imprescindible contar con un sistema de información integral en el que se contemplen las diferentes dimensiones de la calidad. Donde se utilicen diferentes métodos para obtener la información y estén diseñados los indicadores de evaluación precisos.

Es decir, un sistema de evaluación y seguimiento de calidad de un proceso exige un sistema de información que lo sustente, y que se constituye como la base fundamental para la valoración de la mejora a largo plazo. Este ha de tener cobertura integral, con el fin de facilitar tanto la obtención de indicadores globales y poblacionales como las fuentes de datos que permitan la gestión de casos y la trazabilidad de los mismos a lo largo del proceso. ¿Cómo evaluar el rendimiento?

Se trata de buscar continuamente las causas de los errores y desviaciones en los resultados. Esto es interrelacionando los flujos de salida del proceso con las expectativas previas de los usuarios, ya que la gestión de procesos, si bien consiste en mejorar las cosas que ya se vienen haciendo, pone especial énfasis en el “para quién” se hacen y en el “cómo” se deben hacer.

Para la evaluación de los procesos se pueden plantear múltiples herramientas y mecanismos de actuación.

- Repetición del ciclo de mejora
- Realización de auditorías de calidad
- Aplicación de técnicas de *benchmarking*

6.2.5.2. Cómo se debe corregir

Esta fase consiste en intervenir en el proceso para solucionar los problemas de calidad, analizando las intervenciones factibles dentro del ámbito concreto de aplicación, y buscando el consenso entre los profesionales que lo lleven a cabo. Para ello, es necesario apoyarse en las fuerzas a favor y gestionar adecuadamente las posibles resistencias a las soluciones previstas. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante la construcción de una matriz FODA, en la que se visualicen tanto los factores externos al proceso (oportunidades y amenazas) como los internos (debilidades y fortalezas), cuyo conocimiento ayudará a diseñar la estrategia de intervención.

La forma más operativa para actuar en el abordaje de la mejora de los procesos, y uno de los puntos clave en la gestión de calidad de los mismos, es la constitución de grupos de mejora, implicando a las personas que los desarrollan y que, por tanto, los conocen bien.

6.3. Control estadístico

En esta sección se propone una metodología que ayude a disminuir los las causas de del bajo rendimiento. Esto a través del monitorio constante de las causas encontradas y un registro de las que padecen presentarse, para lo cual el control se basa en dos puntos importantes:

- Maquinaria
 - Rendimiento
 - Paros de producción por falla de la maquinaria
 - Calidad

- Operativa
 - Paros programados
 - Paros de producción por falla operativa
 - Calidad

6.3.1. Maquinaria

Esta parte hace referencia a todo la maquinaria que está vinculada a la línea de producción y haciendo énfasis a la maquinaria del área de Envasado.

6.3.1.1. Rendimiento

En este punto, se quiere evaluar, es el desempeño de la maquinaria respecto a su velocidad esperada. En ella, la máquina que se monitorea es la llenadora por ser la máquina crítica del proceso.

6.3.1.2. Paros de producción

En esta parte se monitoria el tiempo perdido por el fallo de alguna máquina y el tiempo que tarda en ser reparada.

6.3.1.3. Calidad

En esta parte se monitorea la inconsistencia de la calidad del producto, por causa del mal funcionamiento de la maquinaria.

6.3.2. Operativa

Por operativa se entiende la parte humana del proceso de producción. Esta se basa en todas las acciones que tienen relación con la línea de producción que se realizan por el personal.

6.3.2.1. Paros de programados

Este paro abarca todos el tiempo en que se para la línea, cuando es necesario ya sea por saneamiento por norma o porque se realizara algún cambio de presentación o formato. Estos pueden ser los siguientes:

- Cambio de presentación y formato
- Saneamiento
- Mantenimiento
- Capacitaciones

6.3.2.2. Paros de producción por falla operativa

En esta parte se monitoria el tiempo pérdido por el fallo del personal, que puede deberse a:

- Mala manipulación de la maquinaria
- Distracciones
- El personal no está en su puesto
- Pierden más tiempo de lo establecido
- Impuntualidad o inasistencia

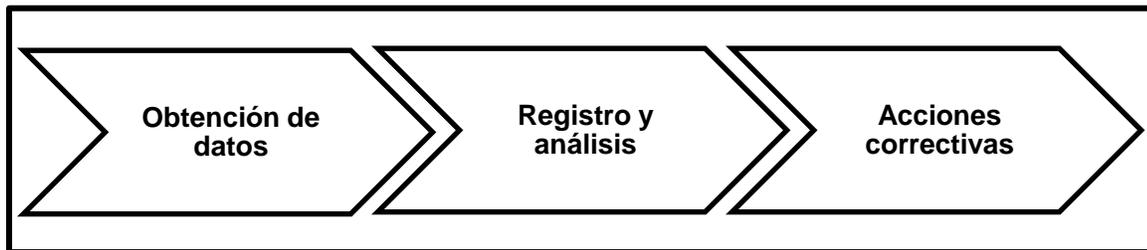
6.3.2.3. Calidad

En esta parte se monitorea la inconsistencia de la calidad del producto. Esto por causa de una mala manipulación de la maquinaria o no realizan las mezclas de manera adecuada.

6.3.3. Proceso estadístico

El fin del control estadístico es proporcionar información que ayude a tomar decisiones para reducir o eliminar la causas del bajo rendimiento. Es el uso de técnicas estadísticas, por medio de las cuales se puede analizar el proceso, tomar las acciones apropiadas para reducir su variación, mantener su control y disminuir las causas del bajo rendimiento. Además permite observar lo que ocurre en el proceso a través del tiempo, no se tiene que esperar para conocer los resultados, es posible obtener esta información rápidamente.

Figura 69. Proceso estadístico



Fuente: elaboración propia.

6.3.3.1. Obtención de datos

Es la actividad principal que el sistema de control el cual se quiere lograr medir determina variable para conocer el rendimiento de ese factor estudiado.

6.3.3.1.1. Rendimiento

La platilla de recolección de datos para el rendimiento, la cual debe de llenar el operador de la llenadora, y al finalizar su jornada entregar al jefe de línea para su posterior análisis.

Tabla LI. **Plantilla de recolección de datos rendimiento**

Llenadora						
Fecha				Línea		
Turno 1	Turno 2	Turno 3				
				Producto		
Hora	Velocidad de diseño	Velocidad producción		Motivo de paro	Tiempo	
06:00-07:00						
07:00-08:00						
08:00-09:00						
09:00-10:00						
10:00-11:00						
11:00-12:00						
12:00-13:00						
13:00-14:00						
14:00-15:00						
15:00-16:00						
16:00-17:00						
17:00-18:00						
18:00-19:00						
19:00-20:00						
20:00-21:00						
21:00-22:00						
22:00-23:00						
23:00-24:00						
00:00-01:00						
01:00-02:00						
02:00-03:00						
Promedio					Total	
Velocidad de diseño						
Producto	Un/cf	Cf/hr	Botellas/Minutos		Eficiencia	
6,5 oz VR	24	1 500	600	$Eficiencia = \frac{\text{Promedio de velocidad real}}{\text{Promedio de velocidad de diseño}}$		
12 oz VR	24	1 500	600			
12 oz SH						
SAB VR	24	1 250	500			
0,5Lt VR	24	1 125	450			Jefe de línea

Fuente: elaboración propia.

6.3.3.1.2. Calidad

Los datos de calidad se obtienen de la información el total de cajas rechazadas y del total de cajas conformes producidas durante un turno. De la cual se puede obtener las cajas rechazadas en el proceso y en la revisión final por el departamento de calidad.

Tabla LII. **Plantilla de recolección de datos calidad**

Eficiencia calidad						
Fecha				Cajas rechazadas		
				Proceso		
	Turno 1	Turno 2	Turno 3	Proceso		
Turno				Volumen menor		
				Mal sellado		
	Coca-cola	Fanta	Shangri-la	Suciedad		
192 ml				Otros		
354 ml				Subtotal		
500 ml				Revisión final		
$Eficiencia = \frac{Cajas\ conformes}{Cajas\ producidas}$				Brix alto		
				Brix bajo		
				Gas alto		
				Gas bajo		
				Codificación		
				Presencia de glucosa		
				Subtotal		
				Total de cajas rechazadas		

Fuente: elaboración propia.

6.3.3.1.3. Disponibilidad

Para la recolección de datos de paros de producción se tendrá una plantilla para los operadores de las máquinas para que detallen. El motivo de los paros e inconvenientes que sufra la máquina. Una para los supervisores para recolectar la información sobre fallas operativas y por último el jefe de línea donde colocará paros que se deben a causas de otras áreas de la planta

como servicios auxiliares, tratamiento de agua, sala de jarabe y otros motivos de paros.

Figura 70. Plantilla de recolección por maquina

Paros de producción						
Fecha					Producto	
Turno	Turno 1	Turno 2	Turno 3		Máquina	
					Área	
Hora	Tiempo	Descripción	Causa			
			Mecánica	Eléctrica		
Total						

Fuente: elaboración propia.

Figura 71. Plantilla de recolección supervisor

Paros de producción						
Fecha					Producto	
Turno	Turno 1	Turno 2	Turno 3		Supervisor	
					Área	
Hora	Tiempo	Descripción		Máquina		
Total						

Fuente: elaboración propia.

La clasificación de los paros de producción es la base del análisis estadístico, para lo cual se hace referencia en la plantilla de recolección de datos que utilizará el jefe de línea. Para su posterior análisis. A continuación se presenta la figura que representa la clasificación que se utilizara para los paros de producción.

Figura 72. **Clasificación de las causas de paros de producción**

Tipo de paro	Clasificación		Categoría	Causa
		Designación		
Programado	Cambio de turno	CT	T1-T2/T2-T3/corte final	
	Cambio de formato	CF	192 ml > 354 ml	
			192 ml > 500 ml	
			354 ml > 192 ml	
			354 ml > 500 ml	
			500 ml > 192 ml	
			500 ml > 354 ml	
	Cambio de presentación	CP	Coca-cola>Fanta	
			Coca-cola>Shangri-la	
			Fanta>Coca-cola	
			Shangri-la>Coaca-cola	
			Fanta>Shangri-la	
			Shangri-la>Fanta	
Saneamiento	SA	5 Etapas		
		3 Etapas		
		Enjuague		
Mantenimeinto	MAN			
Cambio de presentación y formato	CPF			
Otros	OT			
No programado	Operativa	OP	Envasado	Mecánica/Eléctrica
			Logística	Falta envase bodega
			Servicios auxiliares	Mecánica/Eléctrica
			Jarabe	Mecánica/Eléctrica
			Tratamiento de agua	Mecánica/Eléctrica
			Otros	Mecánica/Eléctrica
			Servicios auxiliares	Mecánica/Eléctrica
	Maunaria	MAQ	Servicios auxiliares	Mecánica/Eléctrica
			Envasado	Mecánica/Eléctrica
			Tratamiento de agua	Mecánica/Eléctrica
			Sistema eléctrico	Mecánica/Eléctrica
			Otros	Mecánica/Eléctrica

Fuente: elaboración propia.

6.3.3.3. Resultados estadísticos a presentar

Los resultados que se pueden tomar para tomar decisiones son los siguientes:

- Media
- Desviación estándar
- Valor máximo
- Valor mínimo
- Regresión lineal

6.3.3.3.1. Herramientas estadísticas

Estas son algunas de las herramientas estadísticas que son muy útiles para el análisis y control de paros de producción.

- Pareto
- Gráficos de control
- Gráficos de línea
- Histogramas
- Gráficos de barras
- Gráficos de sectores

6.4. Rediseño de maquinas

- Confiabilidad de diseño: los malos diseños dan como resultado fallas mecánicas, corta vida en las partes, instrumental de detección pobre, mala forma en las piezas de trabajo.

- Confiabilidad de fabricación: el fabricante de equipo, ensamble de partes, exactitud dimensional, forma de partes influyen en esta fuente.
- Confiabilidad en la instalación: la impropia instalación resulta en vibración, equipo desnivelado, mal cableado, mala plomería.
- Confiabilidad operacional.

6.5. Mantenimiento

El estado de la infraestructura y maquinaria presenta un deterioro considerable debido a que las botellas de vidrio son un material duro y quebradizo. Este desgasta los materiales rápidamente, además que el ritmo de producción es muy rápido y que las jornadas de trabajo son muy amplias. También la planta labora todos los días de la semana a un promedio de 21 horas diarias, y que además de la suciedad que se presenta las botellas retornables que afecta la línea, por lo cual la maquinaria sufre un deterioro constante. También que la línea de vidrio es una de las líneas más antiguas de la planta con más de 15 años de trabajo.

6.5.1. Estado de la maquinaria encontrado

Este es un estudio de las condiciones en que se encuentra la maquinaria, lo cual servirá para determinar si es más factible realizar una reparación o renovar el equipo.

- La máquina y estructura generalmente se encuentran con suciedad.
- Existe material y producto disperso alrededor de la línea de producción.

- Lo motores de transporte de banda, en su mayor parte, no tiene su tapadera de protección y presenta suciedad.
- Las bandas de transporte usualmente tienen basura y otros materiales.
- Existen fugas de aire comprimido en la maquinaria neumática.
- El cableado se encuentra expuesto y no está bien sujetado.
- Muchas de las maquinarias necesitan de muchos ajustes porque no funcionan adecuadamente.
- La llenadora presenta problemas en las válvulas y en el coronador.

6.5.2. Control de mantenimiento

Existe un control de fallas solucionadas, pero no existe un control de las fallas que reducen el rendimiento de la maquinaria. El Departamento de Producción proporciona un reporte de los paros de producción y sus causas, pero esta información no es procesada por Departamento de Mantenimiento. Además que los operadores de la maquinaria no pueden transmitir la información de las fallas, porque no tienen ningún tipo de reporte de fallas encontradas en su maquinaria.

La mayor parte del manteniendo es realizado por otras empresas, solo el manteniendo correctivo es realizado por empleados de la empresa. Por ello, no existe un control del manteniendo que realizan las empresas exteriores y no se cuenta con un inspección física del cumplimiento de las órdenes de mantenimiento para cada máquina.

6.5.2.1. Maquinaria crítica

Según los resultados de estudios, la maquinaria se presenta como causa del bajo rendimiento. Esto en los tres tipos de eficiencia que se basó el estudio, la calidad, la disponibilidad y el rendimiento, por lo cual es un factor importante

para aumentar el rendimiento. Según los resultados del gráfico (figura 58), tenemos que el siguiente orden de causas de paros, por falla de la maquinaria.

Figura 74. **Fallas por maquinaria**

Maquinaria	Porcentaje	Acumulado
Llenadora	48 %	48 %
Inspector de botellas	12 %	60 %
Empacadora	12 %	72 %
Transportador de cajas	9 %	81 %
Equipo de mezcla	6 %	87 %
Desempacadora	4 %	91 %
Paletizadora	4 %	94 %
Lavadora de botellas	2 %	97 %
Depaletizadora	2 %	98 %
Otros	1 %	100 %

Fuente: elaboración propia.

Conforme a la tabla anterior se tiene que priorizar el mantenimiento para mejorar el rendimiento de la maquinaria y así aumentar el rendimiento de la línea de producción.

6.5.2.2. Maquinaria crítica del proceso

Para aumentar el rendimiento de la línea, además de priorizar la maquinaria que más fallas, también se debe establecer la maquinaria crítica que para este caso es la llenadora, que es la maquina que dictamina el ritmo de producción. También la máquina que más paros presenta, reducir las pérdidas en estaciones críticas, se debe investigar completamente las características de las condiciones imperantes, Para aumentar el rendimiento de la maquinaria se deben seguir algunos de los pasos siguientes:

- Incrementando la confiabilidad del equipo

- Incrementado la restauración del equipo
- Estableciendo las condiciones de operación óptimas

La confiabilidad del equipo es la probabilidad de que este desempeñe las funciones requeridas satisfactoriamente, bajo condiciones específicas, en un cierto período de tiempo. La baja confiabilidad del equipo es la causa fundamental de las pérdidas crónicas.

- Confiabilidad en mantenimiento: los errores en mantenimiento como el mal reemplazo de partes o ensamble incorrecto reducen también la confiabilidad del equipo.
- Restauración del equipo: todo el equipo cambia con el tiempo dependiendo de las características particulares, los cambios grandes causan descomposturas en el equipo, cuando los pequeños cambios son descuidados (referidos como deterioro) pueden desarrollarse como descomposturas, Restauración se refiere a retornar el equipo a sus condiciones originales, cambiando las partes y mecanismos, Sí solo unas partes han sido cambiadas, las pérdidas continuarán. Esto no es aplicable a equipo que no puede satisfacer los requerimientos técnicos o de mercado.

Hay dos tipos de deterioro:

- Natural: ocurre a pesar de todo y por causa del uso.
- Acelerada: ocurre en un período más corto y es causada por factores humanos.

El deterioro debe ser identificado por inspección y corregido lo más rápido posible. Desafortunadamente, los esfuerzos por detener el deterioro y la restauración son frenadas, por causa de que la siguiente información no siempre está disponible.

- Condiciones óptimas originales
- Métodos para detectar deterioro
- Criterio para medir el deterioro
- Procedimientos adecuados de restauración

Los problemas de deterioro pueden ser evitados estableciendo criterios y procedimientos como:

- Limpieza: es una manera efectiva para verificar y controlar el buen estado del equipo, sirviendo como forma primaria de inspección.
- Mantenimiento predictivo: los diagnósticos técnicos miden el deterioro en términos físicos y químicos.

Si las condiciones están fuera de control se toman medidas correctivas, Para llevar a cabo el mantenimiento predictivo es necesario tener la siguiente información: cómo medir el deterioro, cómo detectar signos de anormalidad, qué son las condiciones normales, dónde están los límites de normalidad-anormalidad.

6.5.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance), El TPM es el sistema japonés de mantenimiento industrial

desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en la industria de los Estados Unidos.

TPM es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción. Esto maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos.

En la fábrica ideal, la maquinaria debe operar al 100 % de su capacidad el 100 % del tiempo, El TPM es un poderoso concepto que conduce cerca del ideal sin averías, defectos ni problemas de seguridad. El TPM amplía la base de conocimientos de los operarios y del personal de mantenimiento y los une como un equipo cooperativo para optimizar las actividades de operación y mantenimiento.

La innovación principal del TPM radica en que los operadores se hacen cargo del mantenimiento básico de su propio equipo. Mantienen sus máquinas en buen estado de funcionamiento y desarrollan la capacidad de detectar problemas potenciales antes de que ocasionen averías.

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM es una nueva dirección para la producción. Este organiza a todos los empleados desde la alta dirección hasta los trabajadores de la línea de producción. Es un sistema de mantenimiento del equipo a nivel de compañía que puede apoyar las instalaciones de producción más sofisticadas.

En Japón, el TPM ha sido generalmente aceptado desde su introducción, Por ejemplo, constituye un soporte esencial del sistema de producción Toyota, El TPM ha sido igualmente implantado por muchas de las filiales de Toyota. De acuerdo con su creador, Taiichi Ohno, el sistema de producción Toyota está basado en la eliminación absoluta del despilfarro. En la producción justo a tiempo de Toyota, solamente se producen los elementos necesarios, En otras palabras el sistema de producción es un esfuerzo para lograr los defectos cero y niveles de inventarios cero.

La figura 73 ilustra la relación entre el TPM y las características básicas del sistema de producción Toyota (TPS). Tal como muestra esta matriz, el propósito del TPM es eliminar las seis grandes pérdidas, que corresponden a la eliminación absoluta del despilfarro de Toyota.

Tabla LIII. Sistema de producción Toyota y TPM

TPM \ TPS	TPS					
	Averías	Preparación y ajuste	Paradas Menores y tiempos, muertos	Velocidad reducida	Defectos calidad	Arranque
Implantación proceso de flujo	x	x				
Eliminación de defectos		x			x	
Producción sin <i>stocks</i>		x				
Reducción tamaño lote	x	x	x	x	x	
Preparación rápida	x	x	x	x	x	
Tiempos ciclo estándar	x	x	x	x	x	
Secuencia producción estándar	x	x	x			
Tiempo vacío estándar	x	x				
Control visual línea señal parada	x					
Mejora operatividad máquina						
Mejora mantenibilidad						

Fuente: elaboración propia, empleando TPM programa de desarrollo, Seiichi Nakajima.

6.5.4. Objetivos del TPM

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa. Gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costes operativos y conservación del conocimiento industrial.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas que los equipos operen sin averías y fallas, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear verdaderamente la capacidad industrial instalada, Cuando esto se ha logrado el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado y en consecuencia la productividad se incrementa.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral del trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí. Todo esto con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.

6.5.4.1. Beneficios del TPM

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes. Este mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

- Beneficios con respecto a la organización
 - Mejora de calidad del ambiente de trabajo
 - Mejor control de las operaciones

- Incremento de la moral del empleado
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas
- Aprendizaje permanente
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad
- Redes de comunicación eficaces

- Beneficios con respecto a la seguridad
 - Mejora las condiciones ambientales
 - Cultura de prevención de eventos negativos para la salud
 - Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas
 - Entendimiento del porqué de ciertas normas, en lugar de como hacerlo
 - Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes
 - Elimina radicalmente las fuentes de contaminación y polución

- Beneficios con respecto a la productividad
 - Elimina pérdidas que afectan la productividad de las plantas
 - Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos
 - Reducción de los costes de mantenimiento
 - Mejora de la calidad del producto final
 - Menor coste financiero por recambios
 - Mejora de la tecnología de la empresa
 - Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado
 - Crea capacidades competitivas desde la fábrica

Una vez que un buen programa de TPM toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización. Es el momento en que toda la gente comienza a apoyar el sistema, Los participantes se sienten animados y se acostumbran a compartir sus ideas confiados en la nueva actitud de "disposición a escuchar" de todo el equipo de trabajo.

Para crear el ambiente adecuado, se debe siempre cumplir con los requisitos más elementales:

- Compromiso total por parte de la alta gerencia
- Difusión adecuada del plan y sus resultados
- Auténtica delegación de la responsabilidad de decidir y respeto mutuo a todos los niveles

6.5.4.2. Procesos fundamentales TPM

Los procesos fundamentales han sido llamados por el JIPM como pilares. Estos pilares sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado, Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva, Los pilares considerados por el JIPM como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son:

6.5.4.3. Mejoras enfocadas o *kobetsu kaisen*

Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas, en el proceso productivo, con el objetivo de maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas. Todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e internacionales que emplean

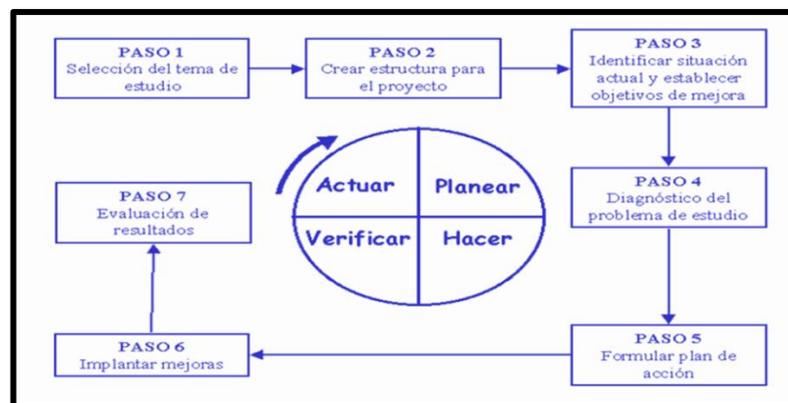
metodología específica y centran su atención en la eliminación de las pérdidas existentes en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de control total de calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso, *Kaizen* o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM, No deberá modificar su proceso de mejora actual.

Las técnicas TPM ayudan a eliminar ostensiblemente las averías de los equipos. El procedimiento seguido para realizar acciones de mejoras enfocadas sigue los pasos del conocido ciclo deming o PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar).

El desarrollo de las actividades *Kobetsu Kaizen* se realizan a través de los pasos mostrados en la figura 74:

Figura 75. **Mantenimiento autónomo o *jishu hozen***



Fuente: elaboración propia, empleando TPM programa de desarrollo, Seiichi Nakajima.

Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad, Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipo, a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipo. Esto es, mecanismos, aspectos operativos, cuidados y conservación, manejo, averías, entre otros. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan. Esto incluye: inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios, Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que operan.

6.5.4.4. Mantenimiento planificado o progresivo

El objetivo del mantenimiento planificado es el de eliminar los problemas del equipo, a través de acciones de mejora, prevención y predicción. Para una correcta gestión de las actividades de mantenimiento es necesario contar con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

6.5.4.5. Mantenimiento de calidad o hinshitsu hozen

Esta clase de mantenimiento tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad mediante el control de las condiciones de los componentes y condiciones del equipo que tienen directo impacto en las características de calidad del producto. Frecuentemente se entiende en el entorno industrial que los equipos producen problemas cuando fallan y se detienen. Sin embargo, se pueden presentar averías que no detienen el funcionamiento del equipo, pero producen pérdidas debido al cambio de las características de calidad del producto final. El mantenimiento de calidad es una clase de mantenimiento preventivo orientado al cuidado de las condiciones del producto resultante.

- Mantenimiento de calidad no es:
 - Aplicar técnicas de control de calidad a las tareas de mantenimiento
 - Aplicar un sistema ISO a la función de mantenimiento

- Utilizar técnicas de control estadístico de calidad al mantenimiento
- Aplicar acciones de mejora continua a la función de mantenimiento
- Mantenimiento de calidad es:
 - Realizar acciones de mantenimiento orientadas al cuidado del equipo para que este no genere defectos de calidad.
 - Prevenir defectos de calidad certificando que la maquinaria cumple las condiciones para “cero defectos” y que estas se encuentran dentro de los estándares técnicos.
 - Observar las variaciones de las características de los equipos para prevenir defectos y tomar acciones adelantándose a la situación de anormalidad potencial.
 - Realizar estudios de ingeniería del equipo para identificar los elementos del equipo que tienen una alta incidencia en las características de calidad del producto final, realizar el control de estos elementos de la máquina e intervenir estos elementos.

6.5.4.6. Prevención del mantenimiento

Son aquellas actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, con el objeto de reducir los costes de mantenimiento durante su explotación. Una empresa que pretende adquirir nuevos equipos puede hacer uso del historial del comportamiento de la maquinaria que posee. Esto con el objeto de identificar posibles mejoras en el diseño y reducir drásticamente las causas de

averías desde el mismo momento en que se negocia un nuevo equipo. Las técnicas de prevención de mantenimiento se fundamentan en la teoría de la fiabilidad, esto exige contar con buenas bases de datos sobre frecuencia de averías y reparaciones.

6.5.4.7. Mantenimiento en áreas administrativas

Esta clase de actividades no involucra el equipo productivo, Departamentos como planificación, desarrollo y administración no producen un valor directo como producción, pero facilitan y ofrecen el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costos, oportunidad solicitada y con la más alta calidad. Su apoyo normalmente es ofrecido a través de un proceso productivo de información.

- Entrenamiento y desarrollo de habilidades de operación

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Habilidad para identificar y detectar problemas en los equipos.
- Comprender el funcionamiento de los equipos.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.

- Capacidad para conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Habilidad para trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

6.5.4.8. Las 5S, Una filosofía esencial

Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar y procesos estandarizados de trabajo, 5S simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

- Seiri (ordenamiento o acomodo), la primera "S" se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario, Una forma efectiva de identificar estos elementos que habrán de ser eliminados es llamada "etiquetado en rojo". En efecto una tarjeta roja (de expulsión) es colocada a cada artículo que se considera no necesario para la operación. Enseguida, estos artículos son llevados a un área de almacenamiento transitorio. Más tarde, si se confirmó que eran innecesarios, estos se dividirán en dos clases, los que son utilizables para otra operación y los inútiles que serán descartados.

Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima. Este paso también ayuda a eliminar la mentalidad de Por Si Acaso.

- Seiton (todo en su lugar) es la segunda "S" y se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos.
 - ¿Qué necesito para hacer mi trabajo?
 - ¿Dónde lo necesito tener?
 - ¿Cuántas piezas de ello necesito?

Algunas estrategias para este proceso de todo en su lugar son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y gabinetes, para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, entre otros. ¡No nos imaginamos cómo se pierde tiempo buscando una escoba que no está en su lugar! Esa simple escoba debe tener su lugar donde todo el que la necesite, la halle, "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar".

- Seiso (¡qué brille!) Una vez que ya se ha eliminado la cantidad de estorbos y hasta basura, y relocalizado lo que sí se necesitan, viene una súper-limpieza del área. Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora, Se desarrollará en los trabajadores un orgullo por lo limpia y ordenada que tienen su área de trabajo.

Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo tiempo comienzan a aparecer evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas, rotas, desalineamiento, entre otros. Estos elementos, cuando no se atienden, pueden llevarse a una falla del

equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.

- Seiketsu (estandarizar) Al implementar las 5S, se debe concentrar en estandarizar las mejores prácticas en el área de trabajo. Se deja que los trabajadores participen en el desarrollo de estos estándares o normas. Estas normas son fuentes de información muy valiosas en lo que se refiere a su trabajo, pero con frecuencia no se les toma en cuenta. Se piensa en lo que McDonald's, Pizza Hut, UPS, el Ejército de los EE.UU. Serían si no tuvieran efectivas normas de trabajo o estándares.
- Shitsuke (Sostener) esta "S" es la más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las 5S. Existe la tendencia de volver a la tranquilidad del *Status Quo* y la tradicional forma de hacer las cosas. El sostenimiento consiste en establecer un nuevo *Status Quo* y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

Una vez bien implementado, el proceso de las 5S eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de superación continua genera menores desperdicios, mejor calidad de productos y cambios más rápidos , cualquiera de los cuales, hace a esta organización más remunerativa y competitiva en el mercado.

6.5.4.9. La efectividad global de los equipos (EGE)

Es un indicador que muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo. Este indicador posiblemente es el más importante para conocer el grado de competitividad de una planta industrial. Está compuesto por los siguientes tres factores:

- Disponibilidad: mide las pérdidas de disponibilidad de los equipos debido a paradas no programadas.
- Eficiencia de rendimiento: mide las pérdidas por rendimiento causadas por el mal funcionamiento del equipo, no funcionamiento a la velocidad y rendimiento original determinada por el fabricante del equipo o diseño.
- Índice de calidad: estas pérdidas por calidad representan el tiempo utilizado para elaborar productos que son defectuosos o tienen problemas de calidad. Este tiempo se pierde, ya que el producto se debe destruir o reprocesar. Si todos los productos son perfectos no se producen estas pérdidas de tiempo del funcionamiento del equipo.

La Efectividad Global de Equipos (EGE) es un índice importante en el proceso de introducción y durante el desarrollo del TPM. Este indicador responde elásticamente a las acciones realizadas tanto de mantenimiento autónomo, como de otros pilares TPM. Una buena medida inicial de EGE ayuda a identificar las áreas críticas donde se podría iniciar una experiencia piloto TPM. Sirve para justificar a la alta dirección sobre la necesidad de ofrecer el apoyo de recursos necesarios para el proyecto y para controlar el grado de contribución de las mejoras logradas en la planta.

Las cifras que componen el EGE ayudan a orientar el tipo de acciones TPM y la clase de instrumentos que se debe utilizar para el estudio de los problemas y fenómenos. El EGE sirve para construir índices comparativos entre plantas (*benchmarking*) para equipos similares o diferentes. En aquellas líneas de producción complejas se debe calcular el EGE para los equipos componentes, esta información será útil para definir en el tipo de equipo en el que hay que incidir con mayor prioridad con acciones TPM.

Algunos directivos de planta consideran que obtener un valor global EGE para un proceso complejo o una planta no es útil del todo, ya que puede combinar múltiples causas que cambian diariamente y el efecto de las acciones del TPM no se logran apreciar adecuadamente en el EGE global, Por este motivo es mejor obtener un valor de EGE por equipo, con especial atención en aquellos que han sido seleccionados como piloto o modelo.

Cálculo del EGE:

$EGE = \text{Disponibilidad} \times \text{Índice de rendimiento} \times \text{Tasa de calidad}$

6.5.4.10. Las seis grandes pérdidas

El TPM aumenta al máximo la efectividad del equipo a través de dos tipos de actividad:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total del equipo y mejorando su productividad, dentro de un período dado de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos estabilizando y mejorando la calidad.

La meta del TPM es aumentar la eficacia del equipo de forma que cada pieza del mismo pueda ser operada óptimamente y mantenida a ese nivel. El personal y la maquinaria deben funcionar ambos de manera estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Aunque sea difícil aproximarse al cero, el creer que los defectos cero pueden lograrse es un requerimiento importante para el éxito del TPM.

La efectividad del equipo se limita por los seis tipos de pérdidas siguientes:

- Pérdidas por averías: las averías son el grupo de pérdidas más grande de entre las seis citadas, hay dos tipos:
- Averías de pérdida de función y averías de reducción de función.

Las averías de pérdida de función suelen producirse esporádicamente (de repente) y son fáciles de detectar, ya que son relativamente dramáticas: el equipo se detiene por completo. Por otra parte, las averías de función reducida permiten que el equipo siga funcionando pero a un nivel de eficacia inferior. Un ejemplo sería el de 1 lámpara fluorescente que empieza a apagarse o empieza a perder fuerza intermitentemente. Muchas veces se descubren las averías de función reducida solo después de una exhaustiva observación, pero cuando no se detectan pueden causar momentos de inactividad y paradas pequeñas, repeticiones de trabajos, velocidad reducida y otros problemas y pueden llegar a ser la causa de averías de falla de función esporádicas.

En general, las averías pueden causarse por todo tipo de factores, pero se suele darse cuenta únicamente de los grandes defectos y se pasa por alto la multitud de defectos pequeños que también contribuyen a ellas. Obviamente,

los grandes defectos merecen nuestra atención, pero los defectos pequeños merecen igual atención porque se acumulan y también causan averías. De hecho, muchas se producen simplemente por no hacer caso a detalles que parecen insignificantes. Algunos ejemplos son un tornillo suelto, abrasión, suciedad y contaminantes, y los efectos de estas pequeñas cosas se acumulan hasta afectar a la eficacia del equipo.

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes siete acciones.

6.5.4.11. Impedir el deterioro acelerado

El deterioro acelerado es simplemente un deterioro generado artificialmente, Por ejemplo, en talleres donde el equipo se sobrecalienta porque no se repone aceite tan a menudo como se debería o donde no se hacen controles o ajustes al equipo. Pronto, una pieza suelta afecta a otras y se produce una reacción en cadena que finalmente acaba en avería. Cuando el deterioro acelerado se deja sin corregir se acorta la vida del equipo y ocurren averías. De hecho, la mayoría de las averías se deben al deterioro acelerado. La mayoría de los talleres están plagados de esto y no es de sorprender que haya tantas averías como hay. Por lo tanto, el primer paso decisivo hacia la reducción de averías tiene que ser obviamente la eliminación del deterioro acelerado.

6.5.4.12. Mantenimiento de condiciones básicas del equipo

Existen actividades básicas (limpieza, orden, lubricación, inspección y ajuste) que hay que llevar a cabo para mantener las condiciones básicas del

equipo. Si estas no se realizan periódicamente seguramente el equipo sufrirá muchas averías.

Hay varias razones por las cuales los trabajadores no mantienen las condiciones básicas del equipo. A veces algunos no saben cómo y otros saben cómo hacerlo pero están demasiado despreocupados o preocupados para molestarse, Hay que enseñar a los que no saben pero no solo enseñarles cómo hacer las actividades básicas del mantenimiento, sino también la razón de su importancia.

6.5.4.13. Adherirse a las condiciones correctas de operación

Muchas averías son el resultado de un equipo que tiene que esforzarse para operar más allá de su rango normal porque no se cumplen las condiciones normales, Operar un equipo bajo condiciones que sobrepasan los límites especificados en el manual de operaciones (tales como sobrecargarlo al permitir que el fluido hidráulico se sobrecaliente o utilizar una potencia de 24V cuando se especifica una potencia de 12V) es exponer el equipo a averías, Por esta razón es tan importante el mantenimiento de las condiciones correctas de operación.

6.5.4.14. Mejorar la calidad del mantenimiento

A veces ocurren averías en piezas recientemente reemplazadas o reparadas debido a que el trabajador de mantenimiento no conocía las técnicas necesarias para llevar a cabo correctamente la reparación o instalación. Para impedir que ocurran estos errores, hay que mejorar los niveles de conocimiento técnico a través de la formación y de esta manera mejorar la calidad del trabajo de mantenimiento.

6.5.4.15. Corregir debilidades de diseño

Una razón por la cual las averías se hacen crónicas es que no se lleva a cabo una investigación suficiente de las debilidades incorporadas en el diseño del equipo, tales como mecanismos mal diseñados, malas configuraciones de sistemas, o selección incorrecta de materiales. Con demasiada frecuencia, no hay ninguna investigación que trate los defectos de diseño, o si la hay no se profundiza lo suficiente como para descubrir las implicaciones totales, Como resultado, el mantenimiento no está orientado hacia la mejora y por lo tanto las averías se hacen crónicas.

6.5.4.16. Aprender lo máximo posible de cada avería

Una vez que haya ocurrido una avería, asegúrese de aprender todo lo que pueda sobre ella. Al estudiar las causas, condiciones preexistentes y exactitud de métodos utilizados anteriormente en controles y reparaciones se puede aprender mucho sobre cómo impedir que la avería vuelva a ocurrir no solo en el equipo afectado, sino también en modelos parecidos.

Se pueden aprender muchas cosas de una avería y es lamentable que no se aproveche más de estas experiencias. A menudo los informes de una avería se archivan y quedan olvidados cuando podrían servir como referencia en el futuro.

Hay que aprender a aprovechar material de referencia de este tipo porque puede enseñar a trabajadores de mantenimiento y operarios lo que ellos pueden hacer para impedir las averías.

6.5.4.17. Pérdidas por preparación y ajuste

Las pérdidas por preparación y ajustes son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de reutilizarse tales como cambio de útiles, entre otras. Las pérdidas por preparación y ajuste comienzan cuando la fabricación de un producto se ha concluido, y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Los ajustes son los que consumen la mayor parte del tiempo.

A veces se necesitan de los ajustes debido a una falta de rigidez o alguna otra deficiencia mecánica. Sin embargo, al intentar reducir el número de ajustes primero hay que investigar los mecanismos de ajuste y dividir los ajustes en los evitables (que se pueden mejorar) y los inevitables (no mejorables).

CONCLUSIONES

1. El proceso de producción de bebidas carbonatas tiene tres puntos importantes los cuales son, el tratamiento de agua, jarabe y envasado, El tratamiento de agua es el proceso de evaluación del agua por ser uno de los principales ingredientes de la bebida carbonatada. El jarabe es el segundo proceso que resulta de la unión del jarabe simple con el concentrado de una bebida determinada y el proceso de envasado es llenar las botellas con el producto final.
2. Los resultados del rendimiento de la línea de producción son bajos dado que la eficiencia global es menor a un 40 % y el promedio de tiempo de producción por botella ha aumentado a un 170 % de lo esperado por la empresa. Para los resultados de las eficiencias tenemos el rendimiento de la maquinaria es bueno con un porcentaje de eficiencia de 90 %, y la eficiencia en calidad es de un 65 % lo cual es bajo.
3. La eficiencia en disponibilidad es la menor rendimiento para el estudio de la eficiencia global, siendo de 62 % y este se constituye con un 98 % del tiempo se pierde en el área de envasado por fallas operativas y de maquinaria siendo las de maquinaria la mayor con un 78 %, de las cuales la mayor causa es la llenadora con un 48 %.
4. Es primordial mejorar el sistema actual de control de rendimiento, ya que con esto puede realzar acciones correctivas eficaces en el punto adecuado. Para ello, se debe tener un control estadístico de los tres

puntos importantes de la eficiencia global, y posteriormente atender las dos causas que son la falla operativa y de maquinaria.

5. Según resultados el promedio de rendimiento por turno tiene una variación despreciable dado que el valor máximo de variación es de 3 %. Además de que los valores máximos y mínimos registran una variación máxima de 3 %.
6. Según resultados figura 40 se tiene que en promedio el producto con mayor rendimiento del equipo es fanta con un 102 %. Esto ocurre porque el equipo se utiliza a una mayor velocidad que la de diseño, y con el menor rendimiento Coca-Cola 12 oz con un 85 %, con lo cual es considerable la variación de un 17 %.
7. Según resultados grafico figura 25, en general el costo promedio de producción aumenta un 60% dado que la capacidad de producción se redujo en promedio 13,5 caja/minutos de la capacidad esperada de 22,5 cajas/minuto siendo en promedio la capacidad real de producción de 9 cajas/minuto.

RECOMENDACIONES

1. Para que el mejoramiento de la línea de producción es necesario que se tenga un sistema eficaz que control del rendimiento, y que determina las causas de la mejor manera posible. Para lo cual es importante que se debe contar con el compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable el apoyo en la inversión, y también los crear el compromiso de todos el personal a que conozca la situación de la línea y así contribuyan a su mejoramiento.
2. Implementar una mejor formación de los operadores de la línea de producción, de manera contante para que tengan un nivel de habilidad tanto técnico como operacional del 100 % así no solo se garantiza el compromiso de que se puede elevar el nivel del OEE de la línea sino que se podrá contar colaboradores capaces de formar al personal de las otras líneas de embotellado en futuros proyectos de mejora o habilidades básicas de operación.
3. Capacitar de manera progresiva al personal para asignar tareas de mantenimiento un poco más complejas a los operadores para que retengan sus capacidades y explicar que no es un carga adicional de trabajo, sino que con ello se busca que no dependan de terceros para hacer reparaciones que van a permitirles mejorar su ambiente de trabajo y hacerlo más seguro.
4. Que las jefaturas de los departamentos deberán tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.

Para los encargados de la implementación del nuevo sistema deben apoyarse en el fabricante de las máquinas para mejorar el mantenimiento predictivo y así evitar grandes fallas en el equipo que generan pérdidas de tiempo que posteriormente se convierten en ineficiencias en la línea de producción.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHASE-JACOBS-AQUILANO. *Operations management for competitive advantage*. 3a. ed. New York: Mc Graw-Hill, 2004. 115 p.
2. CHOPRA, Sunil y MEINDL, Peter. *Administración de la cadena de suministro: estrategia, planeación y operación*, 3a. ed. New York: Pearson Prentice Hall, 2008. 297 p.
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Organización de la Producción*. En: Estudio del trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo. 2a. ed. México: McGraw-Hill interamericana, 2005. 203 p.
4. GUTIÉRREZ GARZA, Gustavo. *Justo a tiempo y calidad total, Principios y aplicaciones*. 5a. ed. México: Ediciones castillo S. A. 2000. 225 p.
5. NIEBEL ANDRIS, Benjamin W. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11va. ed. México: Alfa omega, 2004. 157 p.
6. RODRÍGUEZ, Tomás Isaí. *Metodología para reducir tiempos de paro en una línea de producción de etiquetas*. México: Instituto Politécnico Nacional, 2011. 167 p.

7. SANCHEZ GUAILUPO, Vicente Salomón. *Mejoramiento de la línea de producción de clavos negros de una planta procesadora de alambres de acero*. 4a. ed. Ecuador: 2002, 146 p.
8. VELÁSQUEZ ESTRADA, María Alejandra. *Propuesta para la implementación de un sistema de mantenimiento productivo total (TPM) para eficientizar las operaciones del proceso productivo en la línea de producción de bebidas carbonatadas en la fábrica de gaseosas salvavidas S. A.* Guatemala: USAC octubre 2010 166 p.
9. VICCON FERREIRA, Arturo. *Aumento de la eficiencia del despliegue de operaciones de la línea de vestidura de cabina de Pick-ups y camiones mediante la técnica del balanceo de líneas*. México: Instituto Politécnico nacional, 2009. 305 p.
10. XITUMUL ÁLVAREZ, Andrea Priscila. *Diseño e implementación de un sistema de control de tiempos no productivos para la mejora de la eficiencia en una línea de producción de bebidas carbonatadas*. Guatemala: USAC, junio 2008. 189 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Estudio de velocidades de producción

Fecha	Producto	Cajas	Turno	Cajas rechazadas	Tiempo falla	Cajas Producidas	Velocidad 1	Tiempo Vel 1	Velocidad 2	Tiempo Vel 2
02/01/2015	COCA500	1125	TURNO1		250	3267	400	360		
02/01/2015	COCA500	1125	TURNO2		164	3850	400	420		
02/01/2015	COCA500	1125	TURNO3		281	3267	400	360		
03/01/2015	ShangriLa354	1250	TURNO1		95	2235	400	180		
03/01/2015	COCA354	1500	TURNO2		162	6379	500	480		
03/01/2015	COCA354	1500	TURNO3		76	4991	500	360		
05/01/2015	COCA354	1500	TURNO1	84	131	5969	500	480		
05/01/2015	COCA354	1500	TURNO2		235	2917	500	360		
05/01/2015	COCA354	1500	TURNO3		107	1449	400	180		
06/01/2015	COCA500	1125	TURNO1		205	4354	400	420		
06/01/2015	COCA500	1125	TURNO2		146	4041	400	420		
06/01/2015	COCA500	1125	TURNO3		77	4044	400	360		
07/01/2015	Fanta354	1250	TURNO1	192	186	6089	500	480		
07/01/2015	Fanta354	1250	TURNO2	125	192	4553	500	360		
07/01/2015	Fanta354	1250	TURNO3		112	3905	500	360		
08/01/2015	COCA354	1500	TURNO1	180	219	5377	500	420		
08/01/2015	COCA354	1500	TURNO2	225	111	5347	500	420		
08/01/2015	COCA354	1500	TURNO3		69	5171	500	360		
09/01/2015	COCA500	1125	TURNO1		125	5398	400	480		
09/01/2015	COCA500	1125	TURNO2		126	3941	400	390		
09/01/2015	COCA500	1125	TURNO3		107	3811	400	360		
10/01/2015	ShangriLa354	1558	TURNO1		140	1657	400	180		
10/01/2015	ShangriLa354	1250	TURNO2		209	4016	400	120	500	360
10/01/2015	COCA354	1250	TURNO3		183	3004	500	360		
11/01/2015	COCA500	1125	TURNO1							
11/01/2015	COCA500	1125	TURNO2		350	1238	400	240		
11/01/2015	COCA500	1125	TURNO3							
12/01/2015	COCA192	1500	TURNO1	96	336	1488	400	300		
12/01/2015	COCA192	1500	TURNO2	150	167	3587	450	480		
12/01/2015	COCA192	1500	TURNO3		129	3638	400	360		
13/01/2015	Fanta354	1250	TURNO1	192	182	3736	450	120	500	240
13/01/2015	COCA354	1500	TURNO2	78	144	4859	500	480		
13/01/2015	COCA354	1500	TURNO3		191	2983	500	360		
14/01/2015	COCA354	1500	TURNO1		221	4039	400	420		
14/01/2015	COCA354	1500	TURNO2		120	4250	400	480		
14/01/2015	COCA354	1500	TURNO3		88	3960	400	360		

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Estudio de velocidades de producción

15/01/2015	COCA354	1573	TURN01	274	145	2498	400	240	500	180
15/01/2015	COCA354	1574	TURN02		92	5571	500	480		
15/01/2015	COCA354	1575	TURN03		150	4360	500	360		
16/01/2015	COCA500	1125	TURN01		193	4768	400	479.5141667		
16/01/2015	COCA500	1125	TURN02		154	3708	400	479.5365		
17/01/2015	COCA354	1500	TURN01	110	98	2915	500	240		
17/01/2015	COCA354	1500	TURN02		132	5562	500	420		
20/01/2015	ShangriLa354	1250	TURN01	124		1492	400	240	500	180
20/01/2015	COCA354	1500	TURN02		20	1944	500	300		
20/01/2015	COCA354	1500	TURN03		202	3773	533	120	616	240
21/01/2015	COCA500	1125	TURN01		165	5684	415	180	450	300
21/01/2015	COCA500	1125	TURN02		222	2794	450	240	400	180
21/01/2015	COCA500	1125	TURN03		130	3436	400	420		
22/01/2015	COCA354	1500	TURN01	192	286	3586	500	120	600	180
22/01/2015	COCA354	1500	TURN02		186	2991	500	120	600	240
22/01/2015	COCA192	1500	TURN03		238	2974	600	360		
23/01/2015	ShangriLa354	1250	TURN01		189	1741	400	180	500	120
23/01/2015	Fanta354	1250	TURN02	306	96	5713	500	479.4948333		
23/01/2015	COCA354	1500	TURN03		99	2591	500	359.50375		
24/01/2015	COCA354	1500	TURN01		93	3031	500	479.7166667		
24/01/2015	COCA354	1500	TURN02	206	138	5955	500	480		
24/01/2015	COCA354	1500	TURN03			425	500	360		
26/01/2015	COCA354	1500	TURN01		161	5628	400	120	450	120
26/01/2015	COCA354	1500	TURN02		145	4321	450	420		
26/01/2015	COCA354	1500	TURN03		147	3942	450	360		
27/01/2015	COCA354	1500	TURN01	112	224	6029	600	300	560	180
27/01/2015	COCA354	1500	TURN02		134	5957	600	420		
27/01/2015	COCA354	1500	TURN03		153	5373	600	360		
28/01/2015	COCA500	1125	TURN01		138	5089	433	480		
28/01/2015	COCA500	1125	TURN02		114	4041	433	390		
28/01/2015	COCA500	1125	TURN03		141	3515	433	300	400	60
29/01/2015	ShangriLa354	1250	TURN01	218	157	3271	425	300	500	180
29/01/2015	COCA354	1500	TURN02		75	2296	500	120	580	240
29/01/2015	COCA354	1500	TURN03		134	4700	500	360		
30/01/2015	COCA192	1500	TURN01	180	217	5757	600	480		
30/01/2015	COCA192	1500	TURN02	84	160	5211	600	480		
30/01/2015	COCA192	1500	TURN03		134	2239	600	300		
31/01/2015	ShangriLa354	1250	TURN01		84	1101	400	120	500	120
31/01/2015	COCA354	1500	TURN02		278	4613	500	420		
31/01/2015	COCA354	1500	TURN03		164	3490	500	360		
02/02/2015	COCA354	1500	TURN01		295	4262	600	480		
02/02/2015	COCA354	1500	TURN02		158	5334	600	480		
02/02/2015	COCA354	1500	TURN03		187	4274	600	360		
03/02/2015	COCA500	1125	TURN01		143	5295	433	480		
03/02/2015	COCA500	1125	TURN02		156	3514	430	480		
03/02/2015	COCA500	1125	TURN03		245	2469	433	360		
04/02/2015	COCA500	1125	TURN01		136	5636	450	480		
04/02/2015	COCA500	1125	TURN02		100	4809	450	480		
04/02/2015	COCA500	1125	TURN03		105	1873	450	240		
05/02/2015	ShangriLa354	1250	TURN01		196	3200	600	300	450	180
05/02/2015	ShangriLa354	1250	TURN02		171	5285	600	480		
05/02/2015	ShangriLa354	1250	TURN03							
06/02/2015	Fanta354	1250	TURN01		92	7143	500	420		
06/02/2015	Fanta354	1250	TURN02	2	160	3052	600	420	500	60
06/02/2015	COCA354	1250	TURN03		157	4577	600	180	516	180

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Estudio de calidad

Fecha	Línea	Presentación	Sabor	Turno	Resultado	Gas	Brix	Sabor
02-ene	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
03-ene	3	12oz	CC	1	Rechazado	B		
03-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
03-ene	3	12oz	CC	2	Rechazado	B		
03-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
05-ene	3	12oz	SH	2	Rechazado	A		
05-ene	3	12oz	CC	2	Rechazado	B	B	
05-ene	3	12oz	CC	2	Rechazado	B	B	
05-ene	3	12oz	SH	2	Rechazado	A		
05-ene	3	12oz	CC	1	Liberado			
06-ene	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
07-ene	3	12oz	SP	1	Rechazado	B		
07-ene	3	12oz	FN	2	Liberado			
08-ene	3	12oz	CC	1	Liberado			
09-ene	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
10-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
10-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
10-ene	3	12oz	CC	2	Liberado			
11-ene	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
12-ene	3	6.5oz	CC	1	Liberado	B		
13-ene	3	12oz	FU	1	Rechazado		B	
13-ene	3	12oz	CC	2	Liberado			
14-ene	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	B		
15-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
15-ene	3	12oz	CC	1	Liberado			
15-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
16-ene	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
17-ene	3	12oz	CC	1	Rechazado	B		
20-ene	3	12oz	CC	1	Rechazado	A		
20-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
21-ene	3	12oz	CC	1	Rechazado	A		
21-ene	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
22-ene	3	12oz	CC	1	Rechazado	A		
23-ene	3	12oz	CC	3	Rechazado	B		
23-ene	3	12oz	SH	1	Liberado			

Continuación del apéndice 3.

23-ene	3	12oz	FN	1	Liberado			
24-ene	3	12oz	CC	1	Liberado			
26-ene	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
27-ene	3	12oz	CC	1	Liberado	A	B	
28-ene	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
29-ene	3	12oz	CC	2	Rechazado		A	
29-ene	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
30-ene	3	6.5oz	CC	1	Liberado			
31-ene	3	12oz	SP	1	Rechazado	B		
31-ene	3	12oz	CC	2	Liberado			
31-ene	3	12oz	SH	1	Liberado			
31-ene	3	12oz	SP	1	Rechazado		B	
02-feb	3	12oz	CC	1	Liberado			
03-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	B		
03-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	B		
04-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
05-feb	3	12oz	CC	1	Rechazado	A		
05-feb	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
06-feb	3	12oz	CC	2	Liberado	B		
06-feb	3	12oz	FN	1	Liberado			
07-feb	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
09-feb	3	12oz	CC	1	Liberado			
09-feb	3	12oz	SH	1	Liberado			
10-feb	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
11-feb	3	12oz	FU	1	Rechazado	A		
11-feb	3	12oz	CC	1	Liberado			
11-feb	3	12oz	FU	1	Rechazado	A		
12-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
12-feb	3	0,5lt	CC	1	Liberado	A		
13-feb	3	12oz	CC	1	Rechazado		B	
13-feb	3	12oz	SH	1	Liberado			
14-feb	3	6.5oz	CC	1	Rechazado	A	B	
14-feb	3	0,5lt	CC	2	Liberado			
16-feb	3	12oz	CC	2	Rechazado	B		
16-feb	3	12oz	SP	1	Rechazado	A		
17-feb	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
17-feb	3	12oz	CC	2	Liberado			
17-feb	3	12oz	SH	1	Rechazado	B		
18-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado		B	
19-feb	3	12oz	CC	1	Liberado		B	

Continuación del apéndice 3.

19-feb	3	12oz	CC	1	Rechazado		B	
20-feb	3	12oz	CC	3	Rechazado	B		
21-feb	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
24-feb	3	12oz	FN	1	Liberado	B		
24-feb	3	0,5lt	CC	1	Liberado			
25-feb	3	12oz	FN	3	Rechazado	B		
25-feb	3	0,5lt	CC	1	Rechazado		B	
26-feb	3	6.5oz	CC	1	Liberado			
27-feb	3	12oz	CC	2	Rechazado	A		
27-feb	3	12oz	SH	1	Liberado			
01-mar	3	0,5lt	CC	2	Rechazado	B		
04-mar	3	12oz	CC	1	Rechazado	A		
09-mar	3	12oz	CC	1	Rechazado		B	
09-mar	3	12oz	FN	3	Rechazado		B	
10-mar	3	12oz	SP	1	Liberado			
10-mar	3	12oz	FU	2	Liberado			
10-mar	3	0,5lt	CC	3	Rechazado		B	
12-mar	3	12oz	CC	1	Rechazado	B		
13-mar	3	12oz	CC	3	Rechazado		A	
13-mar	3	12oz	CC	3	Rechazado		A	
14-mar	3	12oz	SH	2	Liberado			
14-mar	3	12oz	SH	3	Rechazado		B	
15-mar	3	6.5oz	CC	2	Liberado	A		
16-mar	3	12oz	CC	1	Liberado			
16-mar	3	12oz	FN	2	Liberado			
17-mar	3	12oz	CC	2	Liberado			
19-mar	3	6.5oz	CC	2	Liberado	B		
19-mar	3	6.5oz	CC	2	Liberado	B		
19-mar	3	6.5oz	CC	2	Rechazado	B		
20-mar	3	6.5oz	CC	2	Rechazado	B		
20-mar	3	12oz	FU	1	Liberado			
20-mar	3	12oz	FU	1	Liberado			
20-mar	3	12oz	CC	2	Rechazado		A	
21-mar	3	0,5lt	CC	1	Rechazado	A		
23-mar	3	12oz	SP	1	Rechazado		A	
23-mar	3	6.5oz	CC	3	Rechazado	B		
23-mar	3	6.5oz	CC	3	Rechazado		B	
23-mar	3	6.5oz	CC	3	Rechazado		B	
23-mar	3	6.5oz	CC	3	Rechazado		B	
23-mar	3	6.5oz	CC	3	Rechazado		B	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Velocidades maquinaria**

Depaletizadora											
	a	b	c	d	e	(Segundos)	(Minutos)	Cajas	Botellas	Botellas/Min	Cajas/Min
1	16	17	18	16	26	93	1,55	60	1440	929	38,71
2	20	18	14	15	26	93	1,55	60	1440	929	38,71
3	17	18	16	20	27	98	1,63	60	1440	881	36,73
4	20	18	16	16	28	98	1,63	60	1440	881	36,73
5	19	17	16	18	28	98	1,63	60	1440	882	36,73
									PROMEDIO	900,59	37,52

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. **Velocidades maquinaria**

Desempacadora							
	Segundos	Ciclos/Minuto	Cajas	Botellas	Botellas/Min	Cajas/Min	
1	13	5	5	120	554	23	
2	11	5	5	120	655	27	
3	12	5	5	120	600	25	
4	10	6	5	120	720	30	
5	11	5	5	120	655	27	
6	10	6	5	120	720	30	
7	12	5	5	120	600	25	
8	11	5	5	120	655	27	
9	11	5	5	120	655	27	
10	10	6	5	120	720	30	
					PROMEDIO	653	27

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Velocidades maquinaria**

Lavadora de Botellas					
	Segundos	Ciclos/Minuto	Unidades/Ciclo	Botellas / Minuto	Cajas/Minuto
1	16	5	38	716	30
2	16	5	38	708	29
3	15	5	38	768	32
4	16	5	38	712	30
5	15	5	38	768	32
6	15	5	38	754	31
7	15	5	38	766	32
8	16	5	38	720	30
9	16	5	38	726	30
10	15	5	38	761	32
			Promedio	740	31

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. **Velocidades maquinaria**

Llenadora			
Producto	Botellas/Caja	Cajas/Hora	Botella/Minuto
6,5 oz Coca Cola	24	1500	600
12 oz Coca Cola	24	1500	600
12 oz Shangri-La Fanta Uva, Naranja	24	1250	500
0,5 Lt Coca Cola	24	1125	450

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. **Velocidades maquinaria**

Empacadora					
	Segundos	Cajas	Botellas	Botellas/Min	Cajas/Min
1	10	5	120	720	30
2	10	5	120	720	30
3	11	5	120	654	27
4	11	5	120	654	27
5	10	5	120	720	30
6	10	5	120	720	30
7	10	5	120	720	30
8	10	5	120	720	30
9	11	5	120	654	27
10	10	5	120	720	30
			PROMEDIO	700	29

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. **Velocidades maquinaria**

Paletizadora											
	a	b	c	d	e	(Segundos)	(Minutos)	Cajas	Botellas	Botellas/Min	Cajas/Min
1	14	19	30	23	23	109	1,82	60	1440	793	33
2	20	27	18	25	25	115	1,92	60	1440	751	31
3	15	28	19	30	20	112	1,87	60	1440	771	32
4	19	20	19	19	19	96	1,60	60	1440	900	38
5	21	20	20	22	22	105	1,75	60	1440	823	35
									PROMEDIO	808	34

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. **Velocidades maquinaria**

Lavadora de cajas					
	Segundos	Ciclos/Minuto	Unidades/Ciclo	Cajas / Minuto	Botellas/Minuto
1	18	3	10	34	816
2	17	4	10	36	856
3	18	3	10	33	780
4	28	2	10	22	517
5	14	4	10	43	1028
6	25	2	10	24	581
7	22	3	10	28	669
8	26	2	10	23	551
9	26	2	10	23	550
10	24	2	10	25	590
			Promedio	29	694

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. **Paros de producción, paros producto**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
C192	9,27%	19,94%	10,24%
C354	41,06%	28,27%	39,89%
C500	35,76%	32,79%	35,49%
F354	5,70%	16,78%	6,71%
S354	8,22%	2,22%	7,67%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Paros turno**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
1	38,54%	94,04%	43,61%
2	33,88%	5,96%	31,33%
3	27,58%	0,00%	25,06%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Paros no programados**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
Maquinaria	97%	78%	95%
Operativa	3%	22%	5%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 14. **Paros maquinaria**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
LLENADORA	41,90%	42,80%	41,99%
INSPECTOR DE BOTELLAS	11,16%	8,66%	10,89%
EMPACADORA	10,67%	12,18%	10,83%
ASEVI	6,89%	0,00%	6,16%
DESEMPACADORA	5,71%	2,23%	5,34%
otros	4,37%	0,10%	3,91%
TRANSPORTADOR DE CAJAS	4,10%	7,31%	4,44%
PALETIZADORA	3,76%	1,87%	3,56%
LAVADORA DE BOTELLAS	3,39%	1,27%	3,16%
DEPALETIZADORA	2,18%	0,77%	2,03%
TRANSPORTADOR DE BOTELLAS	2,16%	17,23%	3,77%
EQUIPO DE MEZCLA	1,55%	5,05%	1,92%
ALIMENTADOR DE TAPAS	0,78%	0,00%	0,69%
VIDEOYETT	0,52%	0,00%	0,47%
CODIFICADOR N4	0,50%	0,00%	0,45%
LAVADORA DE CAJAS	0,36%	0,00%	0,32%
PANTALLA DE INSPECCION 1	0,00%	0,53%	0,06%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 15. **Paros por tipo de falla**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
Eléctrica	2%	4%	2%
Mecánica	98%	96%	98%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

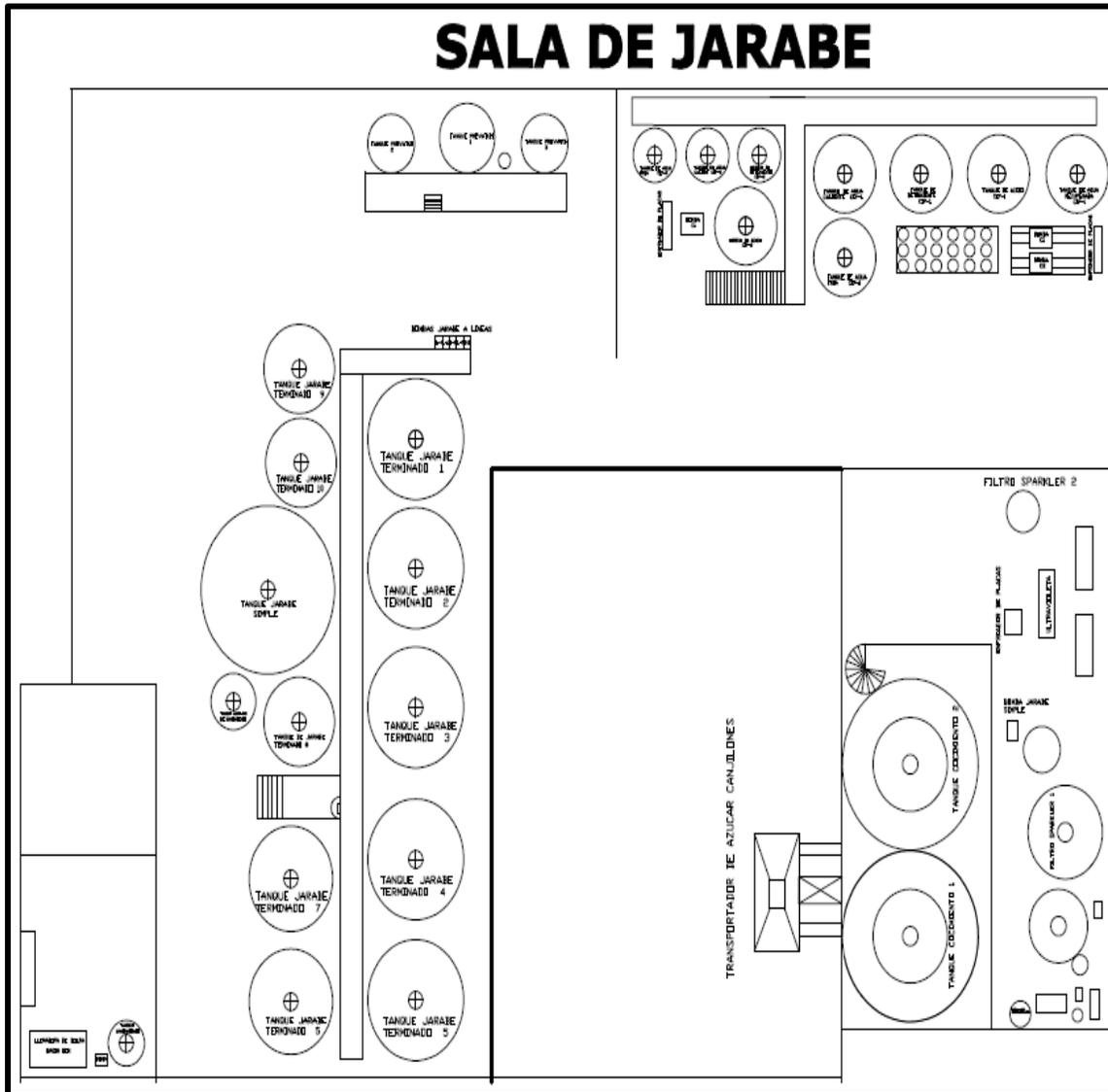
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 16. **Paros programados**

Etiquetas de fila	Reportes	Recopilada	Total general
Cambio de formato	1%	0%	1%
Cambio de presentación	29%	0%	26%
Cambio de turno	19%	0%	17%
Corte Final	16%	0%	15%
Mantenimiento	2%	66%	8%
Otros	4%	34%	7%
Puesta en marcha	1%	0%	1%
Saneamiento	28%	0%	25%
Total general	100,00%	100,00%	100,00%

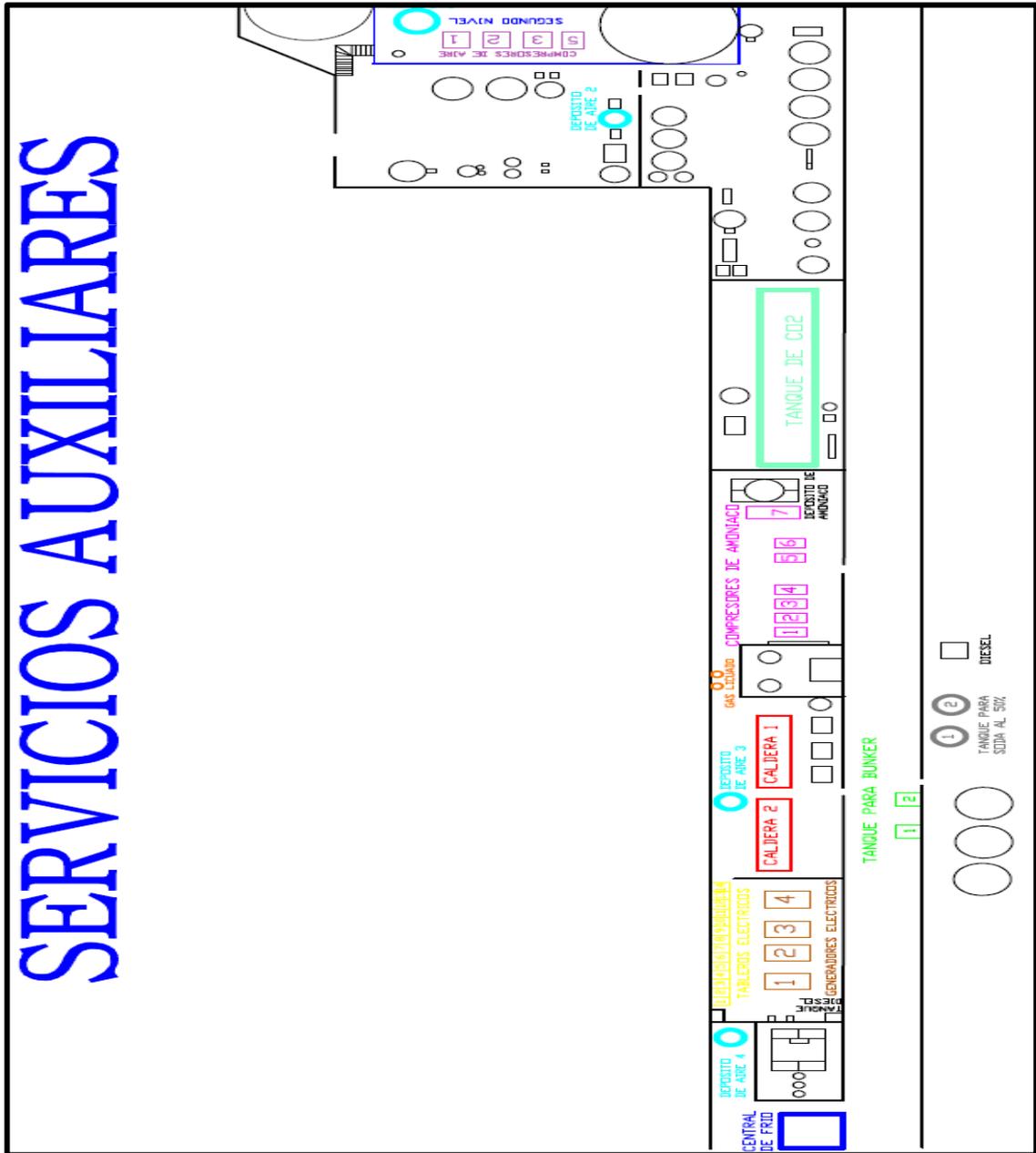
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 17. Plano sala de jarabes



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 18. **Plano de servicios auxiliares**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Apéndice 19. Plano tratamiento de agua



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.